



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de  
biomasa natural y carbón mineral: Una revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Valenzuela Santillán, Jerónimo Romario (ORCID: 0000-0001-5915-3720)

**ASESOR(A):**

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1507-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

En el desarrollo de la investigación doy gracias a Dios por brindarme salud para poder seguir adelante y lograr mis objetivos día a día. En segundo lugar, a mis padres por el apoyo incondicional en mi formación pre-profesional. En tercer lugar, al asesor por las enseñanzas obtenidas durante todo el desarrollo del curso y, por último, a mi persona por el gran paso y esfuerzo y ganas de salir adelante, perseverancia y compromiso para lograr mi meta.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada uno de las etapas de este proyecto, para alcanzar los resultados que buscaba. En especial, por las herramientas y estrategias para poder culminar mis objetivos durante el desarrollo.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. Introducción .....	1
II. Marco teórico .....	4
III. Metodología .....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables y Operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos .....	17
3.6. Método de análisis de datos .....	18
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. Resultados .....	19
V. Discusión.....	27
VI. Conclusiones.....	31
VII. Recomendaciones.....	32
VIII. Referencias Bibliográficas .....	33
IX. Anexos .....	42

## Índice de tablas

Tabla 1. Ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural .....	19
Tabla 2. Desventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural .....	22
Tabla 3. Ventajas de la obtención de energía a partir de carbón mineral .....	25
Tabla 4. Desventajas de la obtención de energía a partir de carbón mineral .....	25

## Índice de figuras

Figura 1. Determinación de la población y muestra .....	14
Figura 2. Distribución de la muestra según año .....	15
Figura 3. Distribución de la muestra según idioma.....	15
Figura 4. Distribución de la muestra según idioma.....	16

## **Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo general, determinar las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática. Esta investigación fue de tipo básica, de enfoque cuantitativo y nivel descriptivo con un diseño basado en la revisión sistemática, siendo la población de 58 artículos científicos que se redujo a muestra de 31 elementos. Los resultados reflejan que las ventajas más documentadas en la obtención de energía a partir de biomasa natural son su impacto en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, su incidencia en la mejora en la matriz energética por mayor diversificación de combustibles y su efecto positivo en la calidad de vida en lugares remotos, al proveerlos de energía; por su parte, en cuanto a sus desventajas destaca su bajo potencial energético. En cuanto al uso de carbón mineral como fuente energética, destacan entre sus ventajas su alta sinergia fisicoquímica y ambiental con biomasa naturales y como desventajas, que genera mayor GEI que las energías renovables.

Palabras clave: Biomasa natural, carbón mineral, gases de efecto invernadero, potencial energético.

## **Abstract**

The general objective of this research was to determine the advantages and disadvantages of energy from natural biomass and mineral coal, after a systematic review. This research was of a basic type, with a quantitative approach and a descriptive level, with a design based on a systematic review, with a population of 58 scientific articles that was reduced to a sample of 31 elements. The results reflect that the most documented advantages in obtaining energy from natural biomass are its impact on reducing CO<sub>2</sub> emissions, its impact on improving the energy matrix due to greater diversification of fuels and its positive effect on quality of life in remote places, by providing them with energy; for its part, in terms of its disadvantages, its low energy potential stands out. Regarding the use of mineral coal as an energy source, its high physicochemical and environmental synergy with natural biomass stands out among its advantages, and its disadvantages that it generates greater GHG than renewable energies.

Keywords: Natural biomass, mineral coal, greenhouse gases, energy potential.



## I. Introducción

Una vasta variedad de literatura establece que los bosques representan un sumidero eficiente de carbono; por lo que, en los últimos años, ha cobrado relevancia política en varios países, el desarrollo de actividades de aprovechamiento de estos recursos como estrategia para la reducción de las emisiones netas de carbono, todo esto en el contexto del Acuerdo de París. De hecho, en Estados Unidos y en Europa se han acelerado los esfuerzos por incrementar el uso de la madera como fuente de biomasa, bajo el supuesto de que su energía es “neutral en carbono”. En este sentido, se observa como la mayor parte de las estrategias que persiguen restringir el promedio de la temperatura global del planeta a 1.5 °C para el 2100, dependen de acciones de forestación y utilización de biomasa en centrales eléctricas (Favero et al., 2020).

Esto representa un gran desafío, en un escenario caracterizado por el crecimiento de la población; un proceso continuo de urbanización e industrialización y los cambios impredecibles en la demanda de productos básicos (Chattopadhyay y Chattopadhyay, 2019). Más aún, porque existen evidencias que la capacidad de los bosques en cuanto a su almacenamiento de carbono está subordinado a la composición florística; así como a la edad y la densidad de las poblaciones de los árboles, lo que hace variable su productividad energética (Fonseca-González, 2017).

De esta manera, si bien se ha reconocido el rol de las biomásas naturales en la satisfacción de la demanda energética, en la generación de empleo y la protección del medio ambiente, también es una realidad que no se conoce a totalidad los factores determinantes de su disponibilidad y productividad; además, de las consecuencias que generaría en otras áreas como, por ejemplo, su efecto en la industria del papel y de los productos madereros (Kumar et al., 2021). A esto se suma que es necesario una adecuada gestión de los bosques existentes que permita suplir la demanda, incluyendo aspectos como la eliminación de residuos, la reducción de ciclos productivos, acceso a determinados ecosistemas forestales, entre otros (Favero et al., 2020).

Por tal motivo, a nivel mundial, el 80% de la electricidad se sigue produciendo

mediante el uso de combustible fósiles (petróleo, carbón mineral y gas natural) y, en particular, el carbón mineral aporta el 39% de las fuentes energéticas del mundo (G'Ofurovich et al., 2020), lo cual basado que se estima que el consumo de energía eléctrica aumentará en 70% (como resultado del proceso de urbanización e industrialización), genera preocupaciones en torno al agotamiento de los yacimientos de dichos, conflictos sociales que generan estas actividades y los efectos sobre el clima (Munawar et al., 2021).

Al respecto, se ha determinado que las centrales eléctricas que funcionan con combustibles fósiles son grandes responsables del calentamiento global, debido a las emisiones excesivas de gases de efecto de invernadero (GEI), especialmente de CO<sub>2</sub>, estimándose una generación de hasta el 76% en países desarrollados o en vías de desarrollo (Munawar et al., 2021). Esta realidad también es palpable en el Perú, donde el 73.6% de la energía primaria proviene de combustibles fósiles, con una generación, para el año 2018, de 16,000 millones de CO<sub>2</sub>, denotando su alto efecto contaminante (ConexiónEsan, 2020).

Así, vista la importancia de la energía, como factor clave para el avance de una nación, esto genera un conflicto desde distintas esferas (ambiental, económico, social, etc.); visto que la biomasa natural como sustituto del combustible fósil no está garantizado, por lo que no se puede cambiar el modelo de producción actual para logra satisfacer la demanda, con lo cual han proliferado estudios que buscan profundizar respecto a la biomasa natural como alternativa energética eficiente y sustentable (Uddin et al., 2019).

En vista del contexto detallado precedentemente, se formula la sucesiva interrogante general de la investigación: ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática? Con base a ello, se formulan los subsiguientes problemas específicos: 1.- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural, luego de una revisión sistemática? y 2.- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de carbón mineral, luego de una revisión sistemática?

La presente investigación se justifica a nivel teórico, visto que, a pesar de la generalización del uso de biomasa naturales, como alternativa para reducir el efecto contaminante de los combustibles fósiles en la generación de energía, se ha

extendido a nivel mundial, todavía existen algunas disyuntivas respecto a su impacto en los ecosistemas, su valoración energética y los costos sociales y económicas que llevan asociados. De igual modo, debe seguirse profundizarse en los factores que determinan la relación beneficio-costos del uso energético de la biomasa natural, por lo que la presente investigación contribuirá en recoger las distintas perspectivas y evidencias obtenidas en aras de identificar cuáles son las ventajas y desventajas del uso de la biomasa natural, en relación al carbón natural.

A nivel práctico se justifica, debido a que, con la identificación de las ventajas y desventajas de ambas opciones, se podrán establecer recomendaciones a distintas instancias a los fines de que se promueva el uso de fuentes energéticas que atiendan a las necesidades de las poblaciones y empresas, pero que contribuyan a reducir la cantidad de GEI que se emiten a nivel nacional, donde destaca la alta participación del sector eléctrico. A nivel metodológico se justifica, ya que los resultados derivados de la investigación en curso servirán como referente teórico para futuras investigaciones cuya temática gire en torno a las variables de estudio; además, se empleará la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual permite documentar de manera transparente la revisión realizada, pudiéndose emplear en próximos estudios.

El objetivo general de la investigación: Determinar las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática. De tal manera, los objetivos específicos son: 1.- Establecer las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural, luego de una revisión sistemática y 2.- Establecer las ventajas y desventajas de la energía a partir de carbón mineral, luego de una revisión sistemática.

En cuanto a las hipótesis que se desean corroborar, se tiene como hipótesis general: La energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral tiene ventajas y desventajas y como hipótesis específicas se tiene: 1.- La energía a partir de biomasa natural tiene ventajas y desventajas y 2.- La energía a partir de carbón mineral tiene ventajas y desventajas.

## II. Marco teórico

Para sustentar el desarrollo del estudio, se han revisado investigaciones previas, relacionadas con el tema abordado, revisándose los principales hallazgos que serán comparados con los que se desprendan de este proceso investigativo. Entre los antecedentes nacionales se tiene el trabajo realizado por Sarrango et al. (2021), quienes determinaron el impacto ambiental que se derivan del uso de combustibles fósiles en la generación eléctrica del sistema nacional en el período 2016-2019. Para ello, emplearon una investigación cuantitativa, usando el análisis documental para recoger cifras de demanda eléctrica del país, los recursos hídricos y las características de las centrales. Con base a ello, indicaron que teóricamente, el carbón mineral es el mayor generador de carbono (C), metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y componentes orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC) y en el caso del Perú, determinaron que la generación eléctrica con combustibles fósiles es un factor importante en la emisión del GEI en el país, siendo el segundo sector con mayor emisión con un 30.0%, de la cual el 91.22% proviene de quema de combustibles. Así, se observa una emisión de las centrales seleccionadas de 4,463 t de C; 1,167 kg de CH<sub>4</sub>; 29 kg de N<sub>2</sub>O; 43,755 kg de NO<sub>x</sub>; 5,834 t de CO y 1,459 kg de NMVOC.

Adrianzen y Morán (2020) desarrollaron una investigación con el objetivo de obtener la producción de energía a partir de biomasa del *Allium fistulosum* (cebolla china) en San Ignacio y Lambayeque. En este estudio, de tipo descriptivo, comparativo y longitudinal se aplicó un diseño no experimental-correlacional, utilizándose como muestra 40 bulbos de *Allium fistulosum* (cebolla china), distribuidos equitativamente de ambas regiones. De esta manera, se logró obtener energía eléctrica de ambas muestras con un voltaje de 1.14 v y una resistencia de 65.69  $\Omega$  durante las cuatro semanas en San Ignacio y de 0.89 v y una resistencia de 65.61  $\Omega$  en Lambayeque; sin embargo, se aprecia como desventaja que la generación de energía eléctrica no es constante y depende de las condiciones climáticas para que se desarrolle eficazmente el proceso de fotosíntesis, recomendándose los meses de verano para ello, visto que hay mayor presencia de rayos solares.

Vargas y Ramírez (2017) elaboraron un estudio enfocado en determinar los polos de generación eléctrica basados en biomasa residual agrícola en Madre de Dios. Este estudio de tipo cuantitativo se desarrolló en cuatro fases: cobertura eléctrica de la región, determinación de biomasa, identificación de opciones tecnológicas y cálculo de la cantidad de energía aprovechable. Se logró priorizar cinco centros poblados con potencialidades de biomasa a partir de maíz amarillo duro, arroz y plátano, lográndose energía de 838.86 a 1,319.23 KWh mediante gasificadores de lecho móvil que pueden atender la demanda de 1,495 habitantes, siendo las ventajas principales la reducción de la contaminación, se reduce la probabilidad de incendios y bajo costo de producción.

García et al. (2017) desarrollaron un estudio enfocado en identificar el potencial de biomasa que se generarían de actividades agrícolas y ganaderas en la región de Piura. Para ello, se propuso una investigación cuantitativa con base al análisis documental de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y por el Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias del Ministerio de Agricultura y Riego. Así, se determinó un potencial energético de 6,800 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/día o 248.2 GJ/día, pudiendo convertirse en unos 16.5 MWh al día de energía eléctrica, lo cual es posible vistas las condiciones climáticas de la región (gran cantidad de horas de sol); con la desventaja que se requiere de una alta disponibilidad de recurso hídrico para el desarrollo de la actividad, lo cual es una limitante en ciertas zonas del país.

Carrasco y Benites (2017) desarrollaron un estudio enfocado en identificar el potencial de biomasa de la cáscara de papa y agua residual en la generación de energía eléctrica mediante bioceldas. En esta investigación de enfoque cuantitativo y diseño experimental, donde el tratamiento 1 se compuso de a) 35ml del líquido extraído de 100.21 g de cáscara de papa, b) 250 ml de agua residual (obtenida del proceso de lavado de las papas) y c) Material de cultivo biológico (obtenido del agua residual). Para la solución catódica del Tratamiento 1, se utilizó: a) 270 ml de agua destilada (H<sub>2</sub>O), a la cual se le adicionó Cloruro de Sodio (NaCl) al 2%, los siguientes tratamientos tuvieron dosis de 200, 300 y 400 g de cáscaras, respectivamente. Se determinó que el comportamiento más óptimo se obtuvo del tratamiento 4 con un voltaje de 0.80 V, la intensidad de corriente de 0.1 A y

generando una potencia máxima de 0.080W, durante los 7 días de experimentación, siendo la principal ventaja que reduce el uso de fuentes de energía no renovables (en especial, carbón) y un bajo impacto ambiental.

se dispone del aporte de Sayed et al. (2021), orientado a analizar los impactos ambientales de los sistemas de energía renovable y establecer estrategias de mitigación. En esta investigación cualitativa basada en el análisis documental, se encontró que los efectos más notables del uso de combustibles fósiles (entre ellos, el carbón mineral con una participación mundial de 37.7%) se encuentra el aumento de los precios de los productos por el alza constante de estos minerales y el impacto sobre la calidad del aire y las emisiones de GEI, siendo uno de los mayores determinantes en el cambio climático. En cuanto al uso de biomasa como fuente de energía, se observó que, si bien es una opción neutra en carbono a gran escala, solo será eficiente económicamente si se desarrollan procesos de utilización más limpios, lo cual amerita que se continúen realizando investigaciones.

Azwar et al. (2018) se plantearon como objetivo examinar los desafíos y las necesidades de un supercondensador mejorado y las ventajas del uso de biomasa en comparación con otros materiales. En esta investigación cualitativa basada en el análisis documental, se determinó que los materiales que se utilizan actualmente aún no son totalmente sostenibles o factible para la aplicación de almacenamiento de energía. Por el contrario, la biomasa representa opción eficaz y sostenible para ser convertido en nanofibras de carbono, visto que se deriva de organismos vivos renovables, disponibles en el ambiente, tienen una buena estabilidad en cuanto a los ciclos y su costo es más bajo; no obstante, se ha determinado que el electrodo derivado de las biomasa tiene, en general, baja densidad de energía, requiriéndose de estudios que permitan superar estas limitaciones.

Rodríguez-Monroy et al. (2018) se enfocaron en el desarrollo de la biomasa para la generación de electricidad en Chile. En esta investigación cualitativa basada en el análisis documental, se determinaron que las desventajas del uso de este material obedecen a que es una fuente renovable que no contribuye al calentamiento global; produce menos cenizas en comparación con el carbón natural durante su combustión; genera bajos niveles de sulfuros; produce bajos desperdicios; contribuye con la ordenación forestal y es un recurso que no está sujeto a los

precios de mercado. Sin embargo, vista su baja densidad, se requiere de altos volúmenes, lo cual describe su principal desventaja; a esto se le agrega que su potencial calórico depende del clima, del nivel de humedad y de la densidad de la materia prima y es menos eficiente que la energía basada en combustibles fósiles, visto que presenta capacidades caloríficas inferiores.

Bilgili et al. (2017) elaboraron un estudio con el objetivo de examinar estadísticamente los impactos de la energía de biomasa consumo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PBI en Estados Unidos. Esta investigación cuantitativa se basó en el análisis documental y el uso de modelos econométricos para encontrar que el consumo de energía de biomasa mitiga las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita e incrementa el PBI per cápita, encontrándose como potencialidades que las fuentes de biomasa son convertibles tanto en sólido, líquido y gas; se pueden emplear en transporte, calefacción y generación de electricidad y solo se está usando el 7% de las fuentes disponibles en el planeta.

Tang et al. (2017) desarrollaron un estudio enfocado en proporcionar una breve reseña sobre los materiales de carbono derivados de la biomasa y abordar su rendimiento desde las propiedades físico-químicas. En esta investigación cualitativa basada en el análisis documental, se determinó que, en cuanto a la activación física, la temperatura de reacción es alta y la formación de estructura de poros internos no es homogénea, lo cual incide positivamente en su desempeño como fuente de energía; sin embargo, con respecto a la activación química, se observó que la cantidad de uso de reactivos químicos es masiva, lo que induce una gran preocupación por los costes y el medio ambiente, visto su bajo desempeño electroquímico.

La discusión teórica de esta investigación inicia señalando que existen varios recursos energéticos renovables que se puede utilizar para la producción de energía. Entre ellos, la biomasa es uno de los que más se ha posicionado fuertemente a nivel mundial, visto su potencial en la generación de energía y otras aplicaciones energéticas que se siguen estudiando; así como su alta disponibilidad (Munawar et al., 2021). En este sentido, se asocia, principalmente, la biomasa como de origen vegetal orgánico, siendo una materia que se sintetiza a través de la fotosíntesis, un proceso que implica CO<sub>2</sub> y agua, bajo la luz solar para producir

carbohidratos, que son los componentes básicos de la biomasa. Aparte de esta forma, la biomasa también puede generarse de excrementos de animales; desechos industriales y agrícolas y de aguas residuales (Yang et al., 2019).

En este sentido, puede definirse la biomasa como la parte biodegradable de productos, subproductos y residuos de actividades agrícolas, industriales y la silvicultura; así como de los cultivos sin que involucre la intervención humana y de los residuos sólidos urbanos. Los usos de la biomasa son muy variados, comprenden desde aplicaciones térmicas, como las necesidades de calor de las caderas industriales o la calefacción para viviendas, urbanizaciones y demás edificios hasta aplicaciones eléctricas, suministro de electricidad (Cerdá, 2012).

De esta manera, se reconocen cuatro tipos de bioenergías: la biomasa sólida, el biogás, la biomasa residual de desechos sólidos urbanos y los biocarburantes. La biomasa sólida se refiere al aprovechamiento térmico o eléctrico de la materia de origen orgánico que se encuentran en los vegetales y animales. Por otro lado, el biogás se refiere al gas que generan las bacterias durante la fermentación anaeróbica de la fracción orgánica contenida en los residuos. La biomasa residual de desechos sólidos se obtiene de las actividades humanas (recreativas, educativas, comerciales, etc.) que se desarrollan en áreas urbanas, mientras que los biocarburantes son combustibles en forma líquida proveniente de materia biológica cuyas propiedades físicas y químicas, los convierten en sustitutos de la gasolina o el gasóleo (Cerdá, 2012).

A diferencia de la combustión de combustibles fósiles que generan CO<sub>2</sub> adicional, la generación de biomasa se considera un proceso neutro en carbono, visto que se origina en el CO<sub>2</sub> que ha sido absorbido inicialmente por la planta durante la fotosíntesis, por lo que no se produce ningún nuevo CO<sub>2</sub>. Además, contiene menos cantidades de S y N, lo que implica menores emisiones de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en comparación con combustibles fósiles (Yang et al., 2019).

De hecho, se estima que el cambio completo de los combustibles fósiles a la generación de energía a partir de biomasa, reduciría la emisión de CO<sub>2</sub> hasta en un 95%; sin embargo, existen algunas limitaciones en la combustión de biomasa. Por ello, apenas se estima su participación del 10.3% (59.2 EJ/año) en el suministro mundial de energía según la Asociación Mundial de Bioenergía y en cuanto a la



generación de electricidad a partir de ella, se calcula un valor de 493 TWh, que es aproximadamente el 2% del mundo (Munawar et al., 2021).

Cabe destacar que la biomasa se convierte en energía, comúnmente, por combustión directa, siendo una tecnología que se utiliza para su la producción de energía a gran escala en el mundo. En este sentido, la biomasa puede ser utilizada de tres maneras, como: combustión convencional o co-combustión con carbón; aplicando procesos bioquímicos para generación de biocombustibles (bioetanol, biohidrógeno, biodiésel y producción de biogás) y tratamiento termoquímico (Munawar et al., 2021).

En general, puede clasificarse la biomasa en función de su origen, de sus características, métodos de descomposición y eliminación. Así, según su origen, se puede dividir entre biomasa vegetal y animal. Por su parte, la biomasa vegetal se puede sub-clasificar en natural, residual y energética; destacando la natural y la energética provienen de cultivos vírgenes, mientras que la residual se corresponde con residuos de las actividades forestales, agrícolas, industriales y domésticas (municipales). La biomasa animal proviene también de residuos, generalmente, de la actividad agroindustrial y residuos sólidos domésticos (Kumar et al., 2021).

En particular, la biomasa natural es el material orgánico producido por la naturaleza sin la participación del hombre, que puede ser utilizado como fuente de energía de forma renovable (García, 2017). La biomasa natural depende de unas adecuadas condiciones ambientales y de un programa de gestión forestal y de los cultivos para que el nivel de variabilidad en de su rendimiento no se afecte (Kumar et al., 2021).

El carbón mineral es el tipo combustible sólido más común en la Tierra, con reservas geológicas que se proyectan en 11,270 billones de toneladas de combustible (UT) (G'Ofurovich et al., 2020). Su uso se ha extendido principalmente hacia la producción de energía eléctrica, empleándose variadas técnicas que buscan incrementar su rendimiento y reducir los efectos sobre el medioambiente (Yajure y Guzmán, 2014).

De esta manera, el carbón mineral aporta el 41% de la energía eléctrica del planeta, siendo su uso extendido en países como los Estados Unidos y la República Popular de China. Dentro de las tecnologías que se emplean para la generación de electricidad, se encuentran las basadas en la pulverización del carbón; es decir, en

la molienda del mineral hasta pulverizarlo y solo se procede a inyectar mediante quemadores en el horno con el aire que se genera de la combustión; así dichas partículas se calientan aceleradamente, desarrollándose un proceso llamado pirolisis. Entonces, el volumen del aire de combustión se combina con la flama hasta que quema totalmente el carbón. El gas de ducto que sale de la caldera se transporta por unidades de limpieza hasta que elimina partículas, tales como SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>. Este gas debe cumplir con los límites permitidos de sustancias contaminantes, conteniendo, generalmente, de 10 a 15% de CO<sub>2</sub>, estando básicamente a esencialmente a presión atmosférica (Yajure y Guzmán, 2014)..

Luego, es generado un vapor saturado seco en los tubos de la caldera del horno, que se recalienta en el super-calentador del horno de alta presión, así obtenido, acciona la turbina de vapor acoplada al generador eléctrico, que se encarga de la producción de la energía eléctrica. Ahora bien, el vapor de baja presión que sale de la turbina de vapor, se condensa y es devuelto a la caldera para que sea reconvertido en vapor (Yajure y Guzmán, 2014)..

Otra tecnología se refiere a la gasificación indirecta en ciclo combinado (IGCC), en la cual el carbón es gasificado para generar una combinación de hidrógeno y monóxido de carbono, que se llama comúnmente syngas. Este gas sintético, luego de que se limpia, es quemado en una turbina de gas, permitiendo el accionamiento del generador eléctrico. El escape de la turbina se conecta con un generador de calor recuperado (HRSG), para incrementar el vapor que activa el generador de la turbina de vapor. Esta tecnología es parecida a la tecnología utilizada en plantas de potencia de ciclo combinado que queman gas natural y es menos contaminante que la anterior; además requiere de una menor inversión y es más eficiente. Así, utiliza entre un 10% y un 20% menos combustible que una planta convencional de vapor a carbón y consume alrededor 30% menos de agua (Yajure y Guzmán, 2014).

Al comparar distintas fuentes de energías, García (2017) señala que las ventajas y/o desventajas de ellas se pueden clasificar en económicas, ambientales y sociales. Desde el punto de vista económico, se evalúan aspectos por la capacidad de generación de energía, la generación anual estimada, la inversión, etc. Por su parte desde la perspectiva ambiental, se evalúan aspectos como la emisión de gases de efecto invernadero, o gases presentes en el planeta que retienen el calor

e imposibilitan la liberación de energía al espacio, provocando el calentamiento global, cuyas consecuencias se agrupan en: deforestación, desertización, inundaciones, huracanes, tifones, etc. Desde el punto de vista social, se evalúan aspectos como la generación de empleo y la capacidad de ofrecer energía a sitios desprovistos.

Otros criterios que se consideran para identificar cuán ventajosa es una determinada fuente de energía, involucran evaluar la vida útil de la misma (por ejemplo, en el caso de los combustibles fósiles se corresponde con la vida útil del yacimiento) y el área utilizada (por ejemplo, en el caso de la biomasa forestal la cantidad de  $\text{km}^2/\text{kW}$  (Yajure y Guzmán, 2017).

### **III. Metodología**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### Tipo de investigación

En cuanto a su tipo, de conformidad con lo explicado por Carrasco (2017), la presente investigación se cataloga como básica, dado que no tuvo un enfoque práctico inmediato; por el contrario, se centró en profundizar el conocimiento respecto a un tema; en este caso, las ventajas y desventajas de la energía obtenida a través de la biomasa natural y del carbón mineral.

##### Enfoque de investigación

Con relación a su enfoque, el estudio fue cuantitativo; dado que se centró en obtener datos de los elementos que componen la muestra; para hipótesis establecidas inicialmente. En función de ello, se realizaron mediciones a través de las estadísticas descriptivas. En resumen los pasos establecidos para la ejecución de la investigación serán: formulación de las preguntas de investigación, establecimiento de hipótesis y variables, diseño de un plan para la comprobación de las hipótesis, medición de las variables, análisis de datos y especificación de las conclusiones (Hernández et al., 2014).

##### Nivel de investigación

Desde la perspectiva de su nivel o alcance, el estudio será descriptivo; visto que se centró en realizar una caracterización de las variables. Así, su alcance fue solo describir las ventajas y desventajas de la energía obtenida a través de la biomasa natural y del carbón mineral (Carrasco, 2017).

##### Diseño y esquema de investigación

En cuanto a su diseño, la investigación se corresponde con una revisión sistemática, que consiste en evaluar ordenada, exhaustiva y explícitamente la literatura relacionada con la pregunta de investigación, aplicándose un protocolo que permita realizar un análisis estadístico. Las revisiones sistemáticas se consideran estudios secundarios, donde se han fijado criterios de elegibilidad sobre las fuentes de información (García-Perdomo, 2015).

### **3.2. Variables y Operacionalización**

Variable 1: Biomasa natural

Definición conceptual

La biomasa natural es el material orgánico producido por la naturaleza sin la participación del hombre, que puede ser utilizado como fuente de energía de forma renovable (García, 2017). La biomasa natural depende de unas adecuadas condiciones ambientales y de un programa de gestión forestal y de los cultivos para que el nivel de variabilidad en de su rendimiento no se afecte (Kumar et al., 2021).

Definición operacional

Las dimensiones consideradas son económicas, ambientales y sociales.

Variable 2: Carbón mineral

Definición conceptual

El carbón mineral es el tipo combustible sólido más común en la Tierra, con reservas geológicas que se proyectan en 11,270 billones de toneladas de combustible (UT) (G'Ofurovich et al., 2020). Su uso se ha extendido principalmente hacia la producción de energía eléctrica, empleándose variadas técnicas que buscan incrementar su rendimiento y reducir los efectos sobre el medioambiente (Yajure y Guzmán, 2014).

Definición operacional

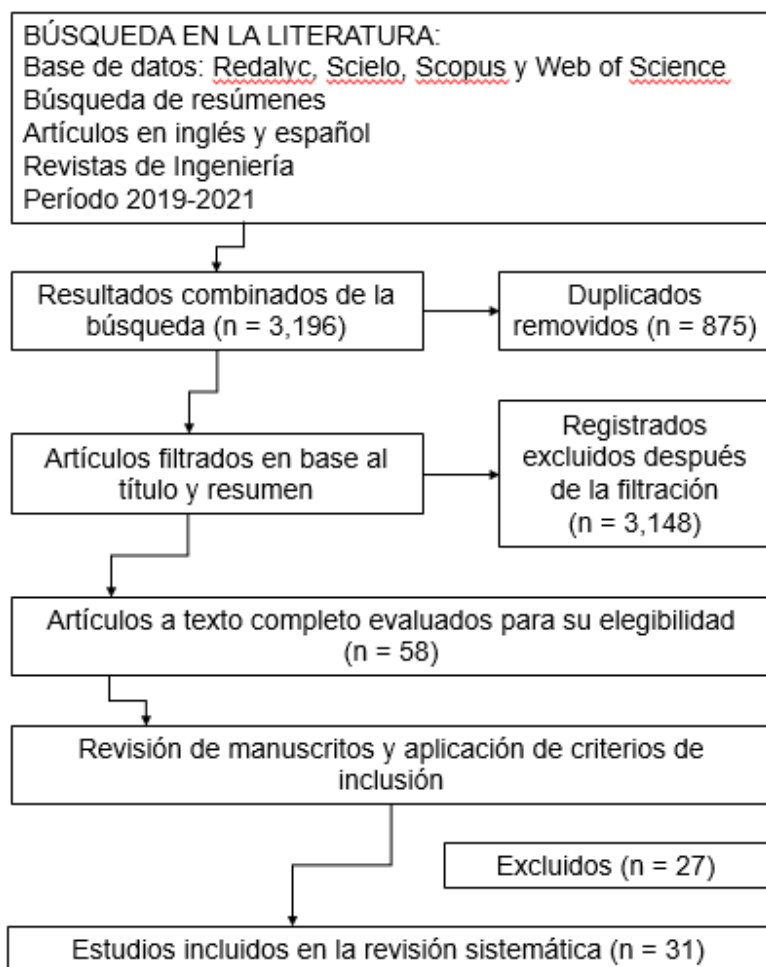
Las dimensiones consideradas son económicas, ambientales y sociales.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Población

La población se define como la agrupación de elementos que componen el ámbito espacial donde será realizado el estudio (Hernández et al., 2014); así para esta investigación, la población estuvo compuesta por 58 artículos científicos, que provienen de una búsqueda que inició con un total de 3,196 documentos disponibles en revistas de ingeniería, con acceso público, en idiomas español e inglés y del período 2019-2021, tal como describe en la figura 1.

Figura 1. Determinación de la población y muestra



Fuente: elaboración propia

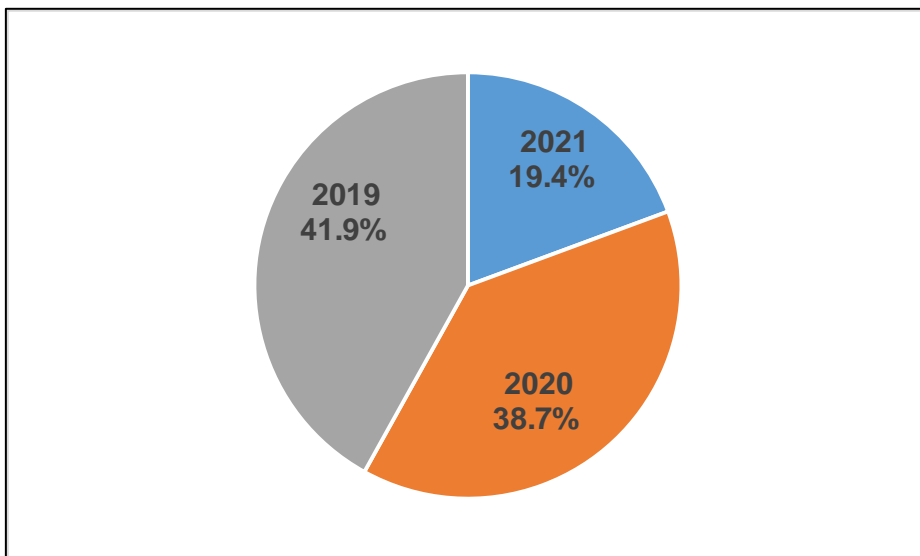
### Muestra

La muestra se define como el subconjunto representativo de la población, sobre el que se puede hacer una generalización de los resultados a partir de ella (Hernández et al., 2014). En este caso, la muestra estuvo compuesta por 31 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión definidos.

En este caso, los criterios de inclusión establecidos se corresponden con: artículos científicos relativos al uso de biomasa natural y/o carbón mineral para la obtención de energía; artículos científicos que muestren coherencia en la obtención de resultados. Por otro lado, como criterios de exclusión: artículos científicos que sean revisiones sistemáticas, reseñas y editoriales.

Con base a ello, en las figuras 2, 3 y 4 se aprecia la distribución de los artículos científicos seleccionados (muestra) con base a ciertas características.

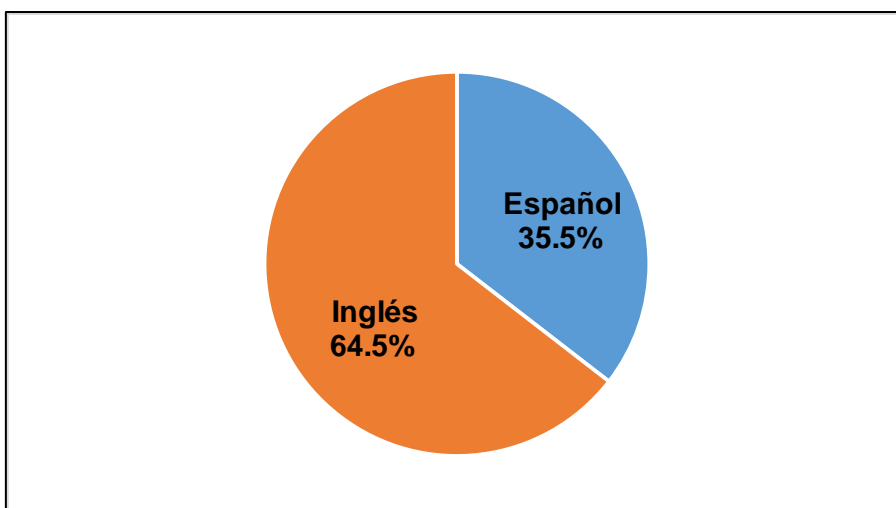
Figura 2. Distribución de la muestra según año



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la figura 2, el 41.9% (n = 13) de los artículos científicos seleccionados fueron publicados en 2019, mientras que el 38.7% (n = 12) se publicaron en el año 2020 y el 19.4% (n = 6) en el año 2021.

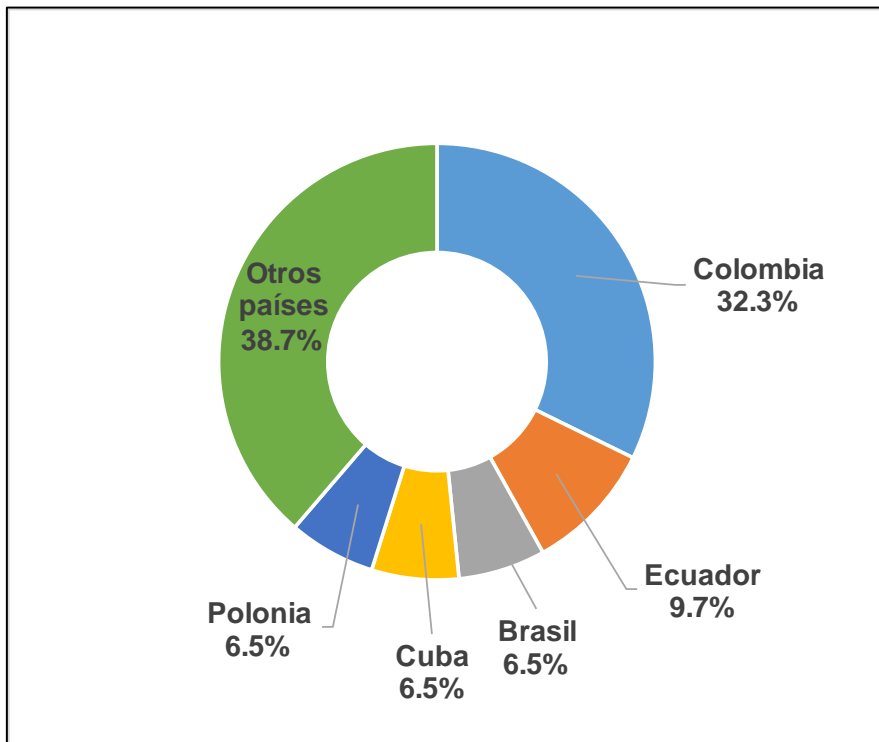
Figura 3. Distribución de la muestra según idioma



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la figura 3, el 64.5% (n = 20) de los artículos científicos seleccionados están en inglés, mientras que el 35.5% (n = 9) están en español.

Figura 4. Distribución de la muestra según idioma



Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la figura 3, el 32.3% ( $n = 10$ ) de los artículos científicos seleccionados se realizaron en Colombia; el 9.7% ( $n = 3$ ) en Ecuador, el 6.5% ( $n = 2$ ) en Cuba, Polonia y Brasil, mientras que el restante 38.7% ( $n = 12$ ) se distribuyen en países con un solo artículo científico, siendo estos: Georgia, Lituania, Noruega, Canadá, Reino Unido, Suecia, Estados Unidos, Pakistán, Indonesia, Chile, Perú y México.

#### Muestreo

Se empleó el muestreo no probabilístico de tipo convencional o intencionado, donde la selección de los artículos científicos que componen la muestra (Hernández et al., 2014).

#### Unidad de análisis

Artículos científicos disponibles en revistas de ingeniería, en idiomas español e inglés y del período 2019-2021.



### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas son aquel grupo de procedimientos que se emplean para recabar información necesaria, con el fin de poder acercarse a los hechos y de esta manera acceder al conocimiento (Palomino et al., 2015). En esta investigación, se empleó el análisis documental como técnica de recolección de datos, para lo cual se aplicó como instrumento, una ficha de recolección de datos, sobre la cual se incluyeron los datos básicos de los artículos científicos: apellidos y la primera inicial del nombre de autores, año, título, nombre de la revista donde aparece, objetivo del estudio, idioma y país de procedencia (ver Anexo 3).

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento aplicado se realizó con base a lo dispuesto por Moreno et al. (2018), quienes señalan que una revisión sistemática comprende como pasos: i) la búsqueda en base de datos; ii) la selección de artículos; iii) la extracción de artículos y iv) el análisis estadístico.

En cuanto a la búsqueda en base de datos, se seleccionaron Redalyc y Scielo y se concentró en revistas de ingeniería, para el período 2019-2021 y en idioma inglés y español, esto generó una cantidad de 2,121 elementos, excluyéndose 318 que estaban duplicados. Visto así, se revisaron títulos y/o resúmenes, con lo cual se excluyeron 2,091 artículos científicos, generando un total de 30 artículos que abordaban la temática de ventajas y desventajas de biomasa natural y de carbón mineral como fuente de energía.

Para la selección de artículos, se aplicaron los criterios de inclusión: artículos científicos relativos al uso de biomasa natural y/o carbón mineral para la obtención de energía y artículos científicos que muestren coherencia en la obtención de resultados; así como los de exclusión: artículos científicos que sean revisiones sistemáticas, reseñas y editoriales, excluyéndose un total de diez artículos, por lo que finalmente se analizaron 20 artículos.

Para la extracción de artículos, se aplicó la ficha de recolección de datos en la cual se obtuvo la información más resaltante del artículo relacionada con el tema de estudio. Luego, en la fase de análisis estadístico, se diseñaron tablas que contienen las ventajas y desventajas de cada fuente de energía.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis de datos o meta-análisis como se conoce en revisiones sistemáticas, se enfocó en la identificación de ventajas y desventajas en autores, para corroborar cuáles de ellas son las más comunes en la muestra de artículos seleccionados; para ello, se presentaron tablas, que permitieron esquematizar los resultados obtenidos (Moreno et al., 2018).

### **3.7. Aspectos éticos**

El actual estudio se sustentó en estándares permitidos del campo de la investigación científica; así es un estudio inédito, ya que no es una réplica o copia de investigaciones previas; adicionalmente, se cumplió con el estándar de originalidad, visto que, cada fuente utilizada fue citada de manera apropiada, usando la norma ISO. Por otra parte, se consideró necesaria la aplicación de los principios éticos, es decir, a) beneficencia, promover el bien y ofreciendo una perspectiva objetiva de cada fuente de energía y b) justicia, se actuó de manera ética, imparcial, respetando el contenido de los artículos científicos (Palomino et al., 2015).

#### IV. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de acuerdo a cada objetivo planteado, iniciando la presentación de resultados con las ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, en la tabla 1.

Tabla 1. Ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural

	Ventajas	Autores	Total artículos
Económicas	Alta relación costo-beneficio por ser materia prima de bajo costo	Rodríguez-Ramos et al. (2019), Murcia et al. (2020) y Ogner et al. (2020)	03
	Mejora en la matriz energética por mayor diversificación de combustibles	Rodríguez-Ramos et al. (2019), González et al. (2019), da Silveira et al. (2020), Stolarski et al. (2021) y Jurgutis et al. (2021)	05
	Fácil de almacenar	Lenis-Rodas et al. (2021)	01
	Alta versatilidad	Lenis-Rodas et al. (2021)	01
Ambientales	Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub>	Rodríguez-Ramos et al. (2019), Romero et al. (2019); Nuñez-Moreno et al. (2020), Lesme et al. (2020), Ogner et al. (2020) y Jeswani et al. (2020)	06
	Reducción de especies que presentan amenazas a ecosistemas	Nuñez-Moreno et al. (2020)	01
Sociales	Aumento de la calidad de vida en lugares remotos	Rodríguez-Ramos et al. (2019), Parra-Ortiz et al. (2019) y Nugroho et al. (2020)	03
	Creación de nuevas fuentes de trabajo	Rodríguez-Ramos et al. (2019) y Hodges et al. (2019)	02

Fuente: elaboración propia

En relación a las ventajas económicas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, Rodríguez-Ramos et al. (2019) determinaron una relación

beneficio-costo de 1.44 en la producción de biomasa de aceite de *Ricinus communis L.*, o aceite de higuera para ser usado como biocombustible, como fuente renovable de energía para el Ecuador. De hecho, como señala Murcia et al. (2020), las fuentes de energías basadas en aprovechamiento vegetal resultan más económicas, como resultado que la materia prima es menos costosa.

Al respecto, Ogner et al. (2020) agregan que al excluir el uso de biomasa forestal, es posible que el costo de la energía eléctrica aumente entre 0.2% y 0.7%; mientras que el de la calefacción se incrementa de 8 a 20%.

Con esto, como señalan Rodríguez-Ramos et al. (2019), se puede reducir el uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad y calor en un 15% en Ecuador, incluso como demostraron González et al. (2019), se puede extender su uso desde plantas o árboles hasta microalgas, como la *Chlorella vulgaris*. Además, con investigaciones como la de da Silveira et al. (2020), que se están realizando sobre el uso de nuevas fuentes energéticas, se ha demostrado, por ejemplo, que la *Pennisetum purpureum* (hierba de elefante) puede generar hasta 25 unidades de energía por fósil, mientras que otras formas tradicionales como la caña de azúcar convertida en etano, apenas alcanza una proporción de nueve a uno.

De hecho, Stolarski et al. (2021) demostró que son, precisamente, las áreas rurales pronto que jugarán un papel significativo en la obtención de biomasa sólida, y las comunas individuales podrían convertirse en espacios para la diversificación de materias primas energéticas. Por su parte, Jurgutis et al. (2021) comentan que esta energía que puede basarse la producción de biomasa de gramíneas seminaturales en los suelos de baja fertilidad.

A estas ventajas económicas, Lenis-Rodas et al. (2021) agrega que la biomasa es fácil almacenamiento y que es una fuente de energía versátil, visto que puede convertirse en calor, electricidad, combustibles líquidos y gaseosos.

En cuanto a las ventajas ambientales, Rodríguez-Ramos et al. (2019), Romero et al. (2019) y Lesme et al. (2020) consideran que se reduce la emisión de CO<sub>2</sub> y con ello, se minimiza el daño ambiental por la disminución de GEI. Así, por ejemplo, con el uso de la planta *Ulex Europaeus* (Retamo espinoso), la reducción observada por Nuñez-Moreno et al. (2020) fue de 1.41% en ceniza y de 0.51% en azufre.

Ogner et al. (2020) señalan que en el caso de Europa, se conseguiría una reducción de emisiones de GEI del 4 a 23% para el año 2020, con el empleo de biomasa forestal en la generación de electricidad. Jeswani et al. (2020) señalan que esta biomasa puede satisfacer el 5% de la demanda nacional de calefacción y ahorrar 7.3 Mt CO<sub>2</sub> eq. año<sup>-1</sup> o el 1.5% de las emisiones del Reino Unido.

Por otro lado, como destacan Nuñez-Moreno et al. (2020) es posible aprovechar especies como el retamo espinoso, que es una de las 100 plantas invasoras más dañinas en la Tierra y que, por su capacidad de resiliencia, de germinación en ubicaciones complejas y tasa de crecimiento alta por su reproducción suele ser difícil su control.

Finalmente, en cuanto a las ventajas sociales, Rodríguez-Ramos et al. (2019) y Nugroho et al. (2020) señalan que se aumentan las fuentes de trabajos dado que el desarrollo de biomasa natural con fines energéticos no se ha explotado en muchos países, incluso Hodges et al. (2019) demostraron que esta realidad es posible en los Estados Unidos, de acuerdo a la percepción de los encargados de los cultivos. Además, estos mismos autores consideran que se incrementa la calidad de vida de las poblaciones alejadas de zonas rurales desprovistas de electricidad, al llevarles energía a bajo costo. En cuanto a este aspecto, Parra-Ortiz et al. (2019) destacan que podría ser la solución para 1.2 billones de personas que carecen de electricidad (casi el 16% de los habitantes en el mundo), que usan formas tradicionales como el carbón y la leña.

En la tabla 2 se presentan las desventajas de la obtención de energía con base a biomasa natural.

Tabla 2. Desventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural

Desventajas	Económicas	Autores	Total artículos
Económicas	Ocupación de áreas dedicadas a la explotación agrícola y/o forestal	Rodríguez-Ramos et al. (2019)	01
	Altos niveles de toxicidad de algunos compuestos que afectan el rendimiento del biogás	Romero et al. (2019)	01
	Se requiere de la producción de otros sub-productos para aumentar la rentabilidad	Campos-Ramírez et al. (2020)	01
	Bajo potencial energético	Núñez-Moreno et al. (2020); Herrera et al. (2020); Tamayo-Pacheco et al. (2019); Martillo et al. (2019), Martínez-Amariz y Garrido-Silva (2019), Johansson et al. (2019), Niemczyk et al. (2021) y Slusarz et al. (2021)	08
	Su rendimiento depende de las condiciones climáticas y de las propias especies (en especial, la humedad)	González et al. (2020); Galvis et al. (2020) y Espinoza-Álvarez et al. (2019)	03
Ambientales	Transformación de áreas vírgenes en zonas rurales	Rodríguez-Ramos et al. (2019)	01
	Efectos destructores debido a la interferencia humana en procesos naturales	Guasumba-Codena et al. (2019) Serra et al. (2019), Irdfan et al. (2020) y Jeswani et al. (2020)	03
Sociales	Dependiendo de los niveles de producción puede incidir en la seguridad alimentaria	Rodríguez-Ramos et al. (2019) y Galvis et al. (2020)	02

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las desventajas económicas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, Rodríguez-Ramos et al. (2019) indican que se generaría un efecto negativo en las actividades económicas agrícolas y forestales, al dedicarse las zonas cultivadas a la producción de energía, incidiendo en la seguridad agroalimentaria, de no realizarse una planificación. Por su parte, Romero et al. (2019) destacan que durante la generación de azúcares monoméricos para la producción de biocombustible, se generan componentes no deseables en el proceso de fermentación de los componentes vegetales que, dada su toxicidad,

inciden en el rendimiento del producto final.

Al respecto, Nuñez-Moreno et al. (2020) consideran que el poder calorífico de especies como la planta *Ulex Europaeus* (Retamo espinoso) es de solo el 75% del poder del carbón; lo cual también fue constatado Herrera et al. (2020) quienes encontraron que las mezclas de biodiesel de palma tienen menor poder calorífico que los de combustible de origen mineral. Visto esto, Martínez-Amariz y Garrido-Silva (2019), Tamayo-Pacheco et al. (2019) y Martillo et al. (2019) destacan que debe seguirse experimentando con nuevas técnicas para la obtención de energía con base a las biomásas vegetales, demostrándose que la gasificación (que se usa con carbón y residuos sólidos humanos) resulta en una estrategia apropiada.

Para Irdfan et al. (2020), esto obedece a que la biomasa natural tiene un poder calorífico bajo de 9.5 MJ/kg, ya que tiene un contenido de humedad del 52%, mientras que la calefacción por otras fuentes tradicionales, superan los 19.8 MJ/kg. A esto, Johansson et al. (2019) agregan que la biomasa natural solo puede ser rentable, si se agrega con fuentes fósiles, como el gas natural. En cambio, Niemczyk et al. (2021) encontraron que, en especies como la *P. pyramidalis*, el alto contenido de cenizas muy alto en la biomasa (2.6–4.5%), lo que afecta negativamente su potencial energético expresado, con un valor calorífico más bajo

En el caso de Polonia, Slusarz et al. (2021) considera que una de las opciones más valoradas es combinar las fuentes de suministro eléctrico, con base a biomasa natural y residual (especialmente, biogás). Campos-Ramírez et al. (2020) señala que vistas las condiciones actuales, baja demanda y precios pocos rentables, se requiere producir otros sub-productos dentro de las plantas de generación de biomasa con fines energéticos para garantizar la viabilidad económica y financiera de dicha actividad.

Otra desventaja, ha sido señalada por González et al. (2020) y Espinoza-Álvarez et al. (2019), al destacar que el rendimiento de la biomasa depende de las condiciones climáticas donde crecen las especies y de sus propias características. En atención a esto, uno de los factores claves es la humedad contenida en la biomasa que, de ser muy alta (evidente en especies como *Piptocoma discolor* (pigüe), amerita sofisticados procesos de secado, que pueden incrementar los costos. Incluso, Galvis et al. (2020) argumentan que para mitigar el impacto de la humedad en el

rendimiento, debe emplearse la combustión directa que afecta en mayor medida al ambiente (visto que genera mayor material particulado), pero tiene mayor eficiencia energética (del 35 al 40%), por lo que se requieren 290 hectáreas por vatio de producción de energía en lugar de 550 Ha/W.

En lo concerniente a las desventajas ambientales, Rodríguez-Ramos et al. (2019) argumentan que es posible que se estimule la producción en áreas vírgenes, con efectos importantes sobre la capa de ozono. A esto, se agrega lo expresado por Guasumba-Codena et al. (2019), en cuanto a que se estaría alterando los procesos naturales de los organismos vegetales, lo cual puede generar una destrucción local o global en sus poblaciones.

Serra et al. (2019) argumentan que, posiblemente, en el corto y mediano plazo, el uso intensivo de biomasa natural reduzca las emisiones de GEI; no obstante, en el largo plazo, estos beneficios atmosféricos pueden variar, al evidenciarse un cambio forzado de las condiciones del planeta, pues se está descomponiendo en mayor medida, la materia orgánica de árboles y plantas.

Esto es explicado por Irdfan et al. (2020), en el sentido que la incorporación de biomasa natural forestal al sistema eléctrico, puede ocasionar riesgos de deforestación. Para Jeswani et al. (2020), el problema se centra en que la acidificación, la eutrofización y las toxicidades humanas y ecológicas son mucho más altos que para el calor del gas natural.

Desde la óptica social, como se ha comentado, de acuerdo a Rodríguez-Ramos et al. (2019), el uso de biomasa natural como fuente energética ocasiona que se destinen menos zonas al cultivo, lo que afecta en la seguridad alimentaria de los habitantes. Esto también es ratificado por Galvis et al. (2020), señalando que es necesario definir las áreas en que es posible hacer avanzar estos cultivos, lo que evitaría una reducción de los rubros agrícolas y forestales, teniendo en cuenta que 1.182 GHa de los espacios terrestres del planeta están disponibles, pudiéndose usar para fines energéticos.

En la tabla 3, se presentan las ventajas de la obtención de energía a partir de carbón mineral.



Tabla 3. Ventajas de la obtención de energía a partir de carbón mineral

Ventajas		Autores	Total artículos
Económicas	Mayor potencial energético	Nuñez-Moreno et al. (2020)	01
Ambientales	Sinergia fisicoquímica y ambiental con biomásas naturales	Ardila-Barragán et al. (2019) y Galvis et al. (2020)	02
Sociales	-	-	-

Fuente: elaboración propia

En lo que respecta a lo económico, ya se ha comentado, lo señalado Nuñez-Moreno et al. (2020) en cuanto a que el carbón mineral tiene mayor potencial energético que las fuentes renovables. Con respecto a las ventajas ambientales, Ardila-Barragán et al. (2019) encontraron una sinergia fisicoquímica y ambiental con el *Chenopodium album* que reduce la emisión de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, por lo que es posible su co-procesamiento con fines de reducción del impacto ambiental. Esto también es señalado por Galvis et al. (2020), reflejando reducciones de SO<sub>x</sub> de 81.68% con una co-combustión con 15% de biomásas. No se apreciaron en las fuentes consultadas, ventajas sociales referidas al uso del carbón mineral como fuente de energía.

Tabla 4. Desventajas de la obtención de energía a partir de carbón mineral

Desventajas		Autores	Total artículos
Económicas	Agotamiento de reservas	Reyes et al. (2020) y Jeswani et al. (2020)	02
	Incertidumbre en los precios	Reyes et al. (2020)	01
	La energía basada en carbón mineral es costosa	Galvis et al. (2020)	01
Ambientales	Genera mayor GEI que las energías renovables	Galvis et al. (2020) y Navarro-Torres (2020)	02
Sociales	Problemas de salud en las poblaciones	Roldán-Vargas et al. (2021)	01

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las desventajas económicas del carbón mineral como fuente de energía, como destacan Reyes et al. (2020) y Jeswani et al. (2020), uno de los grandes problemas que enfrenta el uso de combustibles fósiles es la reducción de las reservas, como resultado de la sobreexplotación de los yacimientos. Otra gran desventaja según estos autores, es la volatilidad de los precios de los minerales, como el carbón, lo que genera incertidumbre sobre los niveles de rentabilidad.

Asimismo, como indican Galvis et al. (2020) es una energía costosa con un precio de 55.22 cent/kWh, superior, por ejemplo, en 16.60% a la energía obtenida a base de cáscara de arroz.

Desde lo ambiental, las tecnologías utilizadas para la generación de energía con base al carbón mineral son, de acuerdo a Galvis et al. (2020), más contaminantes que las tecnologías renovables, estando las emisiones de SO<sub>x</sub> de 143.0 a 202.0 um y de NO<sub>x</sub> de 58.0 a 68.9 um por un kW/h. Esta postura, también se aprecia en el estudio de Navarro-Torres (2020), donde se aprecia como las leyes colombianas tratan de controlar las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> del sector eléctrico, que mayormente opera con carbón mineral

Finalmente, en el plano social, Roldán-Vargas et al. (2021) destacan el impacto en la salud de las emisiones de GEI que son generadas por el uso del carbón mineral en la obtención de energía, que se manifiesta como enfermedades de tipo respiratorio en la población.

## V. Discusión

Esta investigación se centró en determinar las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática, con lo cual se analizaron 20 artículos científicos publicados entre 2019 y 2021 en idiomas inglés y español, encontraron como ventajas económicas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, su alta relación costo-beneficio por ser materia prima de bajo costo; lo cual también señalado por Vargas y Ramírez (2017) y por Azwar et al. (2018); no obstante, Tang et al. (2017) contradice tal apreciación visto que, según los resultados de su investigación, se observa una alta reacción química en el proceso de generación de energía a partir de biomasa, lo que induce una gran preocupación por los costes, por su bajo desempeño electroquímico.

Adicionalmente, en el presente estudio se encontró que la biomasa natural que mejora la matriz energética por mayor diversificación de combustibles, lo cual coincide con lo aportado por Carrasco y Benites (2017), quienes indican que esta fuente puede reducir el uso de otras alternativas más contaminantes o costosas. Otra ventaja de la biomasa natural determinada es que es fácil de almacenar, siendo un aspecto no considerado en los trabajos que componen los antecedentes seleccionados.

Además, se determinó como beneficioso su alta versatilidad para ser usado en distintas formas; lo cual también fue señalado por autores como Bilgili et al. (2017), destacan que su uso es variado, siendo convertible tanto en sólido, líquido y gas; se pueden emplear en transporte, calefacción y generación de electricidad..

En el contexto ambiental, se aprecian como ventajas la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo cual fue comprobado por Sarrango et al. (2021), quienes encontraron una reducción de carbono (C), metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y componentes orgánicos volátiles distintos del metano (NMVOC). Otros autores dan cuenta de esta reducción, como fueron Vargas y Ramírez (2017), Carrasco y Benites (2017), Sayed et al. (2021), Rodríguez-Monroy et al. (2018) y Bilgili et al. (2017), siendo la ventaja más documentada en distintas fuentes.

Otra ventaja ambiental encontrada fue su efecto en la disminución de especies que presentan amenazas a ecosistemas, lo cual no fue hallado en los antecedentes

seleccionados. En lo social, aumenta la calidad de vida en lugares remotos al proveerlos de energía y crea nuevas fuentes de trabajo; de hecho, como destacan Bilgili et al. (2017), tiene tantas potencialidades que se puede producir de distintas formas y generar variadas fuentes que atenderían la demanda de las zonas desprovistas, generando en esas poblaciones, mayores ofertas laborales.

De igual modo, se encontraron como ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, su potencialidad en generar la ocupación de áreas dedicadas a la explotación agrícola y/o forestal, lo cual entra en contraposición con lo reflejado por Bilgili et al. (2017), quienes destacan que existe una amplia superficie explotable, ya que solo se está usando el 7% de las fuentes disponibles en el planeta, con lo cual no se pondría en riesgo alguna de las actividades productivas existentes.

Otra desventaja hallada se refiere a sus altos niveles de toxicidad de algunos compuestos que afectan el rendimiento del biogás que requiere de la producción de otros sub-productos para aumentar la rentabilidad y su bajo potencial energético, siendo una desventaja común a las halladas por Adrianzen y Morán (2020), García et al. (2017), Sayed et al. (2021), Azwar et al. (2018), Rodríguez-Monroy et al. (2018) y Bilgili et al. (2017), lo cual obedece a su baja densidad, requiriéndose de altos volúmenes de materia orgánica para lograr los niveles de abastecimientos deseados, que permitan sustituir a las fuentes de energía basada en combustibles fósiles.

Además, se encontró que su rendimiento depende de las condiciones, lo cual también fue encontrado por Adrianzen y Morán (2020), demostrando por un lado que, para el desarrollo de especies que puedan ser aprovechables, se deben disponer de condiciones que favorezcan el proceso de fotosíntesis. Por otra parte, se ha encontrado que la potencialidad energética depende de los niveles de humedad de la materia, como lo encontraron Rodríguez-Monroy et al. (2018), para lo cual como indican Sayed et al. (2021), deben profundizarse los estudios realizados.

De igual modo, en esta revisión sistemática realizada se encontró que como otra desventaja del uso de biomasa natural con fines energéticos se encontraron que puede ocasionar la transformación de áreas vírgenes en zonas rurales, generar

efectos destructores debido a la interferencia humana en procesos naturales y que, dependiendo de los niveles de producción, puede incidir en la seguridad alimentaria. No obstante, en los antecedentes seleccionados no se aprecian estas desventajas.

En cuanto a las ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, se obtuvo su mayor potencial energético, lo cual para Sayed et al. (2021), explica su aporte del 37% de la electricidad mundial. Esta ventaja es compartida por Rodríguez-Monroy et al. (2018) y Tang et al. (2017), con lo que se advierte que deben seguirse evaluando otras fuentes no renovables para la generación de energía. Así, Azwar et al. (2018) proponen estrategias como el diseño de un supercondensador, que resultó ser más eficaz en la conversión de la biomasa en nanofibras de carbono.

Otra ventaja del carbón mineral se refiere a su alta sinergia fisicoquímica y ambiental con biomasa natural, que reducen su efecto contaminante, siendo un factor no considerado en los estudios consultados como antecedentes.

En cuanto a las desventajas halladas respecto al uso de energía con base a carbón mineral, se determinó, en primer lugar, el agotamiento de reservas, lo cual como señalan Azwar et al. (2018), no sucede con la biomasa natural, visto que se deriva de organismos vivos renovables y está disponible en el ambiente.

De igual modo, se encontró que la energía basada en carbón mineral tiene como desventaja la incertidumbre en los precios de este mineral y que la energía que se genera de éste es costosa. Esta apreciación es compartida por Sayed et al. (2021), quienes destacan que en los últimos años se ha elevado el precio de esta materia prima, con lo cual ha aumentado el costo de la energía basada en ella.

Además, se encontró que este tipo de energía genera mayor GEI que las energías renovables y ocasiona problemas de salud en las poblaciones aledañas. Este resultado fue constatado por el estudio realizado por Sarrango et al. (2021), entre 2016 y 2019 en el Perú, donde se aprecia que la generación eléctrica con base a combustibles fósiles aporta una emisión de GEI del 30.0% en el país, siendo las cifras de 4,463 t de C; 1,167 kg de CH<sub>4</sub>; 29 kg de N<sub>2</sub>O; 43,755 kg de NO<sub>x</sub>; 5,834 t de CO y 1,459 kg de NMVOC.

Ante ello, Vargas y Ramírez (2017) señala que es imprescindible la identificación de opciones tecnológicas y cálculo de la cantidad de energía aprovechable, evaluándose las potenciales de distintos rubros vegetales. En particular, Carrasco y Benites (2017) destacan que el carbón mineral es el de mayor impacto ambiental dentro de los combustibles fósiles.

En relación a ello, Sayed et al. (2021) destacan que el carbón mineral tiene participación del 37.7% dentro de los combustibles fósiles, siendo notable su impacto sobre la calidad del aire y las emisiones de GEI, siendo uno de los mayores determinantes en el cambio climático.

## **VI. Conclusiones**

Primera. Se encontraron como ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, su alta relación costo-beneficio por ser materia prima de bajo costo; también que mejora la matriz energética por mayor diversificación de combustibles, es fácil de almacenar y su alta versatilidad para ser usado en distintas formas. De igual manera, se aprecian como ventajas la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y su efecto en la disminución de especies que presentan amenazas a ecosistemas, En lo social, aumenta la calidad de vida en lugares remotos al proveerlos de energía y crea nuevas fuentes de trabajo.

Segunda. Se encontraron como ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, su potencialidad en generar la ocupación de áreas dedicadas a la explotación agrícola y/o forestal, sus altos niveles de toxicidad de algunos compuestos que afectan el rendimiento del biogás que requiere de la producción de otros sub-productos para aumentar la rentabilidad y su bajo potencial energético. Además, su rendimiento depende de las condiciones climáticas y de las propias especies (en especial, la humedad), puede ocasionar la transformación de áreas vírgenes en zonas rurales, generar efectos destructores debido a la interferencia humana en procesos naturales y, dependiendo de los niveles de producción, puede incidir en la seguridad alimentaria

Tercera. Se encontraron como ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, su mayor potencial energético y su alta sinergia fisicoquímica y ambiental con biomasa naturales, que reducen su efecto contaminante.

Cuarta. Se encontraron como ventajas de la obtención de energía a partir de biomasa natural, el agotamiento de reservas, la incertidumbre en los precios de este mineral y que la energía que se genera de éste es costosa. Además, genera mayor GEI que las energías renovables y ocasiona problemas de salud en las poblaciones aledañas.

## **VII. Recomendaciones**

Con base a las conclusiones a las que se llegó en este estudio, se realizan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda a las autoridades nacionales propiciar el uso de fuentes de energía renovables en el país, con base al uso de la biomasa natural, vistas las capacidades existentes en el país en materia de recursos vegetales y forestales.
2. Se recomienda a futuros investigadores continuar realizando investigaciones en torno a métodos que incrementen el potencial energético de las biomásas naturales.
3. Se recomienda a las universidades, crear líneas de investigación que propicie la combinación de fuentes de energía provenientes de combustibles fósiles con materiales orgánicos para reducir la emisión de GEI y el costo de la materia prima.
4. Se recomienda a las autoridades nacionales, realizar mediciones constantes de los GEI provenientes de las fuentes de energía que se explotan en el país.



## VIII. Referencias Bibliográficas

- A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal por E. Sayed et al. Science of the Total Environment. 2021, vol. 766. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144505>
- ADRIANZEN, R., y MORÁN, M. Producción de energía eléctrica a partir de la fotosíntesis del *Allium fistulosum* (cebolla china), San Ignacio y Lambayeque. 2020. Universidad César Vallejo.
- ANÁLISIS de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador por J. Martillo et al.. Tecnología Química. 2019, vol. 39, n° 3. [Fecha de consulta: 04 de diciembre de 2021]. Disponible en [www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283012](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283012)
- ANÁLISIS del desempeño de la potencia y el torque de un motor diésel operando con mezclas de biodiésel de palma por D. Herrera et al. Ingeniería. 2020, vol. 25, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.14483/23448393.15676>
- ANÁLISIS termodinámico de la gasificación por plasma de bagazo de caña por J. Tamayo-Pacheco et al. Tecnología Química. 2019, vol. 39, n° 3. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021]. Disponible en [www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283003](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283003)
- ASSESSING the energy dynamics of Pakistan: Prospects of biomass energy por M. Irdfan et al. Energy Reports. 2020, vol, 6. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.11.161>
- BIOMASS gasification under external heating and using steam as a gasifying agent: Numerical analysis Y. Lenis-Rodas et al.. Revista Facultad de Ingeniería. 2021, vol. 98. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200475>
- BIOMASS in the electricity system: A complement to variable renewables or a

- source of negative emissions? por V. Johansson et al. *Energy*. 2019, n° 168. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.112>
- BIOMASS potential and kinetics of drying model of *Piptocoma discolor* (pigüe) as a source of renewable energy source in Ecuador por J. González et al.. *Enfoque UTE*. 2020, vol. 12, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.695>
- BIOMASS-DERIVED carbonaceous materials: Recent progress in synthetic approaches, advantages, and applications por D. Yang et al.. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2019, vol. 7. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b06030>
- CAN biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? *Renewable and Sustainable* por F. Bilgili et al.. *Energy Reviews*. 2017, vol. 71. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.109>
- CARRASCO, A. y BENITES, E. Generación de energía eléctrica mediante el reaprovechamiento de biomasa (cáscara de papa y aguas residuales) por medio de bioceldas. *Revista ECIPerú*. 2017, vol. 14, n° 2. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <HTTPS://DOI.ORG/10.33017/REVECIPERU2017.0010/>
- CARRASCO, S. *Metodología de la investigación científica*. (E. S. Marcos (ed.)). 2017.
- CERDÁ, E. Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos de Economía*. 2012, n° 85. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.32796/cice.2012.83.6036>
- CHALLENGES and opportunities in biomass ash management and its utilization in novel applications por M. Munawar et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021, vol. 150, n° 111451. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111451>
- CHATTOPADHYAY, S. y CHATTOPADHYAY, D. Coal and other mining operations: Role of sustainability. In R. Malhotra (Ed.), *Fossil Energy*. 2019.[Fecha de

consulta: 02 de diciembre de 2021] Disponible en [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6\\_864-4](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2493-6_864-4)

CONEXIONESAN. Energías renovables en Perú: tipos, características y situación actual. Apuntes Empresariales /Energía. 2020. [Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2021] Disponible en <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2020/12/energias-renovables-en-peru-tipos-caracteristicas-y-situacion-actual/>

EFFECT of cutting frequency on the yield and properties of elephant grass biomass for bioenergy and animal feed por F. da Silveira et al.. Int. J. Agric. Nat. Resour., 2020. vol. 47, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i1.196>

EMISIÓN de gases de efecto invernadero en la planificación de la generación de energía del Sistema Eléctrico Interconectado del Perú por D. Sarrango et al. Revista de Investigación de Física. 2021, vol. 24, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.15381/rif.v24i1.20243>

ENERGY from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions por F. Galvis et al.. Lámpsakos. 2020, vol. 23. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.21501/21454086.3457>

ENVIRONMENTAL and Economic Sustainability of Biomass Heat in the UK por H. Jeswani et al. Energy Technology. 2020, vol. 8, n° 1901044. [Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ente.201901044>

ESPINOZA-ÁLVAREZ, C., JAIME-MATUS, C. y MEZQUITA-CEREZAL, P. Some physical characteristics of the O/W macroemulsion of oleoresin of astaxanthin obtained from biomass of Haematococcus pluvialis. DYNA. 2019, vol. 86, n° 208. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.74586>

ESTUDIO cinético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales de la cáscara de banano maduro por H. Romero et al. Industrial Data0. 2019, vol. 22, n° 1. [Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.15381/idata.v22i1.16534>

- ESTUDIO técnico-económico de dos tecnologías de producción de biodiesel a partir de aceite de soya empleando el simulador superpro designer por L. Campos-Ramírez et al.. *Tecnológicas*. 2020, vol. 23, n° 48. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.22430/22565337.1568>
- FAVERO, A., DAIGNEAULT, A., y SOHNGEN, B. Forests: Carbon sequestration, biomass energy, or both? *Sciences Advances*. 2020, vol. 6, n° 13. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021] Disponible en <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay6792>
- FONSECA-GONZÁLEZ, W. Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. *Revista de Ciencias Ambientales*. 2017, vol. 51, n° 2. [Fecha de consulta: 04 de diciembre de 2021] Disponible en [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)
- FOREST biomass availability and utilization potential in Sweden: A review por A. Kumar et al. *Waste and Biomass Valorization*. 2021, vol. 12. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00947-0>
- FROM conventional to renewable natural gas: can we expect GHG savings in the near term? por R. Serra et al. *Biomass and Bioenergy*. 2019, vol. 131, n° 105396. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105396>
- GARCÍA, J. Estudio comparativo entre las diferentes fuentes de energía eléctrica en Colombia y la generación de electricidad a partir de biomasa. *Physics and Society*. 2017, n° 1–7. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://arxiv.org/abs/1706.08441>
- GARCÍA, R., ÁLAMO, M., y ALDANA, M. Potencial energético de biomasa para procesos de digestión anaerobia y selección de zonas potenciales en la región Piura. XXIV Simposio Peruano de Energía Solar y Del Ambiente (XXIV- SPES), Huaraz. 2017, vol. 13. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en [http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael\\_biomasa.pdf](http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Garcia-Rafael_biomasa.pdf)
- GARCÍA-PERDOMO, H. Conceptos fundamentales de las revisiones

- sistemáticas/metaanálisis. Revista Urología Colombiana. 2015, vol. 24, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021], Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>
- GASIFICATION of coal, Chenopodium Album biomass, and cogasification of a coal-biomass mixture by thermogravimetric-gas analysis por M. Ardila-barragán et al. Facultad de Ingeniería. 2019, vol. 28, n° 53. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.10147>
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. 2014
- LESME, R., MARTILLO, J. y OLIVA, L. Estudio de la gasificación de la tusa del maíz para la generación de electricidad. Ingeniería Mecánica. 2020, vol. 23, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1815-59442020000300008&lng=en&nrm=i&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59442020000300008&lng=en&nrm=i&tlng=es)
- MARTÍNEZ-AMARIZ, A. y GARRIDO-SILVA, G. Uso de la biomasa de residuos orgánicos para el diseño de una estación eléctrica. Revista UIS Ingenierías. 2019, vol. 18, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019015>
- METODOLOGÍA de la investigación por J. Palomino et al. Editorial San Marcos. 2015.
- MURCIA, J., ARDILA, A. y BARRERA-ZAPATA, R. Producción de etanol a partir de piñas de rechazo de cultivos del Chocó. Revista ION. 2020, vol. 33, n° 1. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020005>
- NATURAL biomass-derived carbons for electrochemical energy storage por W. Tang et al. Materials Research Bulletin. 2017, n° 9067.[ Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/0.1016/j.materresbull.2016.12.025>
- NAVARRO-TORRES, V. A quantitative assessment of the environmental sustainability of UCG and CO<sub>2</sub> storage. DYNA. 2020, vol. 87, n° 215. [Fecha

de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83649>

NUÑEZ-MORENO, A., BARBIERI, G. y GORDILLO, G. Analysis of the feasibility of generating solid biofuel from *Ulex Europaeus* plants. *Revista Facultad de Ingeniería*. 2020, vol. 29, n° 54. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.10454>

OPPORTUNITIES and attitudes of private forest landowners in supplying woody biomass for renewable energy por D. Hodges et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019, vol. 113, n° 20. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.012>

PARRA-ORTIZ, D., BOTERO-LONDOÑO, M. y BOTERO-LONDOÑO, J. Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos. *Revista UIS Ingenierías*. 2019, vol. 18, n° 1. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019013>

PERFORMANCE assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities por H. Nugroho et al. *IOP Publishing*. 2020, vol. 415, n° 0102010. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1088/1755-1315/415/1/012010>

PRODUCCIÓN eficiente de biogás mediante calentamiento del sustrato con energía solar térmica de baja temperatura por S. Guasumba-Codena et al. *Científica*. 2019, vol. 23, n° 1, Disponible en [www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265001](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265001)

PRODUCTION and environmental impact of *Ricinus Communis* L oil for biofuel purposes por P. Rodríguez-Ramos et al.. *DYNA*. 2019, vol. 86, n° 210. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.77167>

PRODUCTIVITY and Biomass Properties of Poplar Clones Managed in Short-Rotation Culture as a Potential Fuelwood Source in Georgia por M. Niemczyk, et al. *Energies*. 2021, vol. 14, n° 3016. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de

2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en14113016>

PROSPECTS for the industrial use of coal in the world and its process of reproducing por H. G'Ofurovich et al. Journal NX. 2020, vol. 6, n° 5. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/342330177\\_PROSPECTS\\_FOR\\_THE\\_INDUSTRIAL\\_USE\\_OF\\_COAL\\_IN\\_THE\\_WORLD\\_AND\\_ITS\\_PROCESS\\_OF\\_REPRODUCING](https://www.researchgate.net/publication/342330177_PROSPECTS_FOR_THE_INDUSTRIAL_USE_OF_COAL_IN_THE_WORLD_AND_ITS_PROCESS_OF_REPRODUCING)

REGIONAL Diversification of Potential, Production and Efficiency of Use of Biogas and Biomass in Poland por G. Slusarz et al. Energies. 2021, vol. 14, n° 742. [Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en14030742>

REVISIONES Sistemáticas: definición y nociones básicas por B. Moreno et al. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral. 2018 vol. 11, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>

RODRÍGUEZ-MONROY, C., MÁRMOL-ACITORES, G. y NILSSON-CIFUENTES, G. (2018). Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources – A focus on biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews- 2020, vol. 81. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.059>

ROLDÁN-VARGAS, J., TORO-GÓMEZ, M. y MARÍN-SÁNCHEZ, A. Estimación y modelización de la dispersión de black carbon en el Valle de Aburrá, Colombia. Tecnológicas. 2021, vol. 24, n° 50. [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.22430/22565337.1580>

SOLID Biomass Energy Potential as a Development Opportunity for Rural Communities por M. Stolarski et al. Energies. 2021, vol. 14, n° 3398. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en14123398>

SUSTAINABLE biomass as an alternative energy source: Bangladesh perspective por M. Uddin et al. Energy Procedia. 2019, n° 160. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en

[HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.EGYPRO.2019.02.217](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.217)

THE role of woody biomass for reduction of fossil GHG emissions in the future North European energy sector por E. Ogner et al. *Applied Energy*. 2020, vol. 274, n° 115360. [Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115360>

TEMPERATURE of the mixed culture of chlorella vulgaris to open sky: Incidence in biomass concentration por N. González et al.. *Tecnología Química*. 2019, vol. 39, n° 3. Disponible en [www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283007](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445560283007)

TOWARDS a Full Circular Economy in Biogas Plants: Sustainable Management of Digestate for Growing Biomass Feedstocks and Use as Biofertilizer por L. Jurgutis et al.. *Energies*. 2021, vol. 14, n° 4272. [Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en14144272>

TRANSFORMATION of biomass into carbon nanofiber for supercapacitor application - A review por E. Azwar et al. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018, n° 43. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.09.111>

VALORACIÓN del potencial energético de los residuos agroindustriales de tomate para su empleo como biocombustible por Y. Reyes et al. *Revista Ingeniería Agrícola*. 2020, vol. 10, n° 2. Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2021]. Disponible en [www.redalyc.org/articulo.oa?id=586263256006](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586263256006)

VARGAS, A. y RAMÍREZ, J. Determinación de polos de generación distribuida a partir de biomasa residual agrícola en la región Madre de Dios, Perú. *Revista Tecnura*. 2017, vol. 21, n° 53. [Fecha de consulta: 04 de diciembre de 2021]. DISPONIBLE EN [HTTPS://DOI.ORG/10.14483/22487638.11722](https://doi.org/10.14483/22487638.11722)

YAJURE, A. y GUZMÁN, Y. Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad. *Scientia et Technica*. 2017, vol. 22, n° 3. [Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2021]. Disponible en <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/11591/10631>

YAJURE, C. y GUZMÁN, Y. Enfoque multicriterio para la selección preliminar de la mejor tecnología para la producción de electricidad a partir del carbón mineral.



Revista Tecnológica ESPOL – RTE. 2014, vol. 27, n° 2. [Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2021]. Disponible en <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/313>

## IX. Anexos

### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	ESCALA DE MEDICIÓN
Biomasa natural	La biomasa natural es el material orgánico producido por la naturaleza sin la participación del hombre, que puede ser utilizado como fuente de energía de forma renovable (García, 2017). La biomasa natural depende de unas adecuadas condiciones ambientales y de un programa de gestión forestal y de los cultivos para que el nivel de variabilidad en de su rendimiento no se afecte (Kumar et al., 2021).	Las dimensiones consideradas son las ventajas y desventajas de esta fuente de energía, las cuales son subclasificadas en económicas, ambientales y sociales.	Económicas	Nominal
			Ambientales	
			Sociales	
Carbón mineral	El carbón mineral es el tipo combustible sólido más común en la Tierra, con reservas geológicas que se proyectan en 11,270 billones de toneladas de combustible (UT) (G'Ofurovich et al., 2020). Su uso se ha extendido principalmente hacia la producción de energía eléctrica, empleándose variadas técnicas que buscan incrementar su rendimiento y reducir los efectos sobre el medioambiente (Yajure y Guzmán, 2014).	Las dimensiones consideradas son las ventajas y desventajas de esta fuente de energía, las cuales son subclasificadas en económicas, ambientales y sociales.	Económicas	Nominal
			Ambientales	
			Sociales	

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2: Matriz de consistencia

<b>Título:</b> Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral: Una revisión sistemática									
<b>Autor/a:</b> Valenzuela Santillán, Jerónimo Romario									
<b>Problema</b>		<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables e Indicadores</b>					
<b>Problema General</b>		<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	Variable 1: Biomasa natural					
<p>¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática?</p> <p>Problema específico ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural, luego de una revisión sistemática?</p> <p>Problema específico ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la energía a partir de carbón mineral, luego de una revisión sistemática?</p>	<p>Determinar las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral, luego de una revisión sistemática</p> <p>Objetivo específico Establecer las ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural, luego de una revisión sistemática</p> <p>Objetivo específico Establecer las ventajas y desventajas de la energía a partir de carbón mineral, luego de una revisión sistemática</p>	<p>La energía a partir de biomasa natural y de carbón mineral tiene ventajas y desventajas</p> <p>Hipótesis específica 1. La energía a partir de biomasa natural tiene ventajas y desventajas</p> <p>Hipótesis específica 2. La energía a partir de carbón mineral tiene ventajas y desventajas</p>	Dimensiones			Indicadores	Escala		
			Ventajas	Poder calórico Composición Contaminación costo	$kcal/m^3$  Kg  S/				
			Desventajas	Poder calórico Composición Contaminación costo					
						Variable 2: Carbón mineral			
						Dimensiones		Indicadores Ítems	Escala y valores Niveles y rangos
			Ventajas	Poder calórico Composición Contaminación costo	$kcal/m^3$  Kg  S/				
Desventajas	Poder calórico Composición Contaminación costo								

Tipo y diseño de investigación	Población y muestra	Técnicas e instrumentos	Estadística	
<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Básico</p> <p>Diseño: Revisión sistemática</p> <p>Nivel: Descriptivo</p>	<p>Población y Muestra</p> <p>Población: 30 artículos científicos</p> <p>Muestra: 20 artículos científicos</p> <p>Muestreo: No probabilístico intencional</p>	<p>Técnicas: Análisis documental</p> <p>Instrumentos: Ficha de registro</p>	<p>Descriptiva: Se usarán tablas de frecuencias y gráficos estadísticos con gráfico de barras</p>	

### Anexo 3: Instrumentos

N°	Autor(es)	Año	Título	Revista	Objetivo	Idioma	País
1	Lenis-Rodas, Y. Maag, G. Lins, C. Corredor, L. Sanjuán, M.	2021	Biomass gasification under external heating and using steam as a gasifying agent: Numerical analysis	Revista Facultad de Ingeniería	Analizar computacionalmente el proceso de gasificación alotérmica de biomasa lignocelulosa con 50% de humedad con miras a la generación de gas de síntesis con alto contenido de hidrógeno	Inglés	Colombia
2	Roldán-Vargas, J. Toro-Gómez, M. Marín-Sánchez, A.	2021	Estimación y modelización de la dispersión de black carbon en el Valle de Aburrá, Colombia	TecnoLógicas	Presentar la estimación de emisiones de Black Carbón (BC) de la región de Antioquia	Español	Colombia
3	Niemczyk, M. Bachilava, M. Wróbel, M. Jewiarz, M. Kavtaradze, G. Goginashvili, N.	2021	Productivity and Biomass Properties of Poplar Clones Managed in Short-Rotation Culture as a Potential Fuelwood Source in Georgia	Energies	Determinar la productividad y las propiedades de la biomasa de cuatro clones de álamo. de Aigeiros y Tacamahaca y un clon de control, considerando sus características de madera y corteza y su proporción en los tallos	Inglés	Georgia
4	Slusarz, G. Golebiewska, B. Cierpiał-Wolan, M. Golebiewski, J. Twaróg, D. Wójcik, S.	2021	Regional Diversification of Potential, Production and Efficiency of Use of Biogas and Biomass in Poland	Energies	Evaluar el potencial y uso de fuentes de energía renovables y su efectividad a partir de la perspectiva regional en Polonia	Inglés	Polonia
5	Stolarski, M. Dudziec, M. Krzyszaniak, M. Olba-Ziety, E.	2021	Solid Biomass Energy Potential as a Development Opportunity for Rural Communities	Energies	Evaluar la biomasa sólida en su papel en el proceso de diversificación energética en Polonia	Inglés	Polonia
6	Jurgutis, L. Slepeliene, A. Slepetytis, J. Ceseviciene, J.	2021	Towards a Full Circular Economy in Biogas Plants: Sustainable Management of Digestate for Growing Biomass Feedstocks and Use as Biofertilizer	Energies	Evaluar el potencial económico de los digestatos producidos en plantas de biogás agrícolas	Inglés	Lituania
7	Murcia, J. Ardila, A. Barrera-Zapata, R.	2020	Producción de etanol a partir de piñas de rechazo de cultivos del Chocó	Revista ION	Estudiar la producción de etanol a partir de jugo de piñas de rechazo (frutos que no cumplen las normas técnicas para su comercialización) del departamento del Chocó	Español	Colombia
8	Campos-Ramírez, L. Pérez-Sánchez, A. Benítez-Legrá, A. Benítez, I.	2020	Estudio técnico-económico de dos tecnologías de producción de biodiesel a partir de aceite de soya empleando el simulador superpro designer	TecnoLógicas	Realizar un estudio técnico-económico preliminar de dos propuestas tecnológicas de producción de biodiesel empleando aceite de soya como materia prima principal y bajo las condiciones económicas actuales de Brasil	Español	Brasil
9	Núñez-Moreno, A. Barbieri, G. Gordillo, G.	2020	Analysis of the feasibility of generating solid biofuel from Ulex Europaeus plants	Facultad de Ingeniería	Fabricar y evaluar briquetas y mezclas de material molido con diferentes	Inglés	Colombia

					porcentajes tronco/follaje de <i>Ulex Europaeus</i> (Retamo espinoso)		
10	Herrera, D. Bermúdez, J. Castilla, C.	2020	Análisis del desempeño de la potencia y el torque de un motor diésel operando con mezclas de biodiésel de palma	Ingeniería	Mostrar el comportamiento de un biocombustible fabricado con materias primas de la región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia, mezclado con diesel comercial	Español	Colombia
11	Galvis, F. Torrado, L. Serrano, M. Solarte, N. Pérez, D.	2020	Energy from biomass: alternative for the reduction of atmospheric emissions	Lámpsakos	Presentar la perspectiva del consumo de biomasa para 2050, demostrando la viabilidad de esta energía para los países con alto potencial agrícola	Inglés	Colombia
12	da Silveira, F. de Souza, M. Loilola, R. Guimaraes, P. Ribeiro, M. Rocha, L. Silveira, B. Carneiro, M.	2020	Effect of cutting frequency on the yield and properties of elephant grass biomass for bioenergy and animal feed	Int. J. Agric. Nat. Resour.	Evaluar la producción de biomasa y el potencial uso del híbrido de pasto elefante Carajas para la alimentación animal y la producción de bioenergía en diferentes frecuencias de corte	Inglés	Brasil
13	Navarro-Torres, V.	2020	A quantitative assessment of the environmental sustainability of UCG and CO2 storage	DYNA	Desarrollar un modelo numérico innovador para cuantificar la situación de sostenibilidad ambiental de la gasificación subterránea de carbón in situ (UCG) y el proceso de almacenamiento de CO2	Inglés	Colombia
14	Lesme, R. Martillo, J. Oliva, L.	2020	Estudio de la gasificación de la tusa del maíz para la generación de electricidad	Revista de Ingeniería Mecánica	Realizar un análisis energéticoambiental de un nuevo esquema para la cosecha del maíz en el Ecuador, que incluye la gasificación de la tusa para la generación de electricidad	Español	Ecuador
15	Ogner, E. Folsland, T. Tromborg, E. Rorstad, P.	2020	The role of woody biomass for reduction of fossil GHG emissions in the future North European energy sector	Applied Energy	Analizar el uso de biomasa leñosa en el sector de la calefacción y la energía en el norte de Europa hacia 2040 y cuantificar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del uso de biomasa a diferentes niveles de precios del carbono	Inglés	Noruega
16	Irdfan, M. Zhao, Z. Panjwani, M. Mangi, F. Li, H. Ahmad, M. Rehman, A.	2020	Assessing the energy dynamics of Pakistan: Prospects of biomass energy	Energy Reports	Evaluar la situación actual y las proyecciones futuras de generación eléctrica mediante el uso de recursos energéticos de biomasa	Inglés	Pakistán
17	Jeswani, H.	2020	Environmental and	Energy	Explorar las	Inglés	Reino Unido

	Whiting, A. Azapagic, A.		Economic Sustainability of Biomass Heat in the UK	Technology	implicaciones económicas y medioambientales del ciclo de vida completo del calor de la biomasa		
18	Nugroho, H. Saad, M. Isnán, W. Suryaman, A.	2020	Performance assessment of KOMBI, energy-saving biomass stove: a gender friendly technology for rural and semi urban communities	Nugroho, H. Saad, M. Isnán, W. Suryaman, A.	Considerar los aspectos de género de la pobreza energética y cómo las estufas de biomasa que ahorran energía pueden contribuir a ahorrando tiempo a las mujeres y haciendo que las mujeres y sus familias vivan saludables y salgan de la pobreza	Inglés	Indonesia
19	Rodríguez-Ramos, P. Rubio-Erazo, D. Zumalacárregui-de Cárdenas, L. Pérez-Ones, O. Penabad-Sanz, L.	2019	Production and environmental impact of <i>Ricinus Communis L</i> oil for biofuel purposes	DYNA	Mostrar las bondades de la biomasa de aceite de <i>Ricinus communis L.</i> , o aceite de higuera para ser usado como biocombustible, como fuente renovable de energía para el Ecuador, así como la factibilidad económica de su producción	Inglés	Ecuador
20	Guasumba-Codena, S. Tafur-Escanta, P. Tipanluisa, L. Pérez-Rosales, J.	2019	Producción eficiente de biogás mediante calentamiento del sustrato con energía solar térmica de baja temperatura	Científica	Mejorar la producción de biogás mediante el calentamiento del sustrato (lodo), con energía solar térmica de baja temperatura inferior a los 100°C.	Español	México
21	Romero, H. Macías, C. Palacios, A. Redrovan, F.	2019	Estudio cinético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales de la cáscara de banano maduro	Industrial Data	Hidrolizar la celulosa y hemicelulosa presente en la cáscara de banano maduro a azúcares reductores y su posterior fermentación alcohólica para obtener bioetanol de segunda generación	Español	Perú
22	Ardila-Barragán, M. Valdés-Rentería, C. Pecha, B. López-Díaz, A. Gil-Lancheros, E. Vanegas-Chamorro, M. Camporredondo-Saucedo, J. Lozano-Gómez, L.	2019	Gasification of coal, <i>Chenopodium Album</i> biomass, and cogasification of a coal-biomass mixture by thermogravimetric-gas analysis	Facultad de Ingeniería	Estudiar la gasificación con carbón subbituminoso de la provincia Centro del departamento de Boyacá (Colombia), biomasa vegetal de <i>Chenopodium album</i> (cenizo) y de cogasificación de mezclas de carbón-biomasa, aglomerada con parafina en un analizador termogravimétrico.	Inglés	Colombia
23	González, N. Alfaro, O. Crespo, H. Pérez, R. Jover, A.	2019	Temperature of the mixed culture of <i>Chlorella vulgaris</i> to open sky: Incidence in biomass concentration	Tecnología Química	Evaluar la incidencia de la temperatura de suspensión en la biomasa del cultivo mixto de <i>Chlorella vulgaris</i> en residuales porcinos a cielo abierto	Inglés	Cuba
24	Espinoza-	2019	Some physical	DYNA	Obtener algunas	Inglés	Chile

	Alvarez, C. Jaime-Matus, C. Mezquita-Cerezal, P.		characteristics of the O/W macroemulsion of oleoresin of astaxanthin obtained from biomass of <i>Haematococcus pluvialis</i>		características físicas de la macroemulsión O/W de oleorresina de astaxantina obtenida a partir de biomasa de <i>Haematococcus pluvialis</i>		
25	Parra-Ortiz, D. Botero-Londoño, M. Botero-Londoño, J.	2019	Biomasa residual pecuaria: revisión sobre la digestión anaerobia como método de producción de energía y otros subproductos	Revista UIS Ingenierías	Brindar una perspectiva de la digestión anaerobia desde los aspectos técnicos más relevantes, la importancia del sustrato y los tipos de biodigestores de bajo costo más comunes	Español	Colombia
26	Tamayo-Pacheco, J. Copa-Rey, J. Cantos-Macias, M. Brito-Sauvanell, A. Silveira, J.	2019	Análisis termodinámico de la gasificación por plasma de bagazo de caña	Tecnología Química	Evaluar la gasificación del bagazo de caña de azúcar mediante el estudio de las áreas efectivas de operación de este proceso y establecer una comparación con la gasificación autotérmica convencional	Español	Cuba
27	Martillo, J. Lesme, R. OlivaRuiz, L. Martínez, A. Silva, E.	2019	Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz ( <i>Zea mays</i> ) en la provincia de Los Ríos, Ecuador	Tecnología Química	Realizar un análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de la tusa, determinándose los coeficientes de residuos y su potencial energético en la provincia de Los Ríos, Ecuador	Español	Ecuador
28	Martínez-Amariz, A. Garrido-Silva, G.	2019	Uso de la biomasa de residuos orgánicos para el diseño de una estación eléctrica	Revista UIS Ingenierías	Realizar una caracterización fisicoquímica de dos tipos de sustratos orgánicos (estiércol de cerdos y gallinas), a fin de conocer el potencial energético de metano para el diseño de una estación eléctrica que sirva como alimentador de baterías recargables	Español	Colombia
29	Serra, R. Niknia, I. Paré, D. Titus, B. Gagnon, B. Laganriere, J.	2019	From conventional to renewable natural gas: can we expect GHG savings in the near term?	Biomass and Bioenergy	Estimar el potencial para mitigar las emisiones de GEI y el momento de estos beneficios atmosféricos al sustituir el gas natural convencional (GN) por gas natural renovable (GNR) producido a partir de diferentes materias primas forestales en tres provincias canadienses, y evaluó la incertidumbre entre estas estimaciones.	Inglés	Canadá
30	Hodges, D. Chapagain, B. Watcharaanantapong, N. Poudyal, N. Kline, K. Dale, V.	2019	Opportunities and attitudes of private forest landowners in supplying woody biomass for renewable energy	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Evaluar las perspectivas de los posibles proveedores de biomasa leñosa en el sureste de los EE. UU., privados no	Inglés	Estados Unidos



					industriales		
31	Johansson, V. Lehtveer, M. Goransson, L.	2019	Biomass in the electricity system: A complement to variable renewables or a source of negative emissions?	Energy	Investigar el papel de la biomasa en los sistemas eléctricos con emisiones netas cero o negativas de dióxido de carbono	Inglés	Suecia

## Anexo 4

Anexo N° 4: Formato de ventajas y desventajas del carbón mineral

Ficha 1: Ventajas y desventajas de la biomasa natural							
<b>TÍTULO</b>	Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral: revisión sistemática.						
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Calidad y gestión de los recursos naturales						
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería ambiental						
<b>REALIZADO POR:</b>	Valenzuela Santillán Jerónimo Romario						
<b>ASESOR</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales						
<b>AUTOR</b>	<b>Tipos</b>			<b>Características</b>			
	Biomasa animal	Biomasa vegetal	Forma	Poder calorífico	composición	contaminación	costo



Dr. ELMER B. BENITES ALFARO  
ING. AMBIENTE  
Investigador CONICITEC  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
CIP 10084



Dr. Esteria Horacio Acosta Sussoibar  
CIP N° 25450



Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales  
DNI: 08447908



## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ventajas y desventajas de la biomasa natural
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Valenzuela Santillan, Jeronimo Romario

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

## III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85 %

## IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:



BENITES ALFARO ELMER GONZALES  
 CATEDRÁTICO DE INVESTIGACIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Acosta Suasnabar, Eusebio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ventajas y desventajas de la biomasa natural
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Valenzuela Santillan, Jeronimo/Romario

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MUY BASTANTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													X
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos teóricos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
RES

**IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:**


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 23450

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio**  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: **Docente Universidad Cesar Vallejo**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y carbón mineral**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ventajas y desventajas de la biomasa natural**  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: **Valenzuela Santillan Jeronimo Romario**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MEDIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. FUNCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

X
85%



Dir. de Gestión

Anexo N° 4: Formato de ventajas y desventajas del carbón mineral

Ficha 2: Ventajas y desventajas del carbón mineral						
TÍTULO	Ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral: revisión sistemática.					
LINEA DE INVESTIGACION	Calidad y gestión de los recursos naturales					
FACULTAD	Ingeniería ambiental					
REALIZADO POR:	Valenzuela Santillán Jerónimo Romario					
ASESOR	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales					
AUTOR	Tipos			Características		
	Carbon mineral	Forma		Poder calórico	composición	contaminación   costo




Dr. Eusebio Haracio Acosta Saenzobar  
CIP N° 25450

**I. DATOS GENERALES**
**1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. Benites Alfaro Eimer Gonzalez

**1.2. Cargo e institución donde labora:** Docente Universidad Cesar Vallejo

**1.3. Especialidad o línea de investigación:** ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral.

**1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ventajas y desventajas del carbón mineral

**1.5. Autor(A) de instrumento:** Valenzuela Santillan, Jeronimo Romario

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X		
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a los leyes y principios científicos.													X		
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X		
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													X		
15. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X		
16. INTELECCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X		
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X		
18. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X		
19. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X		
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
85 %

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

 Dr. Benites Alfaro Eimer Gonzalez  
 Docente Universidad Cesar Vallejo  
 Calle San Marcos 1000  
 Lima - Perú



## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusebio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ventajas y desventajas en la obtención de energía a partir de biomasa natural y carbón mineral.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ventajas y desventajas del carbón mineral Autor(A) de Instrumento: Valenzuela Santillan, Jeronimo Romario

## V. ASPECTO 8 DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
16. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
18. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
19. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

## VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

## VII. INSTRUMENTO DE VALORACIÓN:

X
85%

Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
CIP N° 25450



**II. DATOS GENERALES**


- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Cesar Vallejo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **ventajas y desventajas de la energía a partir de biomasa natural y carbón mineral**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ventajas y desventajas del carbón mineral**
- 1.5. Autor(A) de instrumento: **Valenzuela santillan Jeronimo Romario**

**2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
16. INTEGRALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										X			
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
18. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
19. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

3. **OPINIÓN DE APLICABILIDAD**
  - El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
  - El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación
4. **PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

X
85%



DN: 0647308