



Universidad César Vallejo

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

**Biocombustibles Producidos por Levaduras para la Reducción  
de Combustibles Fósiles: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Enriquez Castro, Angel (orcid.org/0000-0003-2287-4932)

**ASESOR:**

Dr. Espinoza Farfan, Eduardo Ronald (orcid.org/0000-0003-4418-7009)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

El trabajo de Tesis está dedicado a Dios, a mis padres que siempre estuvieron a mi lado brindándome sus consejos para hacer de mí una buena persona, por guiarme y enseñarme los buenos valores y como ganarse la vida y a mis hermanos, Kary, Brenda, Huberto, giralda.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por tanto cariño y apoyo incondicional tanto moralmente, por alentarme en el camino trazado de la superación a mis hermanos que siempre estuvieron en buenos y malos momentos apoyándome.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización.....	16
3.3. Escenario de estudio .....	18
3.4. Participantes .....	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	18
3.6. Procedimiento.....	18
3.7. Rigor científico .....	20
3.8. Método de análisis de información .....	20
3.9. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
V. CONCLUSIONES .....	31
VI. RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Matriz de Categorización Apriorística</i>	17
<i>Tabla 2. Tipos de biocombustibles producidos a partir de levaduras</i>	22
<i>Tabla 3. Fuentes de generación de levaduras</i>	24
<i>Tabla 4. Combustible sustituido por el compuesto producido por levaduras</i>	27

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 1. Categorías de biocombustibles</i> -----	7
<i>Gráfico 2. Procedimiento de selección de artículos</i> -----	19
<i>Gráfico 3. Combustible sustituido</i> -----	29

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Producción mundial de (A) petróleo y otros combustibles líquidos, (B) gas natural y (C) carbón por regiones en el periodo de 2012 a 2040</i> -----	6
<i>Figura 2. Diferentes materias primas para biodiesel</i> -----	8
<i>Figura 3. Reemplazo de combustibles fósiles en diversas aplicaciones mediante biocombustibles</i> -----	9

## Resumen

El objetivo del presente estudio consistió en identificar los puntos resaltantes de las levaduras productoras de biocombustibles usados para la reducción de combustibles fósiles; donde se utilizó una metodología de tipo aplicada, con un enfoque de diseño sistemático y los 30 estudios seleccionados de las plataformas Sciencedirect, Pubmed y Scopus permitieron resolver los siguientes problemas específicos:

Los tipos de biocombustibles producidos se dividen en tres categorías en función del número de átomos de carbono en sus estructuras; combustibles de cadena corta, de cadena media y de cadena larga; donde los biocombustibles más producidos son los de cadena media en un 40%, de cadena larga en un 37% y los de cadena corta en un 23%. Las fuentes de generación de levaduras son la glucosa, etanol, galactosa, y sacarosa, siendo la glucosa la más usada en un 85% del total de los artículos estudiados. Además, también se tiene que la levadura más usada para la producción de biocombustibles es el *S. cerevisiae*; donde 21 de los artículos lo confirman. El combustible sustituido por el compuesto producido por levaduras es el combustible de aviones, ello por los compuestos Isopreno, Alcanos, Alquenos y Limoneno, producidos por la levadura *S. cerevisiae* en su mayoría.

**Palabras clave:** biocombustible, levadura, gasolina, diésel, celulosa

## Abstract

The objective of the present study was to identify the highlights of the yeasts producing biofuels used for the reduction of fossil fuels; where an applied type methodology was used, with a systematic design approach and the 30 studies selected from the Sciencedirect, Pubmed and Scopus platforms allowed the following specific problems to be solved:

The types of biofuels produced are divided into three categories based on the number of carbon atoms in their structures; short-chain, medium-chain and long-chain fuels; where the most produced biofuels are medium-chain by 40%, long-chain by 37% and short-chain by 23%. The sources of yeast generation are glucose, ethanol, galactose and sucrose, with glucose being the most used in 85% of the total articles studied. In addition, the yeast most used for the production of biofuels is *S. cerevisiae*; 21 of the articles confirm this. The fuel substituted by the compound produced by yeasts is the jet fuel, this by the compounds Isoprene, Alkanes, Alkenes and Limonene, produced by the yeast *S. cerevisiae* in its majority.

**Keywords:** biofuel, yeast, gasoline, diesel, cellulose.



# INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial y el desarrollo industrial son los principales factores del aumento de la demanda mundial de energía (Singh S. et al., 2022, p.1). Se prevé que el consumo mundial de energía primaria sea de 13.147,3 millones de toneladas equivalentes de petróleo en 2016 (Davishi F. et al., 2017, p.2).

A pesar de la preocupación por el agotamiento de los suministros de combustibles fósiles, su consumo y los efectos perjudiciales para el medio ambiente, especialmente en relación con el cambio climático global provocado por las importantes emisiones de gases de efecto invernadero, son los problemas más acuciantes (Kumar D. et al., 2017, p.1). Además, la seguridad energética y el precio del petróleo son otros retos a los que se enfrentan las sociedades que dependen principalmente de los combustibles fósiles (Zhou Yongjin J. et al., 2018, p.2).

Esto significa que el uso de biodiésel como alternativa más limpia, no tóxica, biodegradable y renovable a los combustibles diésel fabricados a partir del petróleo ofrece varias ventajas (Jossi S. y Mishra S., 2022, p.2). Puede utilizarse en motores y vehículos existentes sin necesidad de realizar grandes modificaciones en ellos (Liu Zihé et al., 2020, p.2).

En general, hoy en día se considera que los recursos fósiles son insostenibles y cuestionables en muchos aspectos desde el punto de vista económico y ecológico (Bocken N. y Short S., 2021, p.1). Por lo tanto, se necesita una vía alternativa para producir combustibles ecológicos y sostenibles (Dordi Truzaar et al., 2022, p.2).

En general, se reconoce que el uso de biocombustibles como alternativa a los combustibles fósiles puede ayudar a mitigar los problemas mencionados, al tiempo que proporciona una fuente de energía sostenible (Hielscher S. et al., 2022, p.2).

Los biocombustibles son sustancias energéticas producidas a través de procesos de

conversión química o bioquímica, empleando principalmente biomasa biológica como materia prima, como plantas, componentes vegetales y restos de la agricultura, la vida doméstica y la industria (Akinwumi A. et al., 2022, p.4).

Debido a las características de la biomasa, a diferencia de los combustibles fósiles, los biocombustibles tienen emisiones de CO<sub>2</sub> nulas o muy bajas, y el proceso se considera renovable (Boro N. et al., 2022, p.2). Debido a las características de labiomasa, a diferencia de los combustibles fósiles

Los biocombustibles tienen emisiones de CO<sub>2</sub> nulas o muy bajas, y el proceso se considera renovable (Assad H. et al., 2022, p.1).

Para la elaboración y generación de biocombustibles es necesaria la ingeniería metabólica celular, así como mejorar la producción de la elaboración de células microbianas adecuadas para la industria (Jeevan K. et al., 2020, p.2). Ante ellos, los microorganismos se consideran fábricas celulares de alta eficiencia para la generación de combustibles y tienen como característica un tiempo de procesamiento reducido (Zabermawi N. et al., 2022, p.2). En consecuencia, el uso de microorganismos para pasar de los combustibles fósiles a los biocombustibles es, en general, una buena idea (Chingunta Anjani D. et al., 2021, p.1).

Donde las levaduras son vistas actualmente como atractivas fábricas de células microbianas para una variedad de biocombustibles (Vasaki Madhu et al., 2022,p.3)

.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea el siguiente problema de estudio, que presenta la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los puntos más destacados de las levaduras productoras de biocombustible utilizadas para la reducción de los combustibles fósiles?

Asimismo, se plantean los siguientes problemas específicos con los que se resolverá el problema general.

Pe1: ¿Cuáles son los tipos de biocombustibles producidos a partir de levaduras?

Pe2: ¿Cuáles son las fuentes de generación de levaduras que permiten la producción de biocombustibles?

Pe3: ¿Cuál es el combustible sustituido por el compuesto producido por la levadura para la reducción de los combustibles fósiles?

Oe1: Clasificar los tipos de biocombustibles producidos a partir de levaduras

Oe2: Determinar las fuentes de generación de levaduras que permiten la producción de biocombustibles

Oe3: Seleccione el combustible sustituido por el compuesto producido por la levadura para la reducción de los combustibles fósiles

La producción sostenible de biocombustibles ha hecho posible una atractiva sustitución de los combustibles fósiles, disipando las preocupaciones sobre la seguridad energética y el impacto climático. Por lo tanto, en el presente trabajo se busca realizar una recopilación de estudios actualizados de los últimos 6 años, en los que se puedan identificar los puntos sobresalientes de las levaduras productoras de biocombustibles utilizadas para la reducción de los combustibles fósiles; presentando así una justificación teórica, donde este trabajo está dirigido a los profesionales de las áreas relacionadas con el tema con el fin de discutir los retos y oportunidades para potenciar el uso de las levaduras en la fabricación.

La investigación está justificada desde el punto de vista medioambiental porque las distintas técnicas de biocombustibles permitirán encontrar una solución a la creciente demanda de recursos energéticos, lo que tendría un impacto positivo en el medio ambiente.

Desde el punto de vista de, el estudio se justifica porque la aplicación de varios biocombustibles permitirá resolver el problema causado por los combustibles convencionales.

Demostrar de manera verídica que los biocombustibles con estudios científicos adecuados pueden ser un sustituto de los combustibles convencionales que generan un impacto negativo en el medio ambiente. De esta manera, el presente estudio utiliza una justificación teórica, ya que esta revisión sistemática tiene el propósito de presentar un impacto académico, generar el interés de futuros

investigadores y profundizar en el problema tratado, presentando una colección de estudios prácticos a nivel mundial.

Debido a que se realizará una revisión nacional e internacional de los problemas existentes sobre los biocombustibles, este estudio presenta una justificación teórica, asimismo, el propósito es proporcionar una contribución literaria actualizada con información reciente que ayude y sirva de base para futuros estudios. Investigadores.

## II. MARCO TEÓRICO

La energía es uno de los recursos más cruciales para el crecimiento sostenible de la humanidad, y la crisis energética es actualmente uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el mundo (Musa S. et al., 2018, p. dos). Como pueden quemarse para crear una cantidad considerable de energía, los combustibles son muy importantes (Daimary N. et al., 2022, p. 3).

Con ello, se hizo posible la expansión económica (debido al extraordinario uso de los combustibles fósiles), pero a costa de problemas medioambientales como el derretimiento de los glaciares polares, el agotamiento de la capa de ozono, el cambio climático y la deforestación (Dickinson S. et al., 2017, p.2). Además, la era moderna se enfrenta a numerosas preocupaciones sobre el crecimiento de la población y el problema energético provocado por el agotamiento de las fuentes de combustible fósil, lo que lleva a un aumento significativo de la producción de crudo (Esmaeili H. et al., 2021, p. 1).

Investigar fuentes de energía alternativas podría ayudar a resolver algunos de estos problemas (Behera B. et al., 2019, p.2). donde las principales fuentes de energía son los combustibles fósiles, incluidos el carbón, el petróleo y el gas natural (Kabir E. et al., 2018, p.2).

No es de extrañar que en la actualidad haya insumos de combustibles fósiles en la producción de biocombustibles, ya que los combustibles fósiles representan actualmente la mayor parte del suministro energético mundial (Reijnders L. et al., 2020, p.1). El 80% de la demanda energética mundial se satisface con combustibles fósiles (Moriarty P. y Honnery D., 2017, p.4).

En la mayoría de las industrias se utilizan equipos que funcionan con diésel para producir bienes. Los coches privados, los autobuses, los camiones y los barcos requieren mucho combustible y gasolina en la industria del transporte (Mukherjee A. et al., 2022, p.4). Por ello, la vida cotidiana depende en gran medida de los combustibles fósiles, pero la producción de crudo del país no puede seguir el ritmo del aumento de la población (Thakur P., 2019, p.2).

Por ello, los combustibles fósiles se producen a través de procesos geológicos graduales y se siguen formando, pero el aumento de las existencias es muy pequeño en comparación con el uso global de combustibles fósiles (Bach Hanna et al., 2021, p. 3).

Los combustibles fósiles, que se destacan, son principalmente hidrocarburos que generalmente se almacenan en el subsuelo con reservas finitas y se generan a partir de biomasa antigua que se acumula en el fondo de las masas de agua más rápido de lo que las bacterias ambientales podrían remineralizarla y reciclarla (AliM. et al., 2019, p.2).

El objetivo del estudio era: Identificar los puntos más destacados de las levaduras productoras de biocombustible utilizadas para la reducción de los combustibles fósiles. Los objetivos específicos son:

Por ejemplo, la mayor parte del petróleo se produce a partir de los restos de algas que se acumulan en entornos marinos o lacustres, mientras que la mayor parte del carbón se produce a partir de los residuos de plantas y árboles terrestres que se acumulan en marismas y pantanos (Piggot G. y Erickson P., 2022, p.2).

Antes de ser enterrada a lo largo del tiempo geológico, la biomasa se combina con cantidades cambiantes de elementos inorgánicos (sedimentos) (Sukumaran C. et al., 2021, p.145). La biomasa terrestre y marina se convierte en combustibles fósiles durante un largo periodo de tiempo por el peso de la sobrecarga y el calor de la tierra (Emsbo M. et al., 2017, p.4).

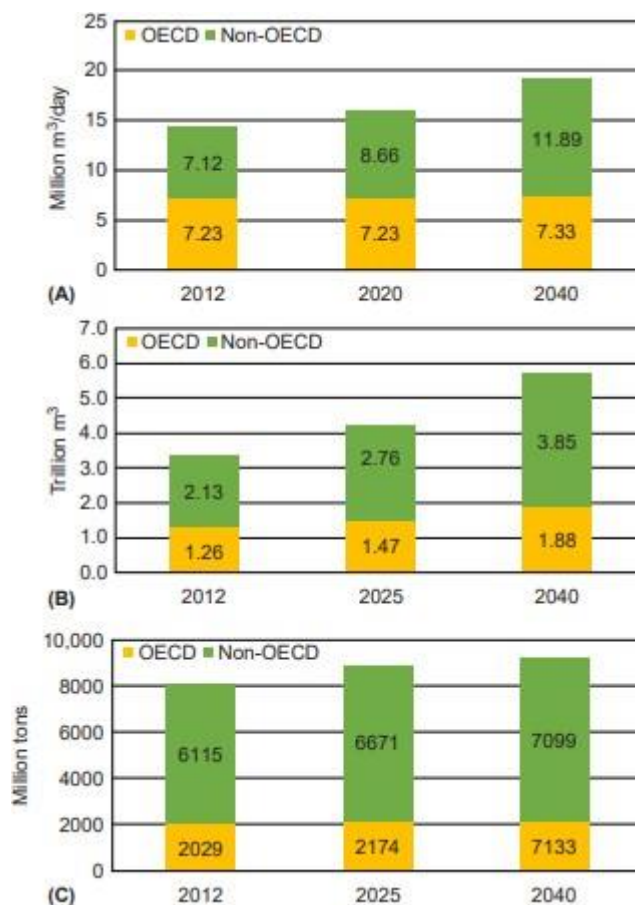
Además de lo anterior, cabe señalar que los combustibles fósiles han constituido históricamente la mayor parte del consumo mundial de energía primaria. Entre 1995 y 2015, el consumo total de combustibles fósiles aumentó aproximadamente un 51%, y se espera que el consumo aumente aproximadamente otro 18% entre esas fechas 2015-35 (Kanwak S. et al., 2022, p.5).

Además, se observó que en 2015, el petróleo, el gas natural y el carbón representaban el 32%, el 24% y el 29% de todo el consumo de energía primaria, respectivamente, y que en 2035 serán el 29%, el 25% y el 24%, respectivamente, de todo el consumo de energía primaria (Vildiz I., 2018, p.521). ocupando el

segundo lugar orgánico después del petróleo y que se prevé un descenso del 7% en la proporción de los combustibles fósiles en el uso mundial de energía primaria (Willerth S. et al., 2019, p.275).

Figura 1, según la OCDE (Los datos de la Administración de Información Energética de Estados Unidos son proporcionados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que muestra la producción mundial de petróleo y otros combustibles líquidos, gas natural y carbón entre 2012 y 2040.

*Figura N°1: Producción de petróleo y otros combustibles líquidos, producción de gas natural y producción de carbón en todo el mundo de 2012 a 2040, desglosada por regiones.*



Fuente: Extraído de Conti John et al., (2016)

En consecuencia, uno de los mayores riesgos para la humanidad es la amenaza a la seguridad energética y a la estabilidad medioambiental del mundo,

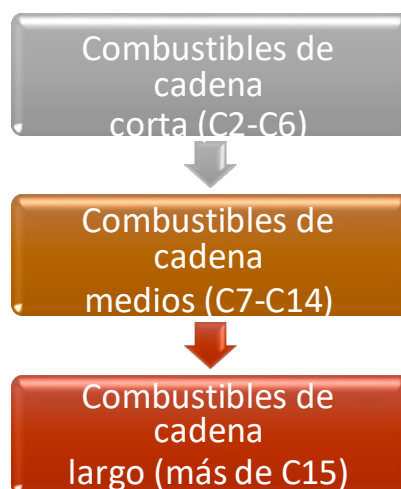
provocada por el aumento de la población, la disminución de los suministros de combustibles fósiles y la reducción de los recursos en la naturaleza (Martínez G. y Gude V., 2017, p.2).

Para solucionar esto, se ha puesto mucho énfasis en las energías limpias y renovables; de hecho, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas es la energía limpia y renovable (Molino A. et al., 2018, p.1).

Las cualidades biodegradables, de baja contaminación de los gases de escape, de alta ignición, no inflamables, no tóxicas y limpias del biodiésel lo convierten en una alternativa potencial para su uso a largo plazo entre estas fuentes de energía (Khojasteh D. et al., 2018, p.1).

Cada vez más, la generación de biocombustibles -especialmente los líquidos como el bioetanol y el biodiésel- se está investigando para su uso en el transporte (Patel Alok et al., 2017, p.2). Según el número de átomos de carbono en sus estructuras, como se representa en la Figura 1, los biocombustibles pueden clasificarse en tres grupos:

*Gráfico N°1: categorías de biocombustibles*





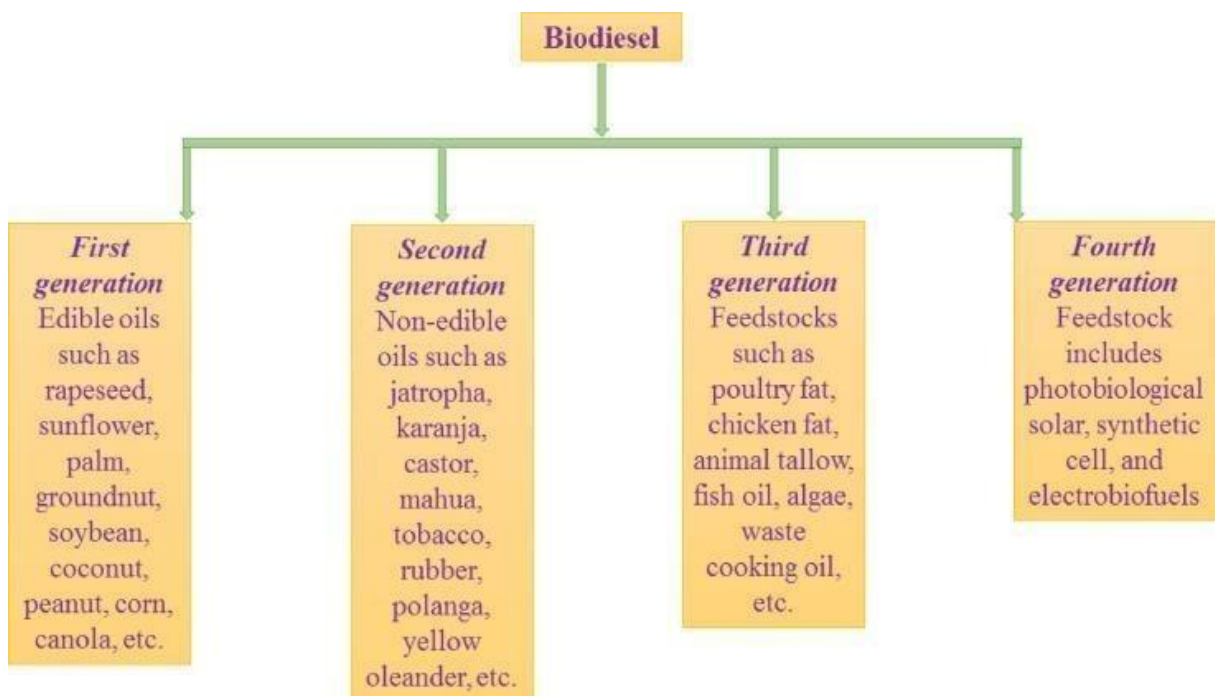
elaboración propia

Al igual que el bioetanol y el biodiésel se producen actualmente en grandes cantidades como sustitutos del petróleo, estos biocombustibles dominarán el mercado de los combustibles para automóviles y otros vehículos pesados en 2050 (Martinez S. et al., 2019, p.2).

Las principales materias primas utilizadas para fabricar biodiésel son de origen vegetal o animal. Estas materias primas de primera generación incluyen materias primas animales como la grasa de pollo y el aceite de pescado, así como materias primas vegetales como el aceite de colza, el aceite de soja y el aceite de jatrofa (Ilias M. et al., 2021, p.2)

La figura 2 ilustra cómo pueden utilizarse diversas materias primas para fabricar biodiésel, cuyas cualidades son bastante similares a las del gasóleo normal.

Figura N°2: Diferentes materias primas para el biodiésel



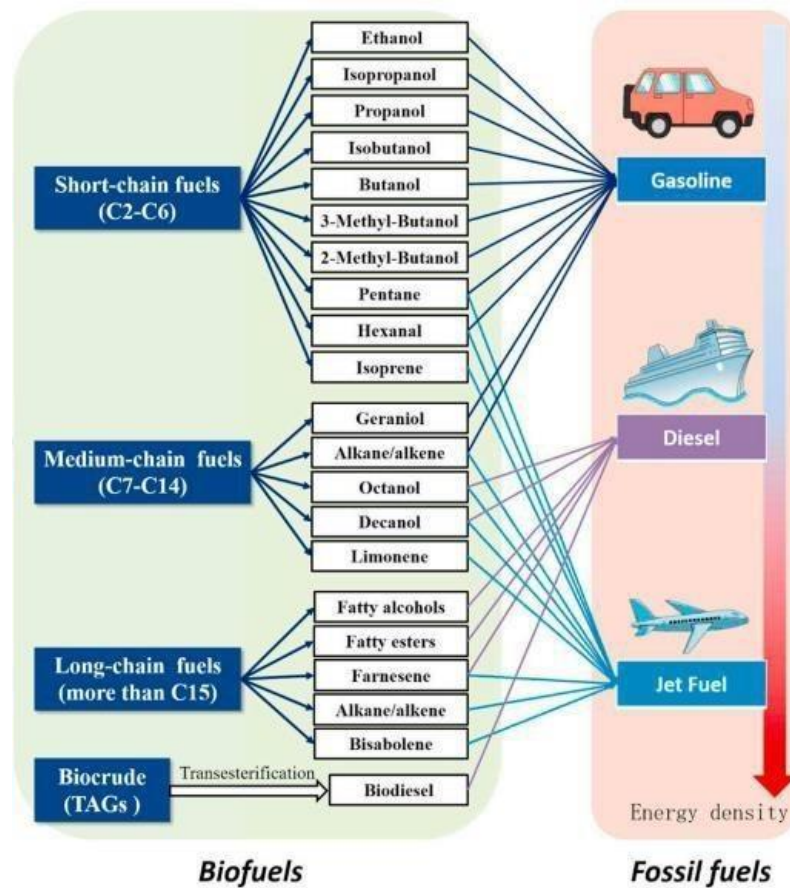
Fuente: Extraído de Brahma S. et al., (2022)

El conflicto entre "alimentos frente a combustibles", la disminución de la cantidad de tierra disponible para el cultivo de productos comestibles y la discrepancia en los aceites alimentarios están implicados en la utilización de materias primas de primera generación (Che D. et al., 2022, p.2).

Los aceites de cocina usados, las grasas animales y los aceites no comestibles son ejemplos de materias primas de segunda generación que podrían sustituir potencialmente a los aceites vegetales comestibles con recursos renovables (Yaashikaa P. et al., 2022, p.1 Sin embargo, el principal problema es la escasa disponibilidad a largo plazo con un coste añadido considerable.

Numerosos informes han indicado que la biomasa lignocelulósica es utilizada como punto de partida por las levaduras oleaginosas para producir biodiésel (Ratnapuram H. et al., 2018, p.2). También se han estudiado los efluentes industriales como materia prima para el tratamiento simultáneo de aguas residuales y la fabricación de biodiésel utilizando levaduras oleaginosas. Estos efluentes son ricos en materia orgánica y nutrientes (Ibarra G. y Rong B., 2019, p.3).

*Figura N°3: Sustitución de combustibles fósiles en diversas aplicaciones por biocombustibles*



Fuente: Extraído de Liu Z. et al., (2020)

Aquellas cepas que presentan una alteración intencional en la que las levaduras afectadas generan mayormente biocombustibles de diferentes tipos, incluyendo

alcanos, alquenos, entre otros (Darvishi F. y Hiligsmann S., 2017, p.3). Debido a esta versatilidad, como se muestra en la figura 3, los biocombustibles pueden ser sustitutos eficaces de los combustibles fósiles.

A la luz de lo anterior, varios experimentos realizados en los últimos seis años que utilizaron levaduras para producir biocombustibles revelan.

Nishimura Y. et al., (2018, p.2); Investigó el objetivo de crear cepas de *Saccharomyces cerevisiae* capaces de fabricar 1-propanol a altos niveles en su artículo, "Ingeniería metabólica de la vía biosintética del 2-cetobutirato para la generación de 1-propanol en *Saccharomyces cerevisiae*." Encontrando en los resultados que la levadura puede convertir el 2-cetobutirato (2 KB) en 500 mg/L de 1-propanol con la ayuda de la 2-cetoácido descarboxilasa endógena y la

alcohol/aldehído deshidrogenasa. Para aumentar la producción de 1-propanol se podrían dar los siguientes pasos: I crear una vía biosintética sintética de 2 KB a partir de piruvato vía citramalato (*cymA*); (ii)

sobreexpresando la treonina deshidratasa (*tdcB*); (iii) potenciando la biosíntesis de la treonina a partir del aspartato (*thrA*, *thrB*, y *thrC*); y (iv) suprimiendo el Hemos tenido éxito en la producción de 180 mg/L de 1-propanol a partir de glucosa utilizando la fermentación anaeróbica de alta densidad de la cepa alterada de *S. cerevisiae* YG5C4231. determinando que es exitoso crear una ruta en *S. cerevisiae* que está mediada por el citramalato para producir 1-propanol.

Swidah R. et al., (2018, p.2); En su investigación, intentaron utilizar *S. cerevisiae* para crear butanol. En el protocolo, las cepas se cultivaron a 30 °C con suministro de glucosa, y los sitios de integración se seleccionaron basándose en investigaciones anteriores. Con la ayuda del marcador ADE2 y de técnicas convencionales de disrupción génica basadas en la PCR de levadura, se silenció el gen *-KanMX4*, aguas arriba del gen *KanMX4*. -El gen *ERG10* de levadura optimizado en cuanto a codones se produjo después del promotor del gen *TDH3* y después de la secuencia terminadora *CYC1*, y se insertaron etiquetas epitópicas en el C-terminal. Antes de ser transformado en la levadura, el fragmento completo será amplificado mediante cebadores integradores. Los genes *ALD6* y *ACS2* de la levadura se produjeron en formas optimizadas para el

codón. ALD6 y ACS2 se produjeron aguas arriba de las secuencias terminadoras CYC1 y ADH2 y aguas abajo de los promotores de los genes TDH3 y TEF1, respectivamente. Donde se descubrió que las células en estudio pueden producir butanol. determinando a partir de los hallazgos que los procesos enzimáticos tienen el potencial de producir butanol.

3 Shi Shuobo et al., (2017, p.1); Describieron la ingeniería metabólica de *Saccharomyces cerevisiae* para producir n-butanol a través de una vía sinérgica: la vía endógena de la treonina y la del citramalato introducido en su artículo, "Metabolic engineering of a synergistic pathway for the production of n-butanol in *Saccharomyces cerevisiae*". Primero caracterizaron y optimizaron la vía endógena de la treonina, luego crearon la vía sinérgica utilizando una vía mediada por la citramalato sintasa (CimA), optimizaron aún más la vía sinérgica sobreexpresando genes relevantes previamente identificados y aumentaron la producción de n-butanol sobreexpresando cetoácidos descarboxilasas (KDC) y alcohol deshidrogenasa (ADH). Pudimos producir 835 mg/L de n-butanol en la cepa modificada final, que es más de 7 veces más que la cepa original, combinando estas técnicas con la coexpresión de LEU1 (dos copias), LEU4 (dos copias), LEU2 (dos copias), LEU5, CimA, NFS1, ADH7 y ARO10\*. Además, la salida tenía un valor mayor que la documentada para la levadura. En consecuencia, la cepa de levadura desarrollada sirve como plataforma alternativa potencialmente exitosa para la producción de n-butanol.

Wess Johannes et al., (2019, p.1); Su investigación se centró en el uso de levaduras *S. cerevisiae* para producir biocombustibles a partir del isobutanol. Pudimos inhibir con éxito las vías no esenciales que compiten con el isobutanol bloqueando secuencialmente las vías de biosíntesis de 2,3-butanediol, pantotenato, leucina e isoleucina, optimizando y aumentando así el flujo metabólico hacia la síntesis de isobutanol en la cepa JWY04 de *S. cerevisiae*. En combinación con la sobreexpresión de la enzima de biosíntesis de valina en el citosol, fuimos capaces de producir isobutanol a una tasa de 0,56 g/L (13,54 mg/glucosa), que es 57 veces superior a la de la cepa madre CEN.PK113-7D. Mediante la supresión adicional de las reacciones alternativas de consumo de piruvato y regeneración de NAD<sup>+</sup>, la producción de isobutanol en la cepa JWY19 pudo multiplicarse por 136 hasta un título de 1,32 g/L (40,51 mg/g de glucosa),

forzando la regeneración de la ruta de Ehrlich que produce isobutanol. Por último, la inhibición adicional de las reacciones alternativas de consumo de piruvato y regeneración de NAD<sup>+</sup> del etanol y de la biosíntesis de etanol y glicerol para inhibir aún más la formación del subproducto ácido isobutírico hasta 2,09 g/L con un rendimiento de 59,55 mg/g de glucosa. 51 mg/g glucosa) para forzar la regeneración de la vía de Ehrlich productora de isobutanol. Por último, la inhibición adicional de las reacciones alternativas de consumo de piruvato y regeneración de NAD<sup>+</sup> del etanol y de la biosíntesis de etanol y glicerol para inhibir aún más la formación de subproductos de ácido isobutírico hasta 2,09 g/L con un rendimiento de 59,55 mg/g de glucosa. 51 mg/g glucosa) para forzar la regeneración de la vía de Ehrlich productora de isobutanol. Por último, pero no menos importante, la generación de subproductos de ácido isobutírico se redujo aún más a 2,09 g/L con un rendimiento de 59,55 mg/g de glucosa.

Yuan Jifeng et al., (2017, p.2); En su estudio "Saccharomyces cerevisiae Metabolically Modified to Enhance Isoamyl Alcohol Production" (Saccharomyces cerevisiae modificado metabólicamente para mejorar la producción de alcohol isoamílico), se hizo un esfuerzo para modificar genéticamente Saccharomyces cerevisiae para sintetizar alcohol isoamílico a través de la vía de degradación de Ehrlich y la vía biosintética de novo de leucina. En el presente estudio, se emplean dos técnicas para producir alcohol isoamílico en niveles elevados: (2) la regulación del transportador mitocondrial de 2-isopropilmalato (-IPM) para aumentar la transferencia de -IPM desde la mitocondria al citosol. (1) reconstrucción de un cromosoma- basada en la vía de biosíntesis de leucina bajo el control de promotores inducibles por galactosa. Descubrimos que las células de levadura modificadas genéticamente con la vía de degradación de Ehrlich y una vía de biosíntesis de leucina construida combinatoriamente producían alcohol isoamílico en niveles elevados, pero también se coformaban cantidades considerables de isobutanol durante el proceso de fermentación. Además, la adición de un transportador de -IPM aumentó la actividad de la vía de biosíntesis del alcohol isoamílico y disminuyó significativamente los niveles de isobutanol.

Lv Xiaomei et al., (2017, p.2), en su artículo "Dual regulation of cytoplasmic and mitochondrial acetyl-CoA utilization to increase isoprene synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*" (Regulación dual del consumo de acetil-CoA citoplasmático y mitocondrial para promover la síntesis de isopreno en *S.cerevisiae*), propusieron un método de regulación dual. Comparando este método con sólo las cepas recombinantes mitocondriales o citoplasmáticas, respectivamente, se potencia la síntesis de isopreno en 2,1 y 1,6 veces. Logramos 2527 mg l<sup>-1</sup> de isopreno, que es la cifra más alta jamás registrada en eucariotas modificados, mediante la combinación de un sistema de recombinación iterativa modificado para el montaje rápido de la vía, un proceso de cultivo de dos pasos para la regulación metabólica dinámica, y una fermentación aeróbica por lotes de alimentación para un suministro suficiente de acetil-CoA y carbono. Conclusión: Este método se presenta como un método eficaz para aumentar la síntesis de isopreno en levadura, lo que puede crear nuevas oportunidades para labioproducción de compuestos adicionales de alto valor.

Wang Fan et al., (2017, p.1); Basándose en una cepa de *Saccharomyces cerevisiae* que se había desarrollado previamente con un suministro mejorado de precursores, reforzaron la vía descendente aumentando tanto la expresión como la actividad de la ISPS para mejorar aún más la producción de isopreno en su estudio, "Combinación de la mejora de la expresión mediada por Gal4p y la evolución dirigida de la isopreno sintasa para mejorar la producción de isopreno en *Saccharomyces cerevisiae*." En primer lugar, se creó un método de mejora de la expresión en dos niveles para la P GAL1ISPS, que está regulada por la sobreexpresión de LAG4. Mientras tanto, se interrumpió GAL80 para eliminar la dependencia de la inducción de galactosa para la expresión del gen, y se eliminaron los promotores nativos GAL1/7/10 para evitar la competencia por el activador transcripcional Gal4p. En cultivos de frascos sellados que utilizaban sacarosa como fuente de carbono, la expresión de IspS se incrementó claramente con el aumento del suministro de Gal4p, y la producción de isopreno aumentó de 6,0 mg/L a 23,6 mg/L. El mejor mutante de ISPSM4 se creó utilizando la combinatoria

mutagénesis de los mutantes ISPS resultantes. Tras introducir en la cepa YXM29GAL4 mg/L de isopreno en viales sellados, ésta produjo 640 mg/L y 3,7 g/L de isopreno en fermentaciones aeróbicas por lotes y por tandas, respectivamente. Estos resultados demostraron que el enfoque de ingeniería combinatoria sugerido era eficaz en la biosíntesis de isopreno, y que también podría ser práctico e instructivo para la producción biotecnológica de otros compuestos importantes.

Para que el flujo metabólico hacia los requisitos de los esteroides sea suficiente a pesar del severo efecto desestabilizador del marcado con degron, el etiquetado condegron de ERG20 se emparejó con un promotor que responde a los esteroides. La generación de GPP y PPF en el interior de las células se monitorizó utilizando AcNES1, una sintasa dual monoterpeno/sesquiterpeno (linalool/nerolidol). Los promotores constitutivos o inducibles por el diauxio regulaban la transcripción de la vía de síntesis. El título de linalol se multiplicó por 27 a 11 mg L<sup>-1</sup> en la cepa con construcciones de promotores constitutivos y por 17 a 18 mg L<sup>-1</sup> en la cepa con construcciones de promotores inducibles por diauxio cuando se combinaron eldegron K3K15 y el promotor ERG1. En ambas cepas, el sesquiterpeno nerolidol siguió siendo el componente principal. Se utilizaron las mismas técnicas para crear una cepa que generara limoneno, que produjo 76 mg L<sup>-1</sup> en cultivo por lotes

Henritzi Sandra et al., (2018, p.1); En su artículo académico, intentó investigar cómo *Saccharomyces cerevisiae* produce octanol combinando la sintasa de ácidos grasos y una reductasa de ácidos carboxílicos. emparejando un mutante productor de ácido C8 FASR1834K con una vía de reducción de dos pasos compuesta por CAR, Sfp y Ahr para producir 1-octanol casi selectivo en *S. cerevisiae*; La etapa crucial en el enfoque del presente estudio para asegurar la generación particular de 1-octanol es la especificidad de la longitud de la cadena de carbono proporcionada por el FAS. Sin embargo, la toxicidad del 1-octanol y el impacto perjudicial que tiene su creación en el crecimiento celular ofrecen nuevas dificultades para futuras modificaciones.



Zhu Zhiwei et al., (2017, p.1); La síntesis de hidrocarburos de cadena lineal (C7-C13) fue llevada a cabo por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a través de la ingeniería de sintasas de ácidos grasos para controlar la longitud de la cadena de ácidos grasos e introducir vías heterólogas para la síntesis de alcanos o 1-alquenos, según su estudio "Permitiendo la síntesis de alcanos de cadena media y 1-alquenos en la levadura." Para aumentar la producción de alcanos, llevaron a cabo la ingeniería enzimática/detección del transformador oxigenado de aldehídos grasos (ADO) y la compartimentación de la vía biosintética de los alcanos en los peroxisomas. Debido a la producción de alcoholes a partir de los aldehídos intermedios, se descubrió que la síntesis en dos pasos de los alcanos era ineficaz. Un solo paso de descarboxilación a partir de ácidos grasos a 1-alquenos, que podría sintetizarse a un nivel de 3 mg/l, 25 veces mayor que el de los alcanos producidos a través de aldehídos, también puede utilizarse para evitar el drenaje de los intermediarios aldehídicos.

Peng Bingyi et al., (2018, p.1); Observaron una técnica de degradación de la proteína dependiente de N-degrón para controlar la actividad de las disminuciones de Erg20p en su estudio, "La ingeniería de la degradación de la proteína de la farnesil pirofosfato sintasa es un mecanismo de regulación eficaz para promover la síntesis de monoterpenos en *Saccharomyces cerevisiae*." La vida media de la proteína GFP se acortó significativamente mediante el etiquetado con degrona 1 h (degron K3K15) o 15 min (degron KN113 y KN119). Con el fin de proporcionar.

# III. METODOLOGÍA

## 3.1. Tipo de investigación y diseño

El tipo de investigación es aplicada, porque se obtendrá el conocimiento sobre la producción de biocombustibles mediante el uso de levaduras; esto a través de los estudios existentes que se recopilarán y analizarán. Asimismo, Thomas W. y David O., (2017, p.63); menciona el tipo de investigación aplicada como la aplicación directa de los conocimientos adquiridos por el investigador sobre estudios prácticos, para resolver un problema social que abarca a un grupo de personas.

Además, el diseño que se aplicó fue sistemático, este diseño se basa en un procedimiento de análisis circular donde el investigador debe identificar las categorías y analizar los datos reales que fueron realizados por los investigados (Patterson G., 2018, p.1). Así, se aplicó el diseño sistemático, buscando a través de la recopilación de la encuesta de codificación en vivo de las literaturas seleccionadas para analizar cuáles son los puntos sobresalientes de las levaduras productoras de biocombustibles utilizadas para la reducción de los combustibles fósiles.

## 3.2. Categoría, subcategoría y categorización matriz

Las categorías mostradas en la tabla 1, fueron elaboradas con el propósito de proporcionar resultados de manera lógica y concisa a través de la elaboración de 3 categorías con respecto a los objetivos y problemas específicos; mientras que las subcategorías son subdivisiones de subconjuntos que detallarán las categorías

*Cuadro nº 1: Matriz de categorización apriorística*

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Problemas específicos</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>
<b>Clasificar los tipos de biocompostibles producidos a partir de levaduras</b>	¿Qué tipos de biocompostibles se producen a partir de la levadura?	Tipos de biocompostibles (Yaashikaa P. et al., 2022, p.1).	Biocompostibles naturales de cadena corta, media y larga  (Molino A. et al., 2018, p.1).	Según a sustituto del combustible	Según en el compuesto utilizado
<b>Determinar las fuentes de generación de levadura que permitan la producción de biocompostibles</b>	¿Cuáles son las fuentes de generación de levaduras que permiten la producción de biocompostibles?	Fuentes de generación de levadura (Ibarra G. y Rong B., 2019, p.3).	Celulosa, hemicelulosa, lignina  (Ilias M. et al., 2021, p.2).	Según la biomasa no alimentaria	Según a sustituto del combustible
<b>Seleccione el combustible sustituido por el compuesto producido por la levadura para la reducción de los combustibles fósiles</b>	¿Cuál es el combustible que sustituye al compuesto producido por la levadura para la reducción de los combustibles fósiles?	Combustible sustituido por el compuesto producido por la levadura (Darvishi F. y Hiligsmann S., 2017, p.3).	Gasolina, diésel, combustible para aviones  (Che D. et al., 2022, p.2).	Según a el compuesto generado	Según en el compuesto utilizado

*elaboración propia*

### **3.3. estudio escenario**

Al tratarse de una revisión sistemática, se tienen en cuenta varios escenarios de estudio; siendo los lugares donde se desarrollaron las investigaciones sobre los biocombustibles producidos por levaduras, por los investigadores. siendo en su mayoría laboratorios y campus universitarios.

### **3.4. Participantes**

Los participantes en la elaboración de este trabajo fueron las páginas web Sciencedirect, Pubmed y Scopus. Siendo todas ellas bases de datos que permitieron la extracción de artículos científicos a nivel nacional e internacional sobre biocombustibles, permitiendo la seguridad de la información extraída al ser páginas indexadas.

### **3.5. Técnicas de recogida de datos e instrumentos**

La técnica utilizada fue el método de análisis documental, mientras que el instrumento que ayudó a recoger los datos fue la ficha de análisis de contenido, que figura en el anexo 1.

Esta técnica permite estudiar una investigación, recogiendo y extrayendo los datos, la información esencial y relevante de los documentos originales; Ante esto, cabe destacar que la información proporcionada por los investigadores no son datos que ellos nos proporcionen directamente, es información que se extrae de los documentos originales. Por lo tanto, se requiere la ficha de análisis de contenido, ya que este documento permite ordenar y capturar la información que facilita la comprensión y recuperación de los artículos originales.

### **3.6. Proceso**

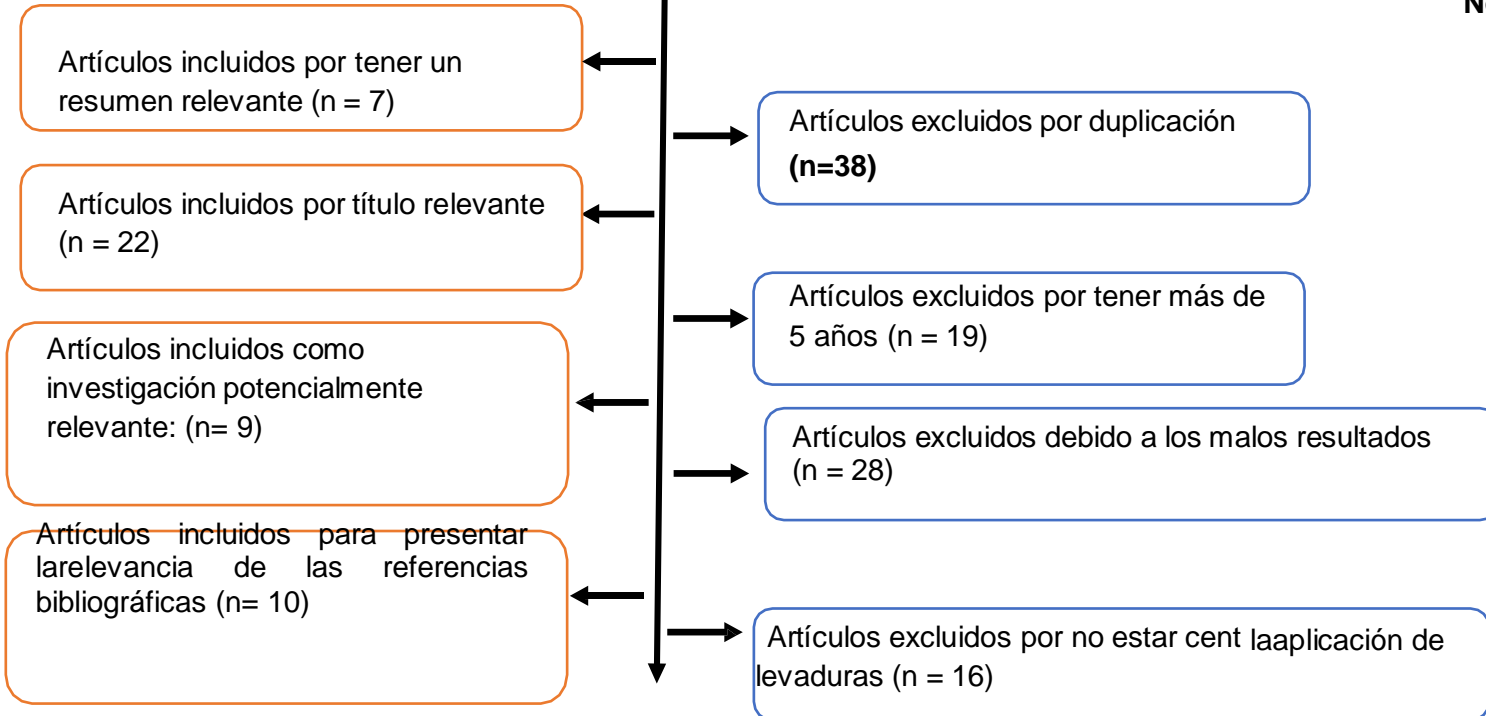
Gráfico N° 2: Procedimiento de selección de artículos

**Términos de la búsqueda:** biocombustible, levadura, combustibles fósiles, gasolina, diesel, celulosa, hemicelulosa, lignina.

Participantes:  
Sciencedirect: 29  
Postmed: 13  
Scopus: 41

**procesos de inclusión**

**Procesos de exclusión**



Artículos añadidos al estudio: (N= 30) *elaboración propia*



### **3.7. rigor científico**

El rigor se refiere a la cualidad de ser extremadamente minucioso y cuidadoso al realizar cualquier estudio de investigación. Por lo tanto, los criterios que rigen el rigor científico de este trabajo son 4, credibilidad, transferibilidad, consistencia y confirmabilidad; siendo detallados a continuación por Noreña et al., (2012, p.5).

La credibilidad indica la seguridad de la información obtenida, por lo que vuelven al punto de generación de los hallazgos; permitiendo tener la certeza de que la información es verdadera.

La transferibilidad consiste en trasladar los resultados y las conclusiones obtenidas a otros contextos similares al estudio, lo que puede ser una fuente para otros estudios de investigación, aplicados a otros contextos, con un correcto desarrollo teórico, metodológico y científico.

La dependencia o consistencia es la estabilidad de los datos, por lo que al estudiar campos reales, los investigadores señalan que es casi imposible lograr la estabilidad de la información, por lo que los datos son irrepetibles.

El criterio de confirmabilidad es el poder del investigador para continuar con las pistas dejadas por el investigador y así poder continuar con el trabajo aplicándolo a otros contextos, por lo tanto, este criterio se refiere a la imparcialidad del análisis de la información obtenida.

### **3.8. Método de análisis de la información**

El análisis utilizado es el método de triangulación, ya que este permite el uso de más de una técnica, siendo entre estas la matriz apriorística y el análisis documental las que se utilizaron en la metodología de recolección, análisis y síntesis de la información; detallando a continuación las categorías y subcategorías propuestas plasmadas como subdivisiones:

Subcategorías

1. Tipos  
debiocombustibles

2. Fuentes de generación de levadura
3. Combustible sustituido por el compuesto

producido por la levadura Categorías:

1. Biocombustibles naturales de cadena corta, media y larga
2. Celulosa, hemicelulosa, lignina
3. Gasolina, gasóleo, combustible para aviones

### **3.9. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos que se respetaron fueron el respeto a la autoría, donde se realizaron las debidas citas textuales a través de la norma ISO 690, así mismo, se utilizaron los criterios que permitieron obtener el rigor científico del estudio; Además, se respetó la resolución del consejo universitario N° 0103-2018 de la UCV.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 2, 3 y 4 se construyeron de acuerdo a los 30 artículos seleccionados; las cuales permiten identificar los puntos sobresalientes de las levaduras productoras de biocombustibles utilizadas para la reducción de combustibles fósiles.

Así, utilizando la tabla 2, se clasificaron los tipos de biocombustibles producidos a partir de levaduras.

*Cuadro N°2: Tipos de biocombustibles producidos a partir de levaduras*

compuestos	sustituto del combustible	Fuente
<b>Biocombustibles naturales de cadena corta</b>		
<b>Propanol (C3)</b>	Gasolina	Nishimura Yuya et al., 2018, p.2
<b>Butanol (C4)</b>	Gasolina	Swidah R. et al., (2018, p.2)
<b>Butanol (C4)</b>	Gasolina	Shi Shuobo et al., (2017, p.1)
<b>Isobutanol (C4)</b>	Gasolina	Wess Johannes y otros, (2019, p.1)
<b>alcohol isoamílico (C5)</b>	Gasolina	Yuan Jifeng et al., (2017, p.2)
<b>Isopreno (C5)</b>	combustible para aviones	Lv Xiaomei et al., (2017, p.2)
<b>Isopreno (C5)</b>	combustible para aviones	Wang Fan et al., (2017, p.1)
<b>Biocombustibles naturales de cadena media</b>		
<b>Octanol (C8)</b>	Gasóleo y carburantes para aviones	Henritzi Sandra et al., (2018, p.1)
<b>Decanol (C10)</b>	Gasóleo y carburantes para aviones	Rutter Charles D. y Rao C., (2016, p.1)
<b>Alcanos (C7-C13)</b>	Gasolina o combustibles para aviones	Zhu Zhiwei et al., (2017, p.1)
<b>Alcanos (C7-C13)</b>	Gasolina o combustibles para aviones	
<b>limoneno (C10)</b>	combustible para aviones	Peng Bingyi et al., (2018, p.1)
<b>limoneno (C10)</b>	combustible para aviones	Ignea Codruta et al., (2019, p.1)
<b>limoneno (C10)</b>	-	Chen Si y otros, (2019, p.2)
<b>limoneno (C10)</b>	-	Cao Xuan et al., (2016, p.1)
<b>limoneno (C10)</b>	-	Chen Bo-Qian y otros, (2019, p.2)

<b>limoneno (C10)</b>	-	Pang Yaru et al., (2019, p.1)
<b>limoneno (C10)</b>	-	
<b>Geraniol (C10)</b>	Gasolina	Zhao Jianzhi et al., (2016, p.1)
<b>Geraniol (C10)</b>	Gasolina	Zhao Jianzhi et al., (2016, p.1)
<b>Geraniol (C10)</b>	Gasolina	Jiang Guo-Zhen et al., (2017, p.1)
<b>Biocombustibles naturales de cadena larga</b>		
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	D'espaux Leo et al., (2017, p.1)
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	Yu Tao et al., (2017, p.2)
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	Hu Yating et al., (2018, p.1)
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	Cordova L. y otros, (2020, p.1)
<b>alcoholes grasos</b>	Diésel	Mcneil B. et al., (2018, p.1)
<b>ésteres de ácidos grasos</b>	Diésel	Gao Qi et al., (2018, p.1)
<b>Alcanos grasos/ alquenos</b>	combustible para aviones	Bruder Stefan et al., (2019, p.2)
<b>Alcanos grasos/ alquenos</b>	combustible para aviones	Zhou Yongjin J. et al., (2018, p.1)
<b>farneseno (C15)</b>	Diesel y combustible para aviones	Tippmann S. et al., (2017, p.1)
<b>Bisaboleno (C15)</b>	combustible para aviones	Yaegashi J. et al., (2017, p.2)
<b>Bisaboleno (C15)</b>	combustible para aviones	Pepper José A. et al., (2019, p.1)

En la Tabla 2, los biocombustibles se clasifican en combustibles de cadena corta, media y larga en función del número de átomos de carbono que contienen. Los biocombustibles más comunes son el 40% de cadena media, el 37% de cadena larga y el 23% de cadena corta.

Donde los alcoholes de cadena media como el octanol y el decanol son de gran importancia como sustitutos del diésel y del combustible para aviones; tal y como afirman Henritzi Sandra et al., (2018, p.1) y Rutter Charles D. y Rao C.,(2016, p.1) en sus investigaciones.

Pero el limoneno es el biocombustible natural de cadena media más producido; siendo confirmado por Ignea Codruta y otros, (2019, p.1), Chen Si y otros, (2019, p.2), Peng Bingyi y otros, (2018, p.1), Cao Xuan y otros, (2016, p.1), Chen Bo-Qian y otros, (2019, p.2), Pang Yaru y otros, (2019, p.1).

Esto se debe a que se considera valioso por ser un material monoterpénico producto de los combustibles para el transporte aéreo, siendo ya utilizado en los vuelos de prueba.

Esto también es confirmado por Peng Bingyin et al., (2018, p.1); quien en su investigación diseñó *S. cerevisiae* para generar limoneno en una cantidad de 76 mg/L presentando un alto nivel en la reserva de material monoterpénico y pirofosfato de geranilo (GPP), con el uso de la regulación a la baja del citoplasma de farnesil pirofosfato

sintasa con un circuito de regulación de copias que hace referencia al ergosterol. Similar es el caso de Ignea Codruta et al., (2019, p.2); quienes utilizaron la cepa *Saccharomyces cerevisiae*, y se produjeron 166 mg/L de limoneno.

De forma similar, Cheng Si et al. (2019, p. 2) desarrollaron un método ortogonal de biosíntesis de limoneno utilizando *S. cerevisiae* para expresar eritrol difosfato sintasa 1 y limoneno sintasa (LS) para convertir IPP y DMAPP en limoneno. Utilizando esta levadura previamente modificada, fue posible producir 917,7 mg/L de limoneno, y el.

Por otro lado, se identificaron las fuentes de generación de levadura que permiten la producción de biocombustibles, comparando los estudios en la tabla 3, donde se describe la biomasa no alimentaria y el sustituto del combustible.

Tabla nº 3: Fuentes de generación de levadura

CARBÓN FUENTE	LEVADURA	ABILITY	COMBUSTIBLE FONT SUSTITUIR	
GLUCOSA	<i>S. cerevisiae</i>	179mg/L	Gasolina	Nishimura Yuya et al.,
GLUCOSA Y KETOVAI FRATF	<i>S. cerevisiae</i>	2,4g/L	Gasolina	Swidah R. y al. (2018, p.2)
GLUCOSA	<i>S. cerevisiae</i>	835mg/L	Gasolina	Shi Shuobo et al., (2017, p.1)
GLUCOSA	<i>S. cerevisiae</i>	2,09g/L	Gasolina	Wess Johannes et al. (2019, p.1)

<b>GLUCOSA Y GALACTOSA SACAROSE</b>	<i>S. cerevisiae</i>	561mg/L	Gasolina	Yuan Jifeng et al., (2017, p.2)
	<i>S. cerevisiae</i>	2527 mg/L	combustible para aviones	Lv Xiaomei y al., (2017, p.2)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	3,7g/LJ	combustible para aviones	Wang Fan y al., (2017, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	49,5mg/L	Gasóleo y carburantes para aviones	Henritzi Sandra et al, (2018, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>Y. lipolytica</i>	550mg/L	Gasóleo y carburantes para aviones	Rutter Charles D. y Rao C., (2016, p.1)

<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	50 µg/L/OD	Gasolina o chorro combustibles	Zhu Zhiwei y al., (2017, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	3,35mg/L	Gasolina o chorro combustibles	
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	76mg/L	combustible para aviones	Peng Bingyi y al., (2018, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	166mg/L	combustible para aviones	Ignea Codruta y al., (2019, p.1)
<b>GLUCOSA Y ETANOL</b>	<i>S. cerevisiae</i>	917,7mg/L	-	Chen Si y otros, (2019, p.2)
<b>GLUCOSA Y ÁCIDO PIRÚVICO</b>	<i>S. cerevisiae</i>	23,56mg/L	-	Cao Xuan y al., (2016, p.1)
<b>GLICEROL Y CITRATO</b>	<i>Y. lipolytica</i>	165,3mg/L	-	Chen Bo-Qian y al., (2019, p.2)
<b>GLUCOSA</b>	<i>Y. lipolytica</i>	11,705mg/L		Pang Yaru et al., (2019, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>Y. lipolytica</i>	11,088mg/L	-	
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	293mg/L	Gasolina	Zhao Jianzhi y al., (2016, p.1)
<b>GLUCOSA Y ETANOL</b>	<i>S. cerevisiae</i>	1,69g/L	-	Zhao Jianzhi y al., (2016, p.1)
<b>GLUCOSA Y ETANOL</b>	<i>S. cerevisiae</i>	1,68g/L	-	Jiang Guo-Zhen y al., (2017, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	1.2 g/L (matraz); 6,0 g/L (alimentación por lotes)	Diésel	D'espaux Leo et al., (2017, p.1)
<b>IONIC SWITC HGRASS TRATADO CON LÍQUIDO Y SORGHUM</b>	<i>S. cerevisiae</i>	0,7g/L	Diésel	
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	83,5mg/L	Diésel	Yu Tao y otros, (2017, p.2)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	70mg/L (extracelular)	Diésel	Hu Yating y al., (2018, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>Y. lipolytica</i>	5,8g/L	Diésel	Córdova L. y al., (2020, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>L. starkeyi</i>	1,7g/L	Diésel	Mcneil B. y otros, (2018, p.1)

<b>GLUCOSA Y ETANOL</b>	<i>Y. lipolytica</i>	1,18g/L	Diésel	Gao Qi y otros, (2018, p.1)
<b>GLUCOSA Y GLICEROL</b>	<i>Y. lipolytica</i>	58,7mg/L	combustible para aviones	Bruder Stefan y al., (2019, p.2)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	35,3mg/	combustible para aviones	Zhou Yongjin J. et al., (2018, p.1)
<b>GLUCOSA</b>	<i>S. cerevisiae</i>	16mg/L	Diesel y combustible para aviones	Tippmann S. et al., (2017, p.1)
<b>MEZCLA DE MAÍZ HIDROLIZADO AZÚCAR BOLS A DE CAÑA</b>	<i>R. toruloides</i>	680mg/L	combustible para aviones	Yaegashi J. et al., (2017, p.2)
	<i>R. toruloides</i>	514,1mg/L	combustible para aviones	Pepper José A. v al.. (2019. p.1)

Debido a los diversos intentos de conseguir levaduras oleaginosas que generen lípidos como material natural para la producción de aceite a partir de lalignocelulosa, que se considera el material más presente y encontrado en la tierra; se elaboró la Tabla 3, en la que se encuentra que las fuentes degeneración de levaduras más utilizadas son la glucosa.

Teniendo en cuenta los resultados mostrados, Cordova L. et al., (2020, p.1), señala que las hemicelulosas forman un promedio de 20 y 35% de la biomasa lignocelulósica; Por lo tanto, en la hemicelulosa, la hidrólisis genera una combinación de hexosas y pentosas, que son difíciles de fermentar debido a las diversas levaduras.

Sin embargo, Sitepurnayuli et al., (2016, p.4), confirmaron que la mayoría de las levaduras oleaginosas podían utilizar las fuentes de carbono encontradas en la mayoría de los hidrolizados lignocelulósicos. Por ejemplo, en los estudiosde Fei Qiang et al., (2016, p.2) y Juanssilfero Ario B. et al., (2018, p.2);géneros como *Rhodosporidium* sp. y *Lipomyces* sp. han demostrado una capacidad significativa para generar naturalmente lípidos microbianos a partir de xilosa o galactosa.

Además, también se encuentra que la levadura más utilizada para la producción de biocombustibles es *S. cerevisiae*; donde 21 de los artículos lo confirman. Así es como en el estudio de Awidah Reem et al., (2016, p.1),

Cuando se sobreexpresó el gen de la tiolasa endógena (ERG10) en la levadura, se utilizó la vía de producción de butanol de *Clostridia* para generar butanol utilizando *S. cerevisiae*. Posteriormente, los genes de *C. beijerinckii* hbd, bcd, crt y adhe2 se expresaron en *S. cerevisiae*, y la levadura previamente alterada produjo unos 300 mg/L de butanol.

Apoyando la afirmación anterior, Swidah R. et al., (2018, p.2), explica cómo la creación del producto y la investigación posterior de los medios endógenos y exógenos de *Clostridium* empleados en la producción de butanol en *S. cerevisiae*. se potenció aún más mediante la regulación al alza de ADH1, la regulación a la baja de ALD6 endógena y ACS2.

Según Wess Johannes et al., (2019, p.5), el hongo La cepa más popular es *S. cerevisiae* porque produce isobutanol, un biocombustible de segunda generación, mediante el catabolismo de la valina utilizando las vías citosólica y mitocondrial divididas. El isobutanol se utiliza de forma similar al butanol y puede combinarse en cualquier cantidad con la gasolina como combustible de sustitución o aditivo primario.

Por último, se seleccionó el combustible sustituido por el compuesto producido por las levaduras para la reducción de los combustibles fósiles, elaborando el gráfico 3 con respecto a la tabla 4.

Tabla nº 4: Combustible sustituido por el compuesto producido por la levadura

<b>Tipo de biocombustible</b>	<b>compuestos</b>	<b>Levadura</b>	<b>sustituido combustible</b>	<b>Fuente</b>
NATURAL SHORT BIOCOMBUSTIBLES DE CADENA	Propanol (C3)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Nishimura Yuya et al., 2018, p.2
	Butanol (C4)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Swidah R. y al., (2018, p.2)
	Butanol (C4)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Shi Shuobo y otros, (2017, p.1)
	Isobutanol (C4)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Wess Johannes et al., (2019, p.1)
	isoamilo alcohol (C5)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Yuan Jifeng y otros, (2017, p.2)
	Isopreno (C5)	<i>S. cerevisiae</i>	combustible para aviones	Lv Xiaomei y otros, (2017, p.2)
	Isopreno (C5)	<i>S. cerevisiae</i>	combustible para aviones	Wang Fan y

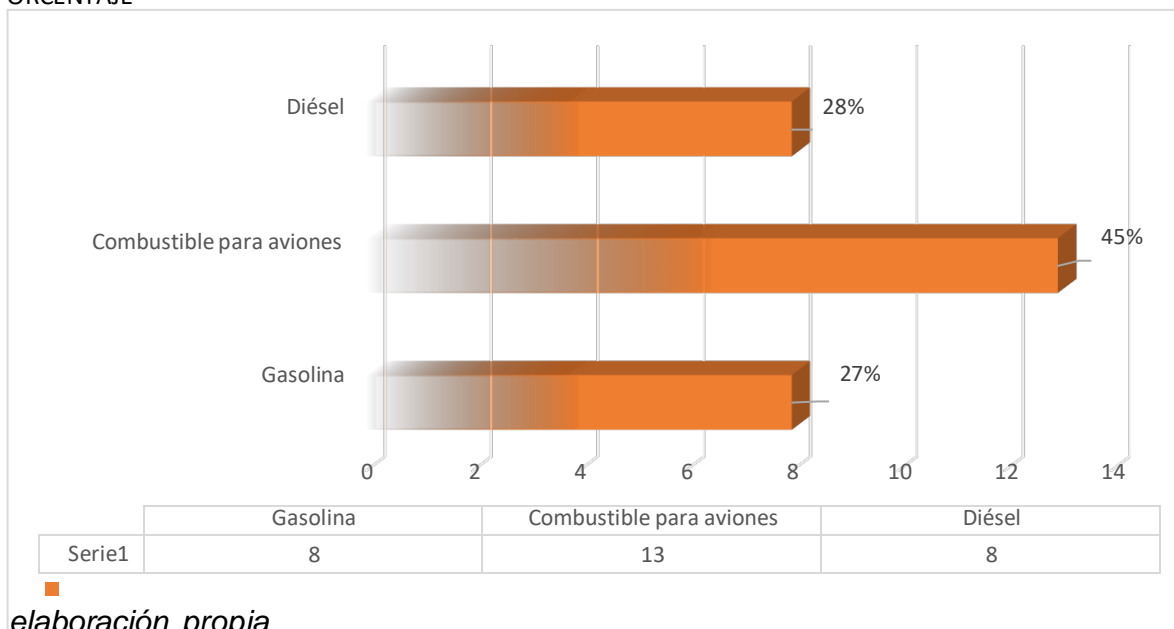


MEDIUM NATURAL BIOCOMBUSTIBLES	CADENA A	Octanol (C8)	<i>S. cerevisiae</i>	Diésel y jet combustibles	al., (2017, p.1) Henritzi Sandra y al., (2018, p.1) Rutter Charles D. y Rao C., (2016, p.1)
		Decanol (C10)	<i>Y. lipolytica</i>	Diésel y jet combustibles	
		Alcanos (C7-C13)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina o chorro combustibles	Zhu Zhiwei et al., (2017, p.1)
		Alcanos (C7-C13)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina o chorro combustibles	
		limoneno (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	combustible para aviones	Peng Bingyi y otros, (2018, p.1)
		limoneno (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	combustible para aviones	Ignea Codruta et al, (2019, p.1)
		limoneno (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	-	Chen Si et al., (2019, p.2)
		limoneno (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	-	Cao Xuan et al, (2016, p.1)
		limoneno (C10)	<i>Y. lipolytica</i>	-	Chen Bo-Qian y otros, (2019, p.2)
		limoneno (C10)	<i>Y. lipolytica</i>	-	Pang Yaru et al., (2019, p.1)
		limoneno (C10)	<i>Y. lipolytica</i>	-	
		Geraniol (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Zhao Jianzhi et al., (2016, p.1)
		Geraniol (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Zhao Jianzhi et al., (2016, p.1)

	Geraniol (C10)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasolina	Jiang Guo-Zhen y otros, (2017, p.1)
LARGO CADE NA DE BIOCOMBUSTIBLES NATURALES	alcoholes grasos	<i>S. cerevisiae</i>	Diésel	D'espaux Leo et al., (2017, p.1)
	alcoholes grasos	<i>S. cerevisiae</i>	Diésel	
	alcoholes grasos	<i>S. cerevisiae</i>	Diésel	Yu Tao et al, (2017, p.2)
	alcoholes grasos	<i>S. cerevisiae</i>	Diésel	Hu Yating et al, (2018, p.1)
	alcoholes grasos	<i>Y. lipolytica</i>	Diésel	Córdoba L. et al., (2020, p.1)
	alcoholes grasos	<i>L. starkeyi</i>	Diésel	Mcneil B. y al., (2018, p.1)
	grasos éster es de ácidos grasos	<i>Y. lipolytica</i>	Diésel	Gao Qi et al, (2018, p.1)
	Alcanos grasos/ alquenos	<i>Y. lipolytica</i>	combustible para aviones	Bruder Stefan et al., (2019, p.2)
	Alcanos grasos/ alquenos	<i>S. cerevisiae</i>	combustible para aviones	Zhou Yongjin J. y otros, (2018, p.1)
	farneseno (C15)	<i>S. cerevisiae</i>	Gasóleo y combustible para aviones	Tippmann S. et al., (2017, p.1)
	Bisaboleno (C15)	<i>R. toruloides</i>	combustible para aviones	Yaegashi J. et al., (2017, p.2)
	Bisaboleno (C15)	<i>R. toruloides</i>	combustible para aviones	Pimiento José A. y al., (2019, p.1)

Gráfico N°3: Combustiblesustituido

## PORCENTAJE



Según el gráfico 3, se puede observar que el combustible más frecuentemente sustituido es el combustible para aviones, debido a los compuestos Isopreno, Alcanos, Alquenos y Limoneno, producidos en su mayoría por la levadura *S. cerevisiae*.

Y es que, a través de la fusión inteligente de la deshidratación selectiva y el hidroprocesamiento, los alcoholes grasos de cadena media, que se derivan fácilmente de la biosíntesis y el hidrotreamiento de los ácidos grasos, se emplearon como recurso renovable para fabricar combustibles alternativos para aviones. (He Mingli et al., 2018, p.1).

Así, además, apoyando la afirmación realizada en los resultados, el autor BruderStefan et al., (2019, p.2), indica que los componentes primarios de la gasolina y el combustible para aviones son alcanos.

Pero por su parte, Ebrahim Sayed A. et al., (2022, p.7); señala que como biocombustible el pentano puede ser utilizado como un gran sustituto para reemplazar la gasolina y los combustibles para el transporte aéreo como los aviones; así también la *Yarrowia lipolytica* fue alterada para generar pentano a través del ácido linoleico; en la cual la cepa que fue modificada obtuvo pentano en una cantidad de 4.98 mg/L, lo que demuestra que la elaboración

microbianade pentano puede llevarse a cabo.

Pero también, apoyando los resultados Yaegashi J. et al., (2017, p.2), Pimienta José A. et al., (2019, p.1), afirma que el bisaboleno, un sesquiterpenoide diferente relacionado con los combustibles, ha sido considerado como un buencandidato a combustible para aviones.

Como resultado, en un estudio innovador, se modificó *S. cerevisiae* para producir 900 mg/L de bisaboleno combinando la selección de enzimas para la sintasa de sesquiterpeno (STS) y la bisaboleno sintasa (BIS) con la ingeniería metabólica, que incluía la sobreexpresión de HMGR, ERG20 y UPC2-1 truncados y la regulación a la baja de ERG9. Además, se incorporó la BIS optimizada en codones en

*R. toruloides* (Yaegashi J. et al., 2017, p.1).

A continuación, la cepa de *S. cerevisiae* se cultivó a escala de ensayo en hidrolizados elaborados a partir de biomasa tratada en reactores tubulares continuos utilizando cuatro materias primas diferentes, siendo el bagazo de caña de azúcar el que produjo la mayor cantidad de bisaboleno (514,1 mg/L) (Pepper José A. et al., 2019, p.2).

## V. CONCLUSIONES

Los aspectos más destacados de las levaduras productoras de biocombustibles que se utilizan para reducir el uso de combustibles fósiles mostraron que las levaduras se utilizan principalmente para producir etanol o actuar como crudos grasos para el biodiésel, y que la identificación de las fuentes de generación de levaduras es crucial.

Los combustibles de cadena corta, cadena media y cadena larga son las tres categorías en las que se agrupan los tipos de biocombustibles producidos por las levaduras en función de la cantidad de átomos de carbono en sus estructuras; los biocombustibles más producidos son el 40% de cadena media, el 37% de cadena larga y el 23% de cadena corta. Los alcoholes de cadena media más investigados e importantes son el 1-octanol y el 1-decanol, que han recibido una atención considerable como alternativas a los carburantes para aviones y diésel.

Las fuentes de generación de levadura que permiten la producción de biocombustibles son la glucosa, el etanol, la galactosa y la sacarosa, siendo la glucosa la más utilizada en el 85% del total de los artículos estudiados. Además, también se encuentra que la levadura más utilizada para la producción de biocombustibles es *S. cerevisiae*; donde 21 de los artículos lo confirman.

El combustible para aviones es un sustituto de los combustibles fósiles que se fabrica a partir de una sustancia producida por levaduras llamada isopreno, alcanos, alquenos y limoneno, que en su mayor parte produce la levadura *S. cerevisiae*. Esto se debe a la combinación sensata de la deshidratación selectiva y el hidroprocesamiento para hacer alcoholes grasos de cadena media, que están fácilmente disponibles a partir de la biosíntesis y el hidrotamiento de los ácidos grasos, como recurso renovable para producir combustibles alternativos para aviones.

## VI. RECOMENDACIONES

A través de la elaboración del trabajo de investigación, se pudo identificar que entre las diversas levaduras estudiadas, no todas pueden producir biocombustibles en cantidades considerables, por lo tanto, para obtener la cantidad de producción a nivel industrial, el desarrollo de levaduras comerciales para la producción industrial de biocombustibles tiene una serie de retos importantes también. En consecuencia, se ofrecen las siguientes sugerencias:

Es necesario ampliar las vías metabólicas de las diferentes levaduras para aumentar la generación de biocombustibles. Aunque dicha ampliación requiere la adición de enzimas heterólogas, buscando estudiar diversas técnicas o métodos para conocer cómo se expresan estas enzimas y cómo de compatibles pueden ser con el huésped.

Esto se sugiere para el desarrollo de biocombustibles de segunda generación utilizando biomasa lignocelulósica, por lo que se recomienda aplicarlo en futuros trabajos experimentales para analizar su viabilidad y eficiencia.

La limitación de la toxicidad ha sido un reto constante, por lo que se recomiendan estrategias para abordar este problema; como la evolución de las cepas de levadura para mejorar la tolerancia.

## REFERENCIAS

1. AKINWUMI, A. R., et al. An Overview of the production and prospect of polyhydroxyalkanoate (PHA)-based biofuels: Opportunities and limitations. *Scientific African*, 2022, p. e01233. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01233>
2. ALI, Mehmood, et al. The use of crop residues for biofuel production. En *Biomass, biopolymer-based materials, and bioenergy*. Woodhead Publishing, 2019. p. 369-395. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102426-3.00016-3>
3. ASSAD, Humira, et al. Insights into the role of nanotechnology on the performance of biofuel cells and the production of viable biofuels: A review. *Fuel*, 2022, vol. 323, p. 124277. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124277>
4. BACH, Hanna, et al. Blending new and old in sustainability transitions: Technological alignment between fossil fuels and biofuels in Norwegian coastal shipping. *Energy Research & Social Science*, 2021, vol. 74, p. 101957. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101957>
5. BEHERA, Bunushree, et al. Bioprocess engineering principles of microalgal cultivation for sustainable biofuel production. *Bioresource Technology Reports*, 2019, vol. 5, p. 297-316. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.08.001>
6. BORO, Manswama, et al. Strategies involved in biofuel production from agro-based lignocellulose biomass. *Environmental Technology & Innovation*, 2022, p. 102679. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102679>
7. BRAHMA, Sujata, et al. Biodiesel production from mixed oils: a sustainable approach towards industrial biofuel production. *Chemical Engineering Journal Advances*, 2022, p. 100284. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ceja.2022.100284>
8. BRUDER, Stefan, et al. Drop-in biofuel production using fatty acid photodecarboxylase from *Chlorella variabilis* in the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica*. *Biotechnology for biofuels*, 2019, vol. 12, no 1, p. 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1542-4>

9. CAO, Xuan, et al. Metabolic engineering of oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* for limonene overproduction. *Biotechnology for biofuels*, 2016, vol. 9, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0626-7>
10. CHE, Deyong, et al. Effects of lipids on sludge and chlorella protein pyrolysis by thermogravimetry Fourier transform infrared spectrometry. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no 1, p. 107011. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.107011>
11. CHENG, Bo-Qian, et al. Elevating limonene production in oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* via genetic engineering of limonene biosynthesis pathway and optimization of medium composition. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2019, vol. 24, no 3, p. 500-506. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12257-018-0497-9>
12. CHENG, Si, et al. Orthogonal engineering of biosynthetic pathway for efficient production of limonene in *Saccharomyces cerevisiae*. *ACS Synthetic Biology*, 2019, vol. 8, no 5, p. 968-975. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.9b00135>
13. CHINTAGUNTA, Anjani Devi, et al. Biodiesel production from lignocellulosic biomass using oleaginous microbes: prospects for integrated biofuel production. *Frontiers in Microbiology*, 2021, vol. 12. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.658284>
14. CONTI, John, et al. International energy outlook 2016 with projections to 2040. USDOE Energy Information Administration (EIA), Washington, DC (United States). Office of Energy Analysis, 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.2172/1296780>
15. CORDOVA, Lauren T.; BUTLER, Jonathan; ALPER, Hal S. Direct production of fatty alcohols from glucose using engineered strains of *Yarrowia lipolytica*. *Metabolic engineering communications*, 2020, vol. 10, p. e00105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mec.2019.e00105>
16. D'ESPAUX, Leo, et al. Engineering high-level production of fatty alcohols by *Saccharomyces cerevisiae* from lignocellulosic feedstocks. *Metabolic*



- engineering, 2017, vol. 42, p. 115-125. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2017.06.004>
17. DAIMARY, Niran, et al. Musa acuminata peel: A bioresource for bio-oil and by-product utilization as a sustainable source of renewable green catalyst for biodiesel production. *Renewable Energy*, 2022, vol. 187, p. 450-462. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.054>
  18. DARVISHI, Farshad, et al. *Yarrowia lipolytica* as a workhorse for biofuel production. *Biochemical Engineering Journal*, 2017, vol. 127, p. 87-96. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.08.013>
  19. DARVISHI, Farshad; HILIGSMANN, Serge. Impressive potential of microorganisms to achieve the transition from fossil fuels to biofuels. En *Microbial Fuels*. CRC Press, 2017. p. 1-24. ISBN: 9781351246101
  20. DICKINSON, Selena, et al. A review of biodiesel production from microalgae. *Clean technologies and environmental policy*, 2017, vol. 19, no 3, p. 637-668. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1309-6>
  21. DORDI, Truzaar, et al. Ten financial actors can accelerate a transition away from fossil fuels. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2022, vol. 44, p. 60-78. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.05.006>
  22. EBRAHIM, Sayed Ahmed, et al. Catalytic hydrothermal liquefaction of food waste: Influence of catalysts on bio-crude yield, asphaltenes, and pentane soluble fractions. *Fuel*, 2022, vol. 324, p. 124452. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124452>
  23. EMSBO-MATTINGLY, Stephen D.; LITMAN, Eric. Polycyclic aromatic hydrocarbon homolog and isomer fingerprinting. En *Standard handbook oil spill environmental forensics*. Academic Press, 2017. p. 255-312. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803832-1.00005-2>
  24. ESMAEILI, Hossein, et al. Application of nanotechnology for biofuel production. En *Emerging nanotechnologies for renewable energy*. Elsevier, 2021. p. 149-172. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821346-9.00005-5>

25. FEI, Qiang, et al. Enhanced lipid production by *Rhodospiridium toruloides* using different fed-batch feeding strategies with lignocellulosic hydrolysate as the sole carbon source. *Biotechnology for biofuels*, 2016, vol. 9, no 1, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0542-x>
26. GAO, Qi, et al. Overproduction of fatty acid ethyl esters by the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* through metabolic engineering and process optimization. *ACS Synthetic Biology*, 2018, vol. 7, no 5, p. 1371-1380. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.7b00453>
27. HE, Mingli, et al. From medium chain fatty alcohol to jet fuel: Rational integration of selective dehydration and hydro-processing. *Applied Catalysis A: General*, 2018, vol. 550, p. 160-167. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2017.11.009>
28. HENRITZI, Sandra, et al. An engineered fatty acid synthase combined with a carboxylic acid reductase enables de novo production of 1-octanol in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for biofuels*, 2018, vol. 11, no 1, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1149-1>
29. HIELSCHER, Sabine; WITTMAYER, Julia M.; DAŃKOWSKA, Alicja. Social movements in energy transitions: The politics of fossil fuel energy pathways in the United Kingdom, the Netherlands and Poland. *The Extractive Industries and Society*, 2022, vol. 10, p. 101073. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101073>
30. HU, Yating, et al. Heterologous transporter expression for improved fatty alcohol secretion in yeast. *Metabolic engineering*, 2018, vol. 45, p. 51-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2017.11.008>
31. IBARRA-GONZALEZ, Paola; RONG, Ben-Guang. A review of the current state of biofuels production from lignocellulosic biomass using thermochemical conversion routes. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 2019, vol. 27, no 7, p. 1523-1535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2018.09.018>
32. IGNEA, Codruta, et al. Orthogonal monoterpenoid biosynthesis in yeast constructed on an isomeric substrate. *Nature communications*, 2019, vol. 10, no

- 1, p. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11290-x>
33. ILIAS, Muhammad Khalish Mohammad, et al. Supercritical CO<sub>2</sub> separation of lipids from chicken by-product waste for biodiesel production: Optimization, kinetics, and thermodynamics modeling. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2021, p. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02092-7>
34. JEEVAN KUMAR, S. P.; SAMPATH KUMAR, N. S.; CHINTAGUNTA, Anjani Devi. Bioethanol production from cereal crops and lignocelluloses rich agro-residues: prospects and challenges. *SN Applied Sciences*, 2020, vol. 2, no 10, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03471-x>
35. JIANG, Guo-Zhen, et al. Manipulation of GES and ERG20 for geraniol overproduction in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic engineering*, 2017, vol. 41, p. 57-66. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2017.03.005>
36. JOSHI, Swati; MISHRA, SukhDev. Recent advances in biofuel production through metabolic engineering. *Bioresource Technology*, 2022, p. 127037. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127037>
37. JUANSSILFERO, Ario B., et al. Effect of inoculum size on single-cell oil production from glucose and xylose using oleaginous yeast *Lipomyces starkeyi*. *Journal of bioscience and bioengineering*, 2018, vol. 125, no 6, p. 695-702. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.12.020>
38. KABIR, Ehsanul, et al. Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 82, p. 894-900. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
39. KANWAL, Saira, et al. An integrated future approach for the energy security of Pakistan: Replacement of fossil fuels with syngas for better environment and socio-economic development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, vol. 156, p. 111978. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111978>
40. KHOJASTEH, Danial, et al. Assessment of renewable energy resources in Iran; with a focus on wave and tidal energy. *Renewable and Sustainable Energy*

Reviews, 2018, vol. 81, p. 2992-3005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.110>

41. KUMAR, Dipesh; SINGH, Bhaskar; KORSTAD, John. Utilization of lignocellulosic biomass by oleaginous yeast and bacteria for production of biodiesel and renewable diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 73, p. 654-671. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.022>
42. LIU, Zihé, et al. Third-generation biorefineries as the means to produce fuels and chemicals from CO<sub>2</sub>. *Nature Catalysis*, 2020, vol. 3, no 3, p. 274-288. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41929-019-0421-5>
43. LV, Xiaomei, et al. Dual regulation of cytoplasmic and mitochondrial acetyl-CoA utilization for improved isoprene production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Nature communications*, 2016, vol. 7, no 1, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/ncomms12851>
44. MARTINEZ-SILVEIRA, Adalgisa, et al. Process conditions for a rapid in situ transesterification for biodiesel production from oleaginous yeasts. *Electronic Journal of Biotechnology*, 2019, vol. 38, p. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.006>
45. MARTINEZ-GUERRA, Edith; GUDE, Veera Gnaneswar. Assessment of sustainability indicators for biodiesel production. *Applied Sciences*, 2017, vol. 7, no 9, p. 869. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app7090869>
46. MCNEIL, Bonnie A.; STUART, David T. Optimization of C16 and C18 fatty alcohol production by an engineered strain of *Lipomyces starkeyi*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2018, vol. 45, no 1, p. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10295-017-1985-1>
47. MOLINO, Antonio, et al. Biofuels production by biomass gasification: A review. *Energies*, 2018, vol. 11, no 4, p. 811. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en11040811>

48. MORIARTY, Patrick; HONNERY, Damon. Sustainable energy resources: Prospects and policy. En *Clean Energy For Sustainable Development*. Academic Press, 2017. p. 3-27. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805423-9.00001-6>
49. MUKHERJEE, Anvesha, et al. Enzymatic and microbial biofuel cells: current developments and future directions. En *Handbook of Biofuels*. Academic Press, 2022. p. 551-576. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822810-4.00029-4>
50. MUSA, S. Danlami, et al. China's energy status: A critical look at fossils and renewable options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, vol. 81, p. 2281-2290. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.036>
51. NISHIMURA, Yuya, et al. Metabolic engineering of the 2-ketobutyrate biosynthetic pathway for 1-propanol production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial cell factories*, 2018, vol. 17, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0883-1>
52. PANG, Yaru, et al. Engineering the oleaginous yeast *Yarrowia lipolytica* to produce limonene from waste cooking oil. *Biotechnology for biofuels*, 2019, vol. 12, no 1, p. 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1580-y>
53. PATEL, Alok, et al. Assessment of fuel properties on the basis of fatty acid profiles of oleaginous yeast for potential biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 77, p. 604-616. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.016>
54. PATTERSON, George T. Introduction to evidence-based practices and principles in the criminal justice system. *Clinical Interventions in Criminal Justice Settings: Evidence-Based Practice*, 2018, p. 1. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=Uh8wDwAAQBAJ&lpg=PA1&ots=-G5--1UfzW&dq=Chapter%20-%20Introduction%20to%20Evidence-Based%20Practices%20and%20Principles%20in%20the%20Criminal%20Justice%20System&lr&hl=es&pg=PA1#v=onepage&q=Chapter%20-%20Introduction%20to%20Evidence-Based%20Practices%20and%20Principles%20in%20the%20Criminal%20Justice>

e%20System&f=false

55. PENG, Bingyin, et al. Engineered protein degradation of farnesyl pyrophosphate synthase is an effective regulatory mechanism to increase monoterpene production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic engineering*, 2018, vol. 47, p. 83-93. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2018.02.005>
56. PIGGOT, Georgia; ERICKSON, Peter. Fossil fuel export as a climate policy problem. En *Public Responses to Fossil Fuel Export*. Elsevier, 2022. p. 45-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824046-5.00013-8>
57. PIMIANTA, José A. Pérez, et al. Pilot-scale hydrothermal pretreatment and optimized saccharification enables bisabolene production from multiple feedstocks. *Green Chemistry*, 2019, vol. 21, no 11, p. 3152-3164. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C9GC00323A>
58. RATNAPURAM, Hari Prasad; VUTUKURU, S. S.; YADAVALLI, Rajasri. Mixotrophic transition induced lipid productivity in *Chlorella pyrenoidosa* under stress conditions for biodiesel production. *Heliyon*, 2018, vol. 4, no 1, p. e00496. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00496>
59. REIJNDERS, Lucas, et al. Is the Production of Biofuels Environmentally Sustainable?. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11018-5>
60. RUTTER, Charles D.; RAO, Christopher V. Production of 1-decanol by metabolically engineered *Yarrowia lipolytica*. *Metabolic engineering*, 2016, vol. 38, p. 139-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2016.07.011>
61. SHI, Shuobo, et al. Metabolic engineering of a synergistic pathway for n-butanol production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific reports*, 2016, vol. 6, no 1, p. 1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/srep25675>
62. SINGH, Sangeeta, et al. Liquid wastes as a renewable feedstock for yeast biodiesel production: opportunities and challenges. *Environmental Research*, 2022, vol. 207, p. 112100. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112100>

63. SITEPU, Irnayuli, et al. Carbon source utilization and inhibitor tolerance of 45 oleaginous yeast species. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2016, vol. 41, no 7, p. 1061-1070. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10295-014-1447-y>
64. SWIDAH, Reem, et al. Butanol production in *S. cerevisiae* via a synthetic ABE pathway is enhanced by specific metabolic engineering and butanol resistance. *Biotechnology for biofuels*, 2016, vol. 8, no 1, p. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0281-4>
65. SUKUMARAN, Charanya; VISWANATHAN, Pramila; CHANDRASEKHAR, Arunkumar. Triboelectric nanogenerators for scavenging biomechanical energy: fabrication process to its self-powered applications. En *Nano Tools and Devices for Enhanced Renewable Energy*. Elsevier, 2021. p. 145-169. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821709-2.00018-9>
66. SWIDAH, R., et al. n-Butanol production in *S. cerevisiae*: co-ordinate use of endogenous and exogenous pathways. *Applied microbiology and biotechnology*, 2018, vol. 102, no 22, p. 9857-9866. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9305-x>
67. THAKUR, P. 1-Underground coal mine atmosphere. *Advanced mine ventilation*. Woodhead Publishing, 2019, p. 3-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100457-9.00001-8>
68. Thomas W. Edgar, David O. Manz. Chapter 3 - Starting Your Research. *Research Methods for Cyber Security*. 2017, Pages 63-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805349-2.00003-0>
69. TIPPMANN, Stefan, et al. Affibody scaffolds improve sesquiterpene production in *Saccharomyces cerevisiae*. *ACS Synthetic Biology*, 2017, vol. 6, no 1, p. 19-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.6b00109>
70. VASAKI, Madhu, et al. Biodiesel production from lignocellulosic biomass using *Yarrowia lipolytica*. *Energy Conversion and Management: X*, 2022, vol. 13, p. 100167. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100167>
71. WANG, Fan, et al. Combining Gal4p-mediated expression enhancement and directed evolution of isoprene synthase to improve isoprene production in


- Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic engineering*, 2017, vol. 39, p. 257-266.  
Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2016.12.011>
72. WESS, Johannes; BRINEK, Martin; BOLES, Eckhard. Improving isobutanol production with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* by successively blocking competing metabolic pathways as well as ethanol and glycerol formation. *Biotechnology for biofuels*, 2019, vol. 12, no 1, p. 1-15. Disponibile en: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1486-8>
73. WILLERTH, Stephanie M. 1.12 Electrospun Nanofibers for Diverse Applications. *Comprehensive Nanoscience and Nanotechnology*, 2019, p. 275. Disponibile en: <https://books.google.es/books?id=zZxjDwAAQBAJ&pg=PA275&ots=d4vsyoZ9oS&dq=1.12%20Fossil%20Fuels&lr&hl=es&pg=PA275#v=onepage&q=1.12%20Fossil%20Fuels&f=false>
74. YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. Senthil; KARISHMA, S. Bio-derived catalysts for production of biodiesel: A review on feedstock, oil extraction methodologies, reactors and lifecycle assessment of biodiesel. *Fuel*, 2022, vol. 316, p. 123379. Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123379>
75. YAEGASHI, Junko, et al. *Rhodospiridium toruloides*: a new platform organism for conversion of lignocellulose into terpene biofuels and bioproducts. *Biotechnology for biofuels*, 2017, vol. 10, no 1, p. 1-13. Disponibile en: <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0927-5>
76. Yildiz, İ. Fossil Fuels. *Comprehensive Energy Systems*, 2018, 521–567. Disponibile en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809597-3.00111-5>
77. YU, Tao, et al. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for production of very long chain fatty acid-derived chemicals. *Nature communications*, 2017, vol. 8, no 1, p. 1-11. Disponibile en: <https://doi.org/10.1038/ncomms15587>
78. YUAN, Jifeng, et al. Metabolically engineered *Saccharomyces cerevisiae* for enhanced isoamyl alcohol production. *Applied microbiology and biotechnology*, 2017, vol. 101, no 1, p. 465-474. Disponibile en: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7970-1>



79. ZABERMAWI, Nidal M., et al. New eco-friendly trends to produce biofuel and bioenergy from microorganisms: An updated review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.024>
80. ZHAO, Jianzhi, et al. Improving monoterpene geraniol production through geranyl diphosphate synthesis regulation in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied microbiology and biotechnology*, 2016, vol. 100, no 10, p. 4561-4571. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7375-1>
81. ZHOU, Yongjin J.; KERKHOVEN, Eduard J.; NIELSEN, Jens. Barriers and opportunities in bio-based production of hydrocarbons. *Nature Energy*, 2018, vol. 3, no 11, p. 925-935. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0197-x>
82. ZHOU, Yongjin J., et al. Engineering 1-alkene biosynthesis and secretion by dynamic regulation in yeast. *ACS synthetic biology*, 2018, vol. 7, no 2, p. 584-590. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.7b00338>
83. ZHAO, Jianzhi, et al. Dynamic control of ERG20 expression combined with minimized endogenous downstream metabolism contributes to the improvement of geraniol production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial cell factories*, 2017, vol. 16, no 1, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0641-9>
84. ZHU, Zhiwei, et al. Enabling the synthesis of medium chain alkanes and 1-alkenes in yeast. *Metabolic engineering*, 2017, vol. 44, p. 81-88. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2017.09.007>

# ANEXOS

## Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

 Universidad César Vallejo	<b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>	
<b>TÍTULO:</b>		
<b>DATOS DEL AUTOR:</b>		
<b>PAGINAS UTILIZADAS:</b>	<b>AÑO DE PUBLICACION:</b>	<b>LUGAR DE PUBLICACION:</b>
<b>TIPO DE INVESTIGACION:</b>		
<b>PALABRAS CLAVES:</b>		
<b>METODOLOGÍA:</b>		
<b>TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES:</b>		
<b>FUENTES DE GENERACIÓN DE LEVADURAS:</b>		
<b>COMBUSTIBLE SUSTITUIDO POR EL COMPUESTO PRODUCIDO POR LEVADURAS:</b>		
<b>RESULTADOS:</b>		
<b>CONCLUSIONES:</b>		



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ESPINOZA FARFAN EDUARDO RONALD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biocombustibles Producidos por Levaduras para la Reducción de Combustibles Fósiles: Revisión sistemática.", cuyo autor es ENRIQUEZ CASTRO ANGEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 20 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ESPINOZA FARFAN EDUARDO RONALD <b>DNI:</b> 40231227 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4418-7009	Firmado electrónicamente por: ERESPINOZAF el 30- 12-2022 11:10:52

Código documento Trilce: TRI - 0496457