



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE PETROQUÍMICA**

**TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE PETROQUÍMICO**

**TEMA: “NANOTECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE
BIOETANOL”**

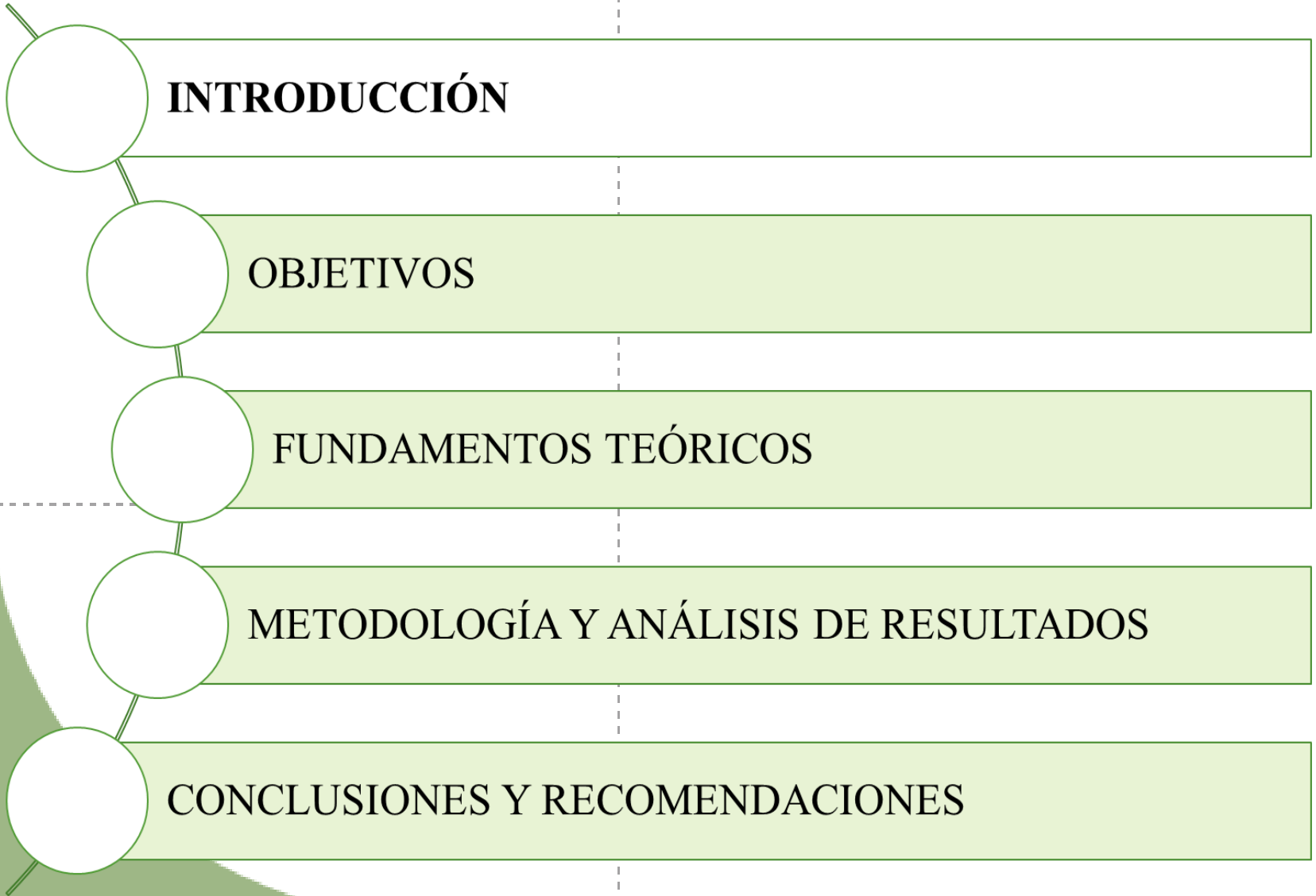
**AUTORA: ANALUISA ALULEMA, JOHANNA BELÉN
TUTORA: ING. LÓPEZ ORTEGA, JESSENIA ESTEFANÍA**

LATACUNGA, MARZO 2022





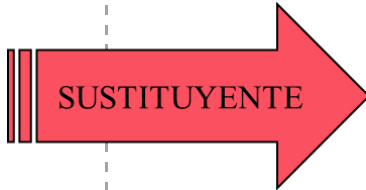
CONTENIDO





Introducción

Combustibles fósiles



Biocombustibles



Nanotecnología



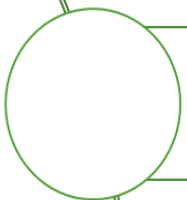


ESPE

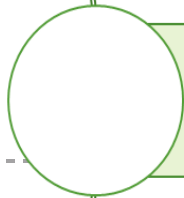
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



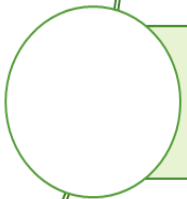
INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS



FUNDAMENTOS TEÓRICOS



METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Investigar bibliográficamente las nanopartículas aplicadas en procesos de producción de etanol a partir de biomasa.

Realizar una revisión bibliográfica de la biomasa utilizada en la producción de bioetanol.

Realizar una investigación bibliográfica de la síntesis y caracterización de los nanocatalizadores empleados en la producción de bioetanol.

Comparar el rendimiento de producción de bioetanol obtenido por procesos convencionales versus procesos que emplean nanocatalizadores.

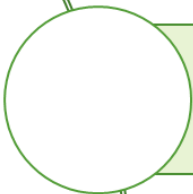


ESPE

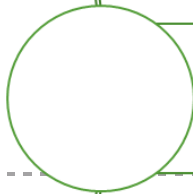
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



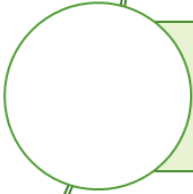
INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

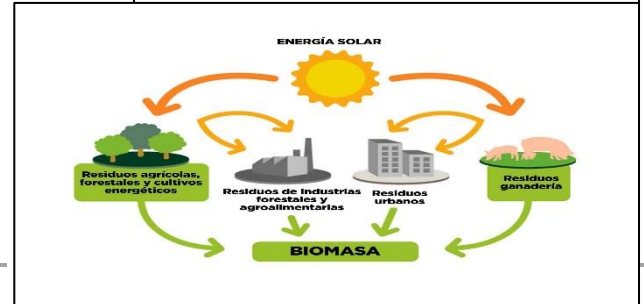
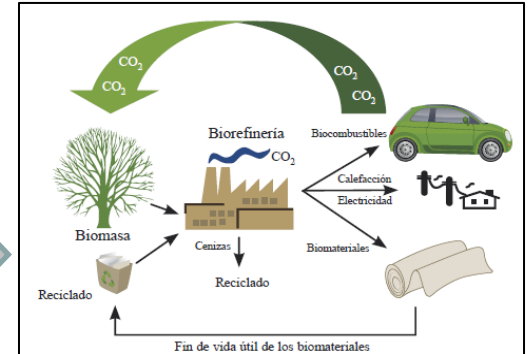
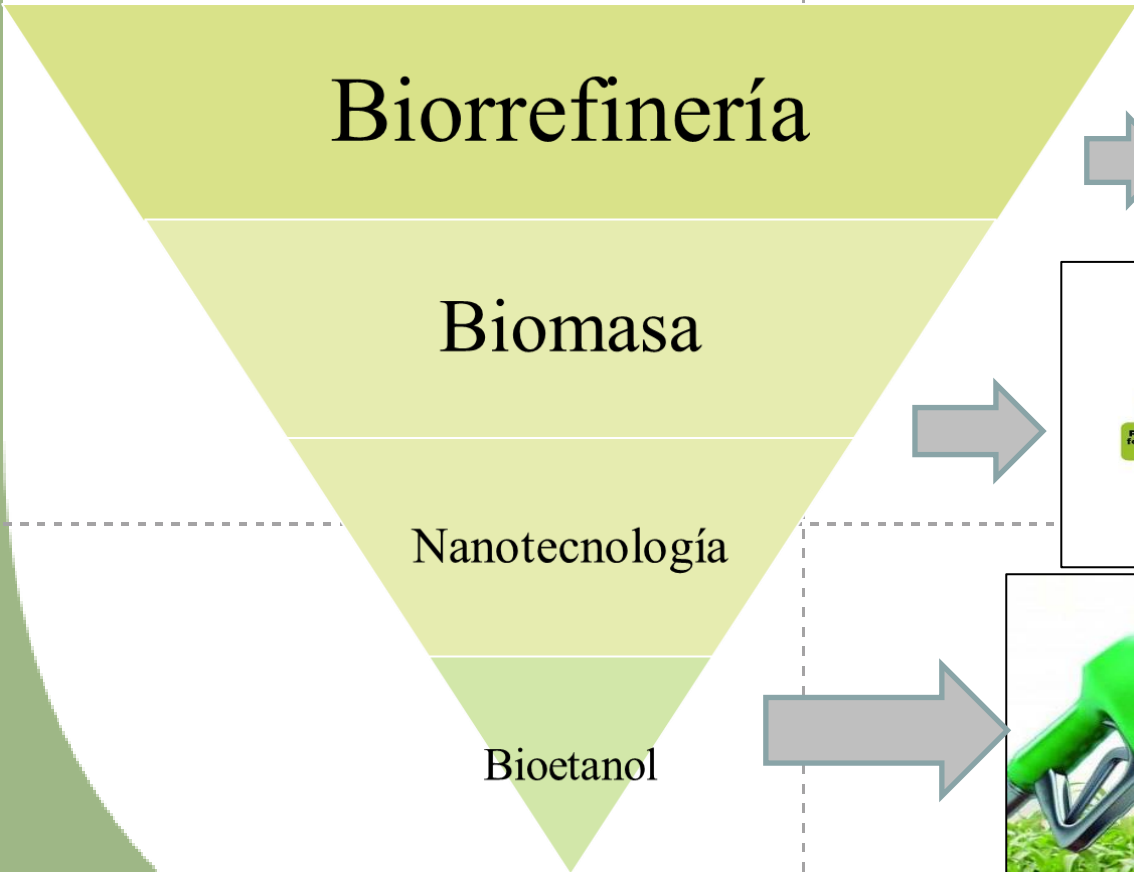


METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

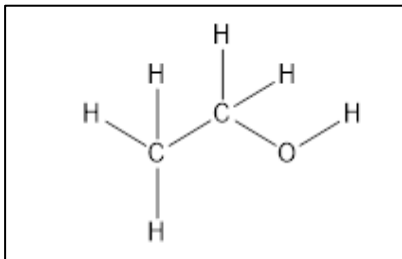
Fundamento Teórico





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Características



Etanol anhidro de grado carburante

Bioetanol

Norma NTE
INEN
2478:2009



Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado



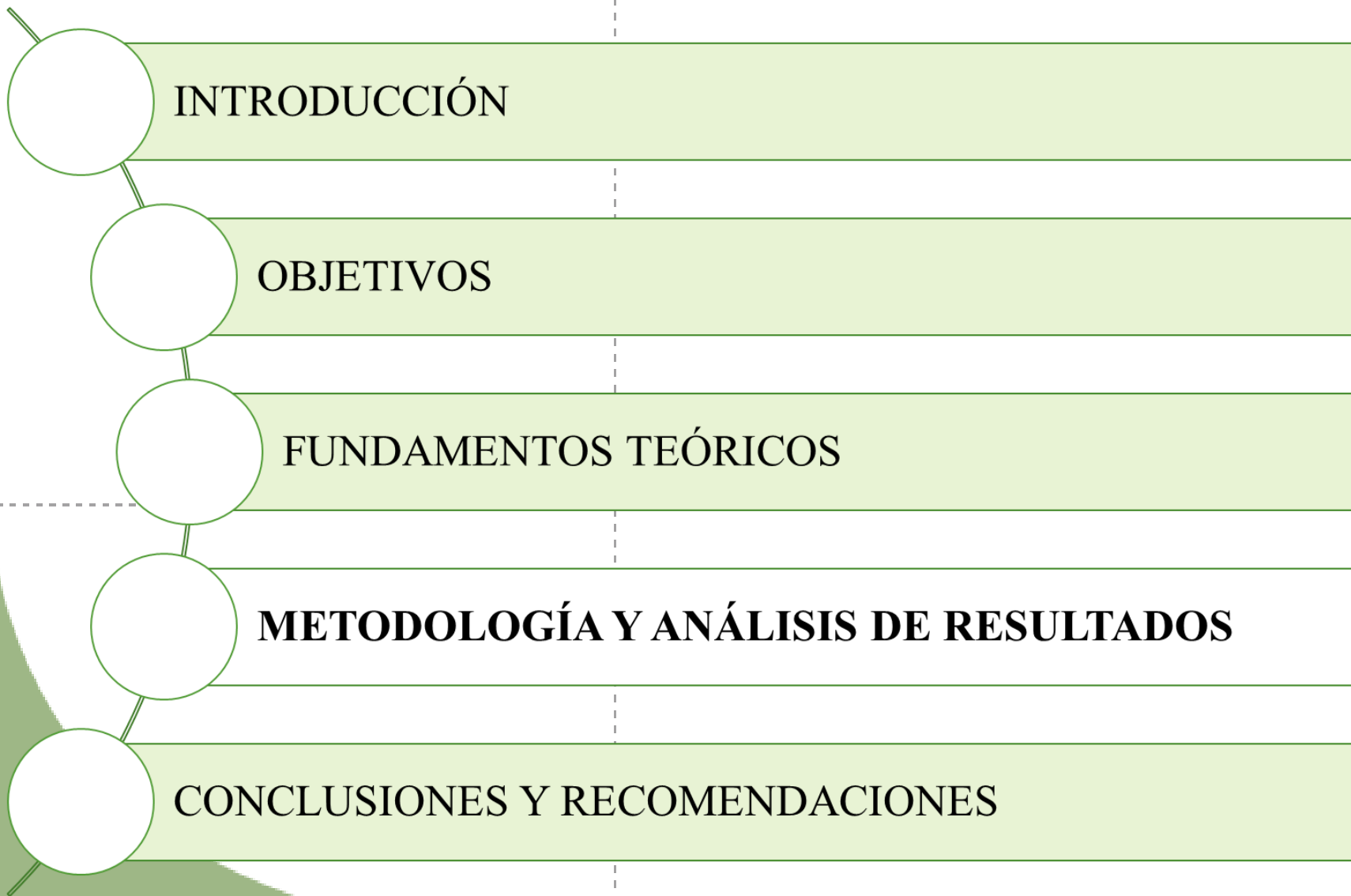
Tabla 1. Iniciativas del sector industrial en el Ecuador para desarrollar bioetanol.

NOMBRE DEL PROYECTO	PROVINCIA	VALOR ESTIMADO (USD \$)	DESCRIPCIÓN
ECUANOL (Bioetanol Ecuatoriano) Producción de bioetanol a base de caña de azúcar y sorgo dulce	Azúay, Oro	63,3 millones	Ecuanol promueve la siembra de 17.000 ha de las cuales 7000 serían caña de azúcar y sorgo los 10.000 restantes. Su objetivo es producir 250.000 litros diarios en dos plantas de destilación.
Proyecto de energía alternativa Valle de Yunguilla	Azúay	7,1 millones	Proyecto para la producción de bioetanol con 3.900 hectáreas de producción agrícola y una producción diaria de 70.000 litros de bioetanol
Iancén, bioetanol	Imbabura	32 millones	En la zona norte de Ecuador, el Ingenio Azucarero Iancén busca producir 100.000 litros de etanol por día y cogenerar 6 MW. Los cultivos de caña de azúcar necesarios serían 3000 ha.
Zarate García	Guayas	70 millones	Propuesta de siembra de 5.000 hectáreas en la zona de El Empalme. El proyecto podría producir de 150.000 a 200.000 litros de bioetanol al día.
Asociación de Desarrollo Integral Integral	Imbabura	2,35 millones	Producción de 12.000 litros de bioetanol por día a partir de 450 ha de caña de azúcar.
BANAENERGY	Santa Elena	14,27 millones	Producción de sorgo dulce como materia prima para la producción de etanol, 30.000 litros por día en 1.200 ha



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Metodología de la investigación

TIPO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

EXPLORATORIA

DISEÑO DOCUMENTAL

DESCRIPTIVA

Biomasa

Primera generación

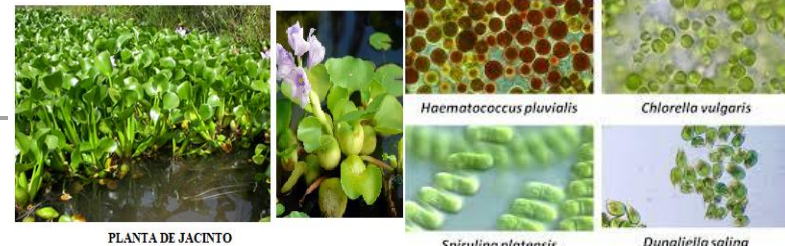


Segunda generación

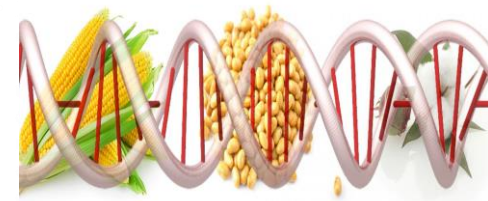
- Biomasa residual
- Biomasa Forestal
- Biomasa herbáceas



Tercer generación



Cuarta generación



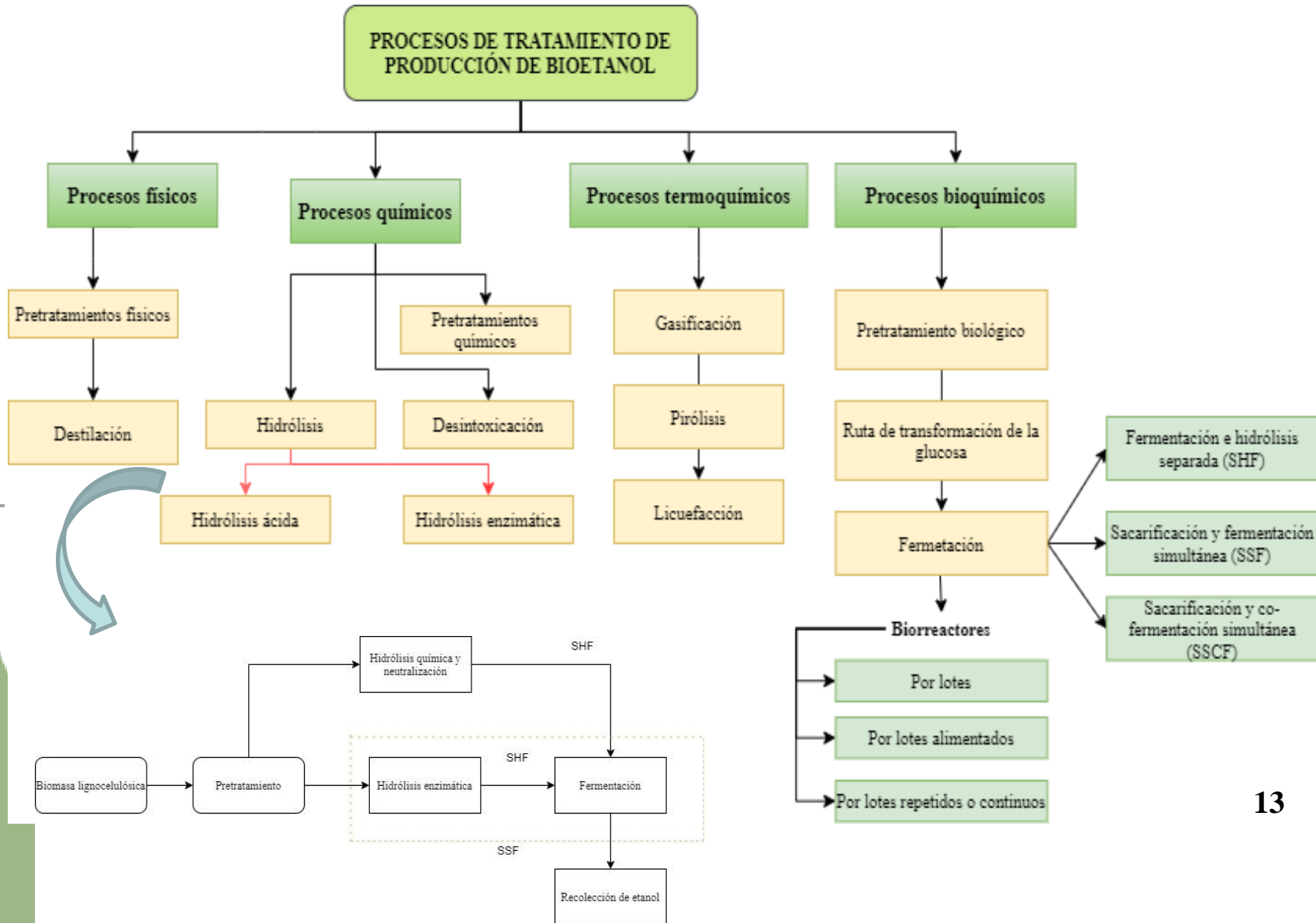
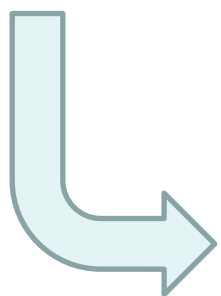
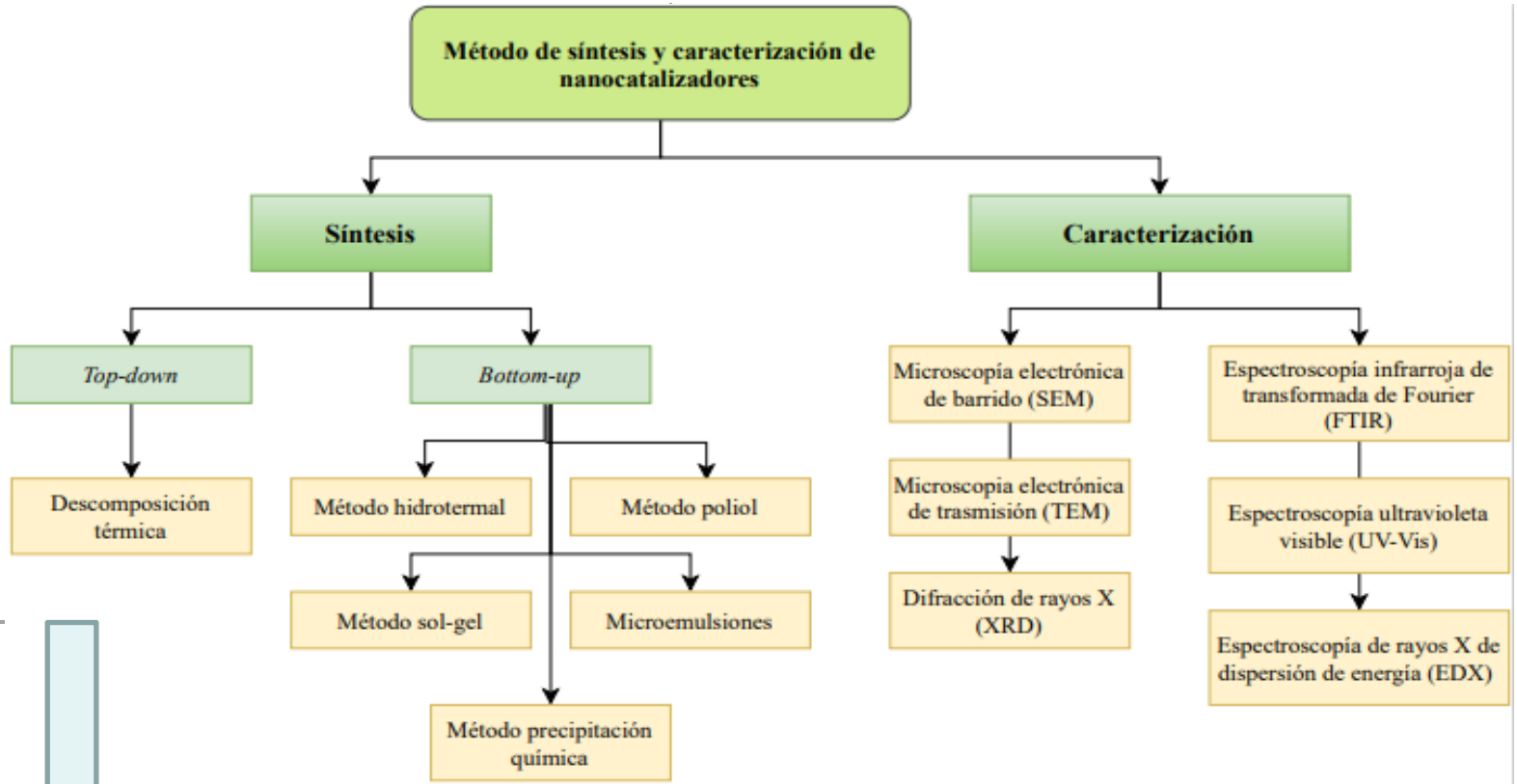


Tabla 2. Rendimientos de producción de bioetanol a partir de diferentes tipos de biomasas

Tipo de Biomasa	Materia prima	Procesos aplicados	Rendimiento porcentual de etanol	Referencia bibliográfica
Biomasa de primera generación	Granos de maíz	Pretratamiento y pirólisis	27%	Luque et al. (2016)
	Jugo de piña	Metabolismo de carbohidratos y tratamiento de la glucosa (fermentación)	3.1%	Zamora-Hernández et al. (2014)
Biomasa de segunda generación	Suero de queso	Fermentación en reactores por lotes, separación	87.4%	Christensen et al. (2011)
Biomasa de tercera generación	Cáscara de mango	Hidrólisis y fermentación	8.13%	Reddy et al. (2011)
	Microalgas	Separación líquido-sólido, hidrólisis enzimática y SSF	80%	Li et al. (2014)
	Planta de Jacinto	Molienda, hidrólisis ácida, fermentación y destilación	40%	Sayago et al. (2018)
Biomasa de cuarta generación	Caña genéticamente modificada	Fermentación de azúcares y destilación	90%	Huang et al. (2016)
	Almidón genéticamente modificada	Hidrólisis y fermentación	92%	Alonso-Gómez et al. (2018)



Arriba hacia abajo
(top-down)

Abajo hacia arriba
(bottom-up)

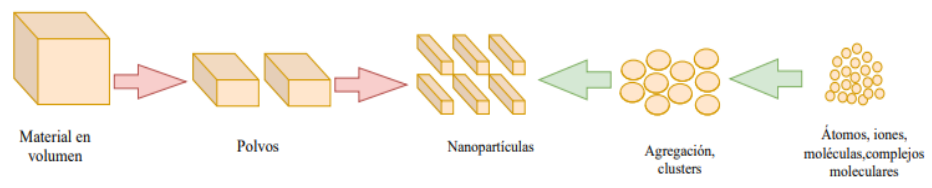


Tabla 3. Resumen de nanocatalizadores usados en la producción de bioetanol.

Materia prima	Nanocatalizador	Síntesis del nanocatalizador	Método de caracterización del nanocatalizador	Características del nanocatalizador.	Proceso en el cual se aplica el nanocatalizador	Rendimiento de producción	Referencia
Biomasa de primera generación							
Granos de maíz	Nanopartículas de óxido de hierro $Fe_3O_4@C-SO_3H$ (NPM)	Método hidrotermal	SEM, XRD y EDX	Área de superficie: 466.905 m ² . g ⁻¹ . Volumen del poro: 0.191 cm ³ .g ⁻¹ .	Proceso de hidrólisis y SHF	62.7%	Rekha, B., & Saravanathamizhan, R. (2021).
Biomasa de segunda generación							
Bagazo de caña de azúcar	Nanopartícula funcionalizada con ácido butilcarboxílico $Fe_3O_4@Si@BCOOH$ (NPM)	Método de precipitación química	FTIR , TEM y EDX.	La nanopartícula presenta una forma esférica con diámetro de 20-80 nm.	Proceso de pretratamiento	95.87 %	Ingle et al. (2019).
Biomasa de primera generación							
Suero de queso	Nanopartículas a base de dióxido de silicio (SiO ₂) (NPS)	Método sol-gel y método de microemulsión	TEM	Tamaño de la partícula: 10-20 nm	Proceso de inmovilización enzimática (enzima β-galactosidasa)	91%	Beniwal et al. (2018).
Gas de síntesis	Nanocatalizadores de óxido de silicio (SiO ₂ -CH ₃) (NPS)	Método poliol y precipitación química	SEM	Tamaño de la nanopartícula: 250 a 300 nm	Proceso de fermentación de gas de síntesis	166.1%	Kim et. al (2014).

Biomasa de tercera generación

Microalga verde (Chlorella vulgaris)	Nanopartículas de plata (Ag) (NPM)	Método sol-gel, método de poliol	UV-Spec, FTIR, TEM and XRD.	Tamaño del cristal: 21 nm, posee estructura esférica. La intensidad de los picos denota un alto grado de cristalinidad de la NPM	Proceso de fermentación y destrucción de la pared celular con la liberación de carbohidratos lipídicos de Chlorella vulgaris	82%	Razack et. al (2016)
Microalga verde Chlorococcum minutum	Nanopartículas de platino- rutenio (Pt-Ru/RGO) soportadas con óxido de grafeno (NPM)	Método de reducción química	TEM	Tamaño de partícula: 4,75 nm. Relación atómica de platino y rutenio de 58:42.		97.59%	Varaprasad et al. (2021).

Tabla 4. Nanocatalizadores funcionalizados usados en la producción de bioetanol.

Materia prima	Nanocatalizador	Síntesis del nanocatalizador	Método de caracterización del nanocatalizador	Características del nanocatalizador.	Proceso en el cual se aplica el nanocatalizador	Rendimiento de producción	Referencia
Granos de maíz	Nanopartículas de óxido de hierro Fe ₃ O ₄ - @C-SO ₃ H (NPM)	Método hidrotermal	SEM, XRD y EDX	Área de superficie: 466.905 m ² . g ⁻¹ . Volumen del poro: 0.191 cm ³ .g ⁻¹ . Acidez: 0.85 mmol. g ⁻¹ . Bajo impacto ambiental y alto nivel de regeneración y reutilización	Proceso de hidrólisis y SHF	62.7%	Rekha, B., & Saravanathamizhan, R. (2021).
Bagazo de caña de azúcar	Nanopartícula funcionalizada con alquilsulfónico Fe ₃ O ₄ @Si@AS (NPM)	Método de precipitación química	FTIR, XRD y TEM, EDX	El análisis de picos arroja la presencia de grupos hidroxilos en la superficie, grupos Fe-O y grupos Si- O-Si y Si-O-H. El nanocatalizador presenta una estructura cristalina cúbica. La nanopartícula presenta una forma esférica con diámetro de 20-80 nm.	Proceso de pretratamiento	95.90 %	Ingle et al. (2019).

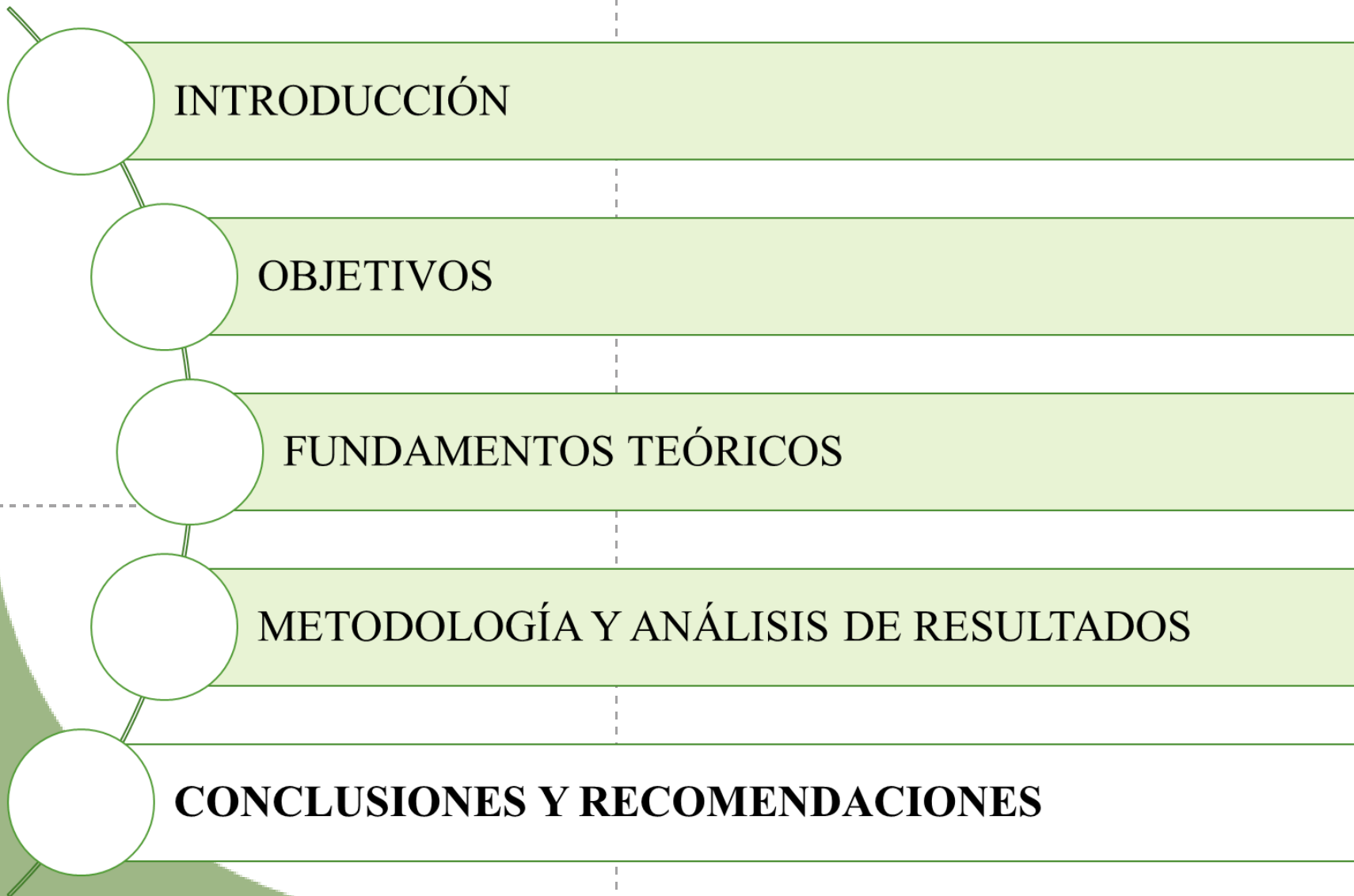


Bagazo de caña de azúcar	Nanopartícula funcionalizada con ácido butilcarboxílico $\text{Fe}_3\text{O}_4@Si@BCOOH$ (NPM)	Método de precipitación química	FTIR , TEM y EDX.	El análisis de picos arroja la presencia de grupos hidroxilos en la superficie, grupos Fe-O y grupos Si- O-Si y Si-O-H. El nanocatalizador presenta una estructura cristalina cúbica.. La nanopartícula presenta una forma esférica con diámetro de 20-80 nm.	Proceso de pretratamiento	95.87 %	Ingle et al. (2019).
Microalga verde Chlorococcum minutum	Nanopartículas de platino-rutenio (Pt-Ru/RGO) soportadas con óxido de grafeno (NPm)	Método de reducción química	TEM	Tamaño de partícula: 4,75 nm. Relación atómica de platino y rutenio de 58:42.		97.59%	Varaprasad et al. (2021).
Gas de síntesis	Nanocatalizador funcionalizado de $(\text{CoFe}_2\text{O}_4@SiO_2-CH_3)$ (NPS)	Método de precipitación y descomposición química.	Uv-Vis, TEM, XRD, FTIR	Tamaño del nanocatalizador: 300 nm. Las áreas superficiales específicas: 368.743 m ² /g.	Proceso de fermentación	126.9%	Kim and Lee (2016)
Gas de síntesis	Nanocatalizadores de óxido de silicio (SiO_2-CH_3) (NPS)	Método poliol y precipitación química	SEM	Tamaño de la nanopartícula: 250 a 300 nm	Proceso de fermentación de gas de síntesis	166.1%	Kim et. al (2014).



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- Entre los cuatros tipos de biomasa para la producción de bioetanol, mencionados en este trabajo de investigación, la biomasa de segunda generación o lignocelulósica tiene mayor aplicación en la industria de biocombustibles, al ser materia prima más abundante, disponible a nivel mundial, no comestible y además presentan tres importantes polímeros como lignina, celulosa y hemicelulosa, importantes para el proceso de fermentación el cual es un proceso crucial para la producción de etanol.
- Las estrategias ascendentes son utilizadas en mayor proporción ya que poseen un mayor control efectivo sobre el tamaño y la geometría. Mientras que los enfoques de arriba hacia abajo son más adecuados para materiales con una conexión macroscópica y un orden de largo alcance. En la síntesis de los nanocatalizadores, el tamaño a nanoescala de las partículas aumenta el área superficial por unidad de volumen, lo que resulta en un aumento de la energía superficial.
- Aunque la aplicación de nanocatalizadores en el campo de la producción de biocombustibles a partir de materias primas renovables y sostenibles ha atraído la atención recientemente, los resultados a escala de laboratorio han demostrado que la nanotecnología tiene potencial de dar nuevas direcciones al sector energético al superar los problemas de los procesos bioconversión el cual , uno de ellos es el empleo de una gran cantidad de tiempo de reacción; por lo cual, en las múltiples investigaciones citados en la tabla 6 se demuestra como los nanocatalizadores son capaces de reducir el tiempo de reacción de entre un rango de 1h hasta 72 h



RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones comparativas de procesos con y sin nanocatalizador se lleven a cabo a las mismas condiciones de operación con el fin de conocer el impacto de los nanomateriales en los procesos de producción de biocombustibles..
- En la investigación realizada se observa un progreso notable en el campo de la nanotecnología en los últimos años y los nanomateriales han presentado inmensas perspectivas para la producción de biocombustibles a través de un procesamiento de biomasa con el fin de lograr una mayor selectividad de producto y rendimiento. Aun así, se asocian una serie de desafíos que deben superarse. En particular, los siguientes temas merecen la atención en el área de investigación:
 - Síntesis de nanocatalizadores más versátiles que se pueden utilizar para una variedad de biomasa procesada.
 - Desarrollo de nanocatalizadores más selectivos para convertir azúcares bioderivados en biocombustibles.
 - Comercialización de estas nanopartículas.



REFERENCIAS

- Alonso-Gómez, L. Alexis, & Bello-Pérez, L. Arturo. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7), 967-990. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000700967&lng=es&tng=es.
- Beniwal, A., Saini, P., Kokkiligadda, A., & Vij, S. (2018). Use of silicon dioxide nanoparticles for β -galactosidase immobilization and modulated ethanol 60 production by co-immobilized *K. marxianus* and *S. cerevisiae* in deproteinized cheese whey. *LWT - Food Science and Technology*, 87(1), 553-561. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.028>
- Christensen, A. D., Kádár, Z., Oleskowicz-Popiel, P., & Thomsen, M. H. (2011). Production of bioethanol from organic whey using *Kluyveromyces marxianus*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(2), 283-289. <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0771-0>
- Huang, H., Long, S., & Singh, V. (2016). Techno-economic analysis of biodiesel and ethanol co-production from lipid-producing sugarcane. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(3), 299-315. <https://doi.org/10.1002/bbb.1640>
- Ingle, A. P., Philippini, R. R., & Silvério da Silva, S. (2019). Pretreatment of sugarcane bagasse using two different acid-functionalized magnetic nanoparticles: A novel approach for high sugar recovery. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.11.146>
- Kim Y.K, Lee H (2016) Use of magnetic nanoparticles to enhance bioethanol production in syngas fermentation. *Bioresource Technology*, 204(1),139– 144. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.001>
- Kim, Y.K., Park, S. E., Lee, H., & Yun, J. Y. (2014). Enhancement of bioethanol production in syngas fermentation with *Clostridium ljungdahlii* using nanoparticles. *Bioresource Technology*, 159(1), 446-450. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.046>
- Li, K., Liu, S., & Liu, X. (2014). An overview of algae bioethanol production. *International Journal of Energy Research*, 38(8), 965-977. <https://doi.org/10.1002/er.3164>
- Luque, L., Oudenhoven, S., Westerhof, R. (2016). Comparison of ethanol production from corn, coals and switchgrass following a pyrolysis-based biorefinery approach. *Biotechnol Biofuels*, 9, 242. <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0661-4>
- Razack A., S., Durairasan, S., & Mani, V. (2016). Biosynthesis of silver nanoparticle and its application in cell wall disruption to release carbohydrate and lipid from *C. vulgaris* for biofuel production. *Biotechnology Reports*, 11(1), 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.07.001>
- Reddy, L. V., Reddy, O. V. S., & Wee, Y. J. (2011). Production of ethanol from mango (*Mangifera indica* L.) peel by *Saccharomyces cerevisiae* CFTRI101. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4183-4189. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2286>
- Rekha, B., & Saravanamathizhan, R. (2021). Preparation and characterization of biomass-based nanocatalyst for hydrolysis and fermentation of catalytic hydrolysate to bioethanol. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01207-w>
- Sayago, U. F. C., & Rodríguez, C. (2018). Design and Construction of a Biohydrogen and Bioethanol Production System from the Biomass of the *Eichhornia Crassipes*. Preprints 2018. <https://www.preprints.org/manuscript/201805.0393/v1>
- Varaprasad, D., Raghavendra, P., Sudha, N. R., Sarma, L. S., Parveen, S. N., Chandana, P. S., Chandrasekhar, T. (2021). Bioethanol Production from Green Alga *Chlorococcum minutum* through Reduced Graphene Oxide Supported Platinum-Ruthenium (Pt-Ru/RGO) Nanoparticles. *BioEnergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10282-4>
- Zamora-Hernández, T., Prado-Fuentes, A., Capataz-Tafur, J., Barrera-Figueroa, B. E., & Peña-Castro, J. M. (2014). Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. *Educación Química*, 25(2), 122- 127. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(14\)70534-8](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70534-8)



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Gracias

Xié Barka
Dankon Maraba
Maketai Bedankt Thanks
Dannaba Mwebare Tānan
Emitekati Tesekkūr
jai Dakujem Trugarez
Syaabaas Gyalailaa Thai
Merci Hvala magah Dyakooyu Kili
maluhlap Mahalo
Ngiyabonga
Tack leibh qùì pai
Murakoze Kaigai
Matóno Tsin'aen
Merçi Takk
Yuspagara
Ngeyabonga Matu
Dyuspagrasunki
Shterakravetsun
Tashakkur Bulgaro
Rakhmat Go
Gmadlob Obrigado
suksama
Eskerrik
asko
Kiitos mamexes
blu Puno
Dèkuji Ha'evere Uzbezo
todà Ah hvala Ashi
Gratias Netjer
Rahmet Danke
Dios raibh

teru Kulo ederim
dimò Kommol Shokrán
Dekoju Ka Khawp Arigato
Fa'afetai gràcies agaibh Sag
Multumesc Spaisiva ek
Marahaba Aalghistapcham
Néá'eshe Cám dziekujé
Tak Blagodaram
Xie Evgaristó
Gunasakulila
Webale Tapaiddh
Imela Khrap
maith Dziaujuju
Doh Blagodarya
òñ Faleminderit
Shukuruyyaa

olun rhât Paldies
Moltes Grazias
Grazzie Ntyox
Tānan Mantiox
Murakoze