



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE PETROQUÍMICA

Tema: “Descripción de los procesos existentes de la degradación de polímeros más utilizados, como también la biomasa disponible en el Ecuador”

Autora: Mármol Carlosama, Julissa Marcela

Tutor: Ing. Sayavedra Delgado, Jonathan Javier. Msc

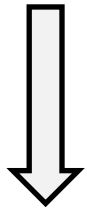
Latacunga, 2022



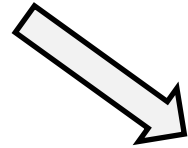
1	• INTRODUCCIÓN
2	• OBJETIVOS
3	• METODOLOGÍA
4	• RESULTADOS
5	• CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Consumo mundial de polímeros más de 330 millones de ton/año.



Según Portilla-Jiménez, (2022), Ecuador importa cerca de 373 776 ton/año de productos a base de plásticos



Técnicas de reciclaje 9%



Incineración 19%



Vertederos 50%



No recogido 22%



Según Posso et al., (2020) Ecuador genera cerca de 19 258 952 ton/año



Biomasa



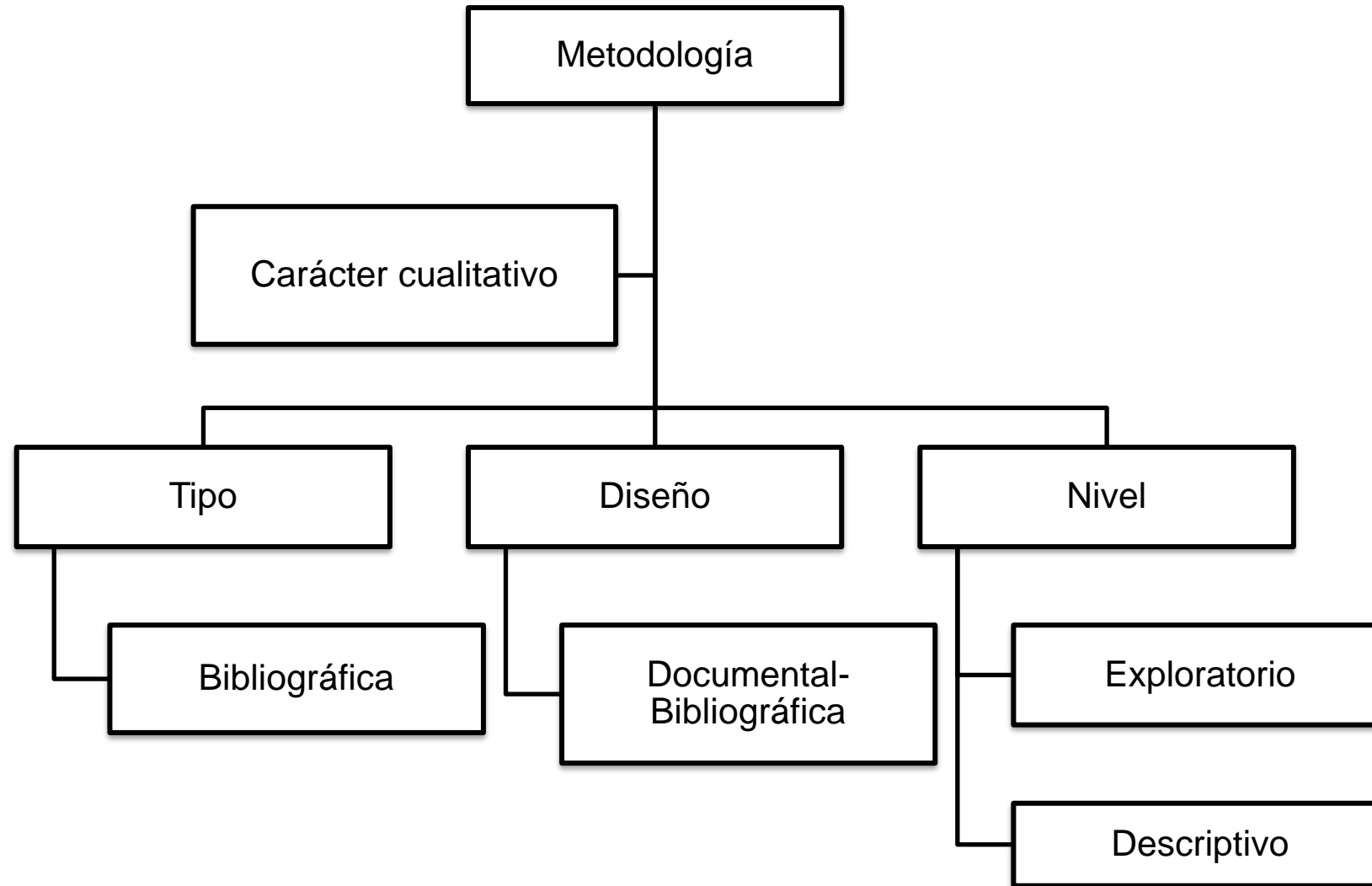
Describir los procesos existentes de la degradación de polímeros más utilizados, como también la biomasa disponible en el Ecuador

Realizar una revisión bibliográfica de los procesos más utilizados de disposición final de los residuos plásticos, enfocados en la química verde.

Investigar los polímeros más utilizados en el Ecuador, para ver las cantidades de residuos plásticos que se generan.

Identificar la disponibilidad de biomasa dentro del país y efectuar una investigación sobre análisis proximales realizados a los residuos seleccionados, para una comparación de estos.

Definir un proceso óptimo de tratamiento de los residuos poliméricos junto a la biomasa disponible en el país, para la producción de productos de valor agregado.



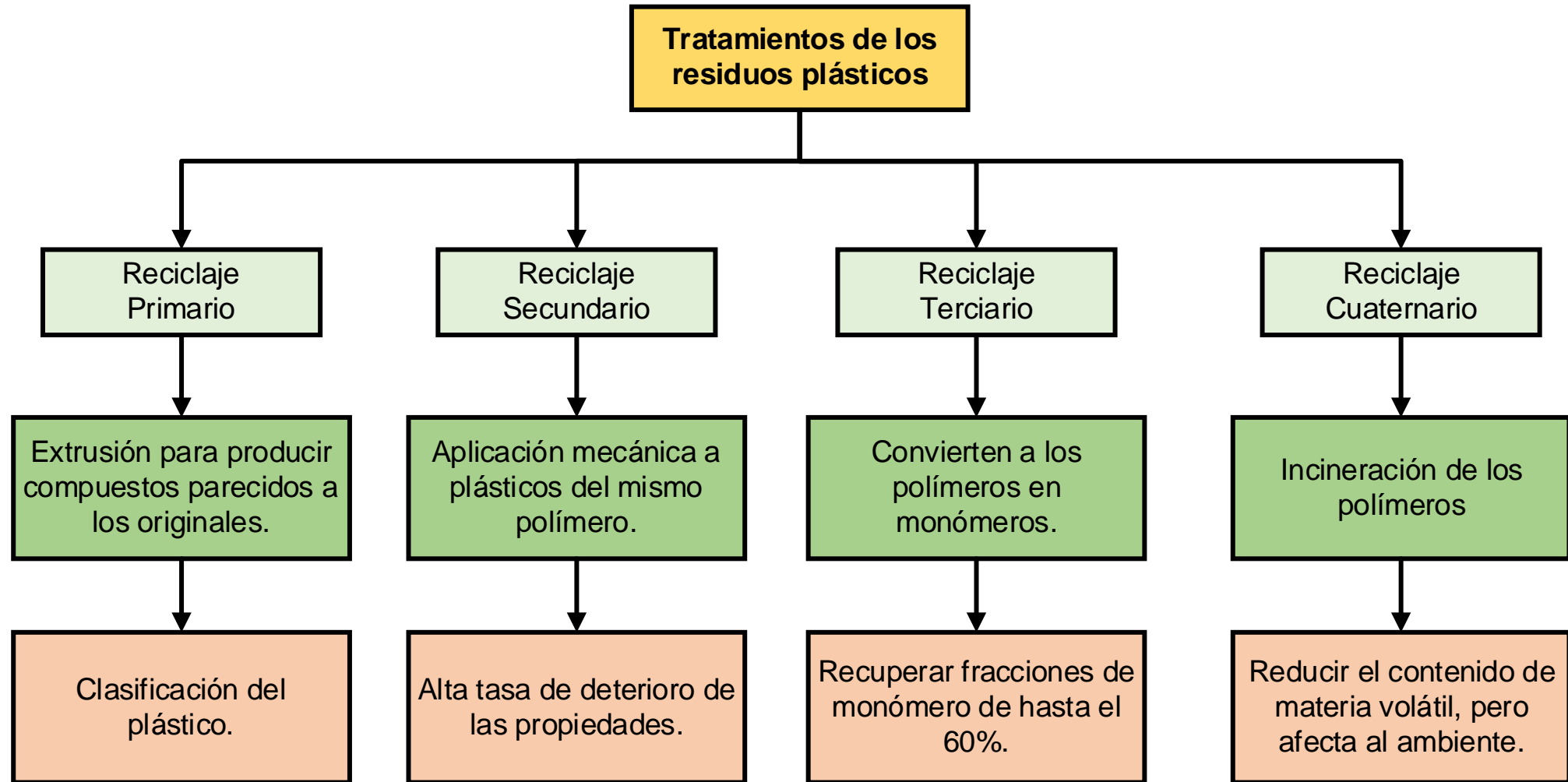
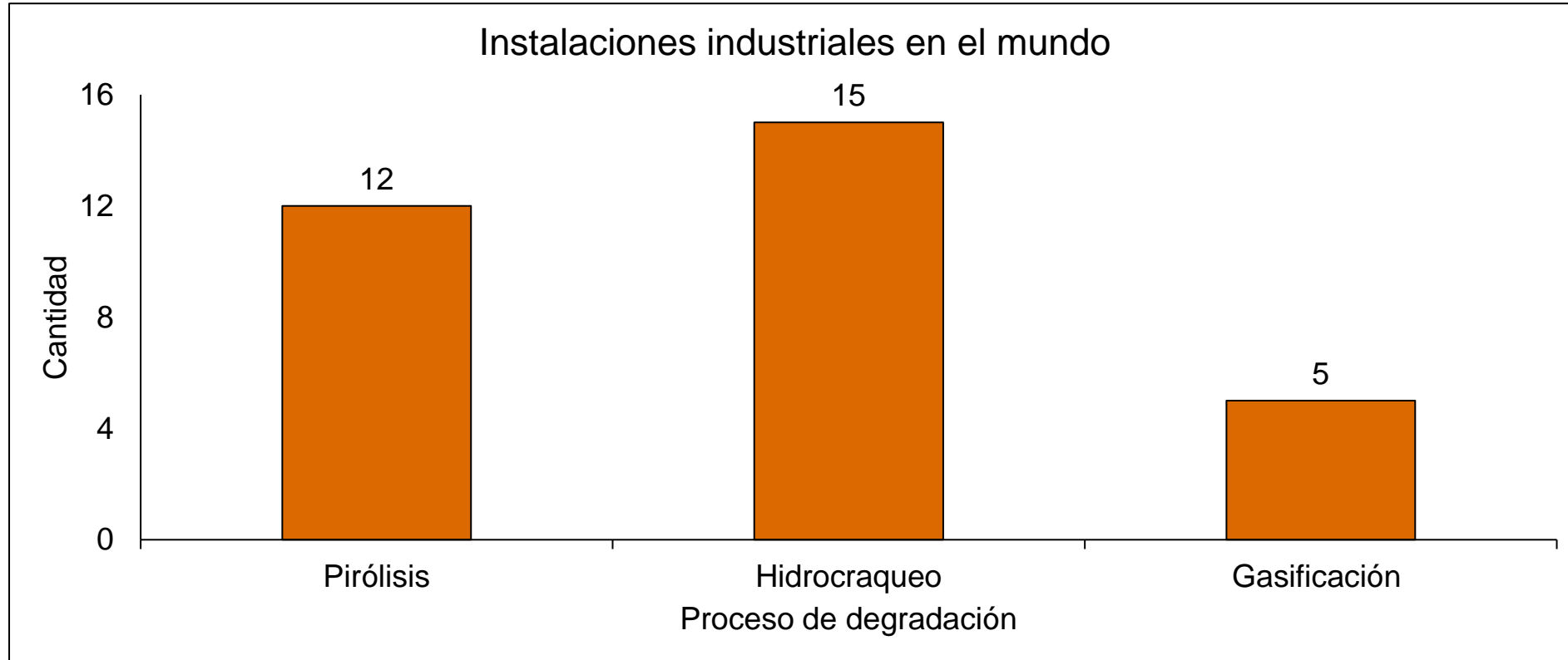


Figura 1.
Instalaciones industriales de degradación de los plásticos



Nota. Reproducida con base a la información de *Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL assessment*, por Solis & Silveira, 2020.



Tabla 1.
Descripción de los procesos de degradación de los polímeros

Proceso	Descripción	Condiciones	Factores	Productos	# de documentos en 15 años: Scopus - Web of Science
Pirólisis	El polímero se convierte en moléculas más pequeñas por medio de degradación térmica. Permite tratar residuos que provienen de hidrocarburos y producir combustibles.	T= 300 a 900 °C Tiempo de retención = 3 a 1500 s	Temperatura Tiempo de retención Tipo de reactor Catalizadores	Hidrocarburos del rango del diésel, gasolina Gas combustible	686-480
Gasificación	Convertir a los polímeros en gas de síntesis. No ha sido aplicado universalmente, porque sus rendimientos de producción de gas son bajos.	T= 1200 a 1500 °C	Temperatura Cantidad de oxígeno Equipos de alta calidad	CO ₂ , CO H ₂ , CH ₄ Hidrocarburos ligeros	147-80



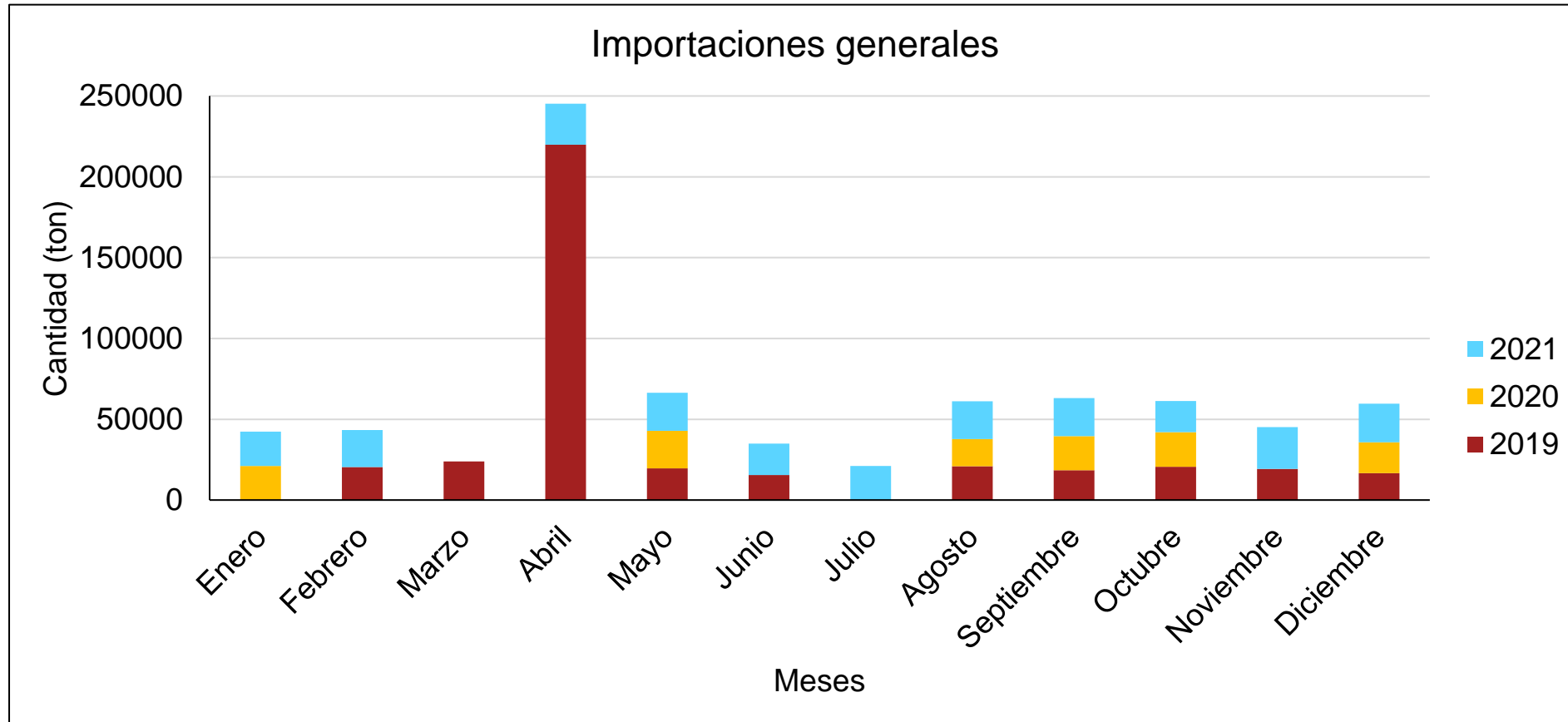
Proceso	Descripción	Condiciones	Factores	Productos	# de documentos en 15 años: Scopus - Web of Science
Hidrocraqueo	Ruptura de los polímeros en moléculas pequeñas por la adición de H ₂ .	Alta Presión T= 350 a 400 °C	Catalizadores	Gasolina Queroseno	32-20
Hidrólisis	Despolimerizar al polímero en presencia de una solución acuosa. Recuperar las materias primas del polímero al hacer reaccionar a este con el agua.	T= 200 a 300 °C Altas presiones	Presión Temperatura Catalizadores	Monómero Reactivos iniciales	152-117

Nota. Adaptada de “Thermochemical Treatment of Plastic Solid Waste”, por Lettieri & Al-Salem, 2011; “Current technologies for plastic waste treatment: A review”, por Zhang et al., 2021.



Figura 2.

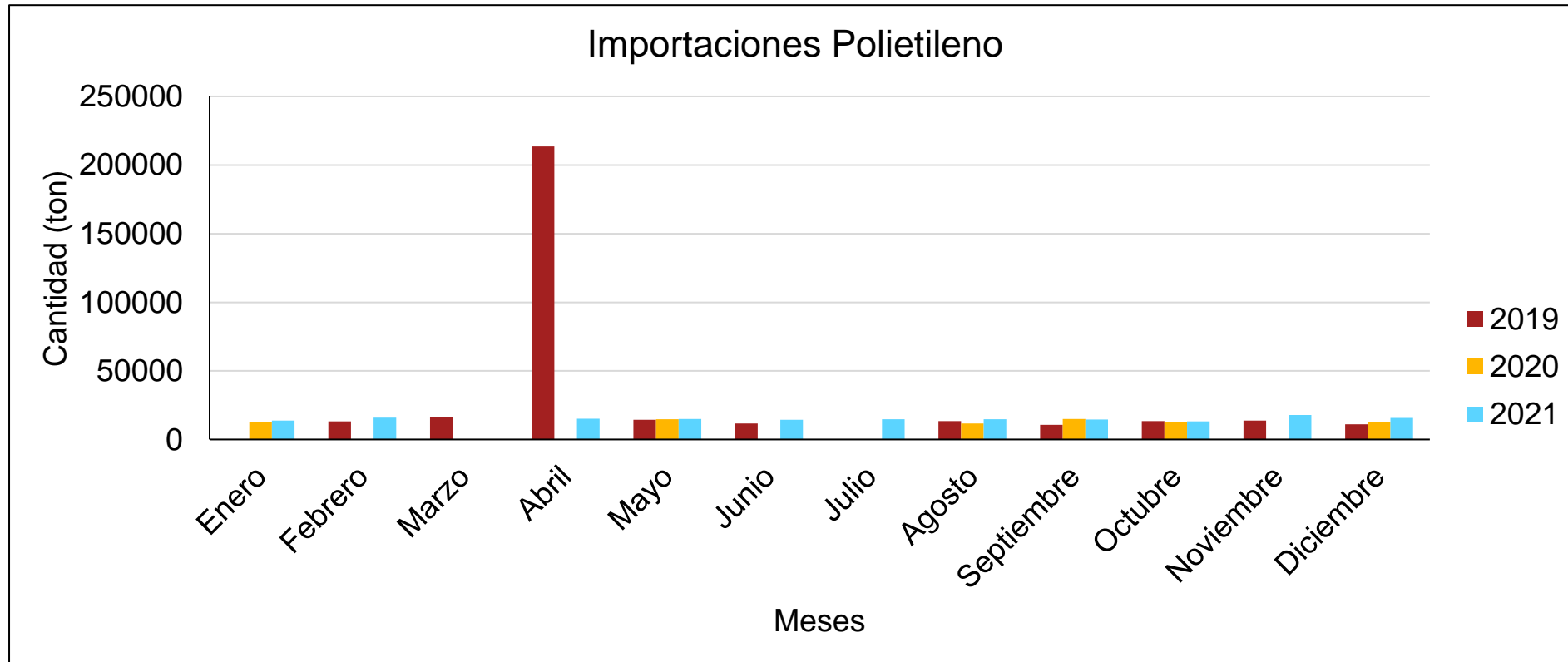
Importaciones de los principales polímeros utilizados en el Ecuador



Nota. Reproducida con base a los datos extraídos de SENA E, 2022



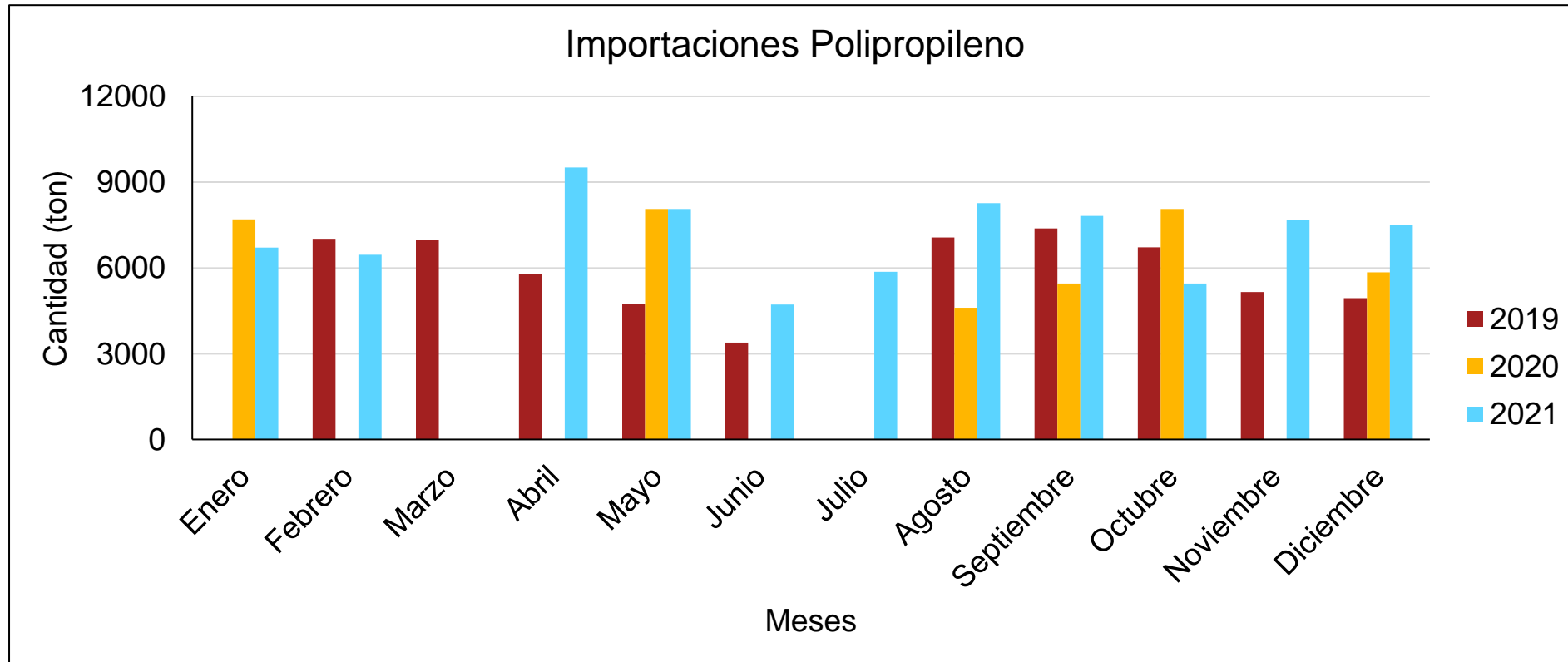
Figura 3.
Importaciones de PE



Nota. Reproducida con base a los datos extraídos de SENA E, 2022



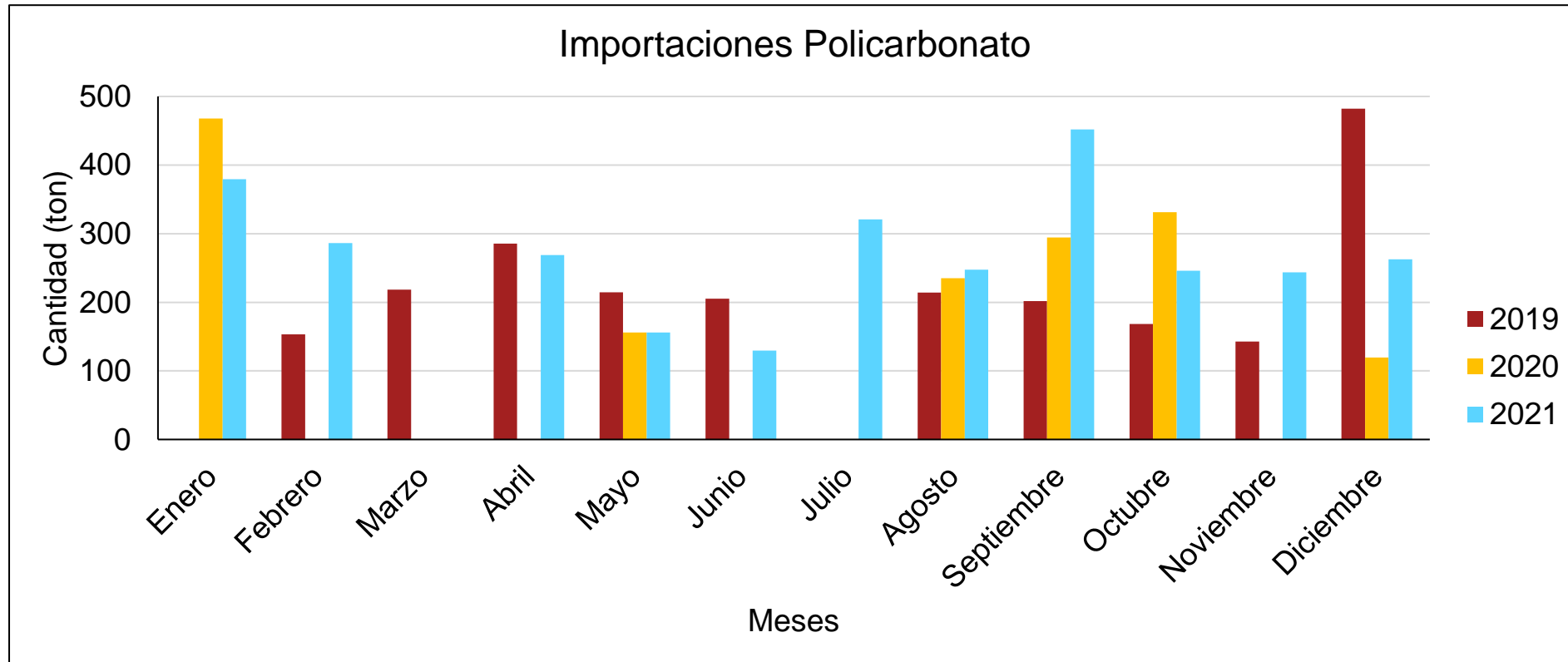
Figura 4.
Importaciones de PP



Nota. Reproducida con base a los datos extraídos de SENA E, 2022



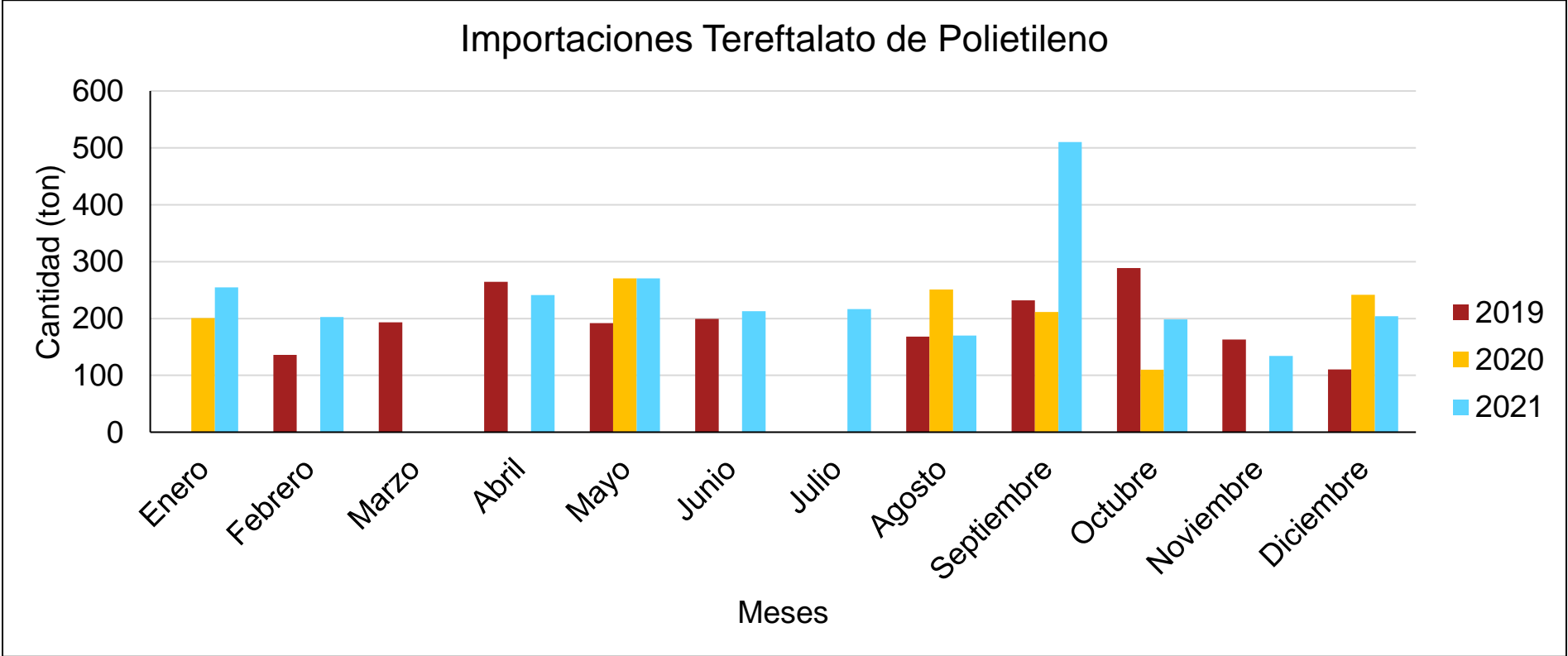
Figura 5.
Importaciones de PC



Nota. Reproducida con base a los datos extraídos de SENA E, 2022



Figura 6.
Importaciones de PET



Nota. Reproducida con base a los datos extraídos de SENA E, 2022

Tabla 2.
Disponibilidad de biomasa en el Ecuador

Producto	Disponibilidad
	Cantidad de residuos (ton/año)
Palma africana	6 841 709,35
Banano	4 891 143,61
Arroz	2 101 948,94
Cacao	2 014 727,89
Caña de azúcar	784 721,26
TOTAL	16 634 251,06

Nota. Adaptada de “Atlas Bioenergético de Ecuador”, por ESIN Consultora S.A., 2014.

Tabla 3.
Disponibilidad de biomasa por provincia

Provincia	Disponibilidad
	Cantidad de residuos (ton/año)
Esmeraldas	4 259 399,32
Los Ríos	4 247 644,58
Guayas	3 891 128,69
El Oro	1 560 533,98
Pichincha	791 272,01
TOTAL	14 749 978,59

Nota. Adaptada de “Atlas Bioenergético de Ecuador”, por ESIN Consultora S.A., 2014.

Tabla 4.

Comparación de producción absoluta de productos que aportan a la biomasa

Producto	Producción (ton/año)		
	2014 ^a	2019 ^b	2020 ^b
Cacao	162 724,77	283 000,70	320 000,00
Banano	7 410 823,66	6 583 500,00	6 023 390,00
Palma africana	2 670 143,76	2 275 950,00	2 446 310,00
Caña de azúcar	4 904 507,87	9 257 700,00	11 016 170,00
Arroz	1 564 241,07	1 099 700,00	1 336 500,00
TOTAL	16 712 441,13	19 499 850,70	21 142 370,00

Nota. Adaptada de ^a “Atlas Bioenergético de Ecuador”, por ESIN Consultora S.A., 2014; ^b “Biblioteca – Corporación Financiera Nacional”, por CFN, 2022.



Tabla 5.
Comparación de propiedades de los tipos de biomasa

Producto	Celulosa (%m)	Hemicelulosa (%m)	Lignina (%m)	Referencias
Palma africana	34,40 ± 3,9	22,80 ± 6,8	22,0 ± 4,7	(Magalhães et al., 2019)
	32,22 ± 1,54	31,62 ± 0,46	23,89 ± 1,12	(Chieng et al., 2017)
Banano	33,8 ± 7,8	20,40 ± 8,6	18,30 ± 5,2	(Magalhães et al., 2019)
	20,1 ± 1,31	9,6 ± 0,53	10,1 ± 0,97	(Guerrero et al., 2017)
Arroz	29,1 ± 0,8	16,3 ± 1,0	24,2 ± 0,1	(Wang et al., 2018)
	34,9 ± 3,6	22,1 ± 5,2	17,6 ± 5,6	(Magalhães et al., 2019)
Cacao	33,02 ± 2,2	37,0 ± 0,1	23,75 ± 2,5	(Meza-Sepúlveda et al., 2021)
	23,80 ± 0,3	8,20 ± 0,1	33,40 ± 0,2	(Susanti et al., 2020)
Caña de azúcar	35,3 ± 2,8	27,5 ± 4,5	19,0 ± 3,2	(Magalhães et al., 2019)
	58,76 ± 0,28	17,67 ± 0,21	12,74 ± 0,30	(Ponce et al., 2021)

Tabla 6.

Comparación de análisis proximal de diferentes estudios de la caña de azúcar

Caña de azúcar	(Quoc et al., 2019)	(Santos et al., 2019)	(Bot et al., 2021)
Humedad (%)	13,17	6,7	5,97
Materia volátil (%)	76,03	70,43	63,54
Cenizas (%)	1,36	7,9	11,511
Carbón fijo (%)	9,43	21,67	18,98
Poder calorífico (MJ/kg)	----	19,067	25,938



Tabla 7.

Comparación de productos de diferentes estudios de copirólisis del PE

Alimentación	Líquido (%)	Gas (%)	Sólido (%)	Contenido de agua (%)	Referencia
Cedro/LDPE					
T=600 °C	64,08	7,98	12,01	15,94	(Yang et al., 2016)
Pino/LDPE					
T=550 °C	7,6	76,1	11,8	4,5	(Rahman et al., 2021)
Catalizador ZSM-5					
Piña/PE					
T=500°C	45,0	16,5	19,6	18,9	(Brebú et al., 2010)



- De acuerdo con la revisión bibliográfica de los procesos de degradación de los polímeros enfocados en la química verde, **la pirólisis es el mejor o más apto para la producción de combustibles líquidos a comparación de los gaseosos que se obtiene de la gasificación.** Para alcanzar la minimización de la acumulación de residuos plásticos que se generan en el Ecuador.
- Al realizar el resumen de las importaciones de los principales polímeros que se importa al Ecuador de acuerdo a los datos proporcionados por el SENA, **el PE es el polímero de mayor importación, seguido del PP, el PC y por último el PET, asimismo se compara sus importaciones entre los años 2019, 2020 y 2021,** donde se evidencia que en el año 2019 las importaciones han sido elevadas; por otro lado, **en el 2020 las importaciones son bajas a causas de la pandemia del COVID-19;** mientras que, en el 2021 las importaciones han incrementado y se mantienen los valores casi constantes.
- En cuanto a la disponibilidad de la biomasa en el Ecuador **la mayor cantidad de residuos que se genera en el país proviene de la biomasa de la segunda generación,** entre estos se destaca la palma africana, el banano, arroz, cacao y por último la caña de azúcar; de igual modo se ha expuesto **las provincias que generan residuos de manera significativa, en este caso se tiene a Esmeraldas.**

- Por otra parte, al realizar la comparación en la caracterización de la biomasa, **la caña de azúcar posee mayor porcentaje masa de celulosa**, el cacao presenta mayor cantidad de hemicelulosa y lignina, **cabe mencionar que los cinco productos expuestos muestran un alto porcentaje masa de celulosa siendo esta un ventaja**, debido a que el residuos **va a volatilizarse con facilidad en el proceso de pirólisis** y asimismo se evitará la generación de altas cantidades de carbón o residuos sólidos. También se ha realizado la comparación de análisis proximal para de investigaciones, para la palma africana, banano, arroz, cacao y caña de azúcar, y **se ha evidenciado que la caña de azúcar presenta mayor contenido de materia volátil.**
- Con el propósito de cumplir con los principios de la química verde **a futuro se puede sustituir los productos obtenidos de la refinación del petróleo, al aplicar la biorrefinería y dentro de esto se encuentra los procesos de degradación**, y de acuerdo a las investigaciones reportadas se utiliza la copirólisis de los residuos plásticos y la biomasa que contribuyen de manera energética al producir gases y líquidos combustibles.



- Se sugiere que en futuras investigaciones se realice simulaciones de la copirólisis para evidenciar si el proceso es factible en la generación de productos de valor agregado y amigables con el medio ambiente.
- Se propone actualizar la información en cuanto a los residuos orgánicos que aportan en la biomasa del Ecuador, la última información se ha reportado en el año 2014.
- Se plantea buscar información más detallada con respecto a los tipos de combustibles que se puede producir y sus cantidades a partir de la copirólisis de la biomasa y los residuos poliméricos.





MUCHAS GRACIAS

