



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión Sistemática: Reutilización de desechos plásticos y fibra vegetal para la elaboración de madera plástica, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Burga Rojas, Thalia Analí (ORCID: 0000-0002-1762-9070)

Rosales Rojas, Wendy Adela (ORCID: 0000-0002-5791-8037)

ASESOR:

Dr. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por ser mi fortaleza, mi ayuda, mi guía, por permitirme llegar a culminar mis estudios con mucho éxito. A mis padres Guillermo Jaime Burga Saavedra y Ivonne Esmeralda Rojas Agip, por su apoyo incondicional, emocional, económico de trabajo y sacrificio hemos logrado llegar a cumplir esta meta.

Thalia Analí

A mi hijo, Adrian Jhosep Callao Rosales, por ser unos de los mejores motivos para crecer personal y profesionalmente, por su amor y apoyo, por su entendimiento a tener a mami lejos de él, a lo largo de estos años de estudios universitarios y a mis padres Genaro Rosales Jara, María Asteria Rojas Gálvez porque los sueños se logran, gracias a ello ha sido posible la culminación de este trabajo de investigación.

Wendy Adela

Agradecimiento

Expreso mi gratitud y afectuoso reconocimiento a mis padres, a mis hermanos Derlin Marilyn, Guillermo Jean Franco y mis abuelos Santos Agip Esquives, Pedro Rojas Delgado por siempre estar conmigo y confiar en mí, y a mis docentes por su ayuda y contribución en el desarrollo y formación de mi vida profesional.

Thalia Analí

Agradezco a mis padres Genaro Rosales, Asteria Rojas y hermanos Mónica Rosales, Miller Rosales por su apoyo incondicional, emocional y económico y ser ejemplo de sacrificio y responsabilidad y a todos mis docentes que compartieron sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de nuestra profesión.

Wendy Adela

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	16
3.3. Escenario de estudio	17
3.4. Participantes.....	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
3.6. Procedimientos.....	22
3.7. Rigor Científico	25
3.8. Método de análisis de información	26
3.9. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS.....	48

Índice de tablas

<i>Tabla 1.</i> Antecedentes de madera plástica	13
<i>Tabla 2.</i> Variables y operacionalización	16
<i>Tabla 3.</i> Instrumento de ficha de recolección de datos	19
<i>Tabla 4.</i> Resumen de criterios de búsqueda	23
<i>Tabla 5.</i> Métodos utilizados para la elaboración de madera plástica	27
<i>Tabla 6.</i> Porcentaje de polímero y fibra.....	31
<i>Tabla 7.</i> Propiedades físicas	36
<i>Tabla 8.</i> Propiedades físicas y mecánicas	39

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Estructura de polietileno.....	8
<i>Figura 2.</i> Estructura de polipropileno.....	8
<i>Figura 3.</i> Estructura de cloruro de polivinilo	9
<i>Figura 4.</i> Flujograma del procedimiento de revisión sistemática	24
<i>Figura 5.</i> Representación gráfica del método más utilizado en la elaboración de madera plástica.....	29
<i>Figura 6.</i> Porcentaje de polímero y fibra más usado	34
<i>Figura 7.</i> Tipos de plásticos.....	35
<i>Figura 8.</i> Fibra vegetal	37

Índice de abreviaturas

RCA	: Residuo de corteza de arroz
RBC	: Residuo de bagazo de caña de azúcar
RHB	: Residuo de hoja de bambú
PP	: Polipropileno
PEAD o HDPE	: Polietileno de alta densidad
PB	: Polvo de bambú
WPC	: Materiales compuestos de madera y plástico
PVC	: Cloruro de polivinilo
PE	: Polietileno
RT	: Resistencia a la tensión
DV	: Densidad volumétrica
FRP	: Polímero reforzado con fibra
LDPE o PEBD	: Polietileno de baja densidad
PET	: Tereftalato de polietileno
PS	: Poliestireno

Resumen

El presente trabajo tuvo como problema de investigación ¿Cuáles son los métodos utilizados en la reutilización de desechos plásticos y fibra vegetal para la elaboración de madera plástica?; y tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática para identificar los métodos aplicados en producción de madera plástica a través del aprovechamiento de desechos plásticos y fibra vegetal, mediante el diseño narrativo de tópicos basados en la identificación, selección y análisis. Como resultado se identificó que el método más utilizado es extrusión, considerando las ventajas de homogeneidad de masa fundida y la relativa facilidad del control de temperatura de la masa, las propiedades físicas y mecánicas más sobresalientes de madera plástica son: su alta dureza, resistencia a la compresión, anticorrosivo, resistente a bajas y altas temperaturas, piroresistente, impermeable, termoacústico, entre otros. Los porcentajes que mejor resultado presentan fueron las de 80% de polímero y 20% de fibra vegetal, debido a su mayor dureza y mejor manipulación las cuales necesitan un aproximado de 65 minutos en el horno y a una temperatura de 65°C – 75°C. Se recomienda realizar investigaciones de madera plástica para ser empleados en el sector de alimentos para determinar si son aceptables y no tóxicos que afecten a la salud.

Palabras clave: Madera plástica, fibra vegetal, polímero.

Abstract

The present work had as a research problem: What are the methods used in the reuse of plastic waste and vegetable fiber for the production of plastic wood? The objective was to carry out a systematic review to identify the methods applied in the production of plastic wood through the use of plastic waste and vegetable fiber, through the narrative design of a topic based on the identification, selection and analysis. As a result, it was identified that the most used method is extrusion, considering the advantages of melt homogeneity and the relative ease of temperature control of the mass, the most outstanding physical and mechanical properties of plastic wood are: its high hardness, resistance to compression, anticorrosive, resistant to low and high temperatures, fire retardant, waterproof, thermo-acoustic, among others. The percentages that presented the best results were those of 80% polymer and 20% vegetable fiber, due to their greater hardness and better handling, which require approximately 65 minutes in the oven and at a temperature of 65 ° C - 75 ° C. Investigations of wood plastic for use in the food industry to determine if they are acceptable and non-toxic to health.

Keywords: Plastic wood, vegetable fiber, polymer.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los más grandes problemas que amenazan nuestro planeta es la contaminación ambiental, la cual está directamente relacionado con el crecimiento poblacional que a su vez genera más necesidades y la satisfacción de estas necesidades en efecto genera mayor cantidad de residuos los cuales no son tratados adecuadamente, especialmente los plásticos cuya generación es elevada en relación a los materiales inorgánicos que se emplea día a día, además que debido a su bajo costo son accesibles a todos los estratos sociales de tal modo esta situación se agrava al no existir una política funcional para la valorización efectiva de los residuos tanto inorgánicos y orgánicos, siendo dispuestos en los botaderos lo que da lugar a una situación crítica (MINAM, 2016).

Córdoba et al. (2010) señala que los tratamientos utilizados para el indicio de los residuos sólidos, como la quema y el enterramiento en vertederos, generan subproductos tóxicos. Los residuos orgánicos se degradan entre 10 y 15 años, en un 25% a 50% de estos materiales plásticos que no son biodegradables, generando problemas de manejo supremamente complicados. Todo lo mencionado, es incorporado a consideraciones económicas siendo el reciclaje de plástico sea una solución que cobra cada vez mayor fuerza.

A través de la presente investigación propone buscar el interés social, ecológico y económico de una alternativa viable mediante una revisión sistemática para la elaboración de madera plástica reutilizando desechos plásticos y fibra vegetal, dando un valor agregado a estos residuos, ayudando al mejoramiento socio económico de las familias que pudieran involucrarse en la fabricación y como usuarios de este nuevo producto. Así mismo con el desarrollo de esta investigación de literatura científica nos permitirá dar a conocer el método más factible para la producción de un nuevo material a partir de estos desechos plásticos y de fibras vegetales teniendo así una madera plástica que permita reducir los volúmenes de residuos que actualmente se vierten en los botaderos.

De acuerdo al contexto se determinó el problema general de la investigación que hace referencia a ¿Cuáles son los métodos utilizados en la reutilización de desechos plásticos y fibra vegetal para la elaboración de madera plástica?; a continuación, se describe los siguientes problemas específicos:

- PE1: ¿Qué métodos son más utilizados en la elaboración de madera plástica?
- PE2: ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica?

El objetivo general fue realizar una revisión sistemática para identificar los métodos aplicados en la producción de madera plástica a través del aprovechamiento de desechos plásticos y fibra vegetal. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- OE1: Identificar los métodos más utilizados en la elaboración de madera plástica.
- OE2: Describir las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica de desechos plásticos y fibra vegetal.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel mundial los gobiernos están tomando medidas para mitigar el impacto ambiental de la contaminación manufacturera y residencial que constituyen el 27% del consumo de fuente de energía y el 17% de las emisiones de CO² al ambiente (Nejat et al., 2015).

La producción de plásticos a nivel mundial ha tenido una tendencia creciente afines de los 50. En el 2002-2013 se incrementó un 50% la producción de plástico, con un aproximado de 204 millones de toneladas en el año 2002 y 299 millones de toneladas en el año 2013. Se prevé que a partir del año 2020 se llegara a 500 millones de toneladas anuales aproximadamente. (Greenpeace, 2016).

La extracción de madera de los bosques, conlleva a la emanación de gases anuales en un 12% y 17%, que en consecuencia provoca un aumento del efecto invernadero. Por otro lado, los desechos plásticos son reciclados tan solo un 9%, el 12% son incinerados. Los residuos no aprovechables terminan en vertederos, en canalizaciones que terminan en océanos; dando lugar a un proceso de descomposición muy prolongada. Este tipo de procedimiento provoca la contaminación de suelos, contaminación del agua, estancamiento de aguas residuales, reduciendo su ciclo finito de vida de los seres vivos (Silva, 2017).

En la actualidad se considera que China es el estado central fabricante de plástico; de los continentes como Europa, Norte América y Asia. En Europa la demanda de este producto es más de dos tercios que se concentran en 5 países como Alemania con 24,9%, seguido por Italia con 14,3%, Francia con 9,6%, Reino Unido con 7,7%, y por último España con 7,4% (Greenpeace, 2016).

En la revista The Guardian, publicó que en el año 2016 se llegó a vender más de 480,000 millones de botellas plásticas a nivel mundial, frente a los 300,000 millones que se vendieron en los últimos 10 años. Para el año 2021, tendrá un alto índice hasta los 583,000 millones de acuerdo con las estimaciones más actualizadas según el informe universal de la tendencia de recipientes de Euromonitor International (Laville et al., 2017).

Es así que Perú, actualmente ocupa el lugar número 10 en el mundo, por tener áreas de mayor densidad forestal, teniendo un aproximado de 260,000 millas cuadradas equivalente a 673,709 Km², estas están cubiertas por bosques (Schwartz, 2015).

Según Cruz et al. (2017), la deforestación en Perú es preocupante por la excesiva tala indiscriminada de los bosques que son causadas por la minería ilegal e informal, la construcción de vías, tala ilegal entre otros. Que, en consecuencia, se talan 2,849 Km² anualmente lo que representa el 80% de esta actividad.

La selva amazónica representa aproximadamente la mitad de todas las selvas tropicales que existen en el planeta. Desempeña una función fundamental en la estabilidad del ambiente, su afectación repercute en el clima, en el ciclo hidrobiológico, en el ciclo de carbono y en circulaciones atmosféricas. Por otro lado, los bosques cumplen la tarea de mitigar los efectos del cambio climático, el cual se encuentra cerca del 47% que presenta un alto riesgo de deforestación y degradación para el año 2030. Este acontecimiento viene siendo ocasionado por el crecimiento económico que conlleva a la degradación de los bosques, teniendo como resultado la emanación de gases de efecto invernadero (Rojas et al., 2019).

Un plástico fortalecido con fibra natural es un material combinado, constituido por una matriz de plástico y fibras naturales de elevada consistencia (Lucana, 2008).

Las fibras naturales se han convertido en una opción como material de sostén o relleno para materiales de matrices plásticas. El manejo de las fibras naturales posee un progresivo logro por parte de los investigadores, esto se debe al aumento en las propiedades mecánicas que le provee la celulosa; que procede como sostén con altos módulos de elasticidad y fuerza mecánica, dando inicio a un nuevo material compuesto que cuenta con propiedades similares al plástico y madera, como son los materiales WPC (Wood Plastic Composites) (Vicuña, 2016).

Según Maraveas (2020), diversos tipos de residuos agrícolas como la corteza de arroz (RCA), residuo de bagazo de caña de azúcar (RBCA) y el residuo de la hoja de bambú (RHB), entre otros, se han identificado como soluciones potentes en el desarrollo de materiales de construcción sostenible. Así mismo, Asocaña (2016),

precisa que el residuo orgánico proveniente del proceso de azúcar representa el 30% de la caña molida, siendo aprovechable para la elaboración de tableros aglomerados, papel y cartón. En tal sentido, cabe destacar que para Antolin y Oliva (2015), el bagazo es una biomasa lignocelulósica y su composición es celulosa del 25% - 45%, es hemicelulosa del 25% - 50% y por último de lignina del 10% - 30%.

Se denominan fibras vegetales a un extenso nivel de materiales fibrosos, situados en diferentes partes de las plantas como fibras del tallo de cáñamo, hojas de sisal y semillas de algodón. La magnitud de cada fibra tiene diferentes variaciones según la contextura de la planta, éstas pueden tomar un modo alargado con alta correlación de longitud/diámetro. En la actualidad se conoce las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las fibras estudiadas por empresas madereras, siendo materia prima de las industrias de papelería, por tal motivo muchas de las referencias y teorías aplicadas están basadas en modelos de fibras (Masías, 2008).

Córdoba (2019), señala que los materiales lignocelulósicos (aserrín de madera y fibra de coco) tienden a acumular mayor contenido de humedad que los materiales termoplásticos (PP y PEAD), por tal razón se hace necesario que previo a su aplicación en formulaciones para la producción de compuestos de madera plástica, se realicen acciones para disminuir el exceso de humedad con un valor recomendado hasta el 5%.

Según Tuárez y Correa (2019), señala que las fibras se pueden presentar de forma continua (alineadas) y discontinuas (cortas). Estas son obtenidas a partir de diferentes partes de la planta; de las semillas o fibras de hojas y tallos del bambú y nanoarcillas, mantienen el porcentaje correcto en peso; cabe mencionar que los refuerzos lignocelulósicos están constituidos por celulosa, lignina y hemicelulosa, variando según las diferentes especies vegetales (Dávila et al., 2011). Así mismo, Campaña y Guerrero (2018), consideran que el bambú es sustituible en corto periodo, teniendo buenas cualidades estructurales y altos recursos en diferentes zonas geográficas del Ecuador, siendo el polvo de bambú (PB) un refuerzo para el procesamiento de madera plástica obtenido del residuo de los aserraderos.

Córdoba et al. (2010), señala que la fibra ciertamente no ha sido utilizada como refuerzo de polímeros y menos en productos reciclados; a excepción de algunos estudios que indican que esta fibra tiene efectos favorables en la elaboración de madera plástica y productos similares. Por esta razón, se retomó unir a los polímeros obtenidos de material plástico reciclable. En términos generales, se denomina un material compuesto conformado por fibras rectas y largas situadas en el interno de una matriz, que mantienen unidas y distribuyen los refuerzos. Las fibras se localizan en capas o placas superpuestas en el curso del grosor, consiguiendo su contextura que se denominan laminado; estas sostienen la mayor cantidad de carga, mientras que la matriz resiste al impacto y flacidez.

La matriz o soporte puede ser metálica, polimérica o cerámica, las características de los materiales compuestos radican fundamentalmente en el mejoramiento de las propiedades mecánicas como la alta dureza específica, buena solidez dimensional, tolerancia al aumento de temperatura y resistencia al desgaste.

Los países con superior productividad de materiales compuestos como madera plástica para el año 2016 fueron E.E.U.U con 1,1 millones de Toneladas/año, China con 900 mil Toneladas/año y el continente europeo con 260 mil Toneladas/año. Los materiales compuestos en el sector industrial incrementan anualmente en países desarrollados con cifras representativas en los E.E.U.U con 18% y el continente europeo con 14% de producción de madera plástica (Teuber et al., 2016). Según Lasso (2018), manifiesta que a nivel de Latinoamérica se vienen implementando una serie de normas para frenar el uso de productos contaminantes como el plástico, creando políticas que promueven una economía favorable, reduciendo el uso de plásticos simples y promoviendo el uso de plásticos biodegradables.

Para Aguirre (2015), los desechos de uso agrícola, doméstico y de la industria manufacturera simbolizan el problema del medio ambiente que se necesita solucionar. Por consiguiente, con el fin de minimizar estos residuos, para Isan (2017), el reusó de materiales es una actividad en la que se transforman los residuos para ser utilizado como un insumo y de esta manera usarlo en el ciclo de vida sin recurrir a utilizar recursos naturales.

Los desechos plásticos tienen un mayor efecto negativo en la naturaleza vinculada a la disminución de sustancias degradables exhibidos al ambiente, generando nuevas enfermedades peligrosas para el ser humano. Aunque estos desechos son semejantes a los componentes industriales, se puede apreciar la disponibilidad de producir un aumento significativo de 4,000 m³ en tablas de excelente calidad (Martínez y García, 2015).

De acuerdo a Yañez (2016), señala que la madera plástica se desarrolló en la década de 1990 cuando empezaron a emplear tablón de decking compuesto con este nuevo producto en mención con el 50% de polietileno. Asimismo, se comenzó a hacer uso de WPC con PVC en acabados como puertas y marcos de ventanas. Desde aquel tiempo permanecen desarrollando nuevos WPC para ser empleado en otras manufacturas. Los materiales mezclados de madera y plástico (WPC) se adquieren por la combinación de componentes de astilla con polímeros reciclados y vírgenes de diversas naturalezas. La composición de esta mezcla se debe a que la madera es un material apto a la humedad por sus propiedades ambientales en el exterior, para optimizar estas cualidades se añaden polímeros. Los WPC tienen numerosos empleos destacando la utilización en mobiliario en cubiertas y tarimas para uso externo.

El polietileno (PE) es el plástico más producido en todo el mundo siendo un polímero semicristalino con estructura de una cadena lineal de CH₂ con dos CH₃ (véase la Figura 1), sus propiedades se caracteriza por su baja su temperatura de fusión, que oscila 105 y 130 °C dependiendo de la densidad y ramificaciones en el PE. Muestra un extenso rango de densidades logrando mezclarse fácilmente por su bajo punto de fusión, consiguiendo incorporar con fibras de madera y celulosa sin sufrir ningún tipo de degradación durante el procesamiento del material mezclado, al mismo, tiempo la temperatura de transición vítrea del polietileno oscila dependiendo de su estructura entre -130 y -20°C haciendo que el polímero sea dúctil a la temperatura usual de los compuestos de madera plástica.

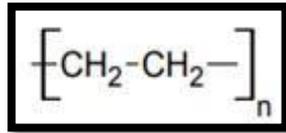


Figura 1. Estructura de polietileno

Fuente: Yañez (2016)

Yañez (2016), afirma que es suficiente lo que resulta fácilmente procesable, facilita una buena absorción de agua, humedad, alta consistencia a la degradación química y oxidación para uso externo durante el procesamiento, por lo tanto, no requiere adicionar aditivos para disuadir su degradación. El polipropileno (PP) es un polímero termoplástico empleado en la realización de compuestos de madera plástica, transformado por la polimerización de propileno o propeno. Este material tiene mejores características que el polietileno por ser más ligero, rígido y mecánicamente resistente. Es resistente al desgaste, siendo más quebradizo que el polietileno principalmente a temperaturas bajas siendo excesivamente consistente en algunos empleos. En cambio, en el polietileno existe una distribución uniforme de CH₂ y polipropileno por presentar estructuras (véase Figura 2) según donde se ubica el grupo dependiente en el polímero se obtiene PP atáctico, isotáctico o sindiotáctico respectivamente.

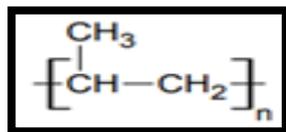


Figura 2. Estructura de polipropileno

Fuente: Yañez (2016)

Para Yañez (2016), el PE y PP poseen un costo muy bajo de filtración de agua formando un material muy resistente para obtener mezcla de madera plástica. El cloruro de polivinilo (PVC) es el polímero que menos se emplea en la actualidad para el uso de madera plástica (véase figura 3).

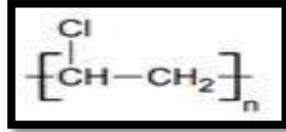


Figura 3. Estructura de cloruro de polivinilo

Fuente: Yañez (2016)

De acuerdo a Yañez (2016), la absorción de agua del PVC es muy baja y similar al polipropileno y polietileno; siendo el PVC superior por su resistencia al fuego debido a su elevado contenido en cloro, también se considera perjudicial al medio ambiente debido al peligro de producción de cloruro de hidrogeno, al mismo tiempo el PVC posee una fuerte solidez. La composición de los WPC se basa en el empleo de materiales poliméricos fortalecidos con fibras naturales, donde su capacidad de fibras oscila entre el 30% y el 70% en peso del WPC final. Además, se adiciona 5% de aditivos para permitir el manejo del WPC durante el desarrollo de la elaboración para alcanzar superior consistencia y mejor aspecto físico de la madera plástica.

Los polímeros termoplásticos que se usan hoy en día se procesan a temperaturas inferiores de 200 °C, de esta manera los componentes de la madera empiezan a degradarse. El 90% de los WPC contienen polietileno, mientras que el porcentaje restante son conformados por el cloruro de polivino (PVC) o polipropileno (PP). En los WPC del polímero usado tiene un aspecto apolar, pero la astilla tiene un perfil apolar por su similitud entre uno y otro. Para el mejoramiento de este enlace se integran aditivos que logran optimar sus propiedades. Sin embargo, se ha logrado que diferentes métodos de fibras de astillas que permiten compatibilizar el material polimérico formando superior interacción interfacial entre ambos.

Los aditivos son sustancias que al ser añadidos a un material incrementan sus propiedades o incorporan nuevas funciones, asimismo, fusiona la reactividad de los polímeros, atenuando, la absorción del agua de forma hidrofílica de la madera e hidrofóbica de la matriz polimérica constituido en una sola etapa. Los compuestos que unen facilitan una excelente fluidez del sólido compuesto moldeado, para una sobresaliente compatibilidad de diferentes etapas, incluso logrando a incrementar la solidez mecánica del mismo.

Según Yañez (2016), la tenacidad da dureza al impacto de los WPC, varía conforme la matriz polimérica. Al incorporar el polímero aumenta la fuerza de la madera, aumenta la dureza al agrietamiento y disminuye la fragilidad a temperatura ambiente. El polipropileno (PP) y el polietileno de alta densidad (PEAD), son materiales plásticos que se sitúan en diversas formas, aspectos y son reciclables en un 90%. El PEAD se determina por su consistencia química, sus capacidades como aislante eléctrico, su fuerza y su relativamente bajo coeficiente de fricción.

Se emplea totalmente en empaques, botellas flexibles y contenedores de productos químicos. Asimismo, garantiza un volumen elevado de material potencialmente reciclable. Así mismo, para Córdoba et al., (2010), la mezcla en proporciones adecuadas de PP y PEAD reciclados, como matriz polimérica, reforzada con cantidades optimas de fibras naturales (procedentes de desechos vegetales) permite conseguir materiales a bajos costos que se pueden cambiar hoy en día en la construcción y mobiliario, mejorando sus propiedades mecánicas y durabilidad para mitigar impactos ambientales negativos. Por tanto, se ha creado un nuevo material a partir de estos residuos, como producto innovador elaborado en su totalidad a partir de plástico y fibra reciclado.

Según Rodríguez (2008) y Martínez et al. (2017) nos dice que la madera plástica es una materia prima que cuenta con diferentes características, debido a que mejora la vida útil del producto, contribuye a la preservación de la naturaleza y el reúso de residuos sólidos que da como resultado un producto amigable con el medio ambiente.

Gardner et al. (2015) citado por Buitrago, Delgado y Rodríguez (2016) sostienen que la variedad de productos como perfiles, vallas, tableros, láminas extruidas para la manufactura de construcción, automotriz, hogar, decoración y juguetería son transformados a partir de compuestos formulados con plástico y madera (wood plastic composites).

Los residuos industriales como el aserrín y plástico establecen un indicio importante en materia prima para la manufactura de la madera plástica, su utilidad ayuda no solo a mitigar los efectos que causan al medio ambiente, sino también, estos productos tienen propiedades ignífugas son resistentes al fuego, a la intemperie y es útil para la construcción (Martínez et al., 2017).

Los materiales compuestos con madera plástica tienen diferentes tipos de estructura, por lo cual se reportó 30% - 70% en fibra, 30% – 55% en material polimérico y 0,15% – 15% en aditivos (Catto et al., 2016). Así como se han indicado diversos antecedentes Villamar (2013) menciona que el método de inyección y moldeo por compresión son reforzados con polvo de madera, pues este brinda resistencia del 40% del material compuesto y 66% de flexión del PP.

Es importante señalar que los materiales compuestos han existido siempre de manera natural. La madera compuesta con fibra natural es un modelo con propiedades importantes a la resistencia de tensión específica; se determina la tensión entre la densidad volumétrica (RT/DV), siendo la resistencia específica superior al concreto y acero (Córdoba et al., 2010).

La madera plástica se realiza con el fin de conseguir una producción que incorpore las cualidades de las fibras vegetales y sus características plásticas, de tal manera que al elaborar nuevos materiales permitan disminuir la práctica de elementos convencionales siendo el principal uso el plástico (Teuber et al., 2016).

Este modelo muestra ventajas importantes en relación a materiales convencionales de la madera como alta durabilidad, baja necesidad de mantenimiento, fuerza relativa, rigidez y ser amigable con el medio ambiente (Ayrilmis y Güleç, 2015).

La madera plástica como producto basado en residuos plásticos y fibras vegetales como bagazo de caña de azúcar requieren diversos procesos como la selección de materia prima, limpieza, molienda, secado, peletizado y extruido; para así lograr elaborar productos de madera plástica como tableros, láminas extruidas para la industria de la construcción, hogar, decoración (Rahimi et al., 2016).

Martínez et al. (2017), manifiesta que para la producción de madera plástica el método más usado es la extrusión, empleando como primeros insumos el aserrín de *Pinus caribaea*, logrando un aspecto parecido a la madera con diversos usos vinculados en la construcción debido por su resistencia a la intemperie, logrando la dureza que produce al desarrollar propiedades físico mecánicas en relación a tableros convencionales. Las características que posee son 4,13% de humedad, 0,22% de absorción de agua, 0,15% de hinchamiento, 17MPa de carga máxima a la flexión, 208 MPa a la tracción y 138 MPa a la compresión. Estas propiedades validan la eficiencia del tablero de madera plástica como material para la construcción.

Para Albán (2019), se usaron diversas composiciones de polímeros al 80% y fibra al 20%, pues sus componentes del 70% - 30% es demasiado frágil a la separación y la composición de 90% - 10% es demasiado resistente durante el proceso de manejo; así mismo, se observó mucho desgaste en las cuchillas, de esta manera se identifica un punto medio en la elaboración de madera plástica

Para Bell (2020), recientemente los ingenieros y arquitectos están descubriendo nuevas aplicaciones de materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra (FRP), debido a su alta relación en resistencia/peso y bajos costos de ciclo de vida. Este material es más apropiado para el ambiente, disminuyendo al mismo tiempo los plásticos que finalmente terminan en los vertederos.

López y García (2015), elaboraron una investigación a partir de conclusiones indagadas, desarrolladas de la manufactura del tablero en Cuba, siendo de madera plástica el proceso de producción, logrando así un buen producto con diversas características anticorrosivo, resistencia calorífica, entre otros.

Luego de dar a conocer algunos conceptos básicos en relación a la presente investigación, se presentaron los antecedentes de madera plástica para su importancia de desarrollo del estudio investigado (ver tabla1), que son extraídos de artículos científicos en los que se brindan datos importantes para la revisión sistemática.

Tabla 1. Antecedentes de madera plástica

Autor	Tipo	Resultado
(Yañez, 2016).	Compuestos de madera y plástico (WPC).	Componentes de madera con polímeros reciclados o vírgenes de diversas naturalezas, la mezcla de estos componentes se debe a que la madera es un material susceptible a la humedad y las condiciones ambientales en el exterior.
	Poliétileno (PE).	Debido a su bajo punto de fusión, puede mezclarse con fibras de madera y celulosa sin que estas sufran ningún tipo de degradación, valor cero de absorción de humedad y una elevada resistencia a la degradación química y a la oxidación el procesado no requiere incorporar aditivos para impedir su degradación.
	Polipropileno (PP).	Ligero, más resistente mecánicamente y más rígido posee mejor resistencia a la fluencia, es menos resbaladizo y más resistente al deterioro.
	PE y PP.	Posee un valor muy bajo de absorción en agua lo que hace un material muy resistente para preparar composiciones de madera plástica.
	Cloruro de polivinilo (PVC).	Su resistencia a la llama debido a su alto contenido en cloro, pero a la vez se considera dañino para el medio ambiente, tiene una estabilidad térmica reducida y es bastante frágil poseyendo una elevada temperatura.
	Composición de los WPCs.	Materiales poliméricos reforzados con fibras naturales donde el contenido de fibras oscila entre el 30 y el 70% en peso del WPC, incrementa su resistencia al agrietamiento y se reduce la fragilidad a temperatura ambiente.
	Aditivos.	Permite prevenir corrosión, estabilizar la reactividad de los polímeros, colorear los polímeros, repeler el agua entre la parte hidrofílica de la madera y parte hidrofóbica de la matriz polimérica, mejora fluidez del material compuesto fundido y por tanto una mejor compatibilidad llegando a incrementar la resistencia mecánica del mismo.
(Vicuña, 2016).	Fibras naturales.	Propiedades mecánicas que le proporciona la celulosa y a los beneficios ecológicos.
(Maraveas, 2020).	Residuo de corteza de arroz (RCA), residuo de bagazo de caña de azúcar (RBCA) y residuo de hoja de bambú (RHB).	Soluciones potentes en el desarrollo de materiales de construcción sostenibles.
(Asocaña, 2016).	Bagazo de caña.	de Son aprovechables para la elaboración de tableros aglomerados, papel y cartón.
(Antolin y Oliva, 2015).	Bagazo de caña.	de Lignocelulósica y su composición es: celulosa de 25 – 45%, hemicelulosa de 25-50% y por último de lignina de 10-30%.

(Lucana Masías, 2008).	Fibras del tallo de cáñamo, las de las hojas de sisal y las de las semillas de algodón.	Cada fibra tiene diferentes variaciones según el tipo de plantas, éstas pueden poseer una forma alargada y una alta relación longitud/diámetro, características físicas, químicas y mecánicas.
Córdoba (2019).	Aserrín de madera y fibra de coco.	Tienden a almacenar mayor contenido de humedad que los materiales termoplásticos (PP, y PEAD).
Tuárez Navarrete, D. H., & Correa Pillajo, G. M. (2019).	Semillas o fibras de hojas y tallos, el bambú y nanoarcillas.	Mantienen constante el porcentaje en peso del refuerzo para todas las composiciones y refuerzos lignocelulósicos.
Campaña & Guerrero (2018).	Bambú / polvo de bambú (PB).	Es renovable en corto tiempo, tiene buenas propiedades estructurales y alta disponibilidad en diversas zonas geográficas del Ecuador.
Villamar (2013).	Inyección y moldeo por comprensión.	Polvo de madera tiene resistencia del 40% del material mezclado con polvo de madera, 66% de flexión del PP.
(Martínez et al., 2017).	Aserrín y plástico.	Propiedades ignífugas de gran utilidad para la construcción, dada su resistencia al intemperismo y al fuego.
	Método de extrusión y fibra aserrín de Pinuscaribaea.	Proporciona mejorar propiedades físico-mecánicas con respecto a los tableros convencionales, las características que posee son: 4.13% de humedad, 0.22% de absorción de agua, 0.15% de hinchamiento, 17MPa de carga máxima a la flexión, 208 MPa a la tracción y 138 MPa a la comprensión.
Córdoba et al. (2010).	Tetera (fibra).	Utilizada como refuerzo de polímeros mejora de las propiedades mecánicas tales como: la alta rigidez específica, la buena estabilidad dimensional, la tolerancia a la alta temperatura y la resistencia a la corrosión.
	Polipropileno (PP) y el polietileno de alta densidad (PEAD).	PEAD garantiza un volumen considerable de material potencialmente reciclable, la mezcla en proporciones adecuadas de PP y PEAD reciclados, como matriz polimérica, reforzada con cantidades óptimas de fibras naturales (provenientes de desechos vegetales).
	Madera plástica.	Reforzado con fibra natural es la resistencia a la tensión específica es mayor que la del concreto y la del mismo acero.
(Catto et al., 2016).	Madero plásticos.	Tiene diferente de composición 30- 70% en fibra, 30 – 55% en material polimérico y 0.15 – 15% en aditivos.
(Rahimi et al., 2016).	Plástico y bagazo de caña de azúcar.	Producto (seleccionar la materia prima, limpieza, molienda, secado, peletizado y extruido) para así obtener productos como tableros, láminas, extruidas.
(Albán, 2019).	Utilización de diversas composiciones de polímero.	Polímero al 80% y fibra al 20% pues sus componentes del 70% - 30% es demasiado vulnerable a la separación y la composición de 90% - 10% siendo demasiado resistente, durante el proceso de manipulación.

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La indagación y modelo se basa en aportes de diferentes autores que buscan conocimientos de investigación según el contexto y los criterios metodológicos para la aplicación de modelos, estrategias e instrumentos que implican la búsqueda para extraer teorías aplicables mediante la situación de problemas con conocimientos adquiridos, ejecutando y sistematizando la práctica en la indagación. El empleo de estudios y el producto de la indagación nos da resultados de investigación, estructurada y ordenada para saber el contexto y así inferir lo que se denomina reutilización de desechos plásticos y fibra vegetal a toda la comunidad de investigación (Vargas et al., 2008).

El diseño de investigación es de narrativo tópico porque a través de las investigaciones narrativas recolecta datos así mismo información para describir y analizar esquemas de investigaciones de tal manera de intervenir al narrar un relato que contribuye a la secuencia de temas que no son evidentes de acontecimientos de tópico en sucesos o fenómenos relacionado en un tema (Salgado et al., 2007).

Puesto que en la investigación plasmada se adquieren diferentes acontecimientos de manera secuencial para llevar a cabo el desarrollo de los objetivos dados, así mismo llegar a una conclusión de la diversa información adquirida siendo de una manera compleja para poder determinar una solución a la problemática de los residuos.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 2. Variables y operacionalización

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Sub Categoría	Criterios	Unidad de análisis
Identificar los métodos más utilizados en la elaboración de madera plástica.	¿Qué métodos son más utilizados en la elaboración de madera plástica?	Métodos	Extrusión		Martínez, Paes y Martínez 2018 Martínez et al. 2020 Buitrago et al. 2012 Buitrago, Delgado y Rodríguez 2017 López et al. 2020 López et al. 2018 Adhikary, Pang y Staiger 2008 Chen et al. 2020 Reyes y Herrera 2019 Valles et al. 2016 Battistelle et al. 2014 C1. Tiempo Mertens, Benthien y Krause 2018 Horta, Simões y Mateus, 2017 Moreno et al. 2013
Describir las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica de desechos plásticos y fibra vegetal.	¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica?	Propiedades	Físicas y Mecánicas	C2. Artículos científicos C3. Correlación geográficas C4. Idioma	Kajaks, Kalnins y Naburgs 2018 Mazzanti y Mollica 2015 Miki et al. 2014 Ratanawilai y Taneerat 2018 Velázquez et al. 2013 Naghmouchi et al. 2013 Dimitriou, Hale y Spear 2016 Martinez et al. 2014 Kallakas et al. 2015 Ospina, 2014 Müzel, 2017 Arriola, 2016 Martins et al. 2017 Valarezo, 2013

Fuente: Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

Esta investigación se desarrolló mediante los artículos científicos a nivel mundial que son bases de datos para este desarrollo de indagación y por tratarse de una revisión sistemática sobre la elaboración de madera plástica a partir de desechos plásticos y fibra vegetal, se ha creído conveniente estudiar los residuos plásticos convencionales que han hecho que la contaminación vaya en aumento lo que demuestra un alto índice de desechos plásticos siendo dispuestos en vertederos y no teniendo los tratamientos previo después su ciclo de vida o postconsumo por lo tanto es necesario reutilizar este residuo sólido (plástico) para reducir y mitigar la contaminación en el ambiente; al mismo tiempo el aprovechamiento de los residuos orgánicos (fibra vegetal) tiene como producto la mezcla de ambos madera plástica.

Material que hoy en día es un boom siendo una solución real y ventajosa de oportunidades y posibilidades por su utilización en diferentes ámbitos como mobiliario urbano, construcción, instituciones (mobiliario escolar), fincas, tableros, puertas, pisos de interiores, soporte de techumbre, entre otros; y elementos para exterior que no necesitan mantenimiento ya que presenta alta durabilidad que son: rejillas, parques infantiles, bancas, balcones, muebles, acotando a esto su costo-beneficio favorable.

El desarrollo de nuevos materiales es impermeable resistente al recurso hídrico, el humedecimiento, anticorrosiva la cual no se malogra en condiciones de sustancias químicas, es segura, sin agrietas, ni produce astillas dando una buena resistencia; además se reemplaza a la madera normal con plástica teniendo el mismo uso de cortar, clavar, atornillar, taladrar, lijar dándole cualquier acabado. Por lo tanto, este trabajo está sustentada en la recopilación e información teniendo la credibilidad de diferentes fuentes reconocidas, confiables para obtener datos reales y concisos.

3.4. Participantes

La literatura revisada y analizada a nivel nacional e internacional fueron extraídos de diferentes bases de datos como Scopus (746), Scielo (17231), ProQuest (664), Redalyc (83), ScienceDirect (720), Dialnet (324), Ebsco (90), Alicia (56), Researchgate (71) y Revistas Institucionales (2802), las cuáles se utilizaron para acopiar la información plasmada en esta indagación como resultado del análisis, interpretación y discusión se realizó con 70 artículos científicos de búsqueda mediante las palabras claves: “madera plastica”, “plastic waste” and “plant fiber”, o “plasti madera”, “bioplastic”, o “plástico”, o “desechos plásticos”, o “fibra vegetal”, o “reutilización de plásticos” y “fibra vegetal”.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de selección de datos tienen mecanismos e instrumentos que se utilizan para apilar y evaluar investigación de carácter organizada con un subjetivo específico. Usualmente se usan en estudio científica y corporativo, inventario y marketing (Caro, 2019).

Esta estrategia busca establecer etapas de desarrollo de búsqueda, proporciona instrumentos de recopilación, sistematización, aproximación, semejanza y estudio de datos que aporta a la cultura los medios para emplear el criterio. Las técnicas permiten la recopilación de indagación de diferentes resultados que con lleva a consolidar una información completa (Godínez, 2013). Por ello este trabajo contempla la revisión de documentos confiables de un tema en específico.

El mecanismo metodológico se contextualiza en el camino metódico idealista, con un enfoque cualitativo, diseño detallado, explicativo, ordenado para especificar un procedimiento de categorías teóricas, mediante la indagación, observación y estudio documental (Marín et al., 2018).

El desarrollo del diagnóstico fehaciente alcanza la individualización de conceptos siendo una de sus etapas complejas, por tanto, involucra aspectos subjetivos del investigador o publicaciones de cultura de indagación empleado en el método de análisis siendo importante los lenguajes de indización (Batista et al., 2006). Para

el presente trabajo se desarrolló instrumento de recolección de datos que se demuestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Instrumento de ficha de recolección de datos

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis	Tipo de documento	Participante
OE1. Identificar los métodos más utilizados en la elaboración de madera plástica.	PE1. ¿Qué métodos son más utilizados en la elaboración de madera plástica?	Propiedades	Extrusión Y Físicas Mecánicas	Müzel (2017).	Tesis	Repositorio institucional
				Arriola Zayas, J. C (2016).	Tesis	Repositorio institucional
				Martins, Antunes, Mateus, & Malça (2017).	Artículo científico	Sciencedirect
				Valarezo Jaramillo (2013).	Tesis	Repositorio institucional
				Rodríguez Salas. (2016)	Artículo científico	Alicia
				Sözan, Aydemir, & Zor (2017).	Artículo científico	Researchgate
				Nourbakhsh & Ashori (2009).	Artículo científico	Researchgate
				Blanco Alcalá (2006).	Tesis	Repositorio institucional
				Castro, et al. (2010).	Tesis	Repositorio institucional
				González, et al. (2016).	Tesis	Repositorio institucional
OE2. Describir las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica de desechos plásticos y fibra vegetal.	PE2. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica?	Métodos	Propiedades	Moya, et al. (2014).	Artículo científico	Scielo
				Caicedo, et al. (2015).	Artículo científico	Researchgate
				Ayrlimis, et al. (2018).	Artículo científico	Sciencedirect
				Chanhoun, et al. (2018).	Artículo científico	Sciencedirect
				Ruiz, et al. (2017).	Artículo científico	Dialnet
				Garzón, L. R., Carmona, E. R., & Cubillos, A. E. (2016).	Artículo científico	Revista internacional
				Lemus, J. E. G (2019).	Artículo científico	Revista internacional
				Ortiz Villalta, A. M (2015).	Tesis	Repositorio institucional
				Arriola Zayas, J. C (2016).	Tesis	Repositorio institucional
				Polanco Ramírez, S. R., & Quispe Baldeón, L (2019).	Tesis	Repositorio institucional
Albán Jácome, L. A (2019).	Tesis	Repositorio institucional				

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis	Tipo de documento	Participante
OE1. Identificar los métodos más utilizados en la elaboración de madera plástica.	PE1. ¿Qué métodos son más utilizados en la elaboración de madera plástica?			López, et al. (2018).	Artículo científico	Scopus
				Martínez, et al. (2020).	Artículo científico	Scopus
				Buitrago, et al. (2012).	Artículo científico	Repositorio institucional
				Buitrago, et al. (2017).	Artículo científico	Scopus
				Martínez, et al. (2020).	Artículo científico	Scopus
				López, et al. (2018).	Artículo científico	Scopus
				Adhikary, KB, Pang, S. y Staiger, MP (2008).	Artículo científico	Scimedirect
				Chen, et al. (2020).	Artículo científico	Scimedirect
				Reyes, J. A. S., & Herrera, F. R. V. (2019).	Tesis	Repositorio institucional
				Valles, et al. (2016)	Artículo científico	Scielo
OE2. Describir las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica de desechos plásticos y fibra vegetal.	PE2. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica?	Métodos Propiedades	Extrusión Y Físicas Mecánicas	Battistelle, et al. (2014).	Artículo científico	Scielo
				Mertens, et al. (2017).	Artículo científico	Proques
				Horta, et al. (2017)	Artículo científico	Scimedirect
				Moreno, et al. (2013).	Artículo científico	Scielo
				Kajaks, et al. (2018).	Tesis	Repositorio institucional
				Mazzanti & Mollica. (2015).	Artículo científico	Scimedirect
				Miki, et al. (2014).	Artículo científico	Scimedirect
				Ratanawilai & Taneerat (2018).	Artículo científico	Scimedirect
				García, et al. (2013).	Artículo científico	Dialnet
				Naghmouchi, I., Boufi, S., Delgado, M., Granda, L., Vilaseca, F., & Mutjé, P. (2013).	Artículo científico	Researchgate
				Dimitriou, Hale, & Spear (2016).	Artículo científico	Scimedirect
				Martinez, et al (2014).	Artículo científico	Redalyc
				Kallakas, Poltimäe, Maaja Süld, Kers, & Krumme (2015).	Artículo científico	Researchgate
				Ospina Restrepo (2014).	Tesis	Repositorio institucional

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Unidad de analisis	Tipo de documento	Participante
OE1. Identificar los métodos más utilizados en la elaboración de madera plástica.	PE1. ¿Qué métodos son más utilizados en la elaboración de madera plástica?	Métodos	Extrusión Y Físicas Mecánicas	Martínez, et al. (2017).	Artículo científico	Scielo
				Marcell D. Cajiao (2011).	Tesis	Repositorio institucional
				Moreno, et al. (2016).	Artículo científico	Revista internacional
				Blanco, et al. (2019).	Artículo científico	Revista internacional
				Moya, et al. (2012).	Artículo científico	Scielo
				Sinchi Guerrero, J. L. (2018).	Tesis	Repositorio institucional
				Villamar Cabezas, D. E. (2013).	Tesis	Repositorio institucional
				Córdoba, R. F. L (2019).	Tesis	Repositorio institucional
				Amigó, V., Salvador, M. D., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F (2009).	Artículo científico	Repositorio institucional
				Vicuña Vicuña, D. D (2016).	Artículo científico	Repositorio institucional
OE2. Describir las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica de desechos plásticos y fibra vegetal.	PE2. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica?	Propiedades	Extrusión Y Físicas Mecánicas	Gallegos León, G (2019).	Tesis	Repositorio institucional
				Tuárez Navarrete, D. H., & Correa Pillajo, G. M (2019).	Tesis	Repositorio institucional
				Córdoba, et al. (2010).	Artículo científico	Revista internacional
				Baño, et al. (2012).	Artículo científico	Dialnet
				Cabezas, et al. (2013).	Artículo científico	Revista internacional
				Barrero Sánchez, D. I (2009).	Tesis	Repositorio institucional
				Páez, R. G (2014).	Artículo científico	Repositorio institucional
				Lucana Masías, D. Í (2008).	Tesis	Repositorio institucional
				Garza Elizondo, G (2016).	Tesis	Repositorio institucional

Fuente: Elaboración propia

3.6. Procedimientos

El procedimiento en el cual se basó la presente investigación se observa en la secuencia de flujograma que se muestra a continuación (Ver Figura 1), el cual consiste tres etapas:

1) La etapa de inicio con una búsqueda exhaustiva utilizando bases de datos como Scopus, Scielo, ProQuest, Redalyc, ScienceDirect, Dialnet, Ebsco, Alicia, Researchgate y Revistas Institucionales, tomando en cuenta los filtros de selección como años de publicación, así mismo considerando palabras claves como: “madera plastica”, “plastic waste” and “plant fiber”, o “plasti madera”, “bioplastic”, o “plástico”, o “desechos plásticos”, o “reutilización de desechos”, “fibra vegetal”, o “reutilización de plásticos” y “fibra vegetal”,

2) Incluye la etapa de selección y filtración de referencias bibliográficas, técnica de lectura de título, resumen, que cumplen los criterios inclusión en el cual se seleccionara la investigación de acuerdo a la categoría y subcategoría tales como: el tiempo, idioma; para asegurar la complejidad, credibilidad, confiabilidad y validez.

3) Análisis de los registros incluidos, etapa en el cual se utiliza la información específica de investigación incluida para desarrollar los objetivos planteados.

Tabla 4. Resumen de criterios de búsqueda

Aspectos	Criterios de inclusion	Criterios de exclusion	Palabras claves
Artículos científicos, tesis, repositorios, revistas	Artículos publicados en los años 2008 - 2020	Artículos publicados menores del 2008	“madera plastica”, “plastic waste” and “plant fiber”, o “plasti madera”, “bioplastic”, o “plástico”, o “desechos plásticos”, o “reutilización de desechos”, “fibra vegetal”, o “reutilización de plásticos” y “fibra vegetal”
	Artículos Scopus, Scielo, ProQuest, Redalyc, ScienceDirect, Dialnet, Ebsco, Alicia, Researchgate y Repositorios Institucionales	Artículos de revistas Scopus, Scielo, ProQuest, Redalyc, ScienceDirect, Dialnet, Ebsco, Alicia, Researchgate, Revistas Internacionales y Repositorios Institucionales	
	A nivel mundial	Fibra de maíz Fibra de piña	
	Todos los idiomas Madera plástica	Polvo de bambú (PB). Fibra de coco	

Fuente: Elaboración propia

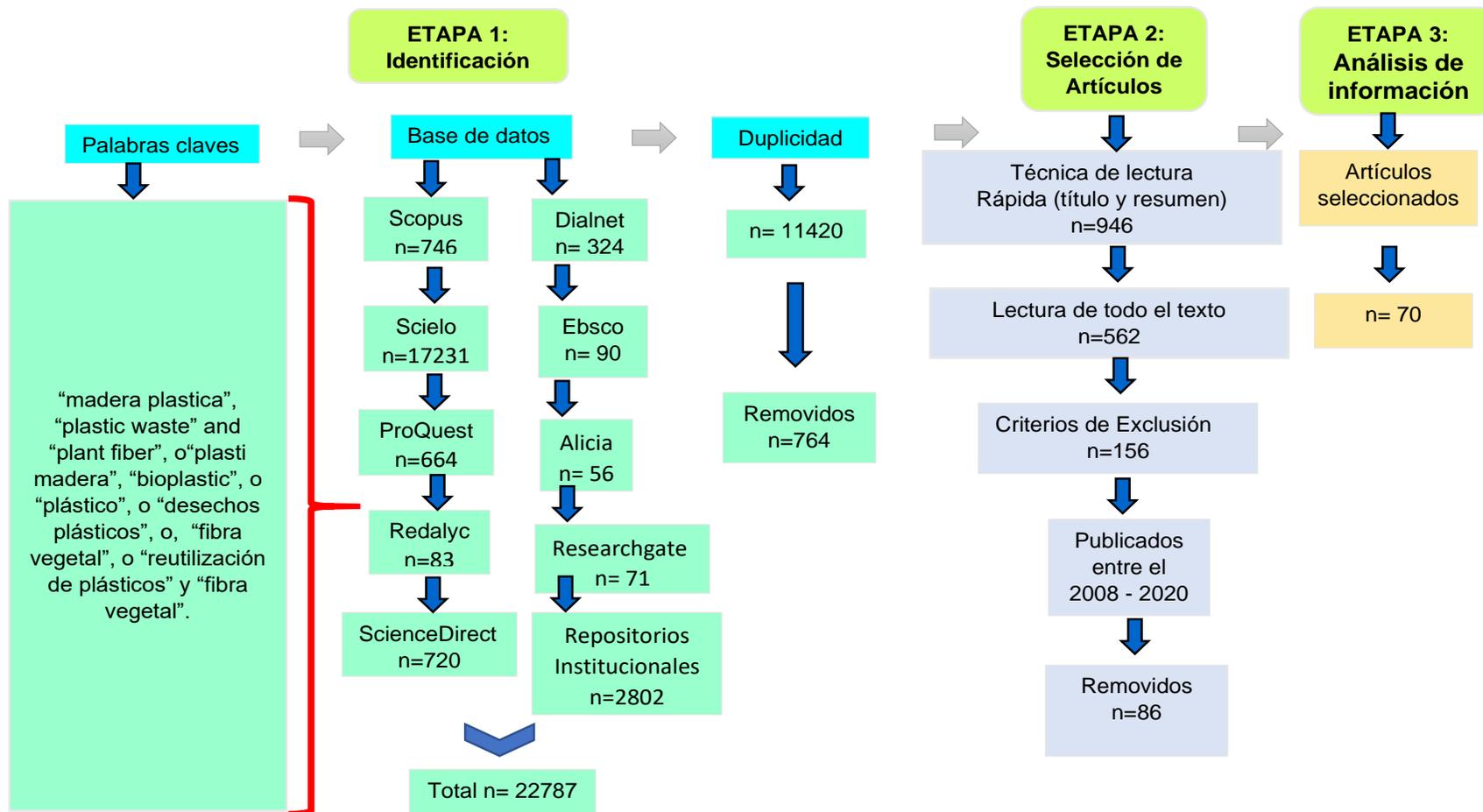


Figura 4. Flujograma del procedimiento de revisión sistemática

Fuente: Elaboración propia

3.7. Rigor Científico

3.7.1. Consistencia lógica

El presente proyecto de indagación se llevó a cabo mediante la recopilación de datos cualitativos; indagación, grupos de orientación, búsqueda de documentos y artículos científicos. El diagnóstico específico implica sistematizar los datos recogidos, transcribirlos cuando es un resultado esencial y codificarlos. La sistematización tiene ambos planos o niveles: en el inicial se generan unidades de coherencia y categorías, en el secundario emergen temas y relaciones entre conceptos, al final se produce una deducción de datos (Hernández y Torres, 2004).

3.7.2. Credibilidad

Todos los archivos analizados en el presente trabajo han sido de fuentes confiables basando la credibilidad en artículos científicos de revistas indexadas, Scopus, Scielo, ProQuest, Redalyc, ScienceDirect, Dialnet, Ebsco, Alicia, Researchgate, Revistas Internacionales y Repositorios Institucionales por lo tanto los resultados de esta investigación son confiables teniendo información real que genera gran aporte para la comunidad científica y social siendo información clara y concisa.

“Se hace una investigación de las metodologías existentes a nivel técnico como químico para el procesamiento de los materiales plásticos reciclados, está conclusión de fabricar objetos de utilitario reciclado o distinto prototipo de plásticos, hace referencia al diseño de elección para el mejoramiento de su calidad” (Rubiano et al., 2013).

3.7.3. Transferencia

El presente trabajo de investigación ha utilizado artículos científicos, revistas, proyectos de investigación para analizar, uniformizar y sistematizar la información sobre madera plástica. Los resultados obtenidos mediante la indagación pretenden promover la aplicación de la madera plástica como mecanismo de diseño agradable, perenne, atractivo y cotidiano

proporcionándole al consumidor el excelente moblaje en ambientes o con diferentes acabados” (Silva et al., 2017).

3.8. Método de análisis de información

Los métodos de estudio de búsqueda de una investigación cualitativa son viable y significativo para el conocimiento de la humanidad siendo de utilidad la indagación que nos permite el acoplamiento de datos y diagnóstico (Schettini et al., 2015).

De conformidad con los procesos mediante una investigación cualitativa este trabajo de indagación buscará y seleccionara bibliografía de manera sistemática para su análisis crítico y descripción, las cuales serán descritas de acuerdo las categorías y subcategorías. El sistema utilizado en indagaciones semejantes que contribuyen a explicar los mecanismos de evaluación y estudio estadístico. Entre las categorías se tienen estipuladas métodos de elaboración de madera plástica las cuales serán descritas y analizadas críticamente que se detallan en la matriz de categorización apriorística tabla 2.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos forman las concepciones filosóficas – prácticas en las cuales se rige la instrucción de la observación científica y el estilo del entendimiento expresado por la enseñanza los cuales demandan conductas éticas en el analista (Moscoso y Díaz, 2018).

El trabajo de investigación, se consideró y valoro la propiedad intelectual ajena; los permisos legales, por ello se logró acceder del todo el documento original mediante autorización; protocolos dispuestos por nuestra casa de estudios, además se empleó el estilo APA, a fin de asegurar la objetividad, confiabilidad y validez, por lo tanto, se cumplió los aspectos éticos para el desarrollo de la presente indagación científica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se obtuvieron en base a la información recopilada de 70 artículos e investigaciones científicas que se utilizaron para identificar los métodos más utilizados para la producción de madera plástica, así como también, describir sus propiedades físicas y mecánicas. A través de las palabras claves plasmadas en el trabajo de investigación como “madera plástica”, “plastic waste” and “plant fiber”, o “plasti madera”, “bioplastic”, o “plástico”, o “desechos plásticos”, o “reutilización de desechos”, “fibra vegetal”, o “reutilización de plásticos” y “fibra vegetal”. Obteniendo los siguientes resultados y discusiones.

Tabla 5. Métodos utilizados para la elaboración de madera plástica

Nro.	Autor y Año	Métodos	Tipos		
1	Martínez, Paes y Martínez 2018	Extrusión	-	-	-
2	Martínez et al. 2020	Extrusión	-	-	-
3	Buitrago et al. 2012		-	-	-
4	Buitrago, Delgado y Rodríguez 2017		-	-	-
5	López et al. 2020	Extrusión	-	-	-
6	López et al. 2018	Extrusión	-	-	-
7	Adhikary, Pang y Staiger 2008		Moldeo por inyección	-	-
8	Chen et al. 2020		-	-	-
9	Reyes y Herrera 2019	Extrusión	-	-	-
10	Valles et al. 2016		Moldeo por inyección		
11	Battistelle et al. 2014	Extrusión	-	-	-
12	Mertens, Benthien y Krause 2018	Extrusión	-	-	-
13	Horta, Simões y Mateus, 2017	Extrusión	-	-	-
14	Moreno et al. 2013	Extrusión	-	-	-
15	Kajaks, Kalnins y Naburgs 2018	Extrusión	-	-	-
16	Mazzanti y Mollica 2015	Extrusión	-	-	-
17	Miki et al. 2014	Extrusión	-	-	-
18	Ratanawilai y Taneerat 2018	Extrusión	-	-	-
19	Velázquez et al. 2013	Extrusión	-	-	-
20	Naghmouchi et al. 2013	Extrusión	Moldeo por inyección	Termocompresión	
21	Dimitriou, Hale y Spear 2016	Extrusión	-	-	-
22	Martinez et al. 2014	Extrusión	-	-	-
23	Kallakas et al. 2015	Extrusión	-	-	-
24	Ospina, 2014	Extrusión	-	-	-
25	Müzel, 2017	Extrusión	-	-	-
26	Arriola, 2016	Extrusión	-	-	-
27	Martins et al. 2017	Extrusión	-	-	-
28	Valarezo, 2013	Extrusión	-	-	-
29	Rodríguez, 2016	Extrusión	-	-	-
30	Sözan, Aydemir y Zor 2017	Extrusión	-	-	-
31	Nourbakhsh y Ashori 2009	Extrusión	-	-	-
32	Alcalá, 2006	-	-	Termocompresión	
33	Castro, 2010	Extrusión	-	-	-
34	González, 2016	Extrusión	-	-	-
35	Moya, et al. 2014	Extrusión	Moldeo por inyección	-	-

36	Caicedo et al. 2015	Extrusión	Moldeo por inyección	-	-
37	Ayrilmis, Kaymakci y Güleç 2015	-	-	-	-
38	Chanhoun et al. 2018	-	-	-	-
39	Ruiz, Lozano y González 2017	-	-	-	-
40	Garzón, Carmona y Cubillos 2016	Extrusión	-	-	-
41	Lemus, 2019	-	-	Termocompresión	-
42	Ortiz, 2015	-	-	Termocompresión	-
43	Arriola, 2016	-	-	Termocompresión	-
44	Polanco y Quispe 2019	-	-	-	Fusión térmica
45	Albán, 2019	-	-	-	-
46	López, González y Rodríguez 2015	Extrusión	-	-	-
47	Martínez y García 2017	Extrusión	-	-	-
48	Cajiao, 2011	Extrusión	-	-	-
49	Moreno et al. 2017	Extrusión	-	-	-
50	Blanco et al. 2020	Extrusión	-	-	-
51	Moya, Poblete y Valenzuela et al. 2012	-	Moldeo por inyección	-	-
52	Sinchi, 2018	-	-	Termocompresión	-
53	Villamar, 2013	Extrusión	-	-	-
54	Córdoba, 2019	-	-	-	-
55	Amigo et al. 2009	Extrusión	Moldeo por inyección	-	-
56	Vicuña, 2016	Extrusión	Moldeo por inyección	-	-
57	Gallegos, 2019	Extrusión	-	-	-
58	Tuárez y Correa 2019	Extrusión	-	-	-
59	Córdoba et al. 2010	Extrusión	-	-	-
60	Baño et al. 2012	Extrusión	-	-	-
61	Cabezas, Hurtado y Barragán 2013	Extrusión	-	-	-
62	Barrero, 2009	Extrusión	-	-	-
63	Páez, 2014	Extrusión	-	-	-
64	Lucana, 2008	Extrusión	-	-	-
65	Garza, 2016	Extrusión	-	-	-
	TOTAL	43	8	7	1
	% Participación	73%	13%	12%	2%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información presentada en la tabla 5, el método más utilizado para la elaboración de madera plástica es la extrusión, con un 73% y de menor porcentaje el método de moldeo por inyección representado por el 13%, termocompresión 12% y fusión térmica 2%, según la figura 5.

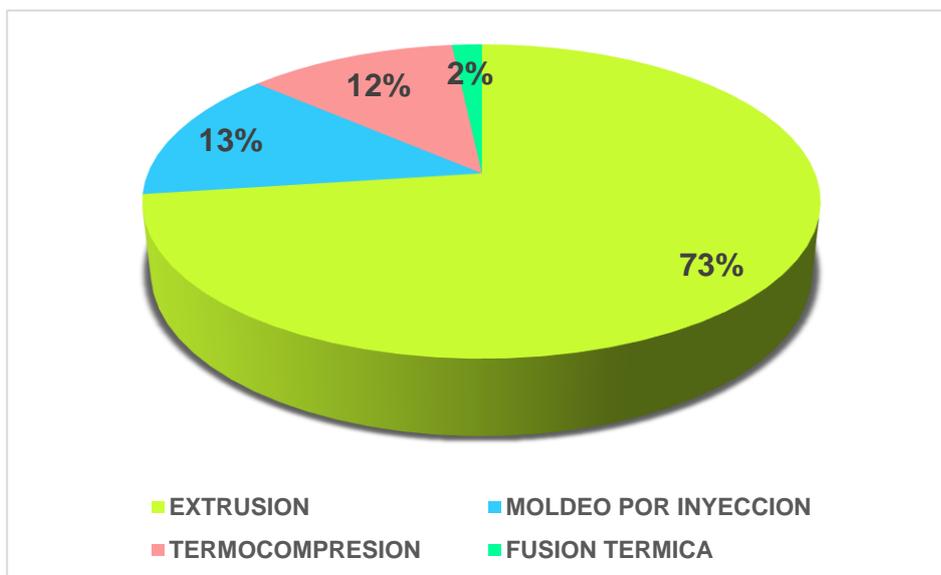


Figura 5. Representación gráfica del método más utilizado en la elaboración de madera plástica.

Fuente: Elaboración propia

La extrusión es el proceso de calentamiento y aplastamiento de la materia prima base, que durante el proceso de producción el plástico es vertido en la tolva que pasa por un tornillo transportando los gránulos de plástico hacia el molde, de manera que la temperatura aumenta para fundir el material mediante la extrusora (Garzón y Cubillos 2016) y (Osswald et al., 2010). Para González (2016), el proceso de extrusión garantiza las condiciones de presión y temperatura para producir la madera plástica, debido al aumento en la resistencia del compuesto de madera y polímero; obteniendo el producto final.

Moreno, et al (2013) e Yáñez (2016), los procesos de extrusión cuentan con dos sistemas, uno de husillo único y otro de husillo doble de contra rotación en el que presentaron limitaciones en el proceso de extrusión derivados de la conjugación de aglomerados de polímero y madera. Para evitar este inconveniente, se empleó una mezcla de madera y polímero en porcentajes calibrados y temperatura adecuada para obtener una buena homogenización del material y se pueda manipular correctamente. De acuerdo a Sinchi (2018), el método de extrusión es más utilizado

para la fabricación de madera plástica en diferentes modelos y perfiles, puesto que permite obtener piezas acabadas o semiacabadas en régimen continuo.

Lascano (2016) indica que el moldeo por inyección es un método de proceso que consiste en introducir el polímero granulado dentro de un cilindro y en el que se calienta, este proceso es un mecanismo de tornillo sin fin en el que actúa igual que un émbolo de jeringuilla al mismo tiempo que a la salida se encuentra el plástico en estado líquido y se inyecta a alta presión en el interior del molde.

Es un proceso que consta de un mezclador donde se introducen los componentes de fibra y plástico al compartimiento de la unidad de inyección, la utilización del husillo unico, genera desgasificación durante la elaboración de madera plástica, reduciendo el contenido de humedad del material compuesto, evitando defectos en la pieza moldeada. Yáñez (2016), menciona que este proceso se basa en una combinación de inyección en etapas usando un husillo doble co-rotativo. La mezcla de las fibras, el aditivo y el polímero se añaden en un husillo doble co-rotativo y estas se desgasifican.

Se traspasa la mezcla a un compartimiento que cuando llena, se cambia el sentido de la válvula y se activa la inyección. Sinchi (2018), hace referencia que el moldeo por inyección es un proceso conocido y utilizado en la industria del plástico debido a que brinda una gran versatilidad de piezas que pueden fabricarse.

Tabla 6. Porcentaje de polímero y fibra

Nro.	Autor y Año	Polímero	Métodos		% Polímero	% Fibra
			Fibra			
1	Martínez, Paes y Martínez 2018	Polietileno de baja y alta densidad, tereftalato de polietileno y polipropileno.	Aserrín (Pinus caribaea, Pinus cubensis, Cedrela odorata, Talipariti elatus y Eucalyptus sp.)		50%	50%
2	Martínez et al. 2020	Tereftalato de polietileno reciclado, polietileno de alta densidad, polietileno y polipropileno de baja densidad.	Aserrín de las siguientes especies: Pinus caribaea, Pinus cubensis, Cedrela odorata, Talipariti elatum y Eucalyptus sp.		-	-
3	Buitrago et al. 2012	Aserrín, especie pino ciprés (cupressaceae).	Resina melamínica, resina urea-formaldehído.		-	Yute 20% Caucho 20% F. vidrio 20%
4	Buitrago, Delgado y Rodríguez 2017	Polietileno maleado.	Harina de Telinne monspessulana.		5,2%	32%
5	López et al. 2020	Tereftalato de polietileno termoplástico, polietileno de alta densidad, polipropileno y carbonato cálcico.	Aserrín de Cedrela odorata L.		50%	50%
6	López et al. 2018	Polietilentereftalato, polietileno de baja densidad y polipropileno.	Aserrín de Pinus caribaea.		50%	50%
7	Adhikary, Pang y Staiger 2008	Polietileno de alta densidad (HDPE) y polímero de polipropileno (PP).	Harina de madera de Pinus radiata.		65%	35%
8	Chen et al. 2020	Los residuos sólidos de las plantas de bioetanol.	El bagazo de maíz tropical (TMB), el bagazo de sorgo dulce (SSB) y el bagazo de caña de azúcar (SCB).		-	-
9	Reyes y Herrera 2019	Polietilentereftalato (PET) no transparente post-consumo a mezclas de polietileno y polipropileno.	-		-	-
10	Valles et al. 2016	Polipropileno (PP).	Pino virgen (VP), pino rojo, CCA (Pinus resinosa Ait).		25, 50, 75	25%, 50, 75%
11	Battistelle et al. 2014	Polipropileno (PP).	Harina de madera de: Pinus taeda y Pinus elliotti.		90%, 80%, 70%	10%, 20%, 30%
12	Mertens, Benthien y Krause 2018	Polietileno de alta densidad (HDPE).	Astillas de abeto.		50%	50%
13	Horta, Simões y Mateus, 2017	Polietileno de alta densidad (HDPE).	Aserrín de madera.		45%	55%
14	Moreno et al. 2013	(PET, PVC [cloruro de polivinilo], PEAD, PP, PEBD, PS [Poliestireno]).	Pinus radiata.		50%	50%
15	Kajaks, Kalnins y Naburgs 2018	Polietileno de alta densidad (HDPE).	Abedul.		30% , 40%, 50%	70%, 60%, 40%
16	Mazzanti y Mollica 2015	Polipropileno (PP).	Madera Àbeto blanco.		70%	30%
17	Miki et al. 2014	Fenol formaldehído (PF).	Cryptomeria japonica.		30%,	70%,
18	Ratanawilai y Taneerat 2018	DPE, HDPE, PVC, PP, PS.	harina de caucho (RWF).		60%, 50%, 40%	40%, 50%, 60%

19	Velázquez et al. 2013	PET.	Paja de trigo.	70%, 60%, 50%, 40%	60%, 50%, 40%, 30%
20	Naghmouchi et al. 2013	Polipropileno (PP).	Aserrín de hueso de aceituna.	60%	40%
21	Dimitriou, Hale y Spear 2016	Polipropileno (PP).	Abeto de noruega.	40%	60%
22	Martínez et al. 2014	(PEAD, PEBD, PP, PET).	Pinus caribaea.	40%	60%
23	Kallakas et al. 2015	Pinus caribaea.	Abedul.	80%	20%
24	Ospina, 2014	Poliétileno (PE). Polipropileno (PP).	-	50% PE 50% PP	-
25	Müzel, 2017	Polipropileno (PP).	Harina de madera	30%	60%
26	Arriola, 2016	Poliétileno de baja densidad (LDPE).	Aserrín.	50%, 40%, 30%	50%, 60%, 70%
27	Martins et al. 2017	Poliétileno de alta densidad (HDPE).	Aserrín de pino.	70%	30%
28	Valarezo, 2013	Poliétileno de baja densidad (LDPE).	Guadúa Angustifolia Kunth.	90%	10%
29	Rodríguez, 2016	Poliétileno de alta densidad (HDPE) PET.	-	75% HDPE. 15% PET.	-
30	Sözan, Aydemir y Zor 2017	Polipropileno (PP).	Harina de madera.	90%, 80%, 70%, 60%	10%, 20%, 30%, 40%
31	Nourbakhsh y Ashori 2009	Poliétileno de alta densidad (HDPE).	Fibra de álamo (Populus deltoides).	20%, 30%, 45%	80%, 70%, 55%
32	Alcalá, 2006	PET.	Aserrín.	10%	90%
33	Castro, 2010	Polipropileno o poliétileno de alta o de baja densidad.	Mezcla de aserrín de madera natural.	50%, 50%	20%
34	González, 2016	Poliétileno de baja densidad (LDPE).	Fibras de madera Aserrín.	80%	20%
35	Moya, et al. 2014	Poliétileno de baja densidad (LDPE).	Pinus radiata.	80%, 60%	20%, 40%
36	Caicedo et al. 2015	Polipropileno (PP).	Fibra de cedro.	80%	20%
37	Ayrilmis, Kaymakci y Güleç 2015	Polipropileno (PP).	Pinus sylvestris.	70%	30%
38	Chanhoun et al. 2018	Poliestireno.	Aserrín.	80%	20%
39	Ruiz, Lozano y González 2017	-Polipropileno homopolímero con carga de carbonato de calcio (Rafia de primera). -Polipropileno homopolímero después de haber sido utilizado en los cultivos de banana de Urabá. -Antioquia (Rafia de segunda), y el último corresponde a poliétileno de baja densidad reciclado (Cubierta flexible).	Bagazo de caña de azúcar.	-	-
40	Garzón, Carmona y Cubillos 2016	Plástico reciclado. PEAD.	-	80%	-
41	Lemus, 2019	Polipropileno (PP), poliétileno de baja densidad (LDPE), poliétileno de alta densidad (HDPE) y teraftalato de poliétileno (PET).	Aserrín de madera.	80%	20%
42	Ortiz, 2015	PET.	Aserrín.	60%	40%
43	Arriola, 2016	Poliétileno de alta densidad (HDPE).	Aserrín.	70%	- 30%

44	Polanco y Quispe 2019	PET.	Aserrín.	10%	5%
45	Albán, 2019	(HDPE).	Bagazo de caña de azúcar.	80%	20%
46	López, González y Rodríguez 2015	Plástico reciclado.	Aserrín de pino.	-	-
47	Martínez y García 2017	PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS.	Aserrín de Pinus caribaea.	30%	70%
48	Cajiao, 2011	PEBD. PEAD.	Aserrín.	71,40%	28,60%
49	Moreno et al. 2017	Polietileno.	Pinus radiata.	-	-
50	Blanco et al. 2020	Polipropileno (PP).	Bambú.	20%, 30%, 40%	20%, 30%, 40%
51	Moya, Poblete y Valenzuela et al. 2012	Polipropileno (PP).	Harinas de corteza y madera de Pinus radiata.	20/80, 40/60 y 60/40 peso/peso.	
52	Sinchi, 2018	HDPE.	Cabuya.	85%	15%
53	Villamar, 2013	Polipropileno.	Aserrín.	40%	60%
54	Córdoba, 2019	PP y PEAD.	Aserrín de madera, fibra de coco.	70% PP y 30%PEAD.	40% aserrín de madera y 2% fibra de coco.
55	Amigó et al. 2009	Polietileno de alta densidad.	Fibras de algodón, cáñamo y sisal.	5%	40%
56	Vicuña, 2016	Polietileno de alta densidad, polivinilo de cloruro (PVC), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP).	Fibra de harina de madera de eucalipto y pino.	70%	30%
57	Gallegos, 2019	Poliestireno.	Ceniza de madera de encino (CME), ceniza de bagazo de caña (CBCA).	30%	30%
58	Tuárez y Correa 2019	Polipropileno, polipropileno maleizado (MAPP).	Polvo de bambú (BB).	48%	30%
59	Córdoba et al. 2010	Polietileno de alta densidad PEAD, PP.	Fibra tetera (stromanthe stromathoides).	50%	50%
60	Baño et al. 2012	-	Pinus sylvestris L.	-	16,7%
61	Cabezas, Hurtado y Barragán 2013	Polipropileno.	Polvo de madera, madera de amarillo de Guayaquil (Centrolobium ochroxylum).	18,5%	40%
62	Barrero, 2009	PEBD, PEAD, PVC, PS, PP.	Estibas de madera de pino.	40%	60%
63	Páez, 2014	PET.	Pino de caribe venezolano.	30%	70%
64	Lucana, 2008	PET.	Desechos madereros.	70%	30%
65	Garza, 2016	Polímero reciclado.	Vinaza y bagazo de agave.	30%	70%

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la tabla 6 las combinaciones en porcentajes que se utilizaron fueron 90% de polímero con 10% de fibra, 80% de polímero con 20% de fibra, 70% de polímero con 30% de fibra, 60% de polímero con 40% de fibra y 50% de polímero con 50% de fibra, a continuación, se representa en la siguiente figura.

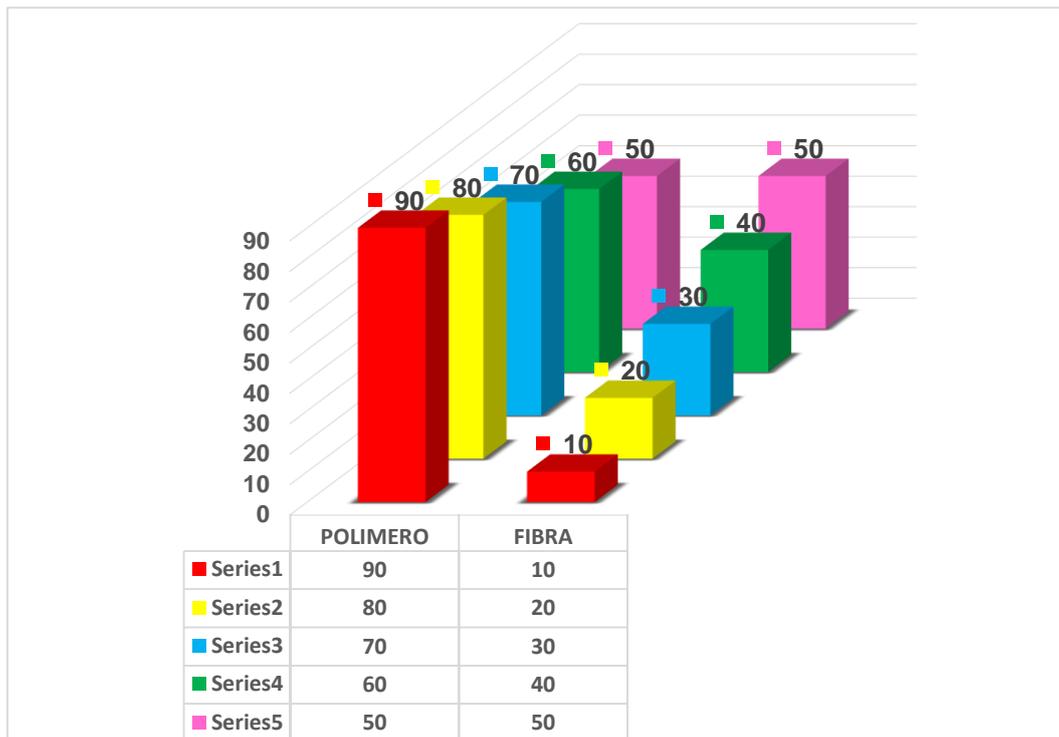


Figura 6. Porcentaje de polímero y fibra más usado

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las proporciones de polímero y fibra, estudios por Albán (2019), demuestran que la proporción de 80% y 20%, presentan una de las mejores propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, dureza y flexibilidad, características similares fueron alcanzadas por Moreno (2013), que en este estudio se utilizó 82,3% de plástico y 15% a 25% de fibra.

Sin embargo, Arriola (2016), indica que la formulación con mejores propiedades físicas y mecánicas es la que contiene 30% de aserrín o fibra y 70% de polímero; esta combinación mejora las propiedades como la densidad, resistencia a la ruptura y dureza, indicando que a mayor cantidad de polímero en la mezcla y mayor tiempo de residencia en el horno mayor es la resistencia a la ruptura. Para Ospina (2014), señala que la mezcla donde hay mayor porcentaje de polipropileno (PP) 70% y 30% de polietileno (PE) brindando a la madera plástica una mayor rigidez. La resistencia de la madera plástica obtuvo un promedio alto de resistencia a la flexión de 34,9 MPa.

De acuerdo con Albán (2019), la composición de 80% de polímero (HDPE) y el 20% de fibra vegetal es la más óptima, esto a razón de que la composición 70% - 30% fue más vulnerable a la ruptura por otro lado, la composición 90% - 10% fue demasiado resistente, pero que para la manipulación de esta por los diferentes cortes necesarios las cuchillas presentaban mayor desgaste, definiéndose así un punto equilibrado entre la manipulación y dureza. Así mismo, Cabe mencionar que para Arriola (2016), asegura que para obtener la dureza máxima de la madera plástica interviene el tiempo de residencia de 65 minutos a temperatura de 65°C – 75°C en el horno.

La producción de madera plástica económicamente va relacionada con la cantidad de aserrín, pero las proporciones de este superiores al 50% tienden a disminuir la resistencia de las tablas y a su vez dan como resultado una baja resistencia mecánica. Según Martínez et al (2020), (Cajiao, 2011) y (Moreno et al., 2013) la mejor opción sería una formula con mayor cantidad de plástico, puesto a que ayuda a mejorar las propiedades físicas y mecánicas.

De acuerdo a Yadama et al. (2009), el contenido de humedad (CH) en la madera convencional varía de 9% a 10%. Por lo que atribuye mayor absorción de agua, aumentando su CH, esto se debe a que el porcentaje del 80% de fibra vegetal no es factible para la elaboración de madera plástica.

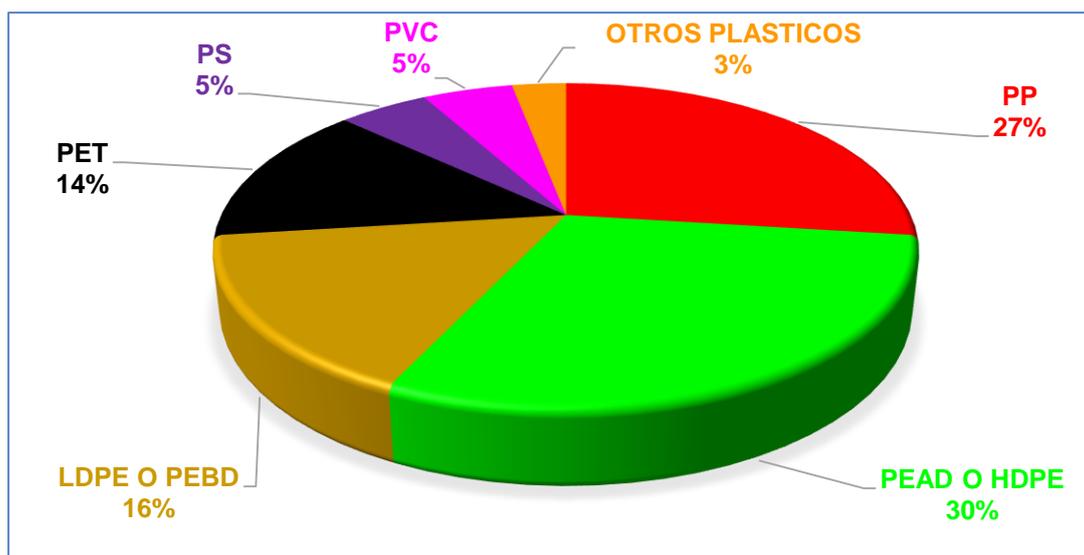


Figura 7. Tipos de plásticos

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la figura 7 demuestran que el polímero más usado en la obtención de madera plástica es PEAD O HDPE (Polietileno de alta densidad) con un 30%, el PP (Polipropileno) con un 27% y de porcentajes menores son LDPE o PEBD (Polietileno de baja densidad) con un 16%, PET (Tereftalato de polietileno) con un 14%, PS (Poliestireno) con un 5%, PVC (Policloruro de vinilo) con un 5% y otros plásticos con un 3%. La Mantia (2002) manifiesta que PP es un polímero más ligero, excelente resistencia a disolventes orgánicos, cuenta con una excelente resistencia al calor y a la fluencia. La degradación térmica del PP (polipropileno) y PE (polietileno), se da a una temperatura de 330°C.

Arriola (2016) indica que las propiedades del polietileno de alta densidad (HDPE) tiene un peso molecular alto, es translucido, solido blando, resistente a altas temperaturas, es tenaz y flexible, mejor resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a su mayor densidad. Además, es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte al contenido, con poca estabilidad dimensional y no tóxico (Albán, 2019).

En definitiva, de los polímeros sobresalientes que presentan las más optimas características físicas y mecánicas de la madera plástica es el PP; debido a que presentó mejor dureza, resistencia a bajas y altas temperaturas, a la humedad, anticorrosivo y mejor manipulación; así como también el PEAD, compartiendo las mismas características, pero con una mayor resistencia térmica y menor manipulación a diferencia del PP.

Tabla 7. Propiedades físicas

Absorción de agua en 24h (%)	< 0,01
Densidad (g/cm ³)	0,94-0,97
Índice refractivo	1,54
Resistencia a la radiación	Aceptable
Resistencia al ultra-violeta	Mala
Coefficiente de expansión lineal (K-1)	2 x 10 ⁻⁴
Grado de cristalinidad (%)	60-80

Fuente: Roca (2005) citado por Arriola (2016)

El PET es un plástico utilizado en las industrias de bajo procesos de soplado, inyección, extrusión y tiene las siguientes características brillo con efecto lupa, es transparente y translucido además cuenta con propiedades mecánicas, barrera de los gases, de bajo costo, 100% reciclable y liviano (QuimiNet, 2012) y (Albán, 2019).

El polipropileno PP es un plástico duro y resistente, de color opaco que resiste a una elevada temperatura de calor, se ablanda a una T° de 150 °C, resistente a los golpes, tiene poca densidad, se puede manipular y doblar fácilmente, entre las características se encuentra: su gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental (QuimiNet, 2012). Albán (2019) determinó al polietileno de alta densidad (HDPE) como principal polímero para la elaboración de madera plástica debido a que este polímero al ser fundido y compactado, este se comprime de una manera homogénea y no genera grietas en la madera plástica.

Los compuestos de polipropileno (PP)-bambú poseen propiedades de resistencia a la tracción y flexión considerablemente altas. La cual pueden reemplazar la fibra de vidrio es muy utilizada en la actualidad en la industria automotriz (Blanco, 2020).

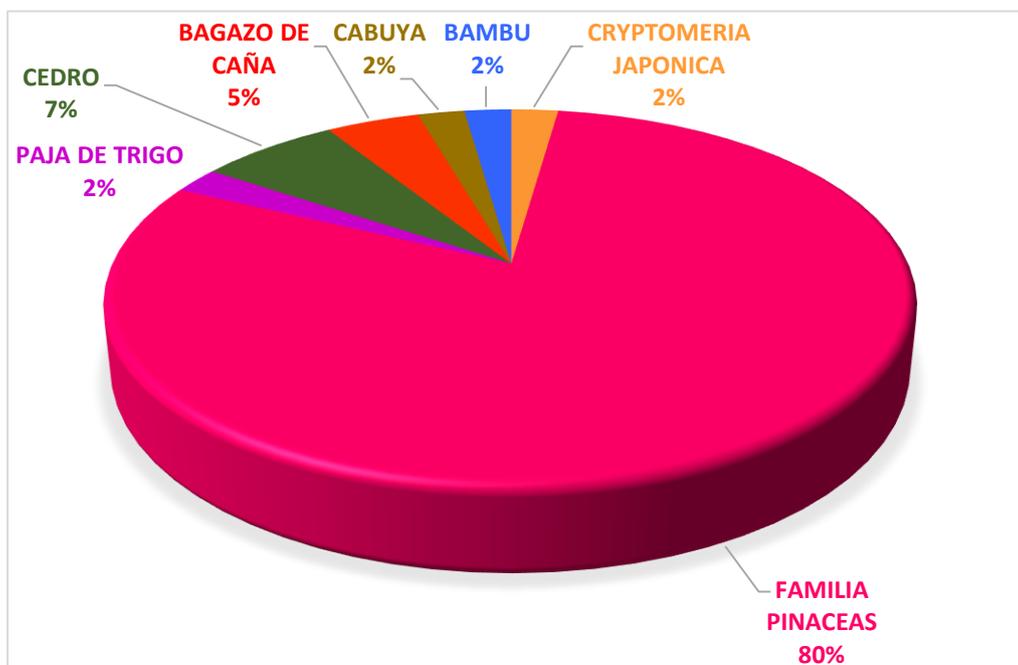


Figura 8. Fibra vegetal

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos dan conocer las fibras naturales más utilizadas para la elaboración de madera plástica son la familia pinácea con un 80%, y con porcentajes menores como el cedro con un 7%, bagazo de caña con un 5% y con un 2% la paja de trigo, cabuya, bambú, cryptomeria japónica.

Las fibras naturales tienen un bajo costo, una baja densidad, facilidad de separación y son biodegradables, no presentan efectos abrasivos; el bambú es uno de los cultivos agrícolas que pueden ser explotados para el diseño y desarrollo de compuestos poliméricos. Esta fibra se caracteriza por su alto contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina. El bambú posee una elevada tasa de crecimiento y buenas propiedades mecánicas, como facilidad de extracción de fibras y modificación química, así como sus propiedades térmicas, han hecho una fibra versátil para su uso en la industria de compuestos. Las fibras cortas de bambú tienen un alto efecto reforzante en el polipropileno homopolímero isotáctico, evidenciando altos valores de resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los compuestos PP/FB. (Blanco et al., 2020).

La mezcla de fibras de caña de azúcar y totora con polietileno de alta densidad (PEAD), permitió obtener resultados de resistencia a la tracción que cumplen con los parámetros establecidos en la norma ISO 527-1-20122 Albán (2019) y Córdoba (2019) señalan que los materiales lignocelulósicos (aserrín de madera y fibra de coco) tienden a almacenar mayor contenido de humedad que los materiales termoplásticos (PP, y PEAD), por tal razón se hace necesario que previo a su aplicación en formulaciones para la elaboración de madera plástica la aplicación se realicen acciones para reducir exceso de humedad que estos almacenan siendo como valores recomendados el 5%.

De acuerdo a la revisión sistema de las investigaciones sobresalen los residuos de la familia Pinaceae, debido a que este tiene mayor presencia por ser el principal insumo de la industria maderera la misma que no dispone finalmente de manera adecuada estos residuos.

Por lo tanto, se da a conocer las propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica en la siguiente.

Tabla 8. Propiedades físicas y mecánicas

Nro.	Tema	Autor y Año	Propiedades físicas	Propiedades mecánicas
1	Perspectivas para la utilización del aserrín en la producción de tableros madera plástico con propiedades ignífugas.	Martínez, et al. (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Baja porosidad. • Resistencia al ataque de plagas. <p><i>Características ignífugas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Baratos y livianos. • Resistentes a la humedad microorganismos. • Mayor estabilidad dimensional por lo que requieren de menos mantenimiento. 	-
2	Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales	Martínez, et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad 4,13 %. • Absorción de agua 0, 22%. • Hinchamiento 0, 15%. 	Carga máxima a la Flexión 17 MPa 28 MPa a la tracción y 138 MPa a la compresión.
3	Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba.	Martínez, et al. (2014)		Producción de 4,811 m3 de tableros de madera plástica.
4	Proceso de transformación de la materia prima para tableros de madera plástica.	Martínez, et al. (2017)	<p><i>Tratamientos realizados a la materia prima:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad de 3,5%(aserrín antes de ser procesada). • Resina de madera (0%). 	-
5	<i>Propiedades ignífugas</i> Compuesto de madera y plástico producido con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados.	Martínez, et al. (2018)	<p><i>Parámetros de reacción y resistencia al fuego:</i></p> <p>FIGRA= 90, 10 Ws-1. THR600s = 3, 2 MJ. SMOGRA=25 m2s-2. TSP600s =30 m2. Bn =0, 20. dchar =3,80.</p>	-
6	Tableros de madera reforzados con termoplásticos para mejorar el espesor e inflamación y propiedades mecánicas.	Martínez, et al. (2018)	El tratamiento con 50% de aserrín y mezcla de todos los termoplásticos (T5) mostró una tendencia a reducir el hinchamiento del espesor debido a que absorbe 0,28% de agua y mantiene el balance de absorción de agua en 16,2% la densidad aparente fue 1,206 kgm-3.	La compresión longitudinal y la resistencia a la tracción son de alrededor de 24,6, 142,4 y 32,8 MPa.
7	Producción de compuestos de madera y plástico utilizando residuos de aserrín de cedrela odorata y mezcla de termoplásticos reciclados de productos posconsumo: un enfoque sostenible para una producción más limpia en Cuba.	Martínez, et al. (2019) (2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de 1,511 ton / m3. • Valores de contenido de humedad de 0,91%. • Absorción de agua de 0,24% y 0,98% de hinchamiento. 	-

8	Propiedades físico-mecánicas de la madera-plástica producida con especies forestales y materiales termoplásticos.	Martínez, et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad 1,060 kg m. • Humedad 5, 23%. • Absorción de agua 0, 32%. • Hinchamiento de espesor 0, 18%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión 138,10 MPa. • Flexión estática de 18, 53 Mpa. • Tracción de 29, 4 Mpa.
9	Tableros de partículas de polvillo de aserrín reforzados con subproductos reciclados (TAR).	Buitrago, et al (2012)	La resina melamínica arrojó en el momento de la prueba una densidad de 1,28 g/cm ³ y un 61% de sólidos, y la resina urea formaldehído contó con una densidad de 1,27 g/cm ³ y un 64-66% en sólidos, 25 °C y 60% de humedad relativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la tracción y flexión de 10,9 Mpa y de 48 Mpa.
10	Análisis de juntas adhesivas elaboradas con (lámina de madera plástica) / (adhesivo ecológico) / (lámina de madera plástica) Absorción de humedad a largo plazo y comportamiento.	Buitrago, et al (2017)	Se redujo el hinchamiento del espesor debido a que absorbe 0,28% de agua y mantiene el balance de absorción de agua en 16,2% la densidad aparente fue de 1,206 kgm-3.	La mezcla estática, la compresión longitudinal y la resistencia a la tracción son de alrededor de 24,6, 142,4 y 32,8 MPa.
11	Hinchamiento del espesor de termoplásticos reciclados reforzados con aserrín de Pinus radiata.	Adhikary (2008)	Harina - HDPE y harina de madera - HDPE con 50% en peso de madera carpa, con un contenido de agua de 19,5% y 23,5%, respectivamente después de 1,512h.	-
12	Compuestos de madera y plástico de los residuos de fibras de biomasa lignocelulósica de procesos de biocombustibles: un estudio comparativo sobre propiedades mecánicas y efectos de la intemperie.	Chen, et al. (2020)	-	Resistencia a la tracción y resistencia a la flexión de 26,8 ± 3,4 y 46,1 ± 3,1 MPa.
13	Wood chile peppers stalks-plastic composite production.	Valles, et al. (2016)	La absorción de agua varió entre 0,7% y 4,4%.	La tensión máxima de tracción y la tensión de frenado también tienen la misma tendencia. La variación es de 11,2 MPa a 18,6 MPa para UTS promedio y de 8,7 MPa a 25,8 MPa para esfuerzo de rotura.
14	Caracterización física y mecánica de un polipropileno reciclado y harina de madera sin aditivos.	Battistelle, et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • 70% PE + 30% FM (polietileno), absorción de agua, con un total de 1.1% para el compuesto. • 0,7% para el composite con 66,25% PP + 30% FM + 3% MA + 0,75% BP (MA-anhídrido maleico y BP-peróxido de benzoilo). 	<ul style="list-style-type: none"> • 70% PE + 30% FM (polietileno), el resultado de 20,14 MPa, en el esfuerzo de tracción en el flujo, y desviación estándar en 0,80 MPa. • 70% PP + 30% FM, se puede verificar un valor muy similar (20,13 MPa), siendo la desviación estándar mucho menor, a 0,15 MPa.
15	Caracterización mecánica y morfológica de termoplásticos reciclados espumados reforzados con Sub productos de madera.	Moreno, et al. (2013)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Elasticidad en flexión 11,134Mpa. • Resistencia a la tracción 3,994Mpa.

16	Extrusión de compuestos madera plástico espumado. Parte I: Caracterización física y morfológica.	Moreno, et al. (2017)	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>P. Virgen + Pino Radiata de 80%/ 20%</i>. Densidad con 5% AA+1% AL= 934 kg.m-3. ● <i>P. Virgen + Pino Radiata de 70% / 30%</i>. Densidad con 5% AA+1% AL= 951 kg.m-3. ● <i>P. reciclado + Pino radiata de 80%/ 20%</i>. Densidad con 5% AA+1% AL= 939 kg.m-3. ● <i>P. Reciclado + pino radiata de 70%/ 30%</i>. Densidad con 5% AA + 1% AL= 950 kg.m-3. 	-	-
17	Compuestos de madera y plástico (WPC) a base de polietileno de alta densidad y residuos de producción de madera contrachapada de abedul.	Kajaks, et al. (2018)	-	-	-
18	Evaluación de las propiedades mecánicas de los perfiles extruidos a partir de mezclas de polímeros reciclados para la fabricación de estibas de maderas plásticas en Maderpol S. A.	(Ospina Restrepo 2014)	-	-	Resistencia a la flexión (34,9 MPa).
19	Evaluación de los parámetros adecuados para la elaboración de madera plástica por compresión en caliente, a base de aserrín y polímero de reciclado primario, polietileno de alta densidad (HDPE).	(Arriola, 2016)	-	-	70%PEAD – 30%Aserrín. Temperatura de inflamación 600 °C /65 minutos. Dureza maxima 1003, 89 Newton.
20	Procesamiento por extrusión de materias primas de madera para su uso en compuestos de madera y polímero.	(Maiju Hietala, 2011)	-	-	-
21	Obtención experimental de un material biocompuesto a base de una matriz polimérica y reforzada con fibras naturales de guadúa angustifolia, proveniente del Ecuador.	(Valarezo Jaramillo, 2013)	<p style="text-align: center;"><i>Ensayo TGA:</i></p> T° degradación fibra 210°C. T° degradación polímero 370 y 440 °C.	-	5% de fibra sin tratamiento químico: aumenta un 30% su propiedad de esfuerzo, la tracción y elasticidad un 105%.
22	Material compuesto de matriz polipropileno (PP) y fibra de cedro: influencia del compatibilizaste PP-g-MA.	Caicedo, et al. (2015)	-	-	El nuevo MC20-1.6 presentó un desempeño mecánico importante alcanzando 20.3% de aumento de resistencia a la tensión y 46,2 % resistencia a la flexión.
23	Propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la "ESMIC".	Ruiz, et al. (2017)	Densidad 838,345 Kg/m3, Dureza, 196,8 Kg y 253,3 Kg.	-	Flexión (19,51 MPa) y a compresión (6,51 MPa).

24	Madera plástica, un producto amigo del planeta.	Rincón, L., et al (2016)	Son sismoresistentes, resistentes al fuego, termoacústicas, alta durabilidad, rápida construcción y con una biodegradación de aproximadamente 3,000 años.	-
25	Aprovechamiento de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y residuo aserrín de madera para el desarrollo de un compuesto plástico-madera.	Polanco, et al (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de 851, 8 Kg/m³. • Humedad de 13, 1%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruptura de Tracción 4,456. MPa a 9,441 MPa. • Elongación 1, 3% a 2, 7%.
26	Estudio de las propiedades a tensión de un material biocompuesto reforzado con haces de fibras cortas de bambú.	Blanco, et al. (2019)	-	Resistencia a la tracción (de 29 a 45 MPa) y del módulo de elasticidad (de 1 a 3 GPa) del PP con el contenido de fibras.
27	Experimentación de los plásticos HDPE y PP reciclados como materia prima para la generación de mobiliario.	Fajardo (2018)	-	Resistencia de tracción Mpa-46,2; elasticidad de Gpa 3,1.
28	Materiales compuestos lignocelulósicos obtenidos mediante extrusión.	Guerrero, et al. (2013)	-	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia y módulo en la prueba de tracción, 29,1 y 3380,95 MPa. • El comportamiento del material durante las pruebas de flexión reportó valores de resistencia y módulo de hasta 53,13 MPa y 23,5115 MPa.
29	Comportamiento al Intemperismo de un material compuesto bambú – comportamiento al intemperismo de un material compuesto bambú- plástica elaborado con partículas de guadua angustifolia.	Ikeda Jhoseli Lora Nieves (2016)	Densidad de 0,89 a g/cm ³ humedad de 1,5 %	Flexión de 23, 78 y 27, 16 Mpa.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la figura 8, dan conocer que las propiedades físicas, en la humedad de la fibra vegetal influye mucho en el proceso de fusión con el plástico Martínez et al. (2018) y Martínez et al. (2012) manifiesta la humedad en las partículas de aserrín, tiene un papel importante en la elaboración de madera plástica, incluyendo las propiedades ignífugas, la cual contribuyen al transporte de energía calorífica, facilitando la compactación y función de cada uno de los aditivos empleados. Se estima que 1 kg de muestra de aserrín presenta 0,2 kg de agua (Jiang y Kamdem, 2010).

El proceso de extracción de resina con tolueno-etanol al 95% de la madera de las especies de pino permite mejorar las propiedades ignífugas de la madera plástica. Martínez et al. (2012). El desarrollo de eliminación de resina de

la madera de pino es esencial para quitar las sustancias volátiles (trementina) elementos que pueden convertirse en peligro para las maquinarias usadas en el proceso mecánico (extrusora, peletizadora) en el proceso de síntesis de la materia prima, como consiguiente el estropeo de la calidad del producto resultante (Martínez et al., 2018).

Estudios realizados por Surtiyeni et al. (2016) Martínez et al. (2018) y Martínez et al. (2012) exponen que las características que proporcionan los aditivos como tetrabrik favorecen las propiedades de resistencia al fuego de madera plástica disminuyendo el efecto de las llamas.

Sin embargo, existen propiedades físicas distintivas que permiten caracterizar la calidad de los tableros, una de estas propiedades es la densidad, la cual se atribuye principalmente al colapso de los lúmenes que ocurre normalmente durante el proceso de fabricación, junto con la mayor densidad de la pared celular de la madera (aserrín), esta propiedad también influye en la resistencia al fuego de madera plástica (Moya, 2012).

Además, existen aditivos que pueden mejorar el comportamiento de los compuestos ante el fuego (silicato de sodio, fosfato amónico, fosfato de resinas sintéticas, fosfato cálcico, mezclas de bórax y aceite de linaza, pinturas de caseína, pinturas con vermiculitas y materiales intumescentes) (Östman, 2017). Cajiao (2011) y Moreno et al. (2013) indican que el agente acoplante tetrabrik mejora las propiedades ignifugas. Así mismo López et al. (2018) y Alvarez et al. (2012) menciona que el uso de tetrabrik es un agente acoplante que sirve como retardador de llamas proporcionando una característica física piroresistente al fuego.

Clemons (2010) manifiesta que los plásticos más utilizados en la elaboración de madera plástica, son polietileno de alta densidad (PEAD), de polietileno de baja densidad (PEBD) y polipropileno (PP) porque requieren bajas temperaturas de proceso (170 °C - 205 °C). Estas temperaturas son adecuadas para trabajar con fibras vegetales, ya que antes de su desnaturalización térmica las paredes celulares pueden resistir al proceso de elaboración de madera plástica. Además, los plásticos pueden ser reciclados y usados como matrices de nuevos compuestos, (Xu et al., 2016).

La madera plástica es un producto muy conocido hoy en día, por la facilidad de fabricarlo, además su costo es económico y su durabilidad al impacto ambiental hace que sea uno de los productos más eficientes presentando sus propiedades mecánicas y físicas como densidad, humedad, absorción de agua, hinchamiento, flexión, tracción y compresión pueden sustituir a la madera convencional. Por lo tanto, la madera plástica es un producto que no presenta poros, se puede cortar con sierra manual o eléctrica se puede taladrar, lijar, pulir, sirve para la elaboración de tableros industriales como mesas, sillas, libreros, escritorios, entre otras aplicaciones. (Garcia et al., 2013) y (Blanco et al., 2020).

El método de elaboración como termocompresión, moldeo por inyección, fusión térmica y extrusión son procedimientos que realizan en países desarrollados como E.E.U.U con 1.1 millones de Toneladas/año, China con 900 mil Toneladas/año y el continente Europeo con 260 mil Toneladas/año en la industria, pero el proceso de extrusión es más utilizados porque que garantiza las condiciones de presión y temperatura para producir la madera plástica, debido al aumento en la resistencia del compuesto de madera y polímero.

El Polietileno de alta densidad (PEAD) se caracteriza por su alta resistencia química y sus capacidades como aislante eléctrico, su tenacidad y su bajo coeficiente de fricción. Se utiliza en empaques, botellas flexibles y contenedores de productos químicos, y además es reciclable. Así mismo, es el plástico de mayor producción y consumo en el mundo, es uno de los más económicos. El PEAD presenta mayor viscosidad y mayor resistencia de masa fundida lo cual facilita la generación y control en el desarrollo de espumas.

Las fibras vegetales como materia prima sirven de refuerzo en el material compuesto madera plástica. La selección de aserrín de madera (Familia Pinácea) dio como resultado de las investigaciones que la fibra vegetal en entorno a la producción de industrias tiene una gran utilidad por sus características físicas y químicas que se adaptan fácilmente a las necesidades del proceso. Está fibra en materiales compuestos (madera plástica), presentan una solución al problema ambiental que se generan, siendo una fuente potencial para la industria.

La madera plástica cuenta con las adecuadas propiedades físicas y mecánicas y posee las siguientes características: 4.13 % de humedad, 0.22 % de absorción de agua, 0.15 % de hinchamiento, 17 MPa de carga máxima a la flexión, 28 MPa a la tracción y 138 MPa a la compresión dan lugar a sustituir a la madera convencional siendo muy aceptable por sus ventajas y beneficios.

V. CONCLUSIONES

- 1.** Los métodos más empleados para la elaboración de madera plástica fueron el moldeo por inyección, termocompresión, fusión térmica y extrusión; sin embargo, este último sobresale con un 73% sobre los demás métodos porque es más sencillo, rápido y seguro. Obteniendo finalmente un producto con alta dureza, resistencia a la compresión, elongación a la ruptura, anticorrosivo, resistente a bajas y altas temperaturas, piroresistente, versátil, no necesita mantenimiento, impermeable, no recoge humedad, inmune a roedores a plagas y bacterias, resistentes a los ácidos, es termoacústico entre otros.
- 2.** Se concluye que la mejor composición para la elaboración de madera plástica fue de 80% de PEAD y el 20% de fibra vegetal, esto debido que presenta una de las mejores propiedades como resistencia a la tracción, dureza y flexibilidad, a diferencia de la composición de 70% - 30% fue más vulnerable a la ruptura, mientras que la composición 90% - 10% fue demasiado resistente que, para la manipulación de esta por los diferentes cortes necesarios, las cuchillas presentaban mayor desgaste, definiéndose así un punto equilibrado entre la manipulación y dureza.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Se recomienda realizar más indagaciones específicas sobre la producción de madera plástica, considerando un tipo de polímero y fibra distinta a las investigaciones ya realizadas.
- 2.** Se sugiere realizar investigaciones de madera plástica para ser empleados en el sector de alimentos para determinar si son aceptables y no tóxicos que afecten a la salud.
- 3.** Realizar investigaciones sobre la viabilidad a manera de proyecto industrial de inversión para la producción de madera plástica, así como también su impacto social, ambiental y económico.

REFERENCIAS

Acero, J. C. R., Lozano, D. A., & González, J. S. (2019). Propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la "ESMIC". *Ingeniare*, (27), 31-39. Obtenido por: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527271>

Adhikary, K. B., Pang, S., & Staiger, M. P. (2008). Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with *Pinus radiata* sawdust. *Chemical Engineering Journal*, 142(2), 190-198. Obtenido por: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894707007437>

Albán Jácome, L. A. (2019). Elaboración de madera plástica a partir de polímeros post consumo (Bachelor's thesis). Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8868>

Alcalá, G. B. (2006) Evaluación Técnica y Plan de Negocios para la Producción de Mobiliario de Madera Plástica Formulada con Pet Reciclado y Aserrín-Edición Única. Obtenido por: https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/567567/DocsTec_4718.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Amigó, V., Salvador, M. D., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2009). Aprovechamiento de residuos de fibras naturales como elementos de refuerzo de materiales poliméricos. Instituto de Tecnología de Materiales Universidad Politécnica de Valencia, España. Obtenido por: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:rGYEvoYk2IEJ:scholar.google.com/+Aprovechamiento+de+residuos+de+fibras+naturales+como+elementos+de+refuerzo+de+materiales+polim%C3%A9ricos&hl=es&as_sdt=0,5

Antolin, G., & Oliva, D. (2003). Caracterización del bagazo de caña de azúcar mediante análisis térmico. *Inf. Tec*, 14, 3-25. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273821584_Caracterizacion_del_bagazo_de_cana_de_azucar_mediante_Analisis_Termico

Aranda, T., & Araújo, E. G. (2009). Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos. *Editorial EOS*, 284. Disponible en: <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2017/12/2-UPLA-Instrumentos-cualitativos-de-datos.pdf>

Arano, S., Martínez, G., Losada, M., Villegas, M., Casaldàliga, A., & Bel, N. (2011). La comunidad «Recursos y datos primarios» de la Universitat Pompeu Fabra: los repositorios institucionales como infraestructuras científicas: estudio de caso. *Revista española de documentación científica*, 34(3), 385-407. <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/viewFile/704/780>

Arriola Zayas, J. C. (2016). Evaluación de los parámetros adecuados para la elaboración de madera plástica por compresión en caliente, a base de aserrín y polímero de reciclado primario, polietileno de alta densidad (HDPE) (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). Obtenido por: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3319/>

Asocaña, (2016). El sector azucarero colombiano más que azúcar, una fuente de energía renovable. Junio 2016 [en línea]. Disponible en: <https://www.asocana.org/modules/documentos/vistadocumento.aspx?id=10392>

Ayrilmis, N., Kaymakci, A., & Güleç, T. (2015). Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite. *Industrial Crops and Products*, 74, 279-284. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015300352>

Baño, V., Bustillo, R. A., Regueira, R., & Fernández, M. G. (2012). Determinación de la curva tensión-deformación en madera de *Pinus sylvestris* L. para la simulación numérica de vigas de madera libre de defectos. *Materiales de construcción*, (306), 269-284. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4242835>

Bajracharya, RM, Manalo, AC, Karunasena, W. y Lau, KT (2016). Caracterización de residuos sólidos plásticos mixtos reciclados: cupón e investigación a gran escala. *Gestión de residuos*, 48, 72-80. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302014>

Barrero Sánchez, D. I. (2009). Diagnóstico de viabilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de estibas de madera plástica (Bachelor's thesis, Universidad de La Sabana). Disponible en: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/2736>

Battistelle, R., Viola, N. M., Bezerra, B. S., & Valarelli, I. D. D. (2014). Physical and mechanical characterization of a recycled polypropylene and wood flour without additives. *Matéria* (Rio de Janeiro), 19(1), 7-15. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rosane_Battistelle/publication/265125437_Caracterizacao_fisica_e_mecanica_de_um_composito_de_polipropileno_reciclado_e_farinha_de_madeira_sem_aditivos/links/53ff79070cf2194bc29a82fc.pdf

Batista Ernesto de Moraes, J; Chaves Guimarães, José Augusto. (2006). Análisis documental de contenido de textos literarios narrativos en busca del diálogo entre las concepciones del aboutness/meaning y del recorrido temático/recorrido figurativo. *Scire: Representación y organización del conocimiento*. Vol. 12, Nº 1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2535167>

Bell, M; Fick, D; Ament, R; Lister, N.-M. (2020). The Use of Fiber-Reinforced Polymers in Wildlife Crossing Infrastructure. *Sustainability (2071-1050)*, 12(4), 1557. Disponible en:

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=c8c9979a-d382-449a-a4a4-920c7f59a3b6%40pdc-v-sessmgr06&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d>

Blanco, E., Fajardo, J., Carrasquero, E., Urbina, C., & León, J. B. (2020). Estudio de las propiedades a tensión de un material biocompuesto reforzado con haces de fibras cortas de bambú. *Revista UIS Ingenierías*, 19(3), 163-176. Disponible en:

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/10121>

Buitago, B., Henao, Á. P., Ayala, O., & Mejía, P. (2012). Tableros de partículas de polvillo de aserrín reforzados con subproductos reciclados (TAR). Disponible en:

<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/3259>

Buitrago, O. Y., Delgado, A. E., & Rodríguez, P. J. (2017). Análisis de Juntas Adhesivas Elaboradas con (Lámina de Madera Plástica) /(Adhesivo Ecológico)/ (Lámina de Madera Plástica). *Información tecnológica*, 28(2), 59-66. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000200007&script=sci_arttext

Cabezas, D. E. V., Hurtado, S. G. G., & Barragán, V. H. G. (2013). Materiales compuestos lignocelulósicos obtenidos mediante extrusión. *Revista Politécnica*, 32.

Disponible en:

http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/50

Cajiao Portela, M. D. (2011). Desarrollo de un proceso piloto de producción de madera plástica en el estado Carabobo Venezuela (Master's thesis). Obtenido por:

<http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/7947?show=full>

Caicedo, C., Arce, AV, Crespo, LM, de la Cruz, H. y Ossa, Ó. H. (2015). Material compuesto de matriz polipropileno (PP) y fibra de cedro: influencia del compatibilizante PP-g-MA. *Informador técnico*, 79 (2), 118-126. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5289853>

Chanhoun, M., Padonou, S., Adjovi, EC, Olodo, E. y Doko, V. (2018). Estudio de la implementación de residuos de madera, plásticos y poliestirenos para diversas aplicaciones en la industria de la construcción. *Materiales de construcción y construcción*, 167, 936-941. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818303234>

Chen, B., Luo, Z., Chen, H., Chen, C., Cai, D., Qin, P., y Tan, T. (2020). Wood and plastic compounds from lignocellulosic biomass fiber residues from biofuel processes: a comparative study on mechanical properties and weathering effects. *Valorización de residuos y biomasa*, 11 (5), 1701-1710. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0-85050685440&noHighlight=false&sort=plf-f&src=s&st1=madera+plastica&st2=&sid=50803799318ec02407f469e68d8bdcec&sot=b&sdt=b&sl=30&s=TITLE-ABS-KEY%28madera+plastica%29&relpos=0>

Campaña, O., & Guerrero, V. H. (2018). Caracterización Mecánica y Térmica de Ácido Poliláctico (PLA) Reforzado con Polvo de Bambú (PB). *Revista Politécnica*, 42(1), 17-24. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292018000400017

Carrizosa Umaña, Julio (1986). *Revista de la Academia colombiana de ciencias exactes, físicas y naturales*. Volumen 16. Número 60. Disponible en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/issue/view/102/205>

Caro, L. (2019). 7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos. Disponible en: <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>

Castro Zuluaga, J. F. (2010). Diseño de un molde para el formado continuo del perfil utilizado en la elaboración de tablas de madera plástica en la empresa Plasmaco (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT). Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2900/JorgeFederico_Castro_2010.PDF?sequence=3

Catto, A. L., Montagna, L. S., Almeida, S. H., Silveira, R. M., & Santana, R. M. (2016). Wood plastic composites weathering: Effects of compatibilization on biodegradation in soil and fungal decay. Apr. 2016. International Biodeterioration y Biodegradation, vol. 109, pp. 11-22. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289684538_Wood_plastic_composite_s_weathering_Effects_of_compatibilization_on_biodegradation_in_soil_and_fungal_decay

Córdoba, C., Mera, J., Rodríguez, J., & Hernández, D. M. (2010). Empleo de residuos plásticos reciclados para la fabricación de productos sostenibles ambientalmente. Revista Investigium IRE Ciencias Sociales y Humanas, 1(1), 60-69. Disponible en: <https://investigiumire.unicesmag.edu.co/index.php/ire/article/view/6>

Córdoba, R. F. L. (2019). Aprovechamiento de residuos termoplásticos y lignocelulósicos, para la producción láminas onduladas de madera plástica como una alternativa sostenible, para el techado de viviendas en el municipio de quibdó. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. Disponible en: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/174>

Cruz García, G. S., & Vael, L. (2017). El manejo de plantas silvestres alimenticias en escenarios de deforestación, ilustrado por una comunidad mestiza de la Amazonía Peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317101281_El_manejo_de_plantas_silvestres_alimenticias_en_escenarios_de_deforestacion_ilustrado_por_una_comunidad_mestiza_de_la_Amazonia_Peruana

Dávila, J. L., Galeas, S., Guerrero, V. H., Pontón, P., Rosas, N. M., Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (2011). Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4532>

Decreto Supremo N° 005-2016-MINAM. 19 de Julio del 2016. Diario Oficial El Peruano. Perú. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2016/07/DS_005-2016-MINAM.pdf

Dimitriou, A., Hale, MD y Spear, MJ (2016). The effect of four surface activation methods to improve the adhesion of wood polymer composites (WPC). Revista Internacional de Adhesión y Adhesivos, 68, 188-194. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143749616300495>

Escobar Aranzazu, Lina E; Bolado Lopez, Jaime A; Salamanca Gonzalez, Olga P. (2020). La imagen y la narrativa como herramientas del abordaje psicosocial en escenarios de violencia. Bogotá DC. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33772>

Gallegos León, G. (2019). Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas de compósitos elaborados a partir de matrices de cenizas de bagazo de caña y madera con poliestireno expandido. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1470

Garza Elizondo, G. (2016). Transformación del bagazo de agave para el desarrollo de nuevos materiales (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/13673/1/1080238191.pdf>

Garzón, L. R., Carmona, E. R., & Cubillos, A. E. (2016). Madera plástica. Un producto amigo del planeta. Semilleros, 3(5), 41-41. Disponible en: <https://revistas.fio.unam.edu.ar/index.php/semillero/article/view/71>

Godínez Martínez, Verónica L. (2013). Métodos, técnicas e instrumentos de investigación. Lima, Perú. Disponible en: http://www.academia.edu/download/33109969/Metodos_tecnicas_e_instrumentos_de_investigacion.pdf.

González-Mancilla, Y. (2016). Propiedades mecánicas de un compuesto polimérico hecho de polietileno de baja densidad reciclado y reforzado con fibras de madera natural. *Ingenio Magno*, 6(2), 76-85. Disponible en: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:OtdivJasr2oJ:scholar.google.com/+Propiedades+mec%C3%A1nicas+de+un+compuesto+polim%C3%A9rico+hecho+de+polietileno+de+baja+densidad+reciclado+y+reforzado+con+fibras+de+madera+natural&hl=es&as_sdt=0,5

Gómez, J. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico—botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte (tesis de pregrado). *Universidad Santo Tomás, Facativá, Colombia*. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Greenpeace. *Plásticos en los océanos*. (2016). *Datos, comparativa e impactos*. Disponible en: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Informes-2016/Agosto/Plasticos-en-los-oceanos/>

Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2004). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. Disponible en: [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:bBLqQqggo_oJ:scholar.google.com/+Hern%C3%A1ndez+Sampieri,+Roberto%3BFern%C3%A1ndez+Collado,+Carlos%3B+Baptista+Lucio,+Pilar.+\(2004\).+Metodolog%C3%ADa+de+la+Investigaci%C3%B3n.+McGraw-Hill+Interamericana&hl=es&as_sdt=0,5&scioq=Gomez,+J.+\(2016\).+Diagn%C3%B3stico+Del+Impacto+Del+Pl%C3%A1stico+-+Botellas+Sobre+El+Medio+Ambiente.+Cundinamarca.+Retrieved+from+](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:bBLqQqggo_oJ:scholar.google.com/+Hern%C3%A1ndez+Sampieri,+Roberto%3BFern%C3%A1ndez+Collado,+Carlos%3B+Baptista+Lucio,+Pilar.+(2004).+Metodolog%C3%ADa+de+la+Investigaci%C3%B3n.+McGraw-Hill+Interamericana&hl=es&as_sdt=0,5&scioq=Gomez,+J.+(2016).+Diagn%C3%B3stico+Del+Impacto+Del+Pl%C3%A1stico+-+Botellas+Sobre+El+Medio+Ambiente.+Cundinamarca.+Retrieved+from+)

Horta, J. F., Simões, F. J., & Mateus, A. (2017). Study of wood-plastic composites with reused high density polyethylene and wood sawdust. *Procedia Manufacturing*, 12, 221-229. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306157>

Isan, A. (Noviembre 2017). Los Neumáticos, Grandes Contaminantes. *Ecología verde*. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/los-neumaticos-grandescontaminantes-419.html>

Kallakas, H., Poltimäe, T., Süld, T. M., Kers, J., & Krumme, A. (2015). The influence of accelerated weathering on the mechanical and physical properties of wood-plastic composites. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/276415462_The_influence_of_accelerated_weathering_on_the_mechanical_and_physical_properties_of_wood-plastic_composites

Kajaks, J., Kalnins, K., & Naburgs, R. (2018). Wood plastic composites (WPC) based on high-density polyethylene and birch wood plywood production residues. *International Wood Products Journal*, 9(1), 15-21. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20426445.2017.1410997>

Karger-Kocsis, J. y Polypropylene, S. (1995). *Mezclas y composites*. Cap . 9 , 273.

La Mantia, F. (2002). *Handbook of plastics recycling*. iSmithers Rapra Publishing. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TBrOGJqvqcMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=La+Mantia,+F.+\(2002\).+Handbook+of+Plastics+Recycling.+\(F.+La+Mantia,+E.d.\)+Shawbury,+Shrewsbury,+Shropshire,+United+Kingdom:+Rapra+Technology+Limited.+&ots=7GPGqJIBXe&sig=kDQ6qGfnGG8vDzSxCwUqoWZrJZ0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=TBrOGJqvqcMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=La+Mantia,+F.+(2002).+Handbook+of+Plastics+Recycling.+(F.+La+Mantia,+E.d.)+Shawbury,+Shrewsbury,+Shropshire,+United+Kingdom:+Rapra+Technology+Limited.+&ots=7GPGqJIBXe&sig=kDQ6qGfnGG8vDzSxCwUqoWZrJZ0#v=onepage&q&f=false)

Lasso, M. A. (30 de Mayo de 2018). ONU Medio Ambiente. Obtenido de América Latina y el Caribe, lucha contra el plástico en el Día Mundial del Medio Ambiente. Disponible en: <http://www.worldenvironmentday.global/es/am%C3%A9rica-latina-y-el-caribeluchacontra-el-pl%C3%A1stico-en-el-d%C3%ADa-mundial-del-medio-ambiente>

Laville, S., & Taylor, M. (2017). El mundo compra un millón de botellas de plástico por minuto que acaban en vertederos o en el mar. The Guardian, 3-7. Disponible en: https://www.eldiario.es/internacional/theguardian/compra-botellas-plasticomayoria-vertederos_1_3309129.html

Lemus, J. E. G. (2019). Polimeros reciclados como aglutinantes en la elaboración de madera plástica y su efecto sobre las condiciones de proceso. Revista científica Ingeniería y Ciencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar, 2(20). Disponible en: <http://www.revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/riyc/article/view/973>

López, Y. M., González, M. G., & Rodríguez, E. M. (2015). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la industria de tablero en Cuba. *Avances*, 16(2), 91-99. Disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/50>

López, Y. M., Paes, J. B., Rodríguez, E. M., Gustave, D., & Gonçalves, F. G. (2018). Wood particleboards reinforced with thermoplastics to improve thickness swelling and mechanical properties. *Cerne*, 24(4), 369-378. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-77602018000400369&script=sci_arttext

Lopez, Y. M., Paes, J. B., Gustave, D., Gonçalves, F. G., Méndez, F. C., & Nantet, A. C. T. (2020). Production of wood-plastic composites using cedrela odorata sawdust waste and recycled thermoplastics mixture from post-consumer products- A sustainable approach for cleaner production in Cuba. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118723. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619335930>

Lucana Masías, D. Í. (2008) Diseño de un molde para la fabricación de probetas de materiales compuestos de matriz plástica y refuerzos de fibras naturales mediante compresión térmica. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/880/LUCANA_MASIAS_DANTE_PROBETAS_MATERIALES_COMPUESTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maderpol S.A.S. (5 de Enero de 2012). Maderpol. Recuperado el 8 de Julio de 2013, de <http://maderpol.com.co/>

Martins, G., Antunes, F., Mateus, A., & Malça, C. (2017). Optimization of a wood plastic composite for architectural applications. *Procedia Manufacturing*, 12, 203-220. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306145>

Martínez-López, Y., Fernández-Concepción, R. R., Álvarez-Lazo, D. A., García-González, M., & Martínez-Rodríguez, E. (2014). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(3), 227-236. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182014000300007

Martínez López, Y; García Gonzales, M. (2015). La capacitación como eslabón base para el proceso productivo del tablero de madera plástica en Cuba. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (2015_12). Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2015/12/madera.html>

Martínez-López, Y., García-Gonzalez, M., Fernández-Concepción, R. R., Álvarez-Lazo, D., & Martínez-Rodríguez, E. (2017). Proceso de transformación de la materia prima para tableros de madera plástica. *Ingeniería Industrial*, 38(3), 235-246. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rii/v38n3/rii020317.pdf>

Maraveas, C. (2020). Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes. *Materials (1996-1944)*, 13(2), 262. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=141759711&lang=es&site=eds-live>

Marín-González, F., Cabas, L. D. J., Cabas, L. C., & Paredes-Chacín, A. J. (2018). Formación Integral en Profesionales de la Ingeniería. Análisis en el Plano de la Calidad Educativa. *Formación universitaria*, Vol. 11. N°1, Pp.13-24. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/formuniv/v11n1/0718-5006-formuniv11-01-00013.pdf>

Martínez-López, Y., García-Gonzalez, M., Fernández-Concepción, R. R., Álvarez-Lazo, D., & Martínez-Rodríguez, E. (2017). Proceso de transformación de la materia prima para tableros de madera plástica. *Ingeniería Industrial*, 38(3), 235-246. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362017000300002

Martínez López, Y., Paes, J. B., & Martínez Rodríguez, E. (2018). Propiedades ignífugas de tableros de madera plástica producidos con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados. *Madera y bosques*, 24(2). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712018000200208

Martinez-Lopez, Y., Paes, J. B., Gonçalves, F. G., Martínez-Rodríguez, E., & Medeiros Neto, P. N. D. (2020). Physico-Mechanical Properties of Wood-Plastic Produced with Forest Species and Thermoplastic Materials. *Floresta e Ambiente*, 27(2). Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-80872020000200132&script=sci_arttext

Mazzanti, V., & Mollica, F. (2015). In-line rheometry of polypropylene based wood polymer composites. *Polymer Testing*, 47, 30-35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941815001890>

Mertens, O., Benthien, JT y Krause, A. (2018). Monitoring of fibre dimensions after a novel wood-plastic compounding approach. *Revista europea de maderas y productos de maderas*, 76 (2), 801-804. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2410649632?fromopenview=true&pq-origsite=gscholar>

Moreno, P. A., Ballerini, A., Gacitúa, W., & Rodrigue, D. (2017). Extrusion of foamed wood-plastic composites. Part I: Physical and morphological characterization. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales*, 23(3). Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=3b302111-f577-4c92-8727-7b60e356abf0%40sdc-v-sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d>

Moreno, P., Rodrigue, D., Giroux, Y., Ballerini, A., & Gacitúa, W. (2013). Morphological and mechanical characterization of recycled thermoplastic foams reinforced with wood sub-products. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 15(1), 3-16. Obtenido por: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2013000100001

Moscoso Loaiza, L. F., & Díaz Heredia, L. P. (2018). Aspectos éticos en la investigación cualitativa con niños. *Revista latinoamericana de bioética*, 18(1), 51-67. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S165747022018000100051&script=sci_abstract&tlng=pt.

Moya Villablanca, C., Poblete Wilson, H., & Valenzuela Hurtado, L. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de compuestos de polietileno reciclado y harinas de corteza y madera de *Pinus radiata* fabricados mediante moldeo por inyección. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 14(1), 13-28. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2012000100002&script=sci_arttext

Moya-Villablanca, C., Osés-Pedraza, R., Poblete-Wilson, H., & Valenzuela-Hurtado, L. (2014). Efectos del contenido de harina de corteza y madera de *Pinus radiata* sobre la biodegradación acelerada de compuestos madera-plástico. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(1), 37-48. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2014000100004&script=sci_arttext&tlng=en

Miki, T., Seki, M., Tanaka, S., Sobue, N., Shigematsu, I. y Kanayama, K. (2014). Preparation of composite wood plastic sheets by lateral extrusion of solid woods using their fluidity. *Ingeniería de procedimientos*, 81, 580-585. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814013150>

Müzel, D. (2017). Estudo da usinagem dos compósitos plástico madeira e madeira plástica. Disponible en: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/149930>

Naghmouchi, I., Boufi, S., Delgado, M., Granda, L., Vilaseca, F., & Mutjé, P. (2013). Fabricación de madera plástica a partir de serrín de hueso de aceituna y polipropileno. In XIII Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales (Vol. 17). Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Marc_Delgado-Aguilar/publication/265216350_FABRICACION_DE_MADERA_PLASTICA_A_PA

[RTIR DE SERRIN DE HUESO DE ACEITUNA Y POLIPROPILENO/links/5405adbd0cf23d9765a720ff/FABRICACION-DE-MADERA-PLASTICA-A-PARTIR-DE-SERRIN-DE-HUESO-DE-ACEITUNA-Y-POLIPROPILENO.pdf](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066)

Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Muhd, M. Z. (2015). A global review of energy consumption, CO₂emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843–862. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>

Nourbakhsh, A., & Ashori, A. (2009). Preparation and properties of wood plastic composites made of recycled high-density polyethylene. *Journal of Composite Materials*, 43(8), 877-883. Obtenido por: https://www.researchgate.net/publication/249354709_Preparation_and_Properties_of_Wood_Plastic_Composites_Made_of_Recycled_High-density_Polyethylene

Ortiz Villalta, A. M. (2015). Evaluación de las propiedades fisicomecánicas de la madera plástica elaborada a partir de mezclas de residuos de aserrín y polietilentereftalato reciclado (Pet reciclado) (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3214/1/Aurora%20Mar%C3%ADa%20Ortiz%20Villalta.pdf>

Ospina Restrepo, C. A. (2015). Evaluación de las propiedades mecánicas de los perfiles extruidos a partir de mezclas de polímeros reciclados para la fabricación de estibas de maderas plásticas en Maderpol SAS (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT). Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8299/CarlosArturo_OspinaRestrepo_2015.pdf?sequence=2

Osswald, T., Menges, G., Flórez, J., & Flórez, L. (2010). Ciencia de polímeros para ingenieros. Bogotá: Guaduales. RELX GROUP.(2017). Informe de Precios Mensual de Plásticos. Toronto: ICIS. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8299/CarlosArturo_OspinaRestrepo_2015.pdf?sequence=2

Páez, R. G. (2014) La madera laminada de pino caribe dentro del proceso de desarrollo sustentable de la construcción. caso de estudio: arcos bi y triarticulados. Obtenido por: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:iLvJDpINHIJ:scholar.google.com/+La+madera+laminada+de+pino+caribe+dentro+del+proceso+de+desarrollo+sustentable+de+la+construcci%C3%B3n.+Caso+de+estudio:+arcos+bi+y+triararticulados.&hl=es&as_sdt=0,5

Polanco Ramírez, S. R., & Quispe Baldeón, L. (2019). Aprovechamiento de tereftalato de polietileno (PET) reciclado y residuo aserrín de madera para el desarrollo de un compuesto plástico-madera. Obtenido por: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2080>

Plastic Europe (2017). The Facts-2017. An analysis of European plastics production, demand and waste. Disponible en: https://www.plasticseurope.org/application/files/1715/2111/1527/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website.pdf

Rahimi, S., Nikbin, IM, Allahyari, H. y Habibi, S. (2016). Enfoque sostenible para el reciclaje de llantas de desecho de caucho y tereftalato de polietileno (PET) para producir concreto verde con resistencia contra el ataque de ácido sulfúrico. Journal of Cleaner Production, 126, 166-177. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616301433>

Ratanawilai, T., & Taneerat, K. (2018). Alternative polymeric matrices for wood-plastic composites: Effects on mechanical properties and resistance to natural weathering. Construction and Building Materials, 172, 349-357. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818307761>

Reyes, J. A. S., & Herrera, F. R. V. (2019). Uso de materiales compuestos de polimeros con fibras naturales NFC en Colombia: perspectivas y oportunidades/Use of polymer composite materials with natural NFC fibers in Colombia: perspectives and opportunities. *Informador Tecnico*, 83(2 S1), 17-21. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA612929124&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=0122056X&p=IFME&sw=w>

Rodríguez Salas, P. J. (2016). Propuesta de plan de negocios para la implementación de una empresa productora de madera plástica a partir del reciclaje de polietileno de alta densidad y otros materiales termoplásticos, Arequipa 2015. Obtenido por: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_912d206c51206f51eef1fc4702c5cc64

Rojas Briceño, N. B., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Oliva Cruz, S. M., & Salas López, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2538, 1–34. Disponible en: <https://bage.agegeografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2538/2555>

Rubiano Fernández, L; Silva Pérez, A; Barrera Valero, O; Orozco, W; Quesada, F; Diaz, M; Gaviria, L. (2013). Manejo de los materiales plásticos reciclados y mejoramiento de sus propiedades. *INGE@ UAN-Tendencias en la Ingeniería*, 1(2). Disponible en: <http://revistas.uan.edu.co/index.php/ingeuan/article/view/201>.

Salgado Lévano, A. C. (2007). Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 13(13), 71-78. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28235566_Investigacion_cualitativa_Disenos_evaluacion_del_rigor_metodologico_y_retos

Schettini, P; Cortazzo, I. (2015). Análisis de datos cualitativos en la investigación social. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/49017>

Schwartz, Jill; Julian Smith. (2015). La deforestación en el Perú. Disponible en: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/la_deforestacion_en_el_peru.pdf

Sinchi Guerrero, J. L. (2018). Experimentación de los plásticos HDPE y PP reciclados como materia prima para la generación de mobiliario (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8136>

Silva Aldás, C. A. (2017). *Estudio de maderas en acabados interiores y mobiliario para conjuntos habitacionales en Ambato* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Diseño, Arquitectura y Artes. Carrera de Espacios Arquitectónicos). Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26750>

Sozen, E., Aydemir, D., & Zor, M. (2017). The effects of lignocellulosic fillers on mechanical, morphological and thermal properties of wood polymer composites. *Drvna industrija: Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije*, 68(3), 195-204. Obtenido por: https://www.researchgate.net/publication/320202674_The_Effects_of_Lignocellulosic_Fillers_on_Mechanical_Morphological_and_Thermal_Properties_of_Wood_Polymer_Composites

Teuber, L., Osburg, V. S., Toporowski, W., Militz, H., & Krause, A. (2016). Wood polymer composites and their contribution to cascading utilisation. *Journal of Cleaner Production*, 110, 9-15. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615003522>

Tuárez Navarrete, D. H., & Correa Pillajo, G. M. (2019). Caracterización de un compuesto de madera plástica obtenido mediante extrusión y reforzado con polvo de bambú y nanoarcillas (Bachelor's thesis, Quito, 2019.), Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19937/1/3_TRABAJO_DE_TITULACION_Correa_Pillajo-Tuarez_Navarrete.pdf

Valarezo Jaramillo, L. E. (2013). Obtención experimental de un material biocompuesto a base de una matriz polimérica y reforzada con fibras naturales de guadúa angustifolia proveniente del Ecuador (Bachelor's thesis). Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5114>

Valles-Rosales, D. J., Méndez-González, L. C., Rodríguez-Picon, L. A., del Valle-Carrasco, A., & Alodan, H. A. (2016). Wood chile peppers stalks-plastic composite production. Maderas. Ciencia y tecnología, 18(1), 179-190. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718->

Vargas Cordero, Zoila Rosa. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista Educación. Vol. 33, núm. 1, pp. 155-165. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

Velázquez, Á. G., Moreno, M. G. A., Casados-Pérez, M. A., & Páez, R. A. B. (2013). Madera plástica con PET de post consumo y paja de trigo. Ciencia y tecnología, (13), 25-40. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4843849>

Vicuña Vicuña, D. D. (2016). Obtencion de biocompuestos a partir de residuos de madera (sawdust) y resina termoplastica (Bachelor's thesis). Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12705/1/UPS-CT006574.pdf>

Villamar Cabezas, D. E. (2013). Caracterización de materiales compuestos lignocelulósicos obtenidos mediante extrusión (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2013). Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6164>

Yañez, A. E. (2016). Tratamiento superficial de materiales compuestos de madera y plástico (WPCs) para mejorar sus propiedades de adhesión (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=134019>