

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DEL DURAZNO
EN COLOMBIA.**

DIANA CAROLINA LOZANO PLAZA

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

DIRECTOR

**JUAN ANDRÉS SANDOVAL HERRERA
INGENIERO QUÍMICO, M.SC.**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. mayo de 2022

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada Garcia-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS	10
1.1. Objetivo general	10
1.2. Objetivos específicos	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Durazno	11
2.1.1. <i>Composición nutricional y química del durazno</i>	12
2.1.2. <i>Producción del durazno en Colombia</i>	13
2.2. Residuos de la producción de durazno	15
2.2.1. <i>Endocarpio</i>	16
2.2.2. <i>Semilla</i>	16
3. ALTERNATIVAS PARA APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DURAZNO	18
3.1. Extracción de aceite de la semilla	18
3.2. Coagulantes en el tratamiento de aguas	20
3.3. Producción de ácido cianhídrico y belzaldehído	23
3.4. Desarrollo de materiales para aplicaciones constructivas a partir del endocarpio del durazno	25
3.5. Obtención de carbón activado	28
3.6. Generación de energía usando el endocarpio del durazno	29
3.7. Obtención de fibra dietaria a partir del durazno	30
3.8. Ensilaje líquido de residuos de durazno para alimentación animal	32
3.9. Obtención de etanol a partir de residuos orgánicos de frutas	34
3.10. Compostaje	35
3.11. Esquema conceptual de biorrefinería a partir de los residuos de durazno	37
4. CONCLUSIONES	38
5. RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Morfología del durazno	11
Figura 2. Producción nacional de durazno por departamento en 2019	14
Figura 3. Producción nacional de durazno entre el año 2010 y el 2020	15
Figura 4. Esquema biorrefinería a partir de residuos de durazno	37

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Porcentaje de carozo y semilla en el durazno	12
Tabla 2. Composición nutricional del durazno	13
Tabla 3. Caracterización de la semilla del durazno	17

RESUMEN

Existen diferentes variedades de durazno (*Prunus persica*) en Colombia, que se cultivan en altitudes entre los 1,400 y 2,600 metros sobre el nivel del mar. Para el 2019 la producción en Colombia fue de 30,038 toneladas de durazno según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del año 2019, donde la principal producción se encontró en el departamento de Santander con un 37.76 %, seguido por los departamentos de Norte de Santander con un 33.55%, Boyacá con 24.14%, Cundinamarca con 2.38 %, Huila 2.13% y Tolima con 0.27%. Para el 2020, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción fue de 32,985 toneladas. El peso de la fruta varía entre 100 y 160 g, de los cuales aproximadamente entre el 88% y el 92% corresponden a la pulpa (mesocarpio); por lo tanto, en el 2019 se tuvieron más de 2,403 toneladas de residuos del durazno y en el 2020 más de 2,638 toneladas.

La producción y uso del durazno en diferentes procesos, genera diversos residuos, dentro de los cuales se encuentran los subproductos del durazno, como es el caso de la cáscara (exocarpio), el hueso (endocarpio), la semilla y las frutas muy maduras que no se pueden usar para la producción de algunos alimentos; estos residuos podrían ser aprovechados teniendo en cuenta sus propiedades y de esta forma evitar que los mismos sean desechados.

Por lo anterior, este documento tiene como objetivo determinar alternativas para el aprovechamiento de los residuos de la producción de durazno en Colombia, de acuerdo con sus características fisicoquímicas, con el fin de promover una economía circular y contar con una producción más limpia, teniendo en cuenta la cantidad de residuos que se generan al año.

Palabras clave: Aprovechamiento, residuos, durazno.

INTRODUCCIÓN

La agroindustria transforma las materias primas en productos con valor agregado a través de diferentes procesos y operaciones unitarias, generando una alta producción de residuos, que pueden ser tratados con el fin de reducir los impactos por su disposición, convirtiéndolos en productos útiles y de mayor valor agregado, que pueden producir ingresos adicionales (Cury et al., 2017, p. 122).

Para el 2019 la producción en Colombia de durazno (*Prunus persica*) fue de 30,038 toneladas según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del año 2019 (DANE, 2019), principalmente en los departamentos de Norte de Santander, Santander y Boyacá, mientras que de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para el 2020 fue de 32,985 toneladas. Aproximadamente, entre el 88% y el 92% de la fruta del durazno corresponde a la pulpa (mesocarpio), que es la parte de la fruta más utilizada en la agroindustria para elaborar diferentes productos alimenticios; esto significa que para el 2019 se tuvieron más de 2,403 toneladas de residuos del durazno y para el 2020 más de 2,638 toneladas, que corresponden principalmente a la cáscara (exocarpio), hueso (endocarpio), semilla y frutas muy maduras que no se pueden usar en la producción de algunos alimentos.

En virtud de lo anterior y considerando la cantidad de residuos producidos al año, esta monografía evalúa diferentes alternativas de aprovechamiento de los residuos de la producción del durazno en Colombia, teniendo en cuenta sus características fisicoquímicas. Esto con el fin de dar una valorización a estos residuos y reducir los impactos ambientales y costos que genera la disposición de los mismos, generando beneficios económicos para las comunidades y las agroindustrias.

Así mismo, es importante mencionar que el aprovechamiento de los residuos de la producción de durazno promovería una producción más limpia dentro de una economía circular.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Determinar alternativas para el aprovechamiento de residuos de la producción del durazno en Colombia.

1.2. Objetivos específicos

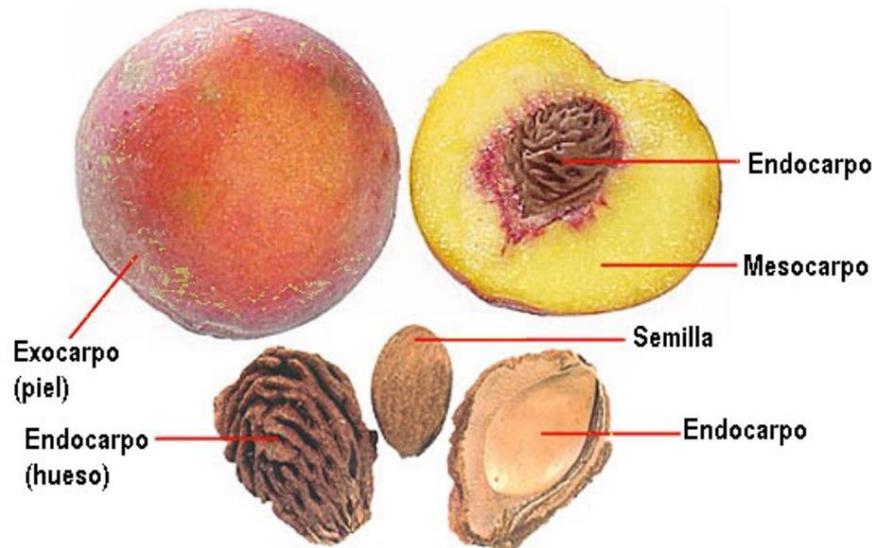
1. Identificar los tipos de residuos que se generan en la producción del durazno y las cantidades de los mismos.
2. Describir las características fisicoquímicas de los residuos generados en la producción del durazno.
3. Definir las alternativas para el aprovechamiento de los residuos, de acuerdo con las características de los mismos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Durazno

El durazno (*Prunus persica*) es originario de China, pertenece a la familia de la Rosaceae, subfamilia Prunoideae, subgénero Amygdalus (L.); el fruto es una drupa con un diámetro que oscila entre 4 y 10 cm, y presenta colores entre amarillos y rojos. El durazno es una fruta recomendada para personas que sufren de diabetes, reumatismo, debilidad pulmonar, infecciones de hígado, hipertensión arterial (Miranda, Fischer y Carranza, 2013, p. 52). El peso de la fruta varía entre 100 y 160 g, de los cuales aproximadamente entre el 88% y el 92% corresponden a la pulpa (mesocarpo). En la Figura 1 se observa la morfología del durazno.

Figura 1.
Morfología del durazno



Nota: La figura representa la morfología del durazno. Tomado de: Universidad Politécnica de Valencia. Práctica No. 10: Morfología de los frutos de Biología y Botánica. <http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Clasificacion%20Frutos.pdf>

Como se observa en la Figura 1 el exocarpo o exocarpio corresponde a la parte exterior del fruto, también conocida como la cáscara o piel, la cual suele ser aterciopelada y delgada. Por su parte, el mesocarpo o mesocarpio corresponde a la parte carnosa del

fruto, que es comestible y se conoce como pulpa. Mientras que el endocarpo o endorcapio, también conocido como carozo o hueso, es la capa dura que contiene la semilla. En la Tabla 1 se presenta el porcentaje de endocarpo o carozo y de semilla en el fruto.

Tabla 1.
Porcentaje de carozo y semilla en el durazno

Parte del durazno	Porcentaje
Carozo % Fruta	7.5 - 12
Semilla % Carazo	5 - 8

Nota: Esta tabla muestra el porcentaje de carozo en el durazno y el porcentaje de semilla en el carozo. Modificado de: Funes, J.A. (1978), Estudio de la composición química de la semilla y de los aceites de semilla de frutos de especies de "Prunus" de producción nacional. Harinas de extracción y aislamiento de proteínas. [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1538_Funes.pdf.

2.1.1. Composición nutricional y química del durazno

En la composición química del durazno se encuentran los carotenoides, que son los responsables del color, siendo el principal pigmento de la pulpa la criptoxantina. La gran cantidad de carotenoides trabaja como antioxidante y retrasa el envejecimiento. La piel del durazno contiene antocianinas. Así mismo, el durazno contiene gran cantidad de potasio y de vitamina C, que beneficia el crecimiento y desarrollo de las personas, evita enfermedades respiratorias y ayuda a la cicatrización (Guerrero, 2022, p. 13).

El durazno se puede considerar como un fruto moderadamente calórico, teniendo un aporte energético de 40 kilocalorías; adicionalmente, contiene aproximadamente un 87% de agua y bajos contenidos de proteína (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 20).

Tabla 2.

Composición nutricional del durazno

Componente	100 g de durazno
Carbohidratos	9.9 g
Fibra	1.5 g
Proteína	0.9 g
Vitamina A	326 UI
Vitamina C	6.6 mg
Potasio	190 mg
Calcio	6 mg
Hierro	0.3 mg
Zinc	0.2 mg

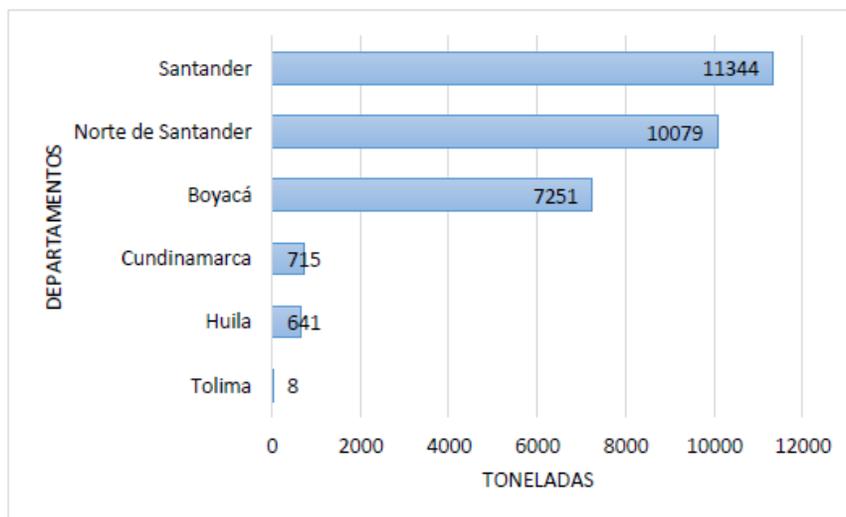
Nota: Composición nutricional del durazno. Tomado de: Obtención de una bebida fermentada alcohólica a base de mosto de durazno abierto. Tomado de: Pérez Villarroel, D. J. (2019). Obtención de una bebida fermentada alcohólica a base de mosto de durazno abridor (*Prunus persica*). [Trabajo de grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.1.2. Producción del durazno en Colombia

En Colombia la producción de durazno se da principalmente en los departamentos de Santander, Norte de Santander y Boyacá, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del año 2019. Para ese año la producción a nivel nacional fue de un total de 30,038 toneladas (DANE, 2019). En la Figura 2 se observa la producción de durazno en toneladas por departamento para el 2019.

Figura 2.

Producción nacional de durazno por departamento en 2019.

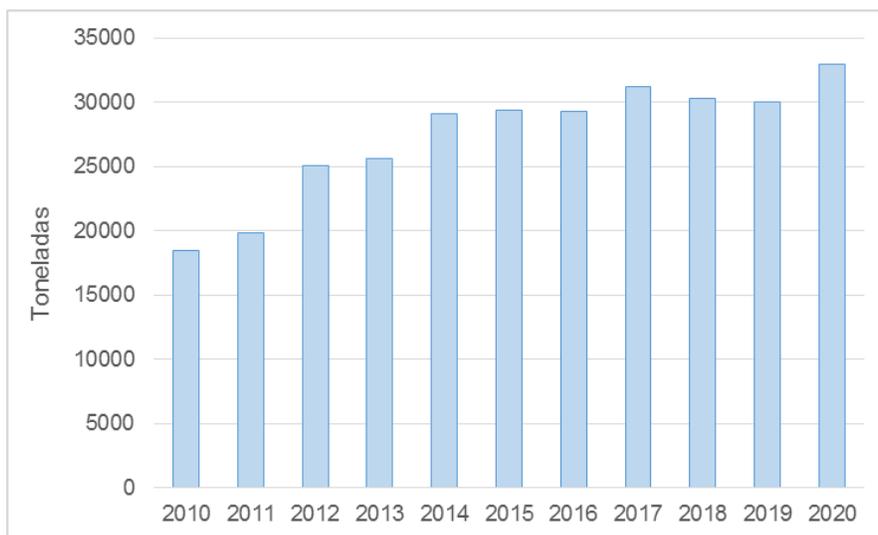


Nota: La figura representa las toneladas producidas por departamento. Tomado de: Departamento Nacional de Estadística –DANE- (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria –ENA- <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>

Adicionalmente, la FAO tiene registro de la producción de durazno de los últimos 10 años, y como se puede observar en la Figura 3, se ha presentado un incremento a través de los años, alcanzando una producción para el 2020 de 32,985 toneladas.

Figura 3.

Producción nacional de durazno entre el año 2010 y el 2020.



Nota: La figura representa las toneladas producidas por año. Tomado de: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, -FAO-. FAOSTAT – Comparar Datos. <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>.

En Colombia existen diferentes variedades entre las que se encuentran el amarillo, diamante, dorado, rey negro, rubidoux y rojo injerto. Esta fruta se cultiva en zonas con temperaturas entre 13°C y 19°C, entre los 1,400 y 2,600 metros sobre el nivel del mar.

2.2. Residuos de la producción de durazno

Aproximadamente entre el 88% y el 92% de la fruta del durazno corresponden a la pulpa (mesocarpio) que es la parte de la fruta más utilizada en la agroindustria para elaborar diferentes productos alimenticios, como conservas, mermeladas, jugos y pulpas. Esto quiere decir que los residuos de la producción del durazno corresponden principalmente a la cáscara o exocarpio, al carozo o endocarpio, a la semilla y a las frutas que son rechazadas durante la selección de materia prima en las industrias.

De acuerdo con la Tabla 1, entre el 7,5% y el 12% de la fruta corresponde al endocarpio o carozo, que contiene la semilla, siendo estas dos partes los principales residuos. Por

consiguiente, en Colombia, para el 2019 se tuvieron más de 2,403 toneladas de residuos del durazno, y para el 2020 más de 2,638 toneladas.

A continuación se presenta una descripción de los principales residuos del durazno:

2.2.1. Endocarpio

Corresponde a la capa que contiene la semilla, conocida también con el nombre de hueso o carozo. El endocarpio está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo cual es duro y tiene como función proteger la semilla de los depredadores; es permeable al agua y al oxígeno, y permite dejar respirar a la semilla cuando cae del árbol (Molina, 2016, p. 18).

En la caracterización del endocarpio se tiene que éste está conformado por células esclereidas del tipo braquiesclereidas, que son células muertas, sus paredes son secundarias y lignificadas; la lignina es la responsable de la rigidez de la pared y protege los otros componentes de la pared celular contra ataques físicos, químicos y biológicos. La densidad aproximada del endocarpio es de 235 kg/m³ y el contenido de humedad de 2.49% (Molina, 2016, p. 67).

2.2.2. Semilla

La caracterización de la semilla del durazno se presenta en la Tabla 3 (tomada del trabajo de grado “Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor”, de Angarita (2019), donde se realizó la caracterización a partir de 10 semillas tomadas al azar.

Tabla 3.*Caracterización de la semilla del durazno*

PROPIEDAD	VALOR
Diámetro aritmético (mm)	9.1523
Diámetro geométrico (mm)	8.1231
Esfericidad	0.5789
Densidad de partícula (g/mL)	0.2147
Densidad aparente aireada (g/mL)	0.1252
Densidad aparente empacada (g/mL)	0.123
% comprensibilidad	1.7699
Factor de forma	0.158
Área superficial (mm ²)	175.59
Humedad en base seca (%)	10.9341
Ángulo de reposo estático (°)	31.80
Ángulo de reposo dinámico (°)	30.5

Nota: La tabla presenta la caracterización de la semilla del durazno. Tomado de: Angarita Ruiz, M. P. (2019). Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor. [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América.

Alrededor del 50% del peso de las semillas del durazno corresponde a aceite con importantes propiedades terapéuticas y nutricionales, debido a la presencia de ácidos grasos insaturados, alto contenido de ácido oleico (58%), linoleico (32%) y ácido palmítico (8%) y componentes antioxidantes (Ortiz, 2017, p. 25).

Ese alto porcentaje de aceite en la semilla puede ser una fuente viable para destinarlo en la industria de alimentos o como fuente de alimentación animal, así como en la industria cosmética para hacer jabones y cremas, teniendo en cuenta que se absorbe rápidamente (Ortiz, 2017, p. 26).

3. ALTERNATIVAS PARA APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DURAZNO

A continuación, se presentan algunas alternativas para el aprovechamiento de los residuos de producción del durazno: semilla, endocarpio, frutas desechadas (principalmente pulpa y cáscara), con base en las características principales de cada uno.

3.1. Extracción de aceite de la semilla

Teniendo en cuenta que la semilla del durazno tiene un contenido de aceite de alrededor del 50%, incluyendo los ácidos linoleico y oleico, y compuestos antioxidantes, se han realizado diferentes estudios para la obtención de este aceite esencial.

Es el caso del trabajo de grado de la Fundación Universidad América sobre la obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método Soxhlet y arrastre de vapor el cual consistió en evaluar la extracción de aceite de la semilla de durazno proveniente de una empresa de jugos y pulpas naturales (Angarita, 2019). Para esto, el autor realizó diferentes pruebas experimentales utilizando n-hexano y Etanol, con diferentes tamaños de partícula de 0.425 mm, 0.825 mm y 2.00 mm, y tiempos de extracción para el Soxhlet de 4.5 y 6 horas, y para arrastre de vapor de 2.5 y 7 horas (Angarita, 2019, p. 49).

Los mejores resultados de rendimiento del diseño experimental para la obtención de aceite fueron del 54% con el método Soxhlet para el n-hexano con 0.425 mm y 4 horas, y de 16.8% para el etanol con 0.425 mm y 4 horas, donde se determinó que los mejores rendimientos se tienen con menores tamaños de partícula (Angarita, 2019, p. 130).

La caracterización del aceite extraído concluyó que el contenido de ácidos grasos fue bajo al igual que el grado de insaturación, lo que permite que este aceite se pueda utilizar a nivel alimenticio por sus compuestos (Angarita, 2019, p. 130).

Esta investigación permite evidenciar un aprovechamiento de la semilla del durazno que hace parte de los residuos de una empresa, lo que evidencia una manera de obtener un beneficio de los residuos del durazno.

Así mismo, en el artículo “Influencia del tiempo, tamaño de partícula y proporción sólido-líquido en la extracción de aceite crudo de almendra de durazno (*Prunus persica*)” de la revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, evaluaron tres variables para la extracción de aceite con hexano, el tiempo de extracción (30, 60 y 90 minutos), tamaño de partícula de la almendra (0.5, 1 y 2 mm) y la proporción del sólido y el solvente (1:2, 1:3 y 1:4) (Chamorro y Huamán, 2010, p. 1).

Para la extracción del aceite, realizaron una molienda de la almendra y posteriormente un tratamiento térmico a las semillas, utilizando una estufa a 105 °C por 15 minutos lo que permitió que el aceite se fluidizara; luego procedieron a realizar la extracción química con el hexano, y finalmente la separación del solvente del aceite mediante destilación (Chamorro y Huamán, 2010, p. 3).

Como conclusión del estudio, se estableció que los parámetros óptimos fueron: tamaño de la almendra de 0.5 mm, con proporción sólido solvente de 1:3, en un tiempo de 90 minutos, a 90°C de temperatura durante la extracción, obteniendo un rendimiento de 44.5%; mientras que el rendimiento más bajo, de 27.5%, se obtuvo con un tamaño de la almendra de 1 mm, con la proporción sólido solvente de 1:2 y un tiempo de 90 minutos (Chamorro y Huamán, 2010, p. 6).

Adicional a lo anterior, Pinedo y Zorrilla (2017) en su trabajo de grado realizaron también extracción del aceite por el método Soxhlet con recuperación del solvente, que fue hexano, donde realizaron pruebas variando el tamaño de partícula, cantidad de solvente y tiempo de extracción, encontrando que las mejores condiciones para la extracción fue usando un tamaño de partícula de 0.8 mm, 150 mL de hexano, tiempo de extracción de 82 minutos y temperatura de 50°C. Con estos parámetros obtuvieron un rendimiento de extracción de 51.6 % y un producto con una densidad de 0.8885 g/mL, un 57.5% de ácido

oleico, 33.03% de ácido linoleico, 6.67% de ácido palmítico, 2.45% de ácido esteárico y 1% de ácidos grasos menores (Pinedo y Zorrilla, 2017, p. 7).

Otro estudio realizado por Reyna y Chuquilín en 2006 empleó etanol para la extracción de aceite de la semilla del durazno. Utilizaron 2925 g de semillas trituradas y 100 mL de etanol absoluto, obteniendo 2.6 mL de aceite (Reyna y Chuquilín, 2006, p. 42).

Lo anterior evidencia que el mejor método para la extracción de aceite de la semilla del durazno es con Soxhlet, usando como solvente hexano, obteniendo rendimientos por encima de 50%, lo que permite aprovechar mejor este residuo.

3.2. Coagulantes en el tratamiento de aguas

El uso de la semilla del durazno como coagulante en el tratamiento de aguas, se ha investigado como una oportunidad de aprovechamiento de un residuo agroindustrial dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales generadas en diversos procesos.

En el tratamiento de aguas son utilizados comúnmente diferentes coagulantes químicos para disminuir los niveles de turbiedad, pero estos a su vez pueden producir concentraciones considerables de metales, como el aluminio y el hierro, que pueden llegar a afectar el medio ambiente y tener efectos adversos en la salud de los seres vivos. Además, los coagulantes químicos elevan los costos en los tratamientos de aguas (Carrasquero et al., 2019, p. 21).

Teniendo en cuenta la problemática anterior, el uso de un residuo orgánico que actúe como coagulante sin generar el aumento de la concentración de metales en las aguas, y que a su vez permita el aprovechamiento de un residuo agroindustrial, podría ser una opción interesante para su análisis.

Esta alternativa ha sido abordada en el estudio denominado “Aprovechamiento de Residuos Orgánicos como Coagulantes en el Tratamiento de Aguas”, desarrollado por

Natalia Milena Agón Durán, Liliana Patricia Beltrán Peñuela, Sildana Rocío Villarreal Muñoz y Sandra Liliana Gómez Ayala, publicado en el documento “Herramientas Tecnológicas y Sostenibles en la Educación Ambiental”, de la Universidad Libre Seccional Socorro, en el año 2020.

En el desarrollo de la investigación se planteó el aprovechamiento de residuos orgánicos, como son el mucilago del café y las semillas del durazno, para ser utilizados como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas con altos contenidos de sólidos y turbiedad, presentando una alternativa que permita el uso de un residuo, evitando así su desperdicio y valorizándolo al hacerlo útil en otro proceso productivo, por medio del cual se pueda mejorar el tratamiento de aguas (Agón et al., 2020, p. 73).

Las sustancias utilizadas para unir o agrupar las diferentes partículas coloidales que pueden aportar turbiedad a las aguas se denominan coagulantes; estas aglomeraciones de partículas, llamadas flóculos, se pueden sedimentar y posteriormente retirar por filtración (Lozano et al, 2015, p. 42).

La investigación fue realizada en el laboratorio de aguas de la Universidad Libre, seccional Socorro, mediante pruebas de jarras para evaluar la eficiencia en el tratamiento de las muestras de agua tomadas de la quebrada La Nacuma. Los ensayos experimentales se realizaron evaluando las semillas de durazno y el mucilago de café como coagulantes al 100%, y adicionalmente se realizó la evaluación con 50% de coagulante natural y 50% de coagulante primario (Agón et al., 2020, p. 78).

Para el análisis de los resultados se tomó en cuenta el valor máximo de turbiedad dado por la Resolución 2115 del año 2007, correspondiente a 2 NTU, y se realizaron monitoreos de la calidad del agua presente en la quebrada La Nacuma en tres puntos diferentes, denominados FIME, establo y punto medio de la fuente, donde ningún valor cumplió con la norma. A partir de estos resultados se realizó el tratamiento del agua con los coagulantes naturales al 100%, incluyendo la semilla de durazno.

Los resultados obtenidos mostraron que el coagulante elaborado a partir de las semillas de durazno presentó un 81% de remoción al aplicar una dosis de 12 mL/L, y al mezclar el coagulante de semillas de durazno con un coagulante primario en una proporción del 50% se observó una remoción del 98% de la turbiedad, lo que claramente indica que este material puede ser una opción adecuada a ser tenida en cuenta dentro del desarrollo de coagulantes para tratamiento de aguas, y su combinación con otro tipo de coagulantes puede ser una alternativa para disminuir el uso de coagulantes convencionales (Agón et al., 2020, p. 80).

Otros estudios han abordado esta alternativa de uso de la semilla de durazno como coagulante para el tratamiento de aguas, como es el caso de la tesis titulada “Eficiencia de la semilla de *Prunus Persica* (durazno) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa” desarrollada por Walter Alexis Cabrejos Zavaleta, en la Universidad Cesar Vallejo, en Chiclayo Perú en el año 2019.

Dicho proyecto de investigación buscó evaluar la eficiencia de la actividad coagulante de la semilla de durazno mediante el test de jarras para el tratamiento de aguas residuales provenientes de un proceso lácteo, obteniendo resultados poco alentadores con valores entre el 9% y 19%, debido a que las aguas provienen de un proceso de coagulación, lo que hizo que el coagulante perdiera eficacia. Teniendo en cuenta que estas condiciones eran propias del agua que estaba siendo tratada, se optó por evaluar otro tipo de aguas residuales, como son las de mataderos, tintorerías y textilerías, reduciendo la turbidez en un 98.73 %, 99.80 % y 99.63%, respectivamente (Cabrejos, 2019, p. 53).

La investigación titulada “Eficiencia de la mezcla de semillas de girasol y durazno para reducir plomo en agua residual del río Chillón, en laboratorio”, desarrollado por Darnley Pamela Uriol Cipriano, en la Universidad César Vallejo en Lima Perú en el año 2018, buscó evaluar la eficiencia en la reducción de la concentración de plomo en el agua, tratada mediante adsorción, aprovechando la alta concentración de cotiledones con alto contenido proteico en las semillas de durazno y de girasol, que les brinda la capacidad

de ser usadas como coagulantes. El resultado de los análisis arrojaron valores de remoción de plomo entre el 63.92% y 67.78% (Uriol, 2018, p. 45).

Los diferentes resultados obtenidos en las investigaciones adelantadas alrededor del uso de la semilla de durazno como coagulante para el tratamiento de aguas residuales, muestran valores de remoción elevados, que configuran esta alternativa como una opción atractiva para seguir avanzando en el análisis de sus propiedades y su comportamiento ante diferentes escenarios de tratamiento y variables de proceso.

3.3. Producción de ácido cianhídrico y belzaldehído

Una de las alternativas para el aprovechamiento de la semilla del durazno es la obtención de productos como el ácido cianhídrico y benzaldehído, dándole un valor agregado a este residuo. La semilla del durazno contiene glucósidos cianogénicos, como la amigdalina y prunasina, que mediante la degradación enzimática genera el ácido cianhídrico y el belzaldehído.

En el trabajo de grado “Evaluación de hidrólisis enzimática en la semilla del durazno (*Prunus persica*) para la producción de ácido cianhídrico y benzaldehído”, de la Fundación Universidad de América, realizaron una investigación que se basó en evaluar la hidrólisis enzimática de la amigdalina y prunasina presentes en la semilla del durazno, para la obtención de productos como el ácido cianhídrico y benzaldehído, para lo cual se realizaron pruebas experimentales que permitieron determinar las condiciones necesarias para el desarrollo adecuado de la hidrólisis.

La amigdalina y prunasina se pueden hidrolizar fácilmente; estos glucósidos se descomponen lentamente en soluciones acuosas frías y aumentan la velocidad de descomposición al elevarse la temperatura (Gavilán, Mahecha y Sandoval, 2021, p. 2).

Los glucósidos cianogénicos se encuentran de manera natural en las plantas pertenecientes al género *Prunus*; estos compuestos son potencialmente tóxicos y son

susceptibles al rompimiento de enlaces por hidrólisis enzimática. El proceso de degradación de la amigdalina consiste en la separación de la genciobiosa por la acción de una β -glucosidasa, lo que descompone la amigdalina en una molécula de glucosa y una molécula de prunasina; a continuación, otra β -glucosidasa rompe el enlace glucosídico que une a la cianhidrina con la glucosa restante, posteriormente por la degradación enzimática de una hidroxinitriloliasa, la cianhidrina se degrada a ácido cianhídrico y benzaldehído (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 26).

El ácido cianhídrico es un ácido débil, incoloro, líquido a 20°C, con olor a almendras amargas, su punto de ebullición es de 26°C, y en la fase gaseosa es conocido como cianuro de hidrógeno. Es un compuesto altamente tóxico. Los compuestos de cianuro se utilizan en varias industrias para la fabricación de plásticos, papel, telas, plaguicidas y recuperación de metales preciosos (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 40).

El benzaldehído es el compuesto más simple de los aldehídos aromáticos; es un líquido de incoloro a amarillo, con un punto de ebullición de 180°C, que tiene un olor a almendras; este compuesto se usa en diversas industrias para la síntesis de compuestos, en perfumes, alimentos, productos farmacéuticos, entre otros (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 43).

El estudio desarrollado en el trabajo de grado relacionado anteriormente, hizo ensayos para determinar la mejor técnica de extracción; para ello, lo primero que realizaron fue la obtención de la muestra a partir de la trituración de las semillas de durazno, para posteriormente empacarla al vacío y congelarla, con el fin de evitar su degradación. Uno de las técnicas utilizadas fue la extracción por método Soxhlet, donde utilizaron etanol al 100% como solvente, obteniendo como producto un extracto aceitoso de color ámbar pálido con olor ligero a almendras, al cual posteriormente se le realizaron análisis para cuantificar el cianuro por gravimetría, y el benzaldehído por destilación (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 67).

La otra técnica utilizada en el estudio realizado fue la microdifusión modificada de Conway, que tiene como propósito la captación del ácido cianhídrico en forma de cianuro

de sodio o de potasio, a través de la difusión del cianuro de hidrógeno liberado por volatilización, desde la muestra en un frasco hermético junto con una solución buffer con pH ligeramente ácido, hasta un agente captador (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 70). La técnica de microdifusión por hidrólisis enzimática es un método de separación sencilla por volatilidad de sustancias, gracias a la diferencia de volatilidad entre el ácido cianhídrico y los demás compuestos, como el benzaldehído y la glucosa (Gavilán, Mahecha y Sandoval, 2021, p. 4).

La caracterización de la solución resultante se realizó mediante gravimetría. Para cuantificar el cianuro y para verificar la presencia de benzaldehído, se realizó la prueba de Schiff (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 74).

Como conclusión del estudio, se determinó que la mejor técnica para la extracción de los dos productos de interés, fue la extracción Soxhlet, a comparación de la técnica de microdifusión, donde se obtuvieron de 142 a 341 mg de CN/100 g de muestra de semilla (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 76).

La concentración de cianuro mediante extracción Soxhlet fue similar a la reportada en investigaciones con almendras amargas y semillas de durazno; sin embargo, la obtenida con la técnica de microdifusión fue siete veces inferior a la extracción con Soxhlet. Adicionalmente, es importante mencionar que por ninguna de las dos técnicas se observó una cantidad significativa del benzaldehído, presentándose una mayor cantidad de cianuro en la semilla del durazno (Gavilán, Mahecha y Sandoval, 2021, p. 76).

3.4. Desarrollo de materiales para aplicaciones constructivas a partir del endocarpio del durazno

Otra de las alternativas para el aprovechamiento del endocarpio del durazno es su uso en materiales compuestos para aplicaciones constructivas, estudio que se realizó en la Universidad de Chile, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, en un trabajo de grado.

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un material de bajo impacto ambiental, a partir del residuo del durazno de la industria de procesamiento de conservas en Chile, para lo cual se realizó la caracterización del endocarpio del durazno, y se seleccionó el polipropileno como aglomerante (Molina, 2016, p. 3).

La primera fase del proyecto consistió en la caracterización del endocarpio del durazno, mediante un análisis microscópico, con el fin de conocer la anatomía celular; adicional a esto, determinaron la densidad y el contenido de humedad, así como el análisis de distribución de tamaño de partículas resultantes del proceso de triturado, y por último el análisis de degradación del endocarpio a la intemperie (Molina, 2016, p. 66).

La segunda fase consistió en la experimentación, para ello se realizó una preparación de los endocarpios, que consistió en el secado, trituración y tamizado; posteriormente se realizó la mezcla de este material con el polipropileno, realizando dos muestras (una con 50% y otra de 40% de polipropileno) a través de una extrusora; luego los perfiles resultantes se trituraron para obtener pellets. Finalmente, para la conformación del material, los pellets fueron compactados en prensas hidráulicas de platos calientes (Molina, 2016, p. 76).

Como una tercera fase del proyecto, se realizaron ensayos físicos (densidad, contenido de humedad, absorción de humedad, hinchamiento) y mecánicos (ensayo de flexión y de tracción); pruebas de mecanizado basado en los métodos de la ASTM D 1666-11, de moldeabilidad por calor, y envejecimiento a la intemperie del material compuesto obtenido de la fase anterior (Molina, 2016, p. 81).

Como resultado de los ensayos y pruebas, se observó que el material tiene buena resistencia a la intemperie, buenos resultados de termoldeabilidad y con el corte de sierra en cuanto a astillamientos; sin embargo, el trabajo de grado recomienda conformar el material a una menor temperatura, y probar aglomerar el endocarpio con otros polímeros que fundan a esa temperatura, con el fin de evitar la degradación térmica del endocarpio (Molina, 2016, p. 96).

Este estudio permite conocer otra alternativa para aprovechar este residuo, como es el caso de usarlo para materiales de construcción, aunque aún se requieren más investigaciones al respecto, para encontrar el aglomerante más indicado y que el material resultante tenga las mejores características.

Por otro lado, Nancy Quaranta en el artículo “Ladrillo cerámico poroso a partir de mezclas de arcilla y carozos de durazno”, de la Revista tecnológica y ciencia de la Universidad Tecnológica de Argentina del año 2020, evaluó la factibilidad del uso del carozo o endocarpio del durazno como formador de poros en la fabricación de piezas cerámicas alivianadas, teniendo en cuenta que a las altas temperaturas de cocción del ladrillo, se genera combustión del carozo, produciendo gases y cenizas, generando un ladrillo alivianado (Quaranta, 2020, p. 37).

Para el desarrollo del estudio, Quaranta (2020) realizó mezclas de arcilla comercial con el carozo del durazno, en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20%, conformando los ladrillos en moldes de 70 mm x 40 mm, utilizando una presión de compactación de 25 MPa; posteriormente, se realizó el tratamiento térmico a 1000°C durante 3 horas, siguiendo una rampa de calentamiento de 16 horas y una de enfriamiento de 18 horas. Los productos obtenidos se caracterizaron, con el fin de determinar las propiedades fisicoquímicas, morfológicas, microestructurales y mecánicas (Quaranta, 2020, p. 40).

El producto obtenido para todas las mezclas fue de color rojizo (por el hierro de la arcilla) y presentó buenas características macroscópicas, con mantenimiento de aristas y sin desgranamiento de la estructura. En el estudio se observó que a medida que aumenta el porcentaje de residuo, aumenta también la porosidad de los ladrillos; así mismo, se encontró que la mayor pérdida de peso por calcinación, se presentó en las mezclas con mayor contenido de carozo de durazno (Quaranta, 2020, p. 44).

Finalmente, el estudio concluyó que con los resultados obtenidos se tiene una alta factibilidad de utilización del carozo de durazno para la fabricación de ladrillos

alivianados, teniendo en cuenta que los productos obtenidos poseen buenas propiedades generales, aunque las propiedades mecánicas son un limitante, ya que cumplen con los requerimientos del mercado hasta agregados del 10% de material residual (Quaranta, 2020, p. 47).

3.5. Obtención de carbón activado

El uso del carbón activado en diferentes procesos es muy amplio, dentro de los que se encuentran: tratamientos de purificación de agua, donde se realiza la remoción de impurezas que le dan color, sabor, olor al agua potable; tratamiento por intoxicaciones agudas; eliminación de impurezas en los productos de la industria farmacéutica; recuperación de solventes; purificación de aire y gases; eliminación de olores; también puede ser utilizado como absorbente de etileno para evitar la maduración de frutas y verduras; en la industria minera, para recuperación de oro y plata de soluciones con cianuro; se usa como catalizador en diferentes reacciones o como soporte de otros catalizadores, en la decoloración de líquidos; y en la fabricación de filtros, entre otros (Soto, 2007, p. 12).

En el trabajo desarrollado por Luis Enrique Calixtro Asencios en 2016, se elaboró carbón activado tomando como materia prima el endocarpio de durazno, obteniendo valores bajos en contenido de cenizas y un elevado contenido de carbón fijo, indicando que el hueso o endocarpio de durazno es un material adecuado para obtener carbón activado, cumpliendo con los criterios de calidad establecidos para este material (Calixtro, 2016, p. 11).

Trabajos similares han sido desarrollados por otros autores, como es el caso de Nelson Rincón, quien elaboró carbón activado a partir de diversos precursores de materiales lignocelulósicos, incluyendo el hueso o endocarpio del durazno, mediante la activación con ácido sulfúrico y posterior calcinación en atmósfera de nitrógeno, buscando transformar el carbono orgánico en carbono elemental. Los resultados obtenidos

mostraron un carbón activado con área superficial aparentemente adecuada y una alta concentración de grupos ácidos (Rincón, 2016, p. 27).

Buscando el aprovechamiento de los residuos del durazno y teniendo en cuenta que en Perú se consume en gran medida la pulpa de la fruta, pero no el hueso o endocarpio, los autores Reyna y Chuquilín desarrollaron una investigación donde lograron producir carbón activado mediante la calcinación del endocarpio con un rendimiento del 20% y un grado de absorción del 50% (Reyna y Chuquilín, 2006, p. 38).

Adicionalmente, con el fin de determinar el desempeño del carbón activado obtenido a partir del endocarpio del durazno, el autor Obregón R. adelantó el estudio titulado “Eficiencia del Carbón Activado de Cáscara de Maracuyá y Endocarpio de Durazno en la Remoción de Nitratos y Fósforo Total del Purín, Végueta-Huaura”.

El purín es un residuo generado en actividades ganaderas, conformado principalmente por excretas animales, residuos de alimento y aguas de lavado, con niveles importantes de nitratos y fósforo. Este residuo fue tratado mediante adsorción con carbón activado el cual fue elaborado a partir de la calcinación del endocarpio del durazno, obteniéndose valores de remoción de nitratos del purín de hasta un 97.58 %, y para el caso del fósforo se logró una remoción del 64.66%, mostrando que este carbón activado es una alternativa viable para el tratamiento del purín generado en la industria ganadera, dando un nuevo uso y valorizando este residuo agroindustrial (Obregón, 2019, p. 76).

3.6. Generación de energía usando el endocarpio del durazno

Otra de las alternativas para usar el endocarpio o hueso del durazno es para generar energía térmica, como es el caso de una empresa de fabricación de conservas de Argentina, llamada Angiord SACI, en Mendoza, que trabajó junto al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), en un proyecto innovador para ahorrar un 25% del gas requerido para generar vapor durante la elaboración de conservas y mermeladas (Infocampo, 2018).

El INTI realizó en el estudio de prefactibilidad y caracterización del residuo correspondiente a una mezcla de endocarpios de duraznos y damascos, determinando que son materiales que permiten su uso como combustibles, por su homogeneidad y estabilidad (Infocampo, 2018).

Esta iniciativa surgió por el alto costo de la energía y la preocupación por el suministro, haciendo que se aprovechen los residuos y que se reduzca la emisión de dióxido de carbono neto (Infocampo, 2018).

La empresa realizó adaptaciones y cambios en los equipos, con el objetivo de usar la biomasa de los endocarpios como combustibles; para ello contrató a la empresa TekMaj, que realizó la ingeniería de detalle, la fabricación del quemador y la adaptación de la caldera (Clarín, 2018).

El INTI relaciona que aunque existen diferentes sistemas patentados, tanto internacionalmente, como producidos por empresas locales, para el uso de biomásas, no se dispone de un sistema similar para el uso del carozo del durazno (Instituto Nacional de Tecnología industrial (INTI), 2018).

3.7. Obtención de fibra dietaria a partir del durazno

En la tesis de maestría “Fibra Dietaria de durazno (*Prunus persica* L.): influencia de la técnica de obtención en las propiedades químicas, físicas y funcionales” de la Universidad de Buenos Aires, evaluaron la optimización de las condiciones del proceso para obtener fracciones enriquecidas en fibra dietaria a partir de los residuos de duraznos.

La fibra dietaria está compuesta por polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados en el intestino delgado humano y que, de acuerdo a Nieto, pertenecen a las siguientes categorías (Nieto, 2013, p. 9):

1. Se encuentran naturalmente en los alimentos, en la forma en que se consumen.
2. Obtenidos de materia prima alimentaria por medios físicos, enzimáticos o químicos, y que tienen un efecto fisiológico beneficioso para la salud.
3. Sintéticos, con efecto fisiológico beneficioso para la salud.

La fibra dietaria tiene efectos beneficiosos, como son la estimulación de la fermentación en el colon, el incremento de la defecación, reducción de niveles de colesterol y reducción de niveles de glucosa (Nieto, 2013, p. 9).

El durazno se puede considerar como una fuente de polifenoles, carotenoides y vitaminas, que contribuyen significativamente al valor nutricional y funcional; adicionalmente, tiene propiedades antioxidantes, por lo que obtener productos ricos en fibra dietaria puede ser una alternativa para el aprovechamiento de los residuos de durazno, como la cáscara y la pulpa residual de la extracción de jugo (Nieto, 2013, p. 17).

En el estudio realizado en la Universidad de Buenos Aires, las variables de proceso que evaluaron, fueron la relación etanol/muestra en la etapa extractiva y la temperatura de secado por radiaciones de microondas. Como conclusión de la tesis se tuvo que las condiciones óptimas para la obtención de las fracciones ricas en fibra fueron una relación etanol/muestra de 4.6 ml de etanol por gramo de residuo de durazno, y una temperatura de secado de 55°C; estas condiciones permitieron obtener rendimientos de 6.2 g por 100 g de residuo. Las propiedades de hidratación y absorción de aceite de la fracción obtenida mostraron valores altos que marcan su potencialidad para ser aplicada con fines tecnológicos, así como para enriquecer alimentos en fibra dietaria. La fracción de fibra de los residuos de durazno contiene un 80% de pared celular. En el estudio observaron un contenido importante de compuestos fenólicos que otorgan actividad antioxidante (Nieto, 2013, p. 68).

3.8. Ensilaje líquido de residuos de durazno para alimentación animal

Una de las alternativas para usar la pulpa del durazno que ya se encuentre muy madura y no sea adecuada para su procesamiento para jugos o conservas, es realizar un proceso de ensilaje para alimentación animal.

El ensilaje consiste en realizar un proceso de fermentación anaeróbica para la conservación de alimentos, permitiendo mantener el valor nutritivo y evitando la formación de productos tóxicos; en este proceso las bacterias fermentan los carbohidratos produciendo ácido láctico, obteniendo un producto con un pH entre 3.5 y 4.2 y una humedad entre 65% y 70%, que inhibe la formación de bacterias, levaduras y hongos que causan la putrefacción (Guzmán y Fonseca, 2013, p. 13).

En la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia realizaron un estudio en los laboratorios de Nutrición y Alimentación Animal y de Fisiología vegetal, para evaluar el ensilaje de residuos de durazno. Para ello utilizaron frutos en estado de madurez avanzados, provenientes del municipio de Tuta, Boyacá, que cortaron en pedazos de aproximadamente 2 cm y depositaron en recipientes plásticos, con adición de melaza, sulfato de amonio y agua, los cuales fueron cerrados asegurando un medio anaeróbico, y almacenados a temperatura ambiente en cuarto oscuro durante 21 días. El estudio evaluó diferentes arreglos donde se tenían variaciones de los porcentajes de sulfato de amonio y de melaza (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 34).

El producto final fue evaluado, encontrando para todos los arreglos que el fermentado cumple con las características organolépticas para un ensilaje de buena calidad. Lo anterior puede estar relacionado con el aporte significativo de carbohidratos solubles, materia seca y pH bajo, que son parámetros importantes durante la fermentación del ensilado (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 36).

Durante la evaluación del proceso fermentativo, el principal indicador fue el pH, que para todos los arreglos, tuvo una disminución progresiva hasta llegar a valores entre 3.8 y 4.2 de pH, considerados adecuados para una buena calidad de ensilaje, teniendo en cuenta que en este rango de pH hay una limitación para el desarrollo de algunas enzimas, enterobacterias y clostrideos (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 37).

Otro de los indicadores estudiados fue la proteína, encontrándose para algunos arreglos valores superiores al 11%, que son muy importantes para la suplementación animal. Los rangos de pH medidos, infiere un crecimiento de bacterias deseables como las ácido-lácticas, mejorando la proteína del alimento. El aumento en este indicador puede estar relacionado también con el aporte de nitrógeno utilizado con los carbohidratos para la formación de protoplasma celular durante la fermentación (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 37).

En relación con la materia seca, se encontraron valores entre 6% y 8%. Teniendo en cuenta que el durazno es un fruto altamente succulento y con baja fibra, hace posible que el producto del ensilaje se utilice para alimentación de animales monogástricos; para los rumiantes el estudio recomienda que sea mezclado con una fuente mayor de fibra (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 38).

El estudio realizado concluyó que por medio de la fermentación es posible que los microorganismos utilicen los sustratos para su alimentación y multiplicación, permitiendo un aumento de la proteína cruda. Así mismo, que el ensilaje del fruto de durazno presentó valores de pH idóneos para garantizar la inocuidad y que las condiciones nutricionales son adecuadas para utilizar este producto como suplemento alimenticio, al ser utilizado con otros productos podría suplir algunos alimentos a un bajo costo (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 40).

Finalmente, el estudio recomendó realizar investigaciones con animales de diferentes especies y estados productivos, que sean alimentados con el producto del ensilaje de

residuos de durazno, con el fin de evaluar su desempeño en la nutrición de los animales (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 41).

3.9. Obtención de etanol a partir de residuos orgánicos de frutas

Una de las alternativas que se tiene para el aprovechamiento de residuos de las frutas, es la obtención de etanol debido a su contenido de azúcares; esto incluye los duraznos que no son comercializados o que no son adecuados para su procesamiento en la industria.

La fermentación alcohólica se realiza mediante un proceso anaeróbico con levaduras, el cual consiste en la hidrólisis de los azúcares, obteniendo dióxido de carbono, etanol y energía para consumo de los microorganismos (Quizhpi, 2008, p. 34).

Existen algunos factores externos durante la fermentación que influyen en la actividad de las levaduras, como lo son: la cantidad de agua, el oxígeno, la temperatura, la luz, el pH, la cantidad de glúcidos, las levaduras, entre otros (Quizhpi, 2008, p. 37).

Las frutas tienen una composición de agua de más del 80% y los carbohidratos pueden estar entre el 5% y el 18%, siendo por lo general azúcares simples como fructosa, sacarosa, y glucosa, razón por la cual pueden ser utilizados como fuente de etanol (Quizhpi, 2008, p. 53).

En el estudio realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en Riobamba, Ecuador (Quizhpi, 2008, p. 58), tomaron los residuos de frutas de un mercado en la ciudad de Riobamba, para realizar fermentación y evaluar la cantidad de etanol obtenido. Para ello, realizaron una extracción del sustrato de los residuos de fruta mediante trituración y compresión, posteriormente un filtrado, acondicionamiento de pH, enriquecimiento del sustrato con una solución de melaza e inoculación con levaduras, proceso de fermentación y finalmente destilación. Como resultado de este estudio, se

tuvo que a partir de 1.5 kg de residuos se obtuvo 0.07525 L de etanol (Quizhpi, 2008, p. 96).

Lo anterior evidencia que se pueden utilizar estos residuos como materia prima para obtener etanol, lo que permitiría el aprovechamiento del durazno en Colombia como una alternativa, e incluso se podría mezclar con los residuos de otras frutas para realizar el proceso de fermentación.

3.10. Compostaje

El compostaje es una de las maneras para aprovechar residuos orgánicos, como es el caso de los residuos del durazno, que conlleva a la generación de un producto con valor, como es el compost, el cual es utilizado para mejorar la estructura del suelo, aumentar nutrientes y carbono, lo que estimula la actividad microbológica. Este es un proceso biológico de descomposición aeróbica de sustratos sólidos por medio de la acción de microorganismos, el cual debe ser un proceso de descomposición controlado bajo condiciones específicas de temperatura, humedad, nivel de oxígeno, entre otros (Llaver, 2021, p. 14).

El compostaje permite transformar de manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 22). El compost está constituido por materia orgánica estabilizada semejante al humus, es inocuo y libre de sustancias fitotóxicas, permite su almacenamiento sin posteriores tratamientos ni alteraciones; adicionalmente es más estable en el tiempo que muchos fertilizantes (Llaver, 2021, p. 14).

El proceso de compostaje está compuesto por varias fases que se deben ejecutar de manera adecuada, debido a que si no se realiza bien, el compost puede tener problemas de fitotoxicidad, bloqueo biológico del nitrógeno, reducción de oxígeno radicular, exceso de amonio y nitratos en las plantas (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 22).

Las fases del compostaje son las siguientes:

1. Fase mesófila: una vez los residuos orgánicos inician el compostaje, la temperatura aumenta hasta los 45°C debido a la actividad microbiana. La descomposición de azúcares producen ácidos que disminuyen el pH hasta 4 o 4.5; la duración de esta fase oscila entre 2 y 8 días (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 23).
2. Fase termófila o de higienización: en esta fase los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias termófilas, que crecen a una temperatura superior a los 45°C, las cuales degradan fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Estas bacterias transforman el nitrógeno en amoníaco haciendo que el pH aumente. A partir de 60°C aparecen las bacterias que descomponen hemicelulosas. Esta fase puede durar días o meses, dependiendo de las características del material inicial. El calor generado elimina bacterias y contaminantes de origen fecal, huevos de helminto y esporas de hongos fitopatógenos, entre otros (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 23).
3. Fase de enfriamiento o mesófila II: una vez se acaban las fuentes de carbono y de nitrógeno, la temperatura disminuye alrededor de 45°C, y los microorganismos mesófilos aparecen nuevamente, lo que hace que el pH disminuya levemente. Esta fase dura varias semanas (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24).
4. Fase de maduración: se lleva a cabo a temperatura ambiente durante varios meses, donde se dan reacciones secundarias para formar ácidos húmicos y fúlvicos (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24).

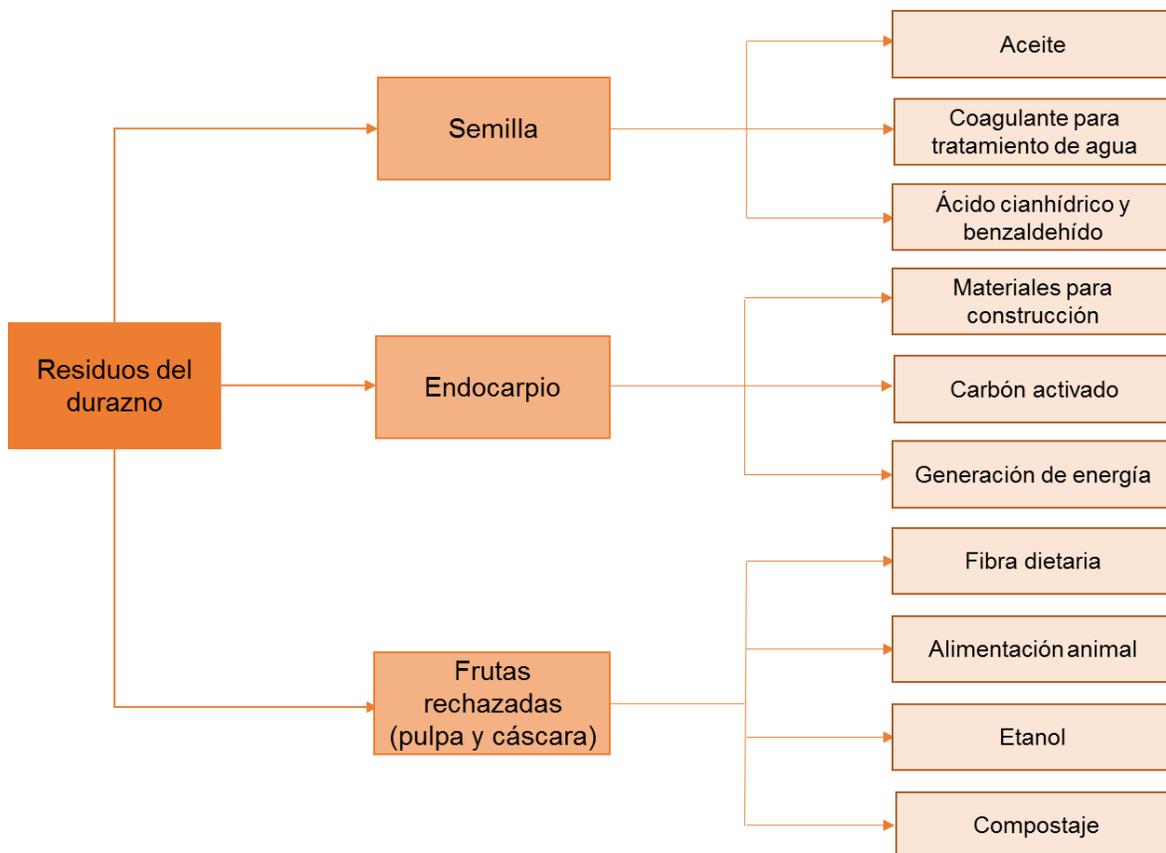
El compostaje es una excelente alternativa para aprovechar los residuos de la producción de durazno, como es el caso de las frutas muy maduras que no se pueden utilizar a nivel industrial, residuos de los diferentes procesos de transformación del durazno, e incluso del material de la poda de los árboles de durazno.

3.11. Esquema conceptual de biorrefinería a partir de los residuos de durazno

De acuerdo con las alternativas descritas anteriormente para el aprovechamiento de los residuos del durazno, se presenta a continuación un esquema conceptual de biorrefinería a partir de los residuos de durazno, donde se observan tres alternativas para aprovechar las semillas, tres alternativas para el aprovechamiento del endocarpio y cuatro alternativas para el aprovechamiento de las frutas rechazadas (pulpa y cáscara).

Figura 4.

Esquema biorrefinería a partir de los residuos de durazno



Nota: Se presenta un esquema conceptual de biorrefinería para el aprovechamiento de los residuos de durazno.

4. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta la gran cantidad de residuos del durazno que se producen en Colombia, que para el 2019 fueron más de 2,403 toneladas, y para 2020 más de 2,638 toneladas, es muy importante realizar un aprovechamiento de los mismos, para evitar que terminen en un relleno sanitario.
- Los residuos de durazno son principalmente el endocarpio, correspondiente aproximadamente al 8% - 12% de la fruta, la semilla que corresponde al 5- 8% del endocarpio, y a las frutas rechazadas durante la selección de materia prima en las industrias. De acuerdo con las características físicoquímicas de los residuos de la producción del durazno, existen varias alternativas para su uso y aprovechamiento.
- Para el caso de la semilla se encontraron como alternativas para su aprovechamiento la extracción de aceite, la producción de ácido cianhídrico y benzaldehído y la obtención de coagulantes para el tratamiento de aguas.
- La semilla de durazno contiene alrededor de 50% de aceite, siendo la mejor manera de extraerlo con el método Soxhlet con n-hexano como solvente. (Angarita, 2019, p. 130).
- De acuerdo con los estudios revisados, el uso de semillas de durazno como coagulante para el tratamiento de agua de una quebrada, ha reportado remociones del 81% de la turbiedad al aplicar una dosis de 12 mL/L, y del 98% mezclándolo con un coagulante primario en una proporción del 50% (Agón et al., 2020, p. 80). Así mismo, se han obtenido remociones en la turbidez de 98.73%, 99.80% y 99.63%, en aguas residuales de mataderos, tintorerías y textilerías (Cabrejos, 2019, p. 53). Adicionalmente, se tienen remociones de plomo en agua residual entre el 63.92% y 67.78%, usando una mezcla de semillas de girasol y de durazno (Uriol, 2018, p. 45).

- Para la extracción de ácido cianhídrico, la mejor técnica corresponde a la extracción Soxhlet con etanol donde se han obtenido de 142 a 341 mg de CN/100 g de muestra de semilla, de acuerdo al trabajo de grado de la Fundación Universidad América, sobre la obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor (Gavilán y Mahecha, 2021, p. 76).
- Dentro de las alternativas que se encontraron para el aprovechamiento del endocarpio está el desarrollo de materiales para aplicaciones constructivas, obtención de carbón activado y la generación de energía.
- En cuanto al desarrollo de materiales para aplicaciones constructivas a partir del endocarpio del durazno, el material obtenido presentó buena resistencia a la intemperie, buenos resultados de termoldeabilidad, y con el corte de sierra, en cuanto a astillamientos; pero es necesario realizar más estudios (Molina, 2016, p. 96). Por otro lado, Quaranta evaluó la fabricación de ladrillos cerámicos a partir de arcilla y carozos de durazno obteniendo buenos resultados (Quaranta, 2020, p. 44).
- Los estudios realizados respecto a la elaboración de carbón activado a partir del endocarpio del durazno han reportado buenos resultados, obteniendo un producto con área superficial aparentemente adecuada y una alta concentración de grupos ácidos (Rincón, 2016, p. 27), además de un grado de absorción del 50% (Reyna y Chuquilín, 2006, p. 38).
- El uso del endocarpio en la generación de energía ha mostrado que es una buena alternativa de aprovechamiento, como el caso en Mendoza, Argentina, donde una empresa de fabricación de conservas tiene un proyecto para ahorrar un 25% del gas requerido para generar vapor durante la elaboración de conservas y mermeladas (Infocampo, 2018).
- Adicionalmente, como aprovechamiento de la pulpa y cáscara de los frutos que son rechazados dentro de la industria de alimentos, se tiene la obtención de etanol, la

obtención de fibra dietaria, el ensilaje líquido para la alimentación de animales y compostaje.

- El durazno es una buena fuente polifenoles, carotenoides y vitaminas, por lo que obtener productos ricos en fibra dietaria puede ser una alternativa para el aprovechamiento de los residuos de durazno, como lo son la cascara y la pulpa. Las condiciones optimizadas para la obtención de las fracciones ricas en fibra fueron una relación etanol/muestra de 4.6 ml de etanol por gramo de residuo de durazno y una temperatura de secado de 55°C, estas condiciones permitieron obtener rendimientos de 6.2 g por 100 g de residuo (Nieto, 2013, p. 68).
- El ensilaje del fruto de durazno ha presentado valores de pH idóneos para garantizar la inocuidad, y las condiciones nutricionales son adecuadas para utilizar este producto como suplemento alimenticio en animales (Saavedra, Borrás y Cala, 2020, p. 40).
- La fermentación de residuos de frutas, incluyendo el durazno, ha reportado resultados de 0.07525 L de etanol por cada 1.5 kg de residuos (Quizhpi, 2008, p. 96).
- El compostaje permite aprovechar los residuos orgánicos obteniendo compost, que es utilizado para mejorar la estructura del suelo y aumentar los contenidos de nutrientes y carbono (Llaver, 2021, p. 14).

5. RECOMENDACIONES

Es importante que se realicen más estudios relacionados con las diferentes alternativas, con el fin de optimizar sus respectivos procesos para aprovechar al máximo los residuos del durazno y así generar la menor cantidad de residuos posible, teniendo de esta manera una producción más limpia.

BIBLIOGRAFÍA

- Agón Duran, N. M., Beltrán Peñuela, L. P., Villareal Muñoz, S. R. y Gómez Ayala, S.L. (2020). Aprovechamiento de Residuos Orgánicos como Coagulantes en el Tratamiento de Aguas. *Herramientas Tecnológicas y Sostenibles en la Educación Ambiental*, 73. Universidad Libre Seccional Socorro.
- Angarita Ruiz, M. P. (2019). Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor. [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América.
- Cabrejos Zavaleta, W. A. (2019). Eficiencia de la semilla de *Prunus persica* (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa. [Trabajo de grado]. Universidad César Vallejo.
- Calixtro Asencios, L. E. (2016). Aprovechamiento del Endocarpio de la Pepa de Durazno para Producir Carbón Activado. [Trabajo de grado]. Universidad César Vallejo.
- Carrasquero, S., Martínez, M. F., Castro, M. G., Díaz, A., & Colina, G. (2019). Remoción de turbidez usando semilla de *Tamarindus indica* como coagulante en la potabilización de aguas. *Revista Bases de La Ciencia*, 4(1), 19–44. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i1.1424
- Chamorro, M., & Huamán, J. (2010). Influencia del tiempo, tamaño de partícula y proporción sólido líquido en la extracción de aceite crudo de la almendra de durazno (*Prunus persica*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1). Universidad Peruana Unión. https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/812
- Clarín. (10 de diciembre 2018). Mendoza. Producen energía con desechos de durazno y damasco. https://www.clarin.com/rural/producen-energia-desechos-durazno-damasco_0_HI3PR8CYM.html
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martínez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122-132

- DANE. (2019). Encuesta nacional agropecuaria (ENA). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena#anexos>
- FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT – Comparar Datos. <https://www.fao.org/faostat/es/#compare>
- Funes, J.A. (1978), Estudio de la composición química de la semilla y de los aceites de semilla de frutos de especies de “Prunus” de producción nacional. Harinas de extracción y aislamiento de proteínas. [Tesis doctoral]. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1538_Funes.pdf
- Gavilán, C., Mahecha, I. (2021) Evaluación de hidrólisis enzimática en la semilla del durazno (prunus Persica) para la producción de ácido cianhídrico y benzaldehído. [Trabajo de grado]. Fundación Universidad de América.
- Gavilán, C., Mahecha, I., & Sandoval, J. (2021). Propuesta de biorrefinería a partir de residuos del durazno prunus persica en Colombia. *Encuentros Con Semilleros*, 2(2). <https://doi.org/10.15765/es.v2i2.2657>
- Guerrero Rodríguez, K. M. (2022). Estudio en el cambio de coloración del néctar del durazno en la etapa de almacenamiento. [Trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Químicas y de la salud. Universidad Técnica de Machala.
- Guzmán, Y., & Fonseca, Y. (2013). Ensilaje para la alimentación de bovinos en Venezuela. *Revista de producción animal*, 25(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/1701>
- Infocampo, noticias del campo. (11 de diciembre 2018). Reutilizan desechos de durazno y damasco para generar energía. <https://www.infocampo.com.ar/reutilizan-desechos-de-durazno-y-damasco-para-generar-energia/>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (7 de diciembre 2018). Empresa de Mendoza reutiliza desechos del durazno y damasco para generar energía. <https://www2.inti.gob.ar/web/noticiero.jsp?idNoticia=1256>
- Llaver, S. A. (2021). Planificación de la construcción y operación de una planta de escala industrial de compostaje con residuos orgánicos provenientes de la agroindustria en la provincia de Mendoza-Argentina. [Trabajo de grado]. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.

- Lédo, P. G. S., Lima, R. F. S., Paulo, J. B. A., & Duarte, M. A. C. (2009). Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de Moringa oleífera para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Información Tecnológica*, 20(5), 3–12. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000500002>
- Lozano, P., Aguas, Y., Salcedo, G., Olivero, R., & Mendoza, G. (2015). El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua, *Producción + Limpia*, 10 (1), 40 – 50. <http://hdl.handle.net/10567/1333>
- Miranda, D.; Fischer, G. y Carranza, C. (2013). Los frutales caducifolios. Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo en Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/259339482_Los_frutales_caducifolios_en_Colombia_Situacion_actual_caracterizacion_de_sistemas_de_produccion_y_plan_de_desarrollo/links/00b7d52b194cb4eb31000000/Los-frutales-caducifolios-en-Colombia-Situacion-actual-caracterizacion-de-sistemas-de-produccion-y-plan-de-desarrollo.pdf
- Molina Mora, J. (2016). Desarrollo de un material compuesto basado en carozo de durazno y polipropileno para aplicaciones constructivas. [Trabajo de grado]. Universidad de Chile.
- Nieto Calvache, J. E. (2013). Fibra dietaria de durazno (*Prunus persica* L.): influencia de la técnica de obtención en las propiedades químicas, físicas y funcionales. [Tesis de maestría]. Universidad de Buenos Aires.
- Obregón Olórtegui, R. D. (2019). Eficiencia del carbón activado de cáscara de maracuyá y endocarpio de durazno en la remoción de nitratos y fósforo total del Purín, Végueta-Huaura. [Trabajo de grado]. Universidad Católica Sedes Sapientiae. <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/707>
- Ortiz Rivera, M. I. (2017). Opciones técnicas y económicas para mejorar el ingreso del productor de durazno (*prunus persica* (L.) Batsch) en el estado de México. [Tesis de doctorado]. Colegio de postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Campus Montecillo de México.
- Pérez Villarroel, D. J. (2019). Obtención de una bebida fermentada alcohólica a base de mosto de durazno abridor (*Prunus persica*). [Trabajo de grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Pinedo Saldaña, M. N., & Zorrilla Guevara, C. H. (2017). Extracción de aceite de la almendra de durazno (*prunus persica*) y su caracterización. [Trabajo de grado]. Universidad Nacional del Callao.
- Quaranta, N. (2020). Ladrillos Cerámicos porosos a partir de mezclas de arcilla y carozos de durazno. *Revista Tecnología y Ciencia*, 18(38), 37-49. *Universidad Tecnológica Nacional*. <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/download/596/519?inline=1> y <https://doi.org/10.33414/rtyc.38.37-49.2020> - ISSN 1666-6933.
- Quizhpi López, L. F. (2010). Obtención de Etanol a Partir de Residuos Orgánicos de la Sección de Frutas del Mercado Mayorista de Riobamba. [Trabajo de grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Reyna, L., & Chuquilín, C. (2006). Obtención de carbón activado y aceite esencial a partir del durazno (blanquillo). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 9(2), 38-43.
- Rincón Silva, N. G. (2016). Obtención de carbón activado a partir de diferentes precursores lignocelulósicos: caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de contaminantes fenólicos. [Trabajo de grado]. Universidad de los Andes.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Saavedra Montañez, G. F., Borrás Sandoval, L. M., & Cala Guerrero, D. C. (2020). Ensilaje líquido de residuos de durazno (*Prunus persica*) como alternativa en alimentación animal. *Ciencia y Desarrollo*, 11(1), 33–42. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n1.2020.8960>
- Soto Paredes, F. J. (2007). Evaluación técnico económica de una planta de carbón activado. [Trabajo de grado]. Universidad de Chile.
- Uriol Cipriano, D. P. (2018). Eficiencia de la mezcla de semillas de girasol y durazno para reducir plomo en agua residual del río Chillón, en laboratorio, 2018. [Trabajo de grado]. Universidad César Vallejo.