



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Revisión Sistemática: Transformación de los Residuos de la
Industria del Café en Nuevos Productos, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

De La O Villanueva, Edgar Alfonso (ORCID: 0000-0002-7389-9593)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos.

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Mi Tío Halfren Godofredo Villanueva Mayta, por estar conmigo, por enseñarme a crecer y a que si caigo debo levantarme, por apoyarme y guiarme, y sobre todo por suplir cariño, amor, ternura desde mi niñez y que con su motivación diaria hizo que sea una persona perseverante para llegar hasta aquí.

A mi madre. Jasunta Hilda Villanueva Mayta, que con amor eterno me trajo a este mundo.

Agradecimiento

A DIOS,

Por haberme brindado salud, inteligencia, paciencia, tranquilidad y sabiduría en los momentos difíciles y haberme dado las fuerzas para lograr esta meta angelada desde muy niño.

Agradezco a mi tío por su apoyo incondicional en todo momento que ha sido parte mi motivación que me permitieron cumplir mis sueños.

Debo agradecer de manera especial a mi asesora Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline, quien me ayudo finalizar un trabajo tan pesado y lleno de dificultades como el desarrollo de la tesis y Por tal razón, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con Ella. Haciéndole llegar mi agradecimiento.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística	17
3.3. Escenario de estudio	19
3.4. Participantes	19
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.6. Procedimientos	19
3.7. Rigor científico	20
3.8. Método de análisis de información	20
3.9. Aspectos éticos	21

IV. RESULTADOS Y DISCUSION	22
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS	54
Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores)	54
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor)	55
Anexo 3. Matriz de Operacionalización	56
Anexo 4. Instrumento de recolección de datos	57

Índice de figuras

Figura 1	Producción y consumo de café a nivel mundial	2
Figura 2	Partes de un grano de Café.	6
Figura 3	Figura 3. Proceso de producción de café	7
Figura 4	Elaboración termoquímica de briquetas a partir de cáscara de café en a) molde metálico y b) Briquetas	14
Figura 5	Principales Tipos de café a) Cantidades de café consumidos y b) Porcentajes de consumo en el mundo	22
Figura 6	Ciclo de vida de Producción del café	24
Figura 7	Superficie de respuesta elaborada para analizar la distribución del porcentaje de capacidad antioxidante en función de la temperatura y del tiempo de extracción	29
Figura 8	Bio-refinería del Café	31
Figura 9	Producción de bio-azúcares valiosos a partir de posos de café gastados.	34
Figura 10	Contenido proximal de componentes del café gastado. A) Porcentaje de celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, aceite y cenizas y b) CHON.	35
Figura 11	Compostaje de pulpa de café fresca efectuada en la Cooperativa de Kassa y Workayehu en China. a) Compost y b) suelo enmendado con compost.	38

Índice de tablas

Tabla 1	Matriz de categorización apriorística. Transformación de los residuos de la industria del café en nuevos productos.	18
Tabla 2	Composición de la pulpa de café.	25
Tabla 3	Composición cualitativa de componentes orgánicos aromatizantes de café fermentado espontáneamente	25
Tabla 4	Cuantificación de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de café.	26
Tabla 5	Contenido de ceniza y sustancias con componentes de lignina en la pulpa de café.	27
Tabla 6	Poder de extracción de fenoles totales en la pulpa de café con distintos solventes seleccionados	28
Tabla 7	Propiedades físicas de biocombustible obtenido a partir de la pulpa de café.	32
Tabla 8	Características de material precursor.	37
Tabla 9	Temperatura pirolítica para producir briquetas.	37
Tabla 10	Investigaciones en compostaje de residuos de café	39
Tabla 11	Tipos de Pre-tratamiento a los residuos de café en biorrefinería.	41

RESUMEN

La industria del café representa una de las principales actividades económicas a nivel mundial, sin embargo, los residuos que se genera a partir de su industrialización causan hoy en día impactos ambientales que deben revertirse como parte de una economía circular mediante su reaprovechamiento y transformación. Esta investigación tuvo como objetivo determinar los aspectos de transformaciones de los residuos de la industria del café en nuevos productos. Es una investigación cualitativa, descriptiva y la metodología empleada consistió en una revisión sistemática de artículos científicos de revistas indexadas que aparecen en la base de datos Scopus de los últimos 5 años. Los resultados mostraron diversas técnicas de tratamiento para aprovechar principalmente la pulpa de café y los posos de café gastados valorizándolos a través de tratamientos físicos químicos y biológicos, estos permiten recuperar metabolitos usados en diversos campos: la cosmética, alimento dietético, alimento para ganado, compostajes, entre otros beneficios. Sin embargo, la principal preocupación es la des-lignificación requerida para liberar los diferentes metabolitos, lípidos, fenoles o separar las sustancias tóxicas. Entre las diversas innovaciones de pre-tratamiento la enzimática, ultrasonidos, microondas, termoquímicas resultan atractivas por sus altos rendimientos, pero los costos podrían definir su viabilidad convirtiéndose en un reto para los investigadores.

Palabras clave: residuos, café, valorización, pre-tratamiento, lignina.

ABSTRACT

The coffee industry represents one of the main economic activities worldwide, however the waste that is generated from its industrialization today causes environmental impacts that must be reversed as part of a circular economy through its reuse and transformation. The objective of this research was to determine the aspects of transformation of the residues of the coffee industry into new products. It is a qualitative, descriptive research and the methodology used consisted of a bibliographic review of scientific articles from indexed journals that appear in the Scopus database for the last 5 years. The results obtained from various treatment techniques to take advantage mainly of the coffee pulp and spent coffee grounds, valuing them through physical and biological treatments, allow the recovery of metabolites used in various fields: cosmetics, dietetic food, livestock feed, composting, among other benefits. However, the main concern is the delignification required to release the different metabolites, lipids, phenols or to separate toxic substances. Among the various pre-treatment innovations, enzymatic, ultrasound, microwave, thermochemical are attractive due to their high yields, but costs could define their viability, becoming a challenge for researchers.

Keywords: waste, coffee, recovery, pre-treatment, lignin.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación sigue el principio de desarrollo sostenible y busca identificar y analizar las técnicas aplicadas a la transformación de los residuos de café en distintos productos, así como conocer el escenario actual haciendo uso de la literatura existente en los medios remotos. Para esto, se ha organizado una búsqueda sistemática de artículos relacionados con la valorización de residuos de café en las bases de datos de Scopus, Science direct y Google académico. Esta investigación resulta ser un aporte a la valorización de los residuos sólidos de la industria de café, debido a la falta de buenas prácticas sobre su procesamiento o tratamiento en el contexto de una economía circular, esta revisión actualizada provee al lector de información sobre una gestión adecuada para este tipo de residuos. Las técnicas de transformación y los nuevos productos que se generan brindan una oportunidad a los interesados en orientar sus estrategias de sostenibilidad en la aplicación de nuevas rutas ante los residuos de un producto ampliamente consumido a nivel mundial.

Sin embargo los residuos del café o llamado en mejores términos “subproductos” resultan en cantidades importantes en cada país que lo produce, estos pueden ser valorizados, usando técnicas que puedan ser integradas lo cual puede llevar a nuevos procesamientos para obtener medicinas, alimentos, nutrientes, bioenergía, bio refinería a partir de procesos de fermentación, también pueden ser convertidos en enmiendas para mejorar la calidad del suelo o en cualquier otro producto de relevancia socio-económica e industrial (Pushpa y Naidu, 2012). Echeverria y Nuti (2017) valorizó residuos del café, e informó sobre el valor de en forma de alimentos para animales, y para el ser humano en cosmética, compostaje y refinería, Hirpa (2000); (Echeverria y Nuti, (2017); Aristizábal-Marulanda y Alzate (2017), Kumar et al. (2020) señalaron la importancia de tratar los residuos que poseen componentes recuperables (Corrêa et al., 2014), su vertido al ambiente genera gases GEI. De Carvalho et al (2017) evaluaron la aplicación de levaduras en una fermentación espontánea granos de café contribuyendo a la producción de bio-etanol, Rodríguez et al. (2020) fermentaron la pulpa de café y produjeron

poligalacturonasa sólida, mientras que (Gurram et al. (2016) caracterizo los componentes químicos de la pulpa de café y Geremu y Sualeh (2016) probaron distintos solventes para extraer polifenoles totales de la pulpa de café. Es importante conocer los avances en las investigaciones especialmente en bio refinería (Serna-Jiménez et al., 2018) por la atención de bio activos entre otros, o de bio-diesel, por ejemplo, a partir de combinaciones aceitosas con residuos de café (Atabani et al. 2019).

A nivel global el café es un producto agroindustrial que ocupa los primeros lugares del comercio internacional, destacando países del oriente como Etiopia, India, Vietnam y en Sudamérica como Brasil y Colombia, en américa del norte México, de todos los mencionado Brasil ocupa el primer lugar a nivel mundial (Leandro, Oliveira y Franca, 2015). Sin embargo, como cualquier otra actividad agroindustrial, la producción de residuos aborda un porcentaje que bordea los 30 – 50%, siendo la cascará y la pulpa los primeros residuos después de la cosecha de la cereza que luego se convertirá en los gránulos que se comercializan, estos residuos hasta hace poco no merecían beneficios de rentabilidad y más bien constituían una problemática de tipo ambiental (Leandro, Oliveira y Franca, 2015). Batista et al. (2020) informa que la Organización Internacional del Café, manifiesta una reducción del 0.9% de la producción mundial del café del 0.9% equivalente a $168,7 \times 10^6$ sacos (60 kg / saco), asociado a un consumo aproximado de $169,3 \times 10^6$ sacos para este año

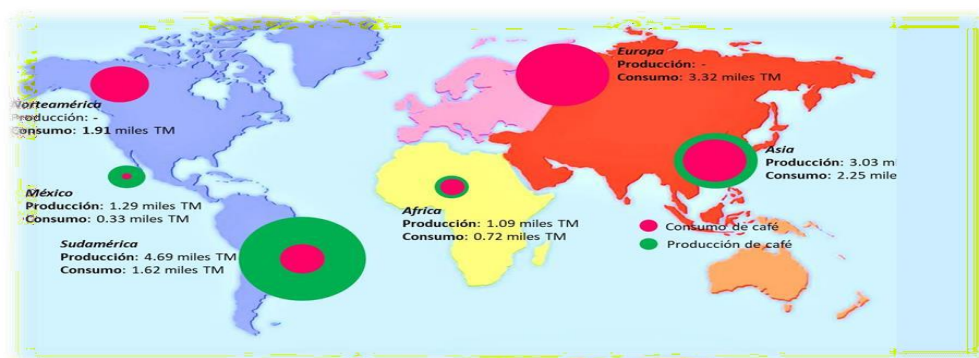


Figura 1. Producción y consumo de café a nivel mundial. Adaptado de Battista et al 2020

A pesar de los avances respecto al aprovechamiento de los residuos de café, la información hoy en día crece a una mayor velocidad y se encuentra dispersa, se produce un vacío de información actualizada necesaria permanentemente porque las investigaciones no se detienen y constantemente se está aplicando nuevas técnicas y mejorando los principios de reaprovechamiento de los residuos de la industria del café que es un producto de la agro-industria más vendido a nivel mundial.

Esta investigación pretende cubrir el vacío respecto a información actualizada de los últimos 7 años que destaca el surgimiento y crecimiento de la bio-refinería además de otras actividades de aprovechamiento de los residuos de café. En este contexto se ha revisado artículos científicos especializados en la valorización de los residuos y técnicas empleadas para su tratamiento y extracción o transformación en nuevos productos.

La falta de esta información reduce las oportunidades de aplicar el conocimiento actual considerando que los países en desarrollo aún sufren los impactos de desechos de esta industria que son vertidos a los suelos de manera directa o cuyos efluentes se disponen libremente, en lugar de aprovecharlos y lograr inclusive metabolitos con fines dietéticos, compost, bioenergía o biocombustibles entre otros productos.

Los enfoques empleados para el reaprovechamiento de los residuos de café se relacionan con las aplicaciones que hasta ahora se han desarrollado, como son las técnicas de bio-refinería, su conversión mediante enzimas, extracciones con solventes para obtener componentes bio-activos o de su oxidación mediante compost, son algunos de los enfoques empleados con buenos resultados informados.

La justificación teórica redundante en la generación de nuevo conocimiento desarrollado a partir de los experimentos realizados en búsqueda de obtener un mayor rendimiento de los metabolitos o productos, o en sus procesos de transformación, explicar los mecanismos que acompaña cada proceso que permite mejorar y hacer más eficiente cada tratamiento. De manera teórica, se justifica por

las prácticas que otros autores han desarrollado buscando las mejores condiciones operativas que redundan en menores tiempos de producción y menores costos para su escalamiento entre otros factores. La justificación social se debe a que partir de la valorización de los residuos, se estaría dando cobertura a la mano de obra y nuevas actividades socio-económicas y finalmente se justifica ambientalmente porque forma parte de una gestión integral que responde a las estrategias nacional para reducir los impactos ambientales generadas por las actividades económicas.

Para responder a este contexto se formuló el siguiente problema general: ¿De qué manera se puede transformar los residuos de la industria del café para producir nuevos productos? Del mismo modo, se plantean los problemas específicos: ¿Qué residuos de café se generan en el procesamiento industrial?, ¿Qué tipos valorización de residuos de café se desarrollan en la actualidad? ¿Qué técnicas de pre-tratamiento se emplean para transformar los residuos de café en nuevos productos?

En esta investigación se plantea el siguiente objetivo general: Analizar la transformación de los residuos de la industria del café para producir nuevos productos. Además, se cuenta con los siguientes objetivos específicos: I. Identificar los residuos de café generados en el procesamiento industrial, II. Analizar los tipos de valorización de los residuos de café que se desarrollan en la actualidad III. Evaluar las técnicas de pre-tratamiento se emplean para transformar los residuos de café en nuevos productos.

II. MARCO TEÓRICO

La industria del café es una de las que más movimiento de producción y económico desarrolla a nivel mundial, sus procesos industriales tratan el material seco o por la vía húmeda (Oliveira y Franca, 2015), pero los residuos generados son vertidos al ambiente sin recuperar los componentes o transformarlos en nuevos productos. Las investigaciones para su aprovechamiento han permitido recuperar lípidos y componentes bio-activos (Go et al. 2019). Juárez, et al (2017) ha demostrado que una hidrólisis ácida diluida destruye componentes lignocelulósicos para liberar metabolitos válidos para su comercialización, Burniol-Figols, et al (2016) desarrollo una bio-refinería usando los residuos de posos de café gastados y obtuvo ácido cloro génico además de etanol, resulta que la hemicelulosa, la lignina etc. inhiben el proceso bio-degradativo evitando la liberación de nuevos metabolitos orgánicos (Karnchanawong et al., 2017, Zhang y Sun, 2017).

Es importante destacar que la pulpa del café es un residuo del procesamiento húmedo del café, equivalente al 40% peso/volumen de todos los residuos y por su bio-composición. Se sabe que posee una alta solubilidad (80-82%) además de ser rica en hidratos de carbono, proteínas, minerales, pectinas, taninos, cafeína y fenoles (Echeverría y Nuti, 2017). Los tres últimos componentes y el ácido cloro génico, poseen propiedades ecos toxicológica y limitan su valor añadido. Aunque se usado como complemento en la alimentación animal y pellets para generar calor o para producir compost, y otros productos de biorefinería (Gurram et al., 2016, Geremu et al., 2016; Serna-Jiménez et al., 2018), es importante continuar con la investigación sobre sus características y posibilidades de explotación.

PROCESAMIENTO DE CAFÉ. Cereza de Café. La cereza generalmente tiene dos granos de café en el interior, con sus lados planos uno frente al otro, y cada grano está cubierto con un tegumento muy ajustado, denominado piel plateada. Una segunda piel amarillenta, el pergamino, cubre sin apretar cada frijol. Los frijoles cubiertos de pergamino están envueltos en una pulpa mucilaginosa, la pulpa de la cereza, que, a su vez, está cubierta por la piel exterior o la cáscara (Figura 2). El grano de café verde constituye solo el 50-55% de la materia seca de la cereza madura (Oliveira y Franca, 2015)

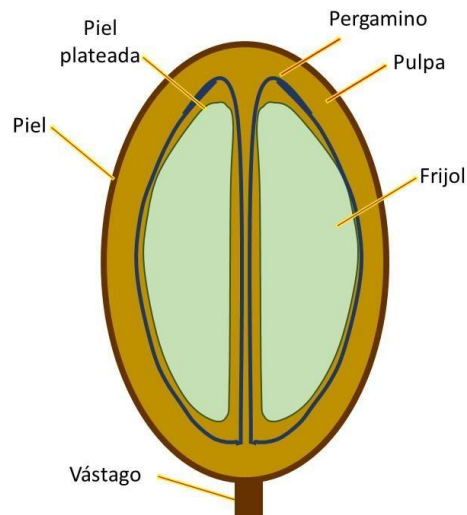


Figura 2. Partes de un grano de Café. Adaptado de Oliveira y Franca (2015)

Proceso de secado. Normalmente se logra un 11% de humedad máxima, luego se pela separando el pergamino y pieles para solo separar la cereza en máquinas peladoras. Luego se puede dejar secar al sol en un proceso lento que puede demorar hasta un mes con uso de grandes extensiones de terreno con movimientos mecanismo para remover y oxigenar evitando así la fermentación. Sin embargo, en su lugar se puede aplicar un secado artificial (Oliveira y Franca, 2015)

Proceso húmedo. En esta etapa se remueve la piel externa y la pulpa y el resto se deja fermentar y posteriormente se elimina el resto de la pulpa mediante la fermentación, así el café queda despulpado y finalmente los granos deben reposar para eliminar el pergamino la humedad final podría alcanzar un 12% (Oliveira y Franca, 2015), estas etapas son mostradas en la Figura 3.

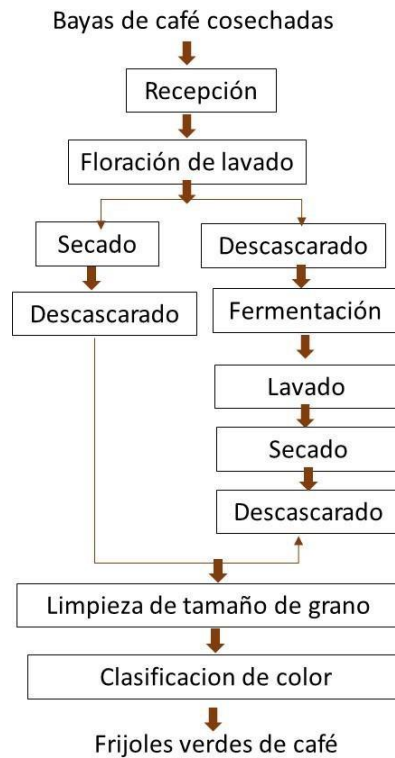


Figura 3. Proceso de producción de café (Oliveira y Franca, 2015)

Como se observa la primera etapa proviene de las actividades agrícolas donde se cultivan y cosechan las cerezas de café (Aristizábal-Marulanda, y Alzate, 2017).

Residuos de café. Echeverría y Nuti (2017) en su investigación para valorizar los residuos del procesamiento del café, tuvo el objetivo de presentar alternativas para reutilizar y valorizar del proceso y plantación de café, la metodología empleada fue la revisión sistemática de publicaciones científicas relacionadas con el aprovechamiento de residuos agroindustriales. Concluyeron que existen diferentes alternativas viables, como alimentos para animales mediante el ensilaje incrementado proteínas a la dieta, producción de hongos comestibles usando la cáscara y pulpa de café, mediante pre tratamiento convertir en cosméticos y farmacéutica, compostaje y bio refinería.

De acuerdo a Hirpa (2020), las especies *Coffea arábica L.* y *Coffea canephora* dominan las dos terceras partes de la producción mundial, su incremento en la producción debió a la economía que desarrolla con métodos procesos secos o húmedos requieren eliminar la cáscara y la pulpa, pero esta actividad representa un serio problema ambiental, debido a un elevado contenido de taninos, componentes fenólicos y ácidos cloro génicos capaces de inhibir el crecimiento de las raíces de otros vegetales y provocar emisiones de gases de efecto invernadero por una descomposición anaerobia sin control, incluso los residuos del proceso del café en condiciones secas son quemados y los provenientes del proceso húmedo simplemente se vierten ambiente.

De Carvalho et al (2017) estudiaron las propiedades de granos de café fermentados libremente con el objetivo de evaluar las levaduras relacionadas con la fermentación y evaluar las características fisicoquímicas de este proceso de fermentación espontánea de los granos de café, en la región cafetal del Cerrado Mineiro en Brasil. La metodología consistió en dejarlo fermentar por 48 h y luego realizar el análisis fisicoquímico correspondiente para evaluar la composición de los dichos residuos de la fermentación espontáneos. Concluyeron que la descomposición térmica del material precursor poseía grupos orgánicos asociados al aroma del café, entre estos componentes destacaron los ácidos aromáticos, las cetonas, grupos aldehídos y ésteres alifáticos, cuyas propiedades pueden usarse para generar un proceso cafetalero con un mayor control.

Rodríguez et al. 2020 en su investigación para evaluar la pulpa de café como sustrato en la producción de poligalacturonasa sólido mediante fermentación, tuvo como objetivo determinar las características fisicoquímicas de la pulpa residual de café. La metodología empleada fue la gravimetría para la determinación de la humedad de la pulpa, el nitrógeno total y la proteína cruda fueron procesadas mediante el método Kjeldahl y la grasa fue extraída por el método de extracción Soxhlet. La identificación de azúcares reductores se efectuó usando un equipo espectrofotométrico y los resultados se expresaron como cafeína% de pulpa seca. Los compuestos fenólicos totales se analizaron usando la metodología de Folin-Ciocalte. Concluyeron que en la fermentación, se consumieron casi en su totalidad

los azúcares reductores, la cafeína y los compuestos fenólicos y un pH óptimo de 4 a 45°C como temperatura óptima, para lograr el procesamiento enzimático del café.

Gurram, et al. (2015), en su investigación sobre alternativas técnicas para producir bioetanol usando la pulpa de café, tuvo como objetivo caracterizar los componentes químicos de la pulpa de café relacionados con la producción de bioetanol, la metodología comprendió caracterizar el azúcar, los hidratos de carbono totales los que se cuantificaron luego de una hidrólisis ácida total de la pulpa seca, seguida de la medición de los hidratos de carbono solubles en agua mediante hidrólisis ácida de las soluciones que fueron extraídas en el sistema soxhlet. La humedad, contenido de lignina y de cenizas se cuantificaron por gravimetría después de tratamiento termoquímicos. Concluyeron que el análisis del ciclo de vida del valor neto de la energía para el proceso es económico con buenos indicadores de emisión/reducción de CO₂ a favor del ambiente.

Geremu, Tola, y Sualeh, (2016) consideraron que los desechos pueden representar una oportunidad aprovechable para extraer componentes bioactivos y antioxidantes esenciales válidos a las industrias alimentaria y también farmacéutica. El objetivo de la investigación fue conocer la capacidad de distintos solventes para extraer las pulpas de cereza de café de distintas variedades en el rendimiento de polifenoles totales y su capacidad antioxidante bajo la presencia de polifenoles totales extraídos de la pulpa de café a partir del método de Folin-Ciocalteu. Concluyeron que la pulpa de cereza de café roja desechada en el procesamiento del café húmedo sirven como material precursor para extraer polifenoles y antioxidantes, que pueden usarse como aditivos biológicos en producciones de las industrias alimentaria y también en las farmacéuticas con la finalidad de tratar enfermedades crónicas inclusive el envejecimiento, así es posible extraer compuestos bioactivos con valor agregado.

Serna Jiménez et al. (2018) evaluaron la extracción de compuestos bioactivos, empleando agua como solvente, con el objetivo de aprovechar la pulpa de café en la valorización como subproducto. La metodología empleada consistió en el

secado de la pulpa de café a 60 °C por 420 minutos en una estufa dependiendo de la humedad, se filtraron 3.3 g de pulpa de café y se sumergió en 250 ml de agua potable. Concluyeron que el tiempo y la temperatura determinan la concentración de poli fenólica en la pulpa de café seca posibilitando su aplicación agroindustrial.

Tipo de Valorización. Bio refinería. Según (Aristizábal-Marulanda, y Alzate, 2017). Los desechos que se producen como consecuencia de las actividades agroindustriales del café representan el 90,5% del peso total de la fruta, existen informaciones que estos desechos sirven para producir alimentos concentrados, enmiendas, biogás, proteínas y energía, entre otros debido a sus propiedades fisicoquímicas tales como carbohidratos, proteínas, aceites y compuestos antioxidantes. Además, estos desechos poseen fibras y componentes químicos de importancia como taninos, cafeína y poli fenoles por lo cual se puede aplicar distintos procesos biotecnológicos para sacarle provecho (Aristizábal-Marulanda, y Alzate, 2017).

Una de las aplicaciones es la bio refinería, para producir aceites, etanol experiencias de este tipo logran rendimientos de hasta 0.25 g /g de desecho lo cual no es rentable a no ser que se produzca a gran escala (Aristizábal-Marulanda, y Alzate, 2017).

Atabani et al. (2019), valorizaron los residuos de aceite usados en la cocina y posos de café con el objetivo de generar biodiesel. Este trabajo trata por primera vez del reciclaje de una mezcla binaria de aceite de cocina usado y aceite de posos de café usado. El método desarrollado considero una prueba para medir un índice del éster metílico entre ambos aceites (cocina/aceite de café) además del aceite de cada uno por separado, también se midió el índice de acidez de cada aceite, además se adoptaron dos pasos en la esterificación ácida con una consecuente transesterificación alcalina para la producción de biodiesel. Se concluyó que la mezcla de ambos residuos mejoró las propiedades del biodiesel, además la mezcla con los alcoholes superiores mejoró la densidad y también mejoro las propiedades de fluido frio del biodiesel manteniendo un nivel aceptable

de índice de cetano, asimismo del punto de inflamación y poder calorífico en cambio de alcoholes inferiores

En cambio, la producción de bioetanol, biohidrogeno, biobutanoles y diversos biocombustibles (Kumar et al. 2020) debido a la presencia de ácidos grasos, aminoácidos, polifenoles, minerales lignina y además de compostaje o vermicompostaje y nanocompuestos e inclusive pulpa-papel. Pero para lograr esto es importante antes estudiar todas las propiedades que presenta cada tipo de desecho del café (Atabani, et al., 2019). Los residuos de café poseen 03 fracciones importantes para su procesamiento: Fracción de aceite (7,9-26,4%), fibra cruda (19,7-22,1%) y diferentes componentes como alcaloides, proteínas, etc. (Corrêa et al., 2014).

Morales-Martínez et al. (2020) en su investigación sobre el uso de residuos agro-industriales, buscaron optimizar ciertos pre-tratamientos químicos al aplicar cascara de café conteniendo una fuerte concentración de lignina con el objetivo de producir bio-etanol, para ello aplicaron el método de análisis de superficie de respuesta para analizar su diseño experimental, probaron la hidrólisis ácida diluida usando una proporción de sólido a líquido de 1:6 peso/volumen con 03 tiempos de procesamiento de 35 min, 45 min, 55 min y soluciones de ácido sulfúrico en concentraciones de 3%, 4% y 5% volumen/volumen. Concluyeron que la optimización de los pre-tratamientos en residuos de cascarilla de café es posible porque favoreció la generación de celulosa y promovió el proceso enzimático que libero una elevada concentración de glucosa.

Battista, et al. (2020) estudiaron los métodos de bio refinería en cascada con el objetivo de valorizar los residuos de posos de café consumidos. Para ello aplicaron la recuperación de moléculas bio-activas, así como la producción de bioenergía. Midieron los efectos de probar procesos en etapas secuenciales para recuperar el aceite de café muy rico en moléculas para generar nuevos compuestos como bio etanol o biogás. Prepararon una mezcla de etanol-iso-propanol 50:50 (volumen / volumen) y logro recuperar 16% de aceite de café, muy rico en tocoferoles (15 mg/100g de residuos de café), en cambio el uso de hexano

solo extrajo el 10% peso/peso) de distintas moléculas, tales como el ácido linoleico y (38%) y palmítico (34% p/p de residuo, Cafestol (383 mg/100g deresiduo), Kahweol (194 mg/100g residuo). Los residuos de poso de café se sometieron a una hidrólisis ácido-enzimática y una posterior separación sólido/líquido y luego esa fracción líquida se aplicó para producción de bio etanol con una concentración de 50 g/L. Finalmente la fracción sólida se empleó para producir biogás mediante digestión anaeróbica, en esta fase se logró un rendimiento de metano de 250 NL/kgVS. Concluyeron que el enfoque integral de la bio-refinería es apropiado para valorizar totalmente los residuos de poso de café.

Go et al. (2019) en su investigación sobre recuperación de lípidos y componentes bio-activos a partir residuos de posos de café tuvo como objetivo aplicar un método Taguchi para optimizarla formación de hidrolizado rico en polisacáridos. La metodología consistió en usar una solución de H₂SO₄ al 4% volumen/volumen para un proceso de hidrólisis por 3 o 4 horas a una temperatura 95 oC.

Juárez, et al (2017) en su investigación sobre valorización de residuos realizo una prueba de hidrólisis ácida diluida con granos de café gastados para recuperar azúcar y lípidos. La metodología experimental consistió en aplicar una hidrólisis ácida directa con diversas concentraciones de ácido sulfúrico (1–5% v/v de ácido sulfúrico) y distintos tiempos de hidrólisis (30–180 min). Se usó una relación de disolvente:sólido = 8 mL/g con ácido al 5% v/v y un tiempo de hidrólisis de 3 h. Se llegó a la conclusión de que la hidrólisis ácida directa diluida puede usarse para aumentar la recuperación de lípidos ya que la hidrólisis de biomasa estándar producía menores rendimientos en la concentración y recuperación de lípidos y de energía

Burniol-Figols, et al (2016) en su investigación sobre biorefineria usando posos de café gastados con el objetivo de recuperar ácido clorogenico y producir etanol, uso la metodología de hidrólisis ácida diluida sobre los residuos que actuaron como sustrato para producir una solución combinada de ácido clorogénico y bioetanol. Entonces evaluaron el efecto de la extracción posterior de fenoles, sin perder los azúcares logrando aumentar la eficiencia en la liberación de azúcares de la

hidrólisis ácida diluida. Concluyeron que las condiciones óptimas logradas y la pureza del extracto fenólico obtenida (32%) le permitían ingresar al mercado con el ácido clorogénico como suplemento dietético y con etanol al 3.9% (p/v) de concentración.

Compostaje. El compostaje y el co-compostaje resulta ser una técnica sencilla en el manejo de residuos para estabilizar la materia orgánica y bio-trasformar los distintos componentes biodegradables convirtiéndolos en minerales valioso para el tratamiento y mejoramiento de la calidad de los suelos. Materiales presentes como la hemicelulosa, la lignina etc. Inhiben el proceso biodegradativo de la materia orgánica (Karnchanawong et al., 2017). Los residuos de café cumplen con esta condición, así que su tratamiento puede incluir el compostaje realizada en 2 etapas, la primera trata de un compostaje primario para degradar rápidamente los componentes mas biodegradables y el compostaje secundario más lento para los componentes liugnocelulosicos, esto se debe a las altas temperaturas que alcanzan los 60 ° C o mayes que se generan en ambas oportunidades de compostaje en etapa termofílica, así el material lignocelulósico es degradado efectivamente lo cual señala mejores resultados frete al compostaje tradicional (Zhang y Sun, 2017). Se demostró que la adición de estiércol de vaca ricas en residuos lignocelulósicos acelera la biodegradación de materiales como la celulosa y hemicelulosa debido a la participación de otros comunidades microbianas y enzimas que mejoran la degradación (Karak et al., 2017).

Conversión termoquímica/Pirólisis para producir bioenergía. La conversión termoquímica de los residuos de café es otra forma de valorizarlos, entre ellos destaca la gasificación, los pirólisis y la combustión. De estas la pirólisis descompone por vía termoquímica anoxia los residuos de café generando gases y líquidos o biodiesel y sólidos (biocarbón) (Michailof et al. 2016). El biodiesel es un producto orgánico que posee una variedad en sus propiedades dependiendo del material precursor usado en su obtención y es usado como biocombustible de segunda generación o como insumo para la producción de nuevos materiales o productos (Aysu et al. 2016). Su composición es rica en componentes polares y covalentes y de distinto peso molecular por lo que se categorizan compuestos muy

polares (solución acuosa) o de baja polaridad. Setter et al. (2020) produjo briquetas (Figura 4) a partir de cascarillas de café en un proceso de pirólisis lenta. Este producto se formó por densificación y pirólisis lenta posterior a temperaturas finales de 350 °C, 400 °C y 450 °C a una gradiente de velocidad de calentamiento de 0,5 ° C por minuto.

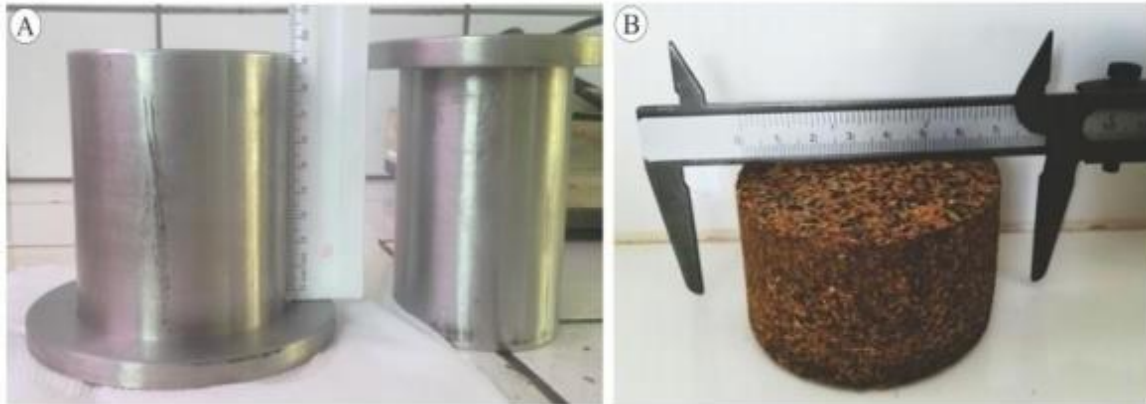


Fig. 4. Elaboración termoquímica de briquetas a partir de cáscara de café en a) molde metálico y b) Briquetas. Fuente: (Setter et al 2020).

Pratiwi, (2020) en su investigación sobre el efecto de la temperatura de combustión sobre la calidad de bioenergía alternativa usando residuos de café, con el objetivo de fabricar briquetas mediante el proceso pirolítico. Empleo residuos de café y posos de café desde restaurantes que se sirve al público, residuos de café molidos, uso harina de tapioca material adhesivo (aglutinante) porque genera poco humo con contenido muy pobre de ceniza aumentando el poder calorífico de las briquetas. La forma de las briquetas fue cilíndrica. Los residuos se secaron por 2 horas a 105 °C y se tamizo en una malla de 45-20. Se mezclaron 100 gramos de café molido ya seco previamente mezclado con harina de tapioca (almidón) en dosis de 0%, 10% y 20% y se pirolizó en un reactor de pirólisis por 90 min, la temperatura pirolítica de prueba fue 200°C, 250°C, 300°C, 400°C y 500°C. Luego se analizaron humedad y cenizas. Concluyo que las mejores condiciones operativas que generaban las mejores briquetas fue una temperatura de combustión de 300°C sin harina de tapioca con un poder calorífico alto (7549.42 cal/g) lo cual produjo una potencia eléctrica estándar (292.49 W),

aunque se generaba un contenido de cenizas alto (3.7%) aunque inferior a los estándares (SNI 01-6235-2000)

Pre-tratamientos. Pre-tratamiento alcalino de deslignificación. El objetivo de incrementar el contenido de azúcares (sacarificación) en el proceso de producción de etanol es importante y puede hacerse por distintas vías, una de ellas es un pre-tratamiento alcalino con hidrólisis enzimática así se logra incrementar la liberación de glucosa del material residual de café especialmente de posos de café gastados. En esta etapa se usa una base alcalina como el NaOH diluida y tibia por ejemplo a 50°C por 6 horas, una vez fría se observa la formación de sólidos los cuales son separados y secados a temperaturas < 48 ° C, el sólido se usa como sustrato para la hidrólisis enzimática.

Extracción de aceite sólido-líquido. La extracción de los residuos de café corresponde a uno de los métodos más comunes aplicados para la extracción de componentes orgánicos de una muestra orgánica sólida. En el caso de los residuos de café se suele usar para producir biodiésel. La extracción mediante el sistema Soxhlet representa una tecnología de extracción de aceite convencional en la que se pueden usar distintos tipos de solvente o mezclas de ellos, como el isopropanol, etanol, acetona, n-pentano, tolueno, cloroformo, éter de petróleo (Corrêa et al., 2014), el tradicional es el n-hexano o metanol, de esta forma se introduce los residuos de café en los dedales de que sirven como cartuchos para su extracción con reflujo y posterior evaporación de los solventes mediante rotavapor a menores temperaturas al vacío. Posteriormente se elimina la humedad en un proceso lento por el uso de sulfato anhidro entonces se ha logrado obtener el aceite (Passadis et al. 2020).

Uso de enzimas. Sacarificación enzimática. En esta etapa se ajusta el pH= 5, de los sólidos obtenidos en el pre-tratamiento de la hidrólisis enzimática de los posos de café gastados. La hidrólisis enzimática se realizó a 50 ° C se realiza en una incubadora con una proporción de los residuos sólidos (10% p.p) en presencia de enzimas como Cellic CTec2 (Novozymes, Dinamarca) por 72 h para luego

recolectar luego los hidrolizados (Passadis et al. 2020), listos para la secuencia de producción de bioetanol.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipos y diseño de investigación

Esta investigación es una línea de base de revisión teórica y de las principales aplicaciones que se están desarrollando para la valoración de los residuos de los cultivos y agroindustriales del café, con la intención de aportar conocimiento para futuras investigaciones orientadas a una economía circular (Leandro, Oliveira y Franca, 2015).

Se aplicó un tipo cualitativo de diseño en esta investigación debido a que este ha consistido en la búsqueda de información existente utilizando la base de datos de la Universidad Cesar Vallejo (Scopus) y otras bases científicas, para conocer que rutas de investigación se siguen en la actualidad en relación a posibilidades de un manejo sostenible en la cadena de suministro del café (Pushpa y Naidu, 2012)

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

En la tabla 3 se detalla la matriz de categorización apriorística donde señala los objetivos específicos, problemas específicos, las categorías y sub categorías.

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística. Trasformación de los residuos de la industria del café en nuevos productos. Revisión sistemática, 2020

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías	Unidad de análisis
Identificar los residuos de café generados en el procesamiento industrial	¿Qué residuos de café se generan en el procesamiento industrial?,	Residuos de café	pulpa, cáscara de café, Piel de astilla de café, café gastado	Oliveira y Franca, (2015) Aristizábal-Marulanda, y Alzate, (2017) Echeverria y Nuti (2017) Corrêa et al., 2014).
Analizar los tipos de valorización de los residuos de café que se desarrollan en la actualidad	¿Qué tipos valorización de residuos de café se desarrollan en la actualidad?	Valorización de residuos	Biorefinería: Bioalcoholes, Pirólisis/Bioenergía Bioalcoholes, Pirólisis/Bioenergía	Atabani et al. (2019) Kumar et al. (2020) Morales-Martínez el al. (2020) Battista, et al. (2020)
Evaluar las técnicas de pre-tratamiento se emplean para transformar los residuos de café en nuevos productos.	¿Qué técnicas de pre-tratamiento se emplean para transformar los residuos de café en nuevos productos?	Pre-tratamiento	pre tratamiento transformación enzimática metabolitos	Passadis et al. (2020) Nguyen et al. (2018).

3.3. Escenario de estudio

Este estudio se ha basado en una revisión sistemática por ello no tiene un escenario físico, sobre las alternativas de uso de los residuos generados en el procesamiento del café

3.4. Participantes

Se seleccionaron artículos de revistas científicas como Scopus, Scien-cedirect

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta sección se desarrolló un análisis de los documentos recolectados que sirvieron de base para este estudio sistemático (Domínguez, 2016, p. 15). La información ha sido organizada en función de las categorías planteadas.

Una vez ubicados los documentos fue extraída las sub categorías para complementar la información y hacer el análisis correspondiente sobre el estado actual de las investigaciones en ese campo de acuerdo a lo planificado

De acuerdo a ello se cuenta con una base de datos de autores título del documento, Revista, año de publicación.

3.6. Procedimientos

Toda la investigación se basa en el análisis y evaluación de la información documentada organizada de manera sistemática de acuerdo a la clasificación mostrada en el cuadro de descripción operacional.

Se ha desarrollado una matriz de clasificación de cada documento obtenido mediante la búsqueda en internet, para tal efecto se han usado las claves: café,

valorización, residuos, agroindustria, agricultura, economía circular, bioenergía, compost.

Esta investigación se ha dividido en 03 partes, todas en función de los objetivos planteados.

Para la primera parte se han encontrado 63 documentos, delo cual se ha efectuado una primera depuración de acuerdo a los descriptores mostrados en el cuadro operacional.

La segunda parte contempla la revisión de cada clase identificada y elaborar una matriz organizada remarcando la metodología aplicada en cada caso, las condiciones operacionales y establecer las diferencias de encontrarse una misma clase de investigación como esta puede ser más ventajosa frente a otras de la misma naturaleza.

La tercera parte básicamente será una revisión de cuanto se ha hecho en el Perú respecto al reaprovechamiento de los residuos del café para su aprovechamiento y marcar la ruta dentro de una economía circular.

3.7. Rigor científico

El rigor científico comprende aspectos relevantes consistentes de la investigación desde artículos indexados, sujetos a credibilidad ya que fueron extraídas desde fuentes de datos científicos acreditados y posee confirmabilidad (Varela y Vives (2016, p.194).

3.8. Método de análisis de información

La información se ha reunido en función de las categorías y sub categorías, haciendo un total de 68 artículos relacionados con los relacionados con la categoría y subcategoría entre pulpa de café, cáscara de café, piel de astilla de café. Se ha efectuado análisis cualitativo de toda la información y en consecuencia

se ha logrado tener una visión actualizada de las opciones de valorización de los residuos de café.

3.9. Aspectos éticos

Se ha cumplido con todo el rigor científico y derechos de autores, el trabajo resulta original y de mi autoría, se ha citado oportunamente y de manera correcta cada sección de la tesis correspondiente a un autor distinto de este artículo y se ha usado el manual ISO 690 de la Universidad César Vallejo, para citarlos e incluirlos en las referencias sistemática.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo a Blinová et al. (2017) la producción de Café en el mundo es muy intensiva y del mismo modo su consumo, en la figura 5 a) se muestra los tipos de café más consumidos en el mundo y debido a esto hay un cultivo promedio anual de $10 E^9$ de libras de frijoles por año, asimismo en la figura 5 b) se muestra que el café Colombian Milds es el líder (31%) seguid de café mexicano (14%), centroamericano y el de Africa (19%) y Robustas (17%).

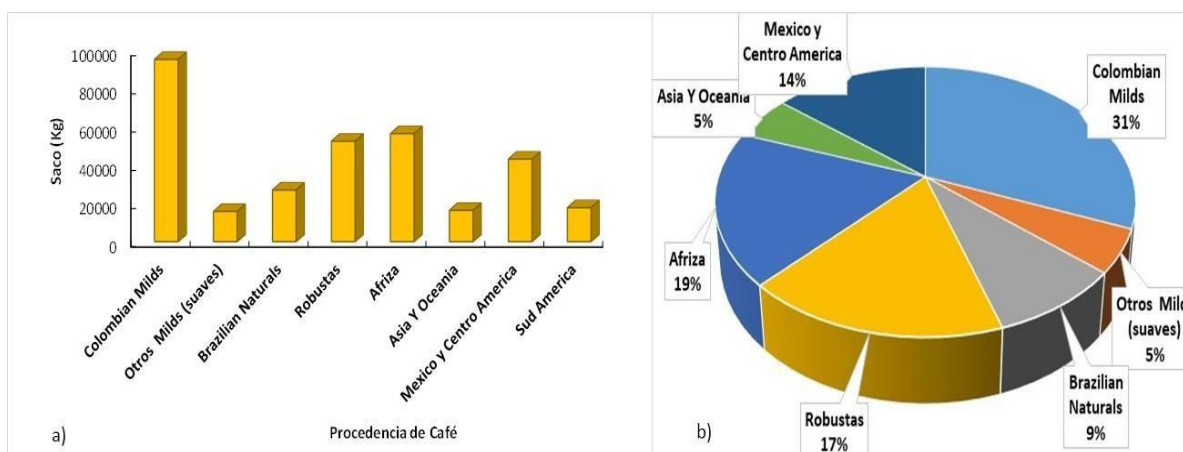


Figura 5. Principales Tipos de café a) Cantidades de café consumidos y b) Porcentajes de consumo en el mundo. Fuente: Adaptado de Blinová et al. (2017)

Residuos de café. De acuerdo a Dattatraya et al (2020), los subproductos del café, son la pulpa y cascarrilla, las que se generan en mayor proporción, sin embargo, solo pequeñas cantidades se usan para compostajes y enmiendas e inclusive como parte del alimento de ganado, de esta forma pueden aplicarse lombrices para su compostaje desarrollando una elevada humedad que es rica para fertilizar suelos (Sánchez-Hernández y Domínguez, 2017; Zhang y Sun, 2017). La figura 6 muestra el ciclo de vida de la producción de café, genera

residuos durante la limpieza, almacenamiento de los granos y como consecuencia del tostado, luego se desarrolla la molienda su transporte, distribución y consumo, donde también se vuelve a generar desecho de café por el café gastado, sumándose a la pulpa, cascara de café y a la piel de astilla. La producción mundial de granos de café gastados se estima en alrededor de 6 millones de toneladas solo a nivel industrial (Battista et al 2020).

Echeverria y Nuti (2017) en su revisión sistemática hallaron que el principal residuos generado en el proceso industrial es el café molido empleado para producir de café soluble, que se producen en ambas etapas se genera cáscaras de café, granos de café defectuosos entre otros con distintos humedades y densidad aparente, para el investigador las cáscaras de café, de la piel seca, la pulpa y el pergamino, derivan del proceso de las bayas , de tal forma que 01 Ton de granos de café producida se produce 01 Ton de cáscaras (proceso seco) y produce 02 Ton de residuos en el procesamiento húmedo aunque esto último dependen de la cantidad de agua añadida al proceso. El grano de café defectuoso es aproximadamente mas del 50% del grano útil consumido.

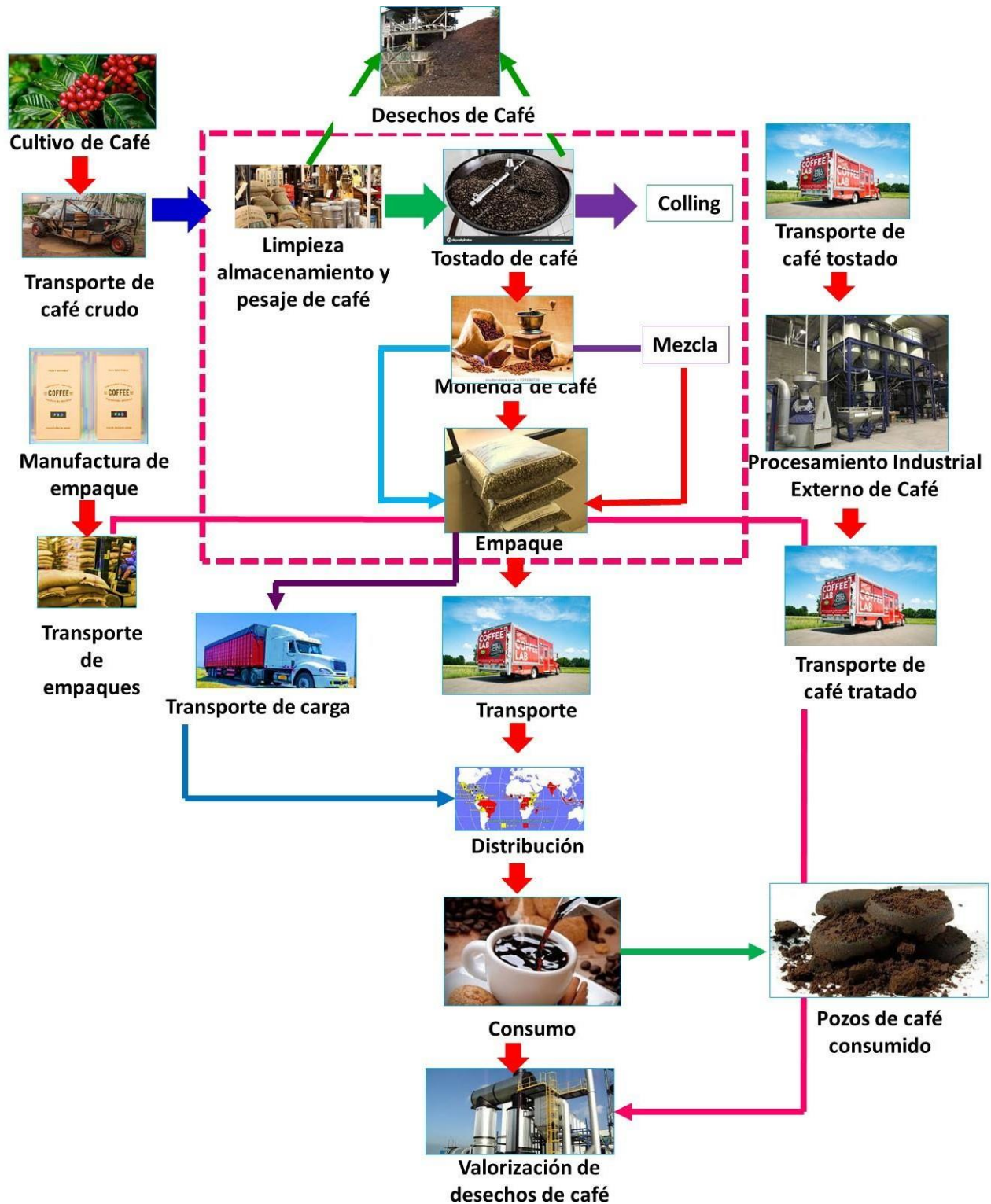


Figura 6. Ciclo de vida de Producción del café. Adaptado de Battista et al (2020)

Hirpa (2020), estudió la composición de la pulpa de café y reportó los siguientes valores:

Tabla 2. Composición de la pulpa de café. Fuente Hirpa (2020)

	CH (%)	pH	EC (mS/cm)	COT (%)	MO (%)	NT (%)	PT (%)	KT (%)	C/N
Pulpa	58.02	4.64	7.74	40.31	69.5	1.05	1.11	2.49	39.39

De Carvalho et al (2017) informo los resultados obtenidos en la fermentación espontanea de café mediante un equipo cromatógrafo de gases acoplado a un espectrofotómetro de masas (GC-MS) se identificaron los grupos funcionales volátiles aromatizantes en las muestras de granos de café fermentados y secos mediante predominaron componentes de hidrocarbonados (09 componentes), alcoholes superiores (06 componentes). Gran parte de los componentes hallados son propios del frijol de café, pero otros fueron producidos por acción metabólica bacteriana como el nonanal, ácido cítrico y heptanal y otros por acción de las levaduras como el hexano, heptano y tiofenos. La tabla muestra los resultados obtenidos:

Tabla 3. Composición cualitativa de componentes orgánicos aromatizantes de café fermentado espontáneamente. Fuente: De Carvalho et al (2017)

Grupo Funcional	Componente orgánico
Aldehídos	Nonanal Heptanal
Alcohol	5-terc-butil-1,3-ciclohexanodiol 2-propil-1-pentanol 4-etil-1-octin-3-ol 2-etil-1-decanol
Acido carboxilico	Ácido 13- (benciloxi) tridecanoico Ácido dodecanoico, ácido 3-hidroximetacrílico Ácido acético
Ester	Valerato de heptilo
Hidrocaburos	Heptano, 2,2,3,5-tetrametil-pentano, 2,2,3,4-tetrametil-heptano, 2,2,6,6-tetrametil-Hexano, 2,2,5-trimetil-Eicosano,

	3-metil-dodecano, 2,6,11-trimetil-heptano, 5-etil-2,2,3-trimetil-hexadecano 9-octadeceno, 1,1- dimetoxi
Compuestos sulfurados	2-alil-3-metil-4- (fenilsulfanil) -2,5-dihidrotiofeno, 1,1- dióxido
Cetonas	p-benzoquinona
Pirazina	2-isobutil-3-metoxipirazina

Rodríguez et al (2017) caracterizo la pulpa seca del café revelando un gran contenido de nutrientes y de azúcares reductores equivalente a un contenido de 5.4% de la pulpa seca, con un 9.4% de proteínas, 20.5% de pectinas, con capacidad de producir hidrolasas (1.4% de la pulpa seca). Además, la pared celular de la pulpa de café posee un 25.5% de pectinas, 11.5% de hemicelulosa y un 44% de residuo celulósico.

Tabla 4. Cuantificación de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de café. Fuente Rodríguez et al 2017.

Parámetro	(%) de peso seco de la pulpa
Ph	5.5
Materia seca	89
Humedad	11
NT	.1.5
Proteínas (N*6.25)	9.4
Cafeína	1.4
Fenoles totales	0.3
Azucares reducidos	5.4
Grasas	0.8
Pectina	20.5
Hemicelulosa	9.2
Celulosa	35.6
<u>Materia seca total analizada</u>	<u>84.1</u>

De otro lado, Gurram et al. (2015), en su investigación por conocer las propiedades fisicoquímicas de la pulpa del café para su uso en la producción de bioetanol caracterizó la pulpa hallada contenidos de azúcar en base seca para arabinosa (5.8%), galactosa (5.2%), glucosa (20.2%), xilosa (4.2%) y manosa (4.7%), respectivamente. No hubo inconvenientes con la solubilidad en agua de azúcares como la arabinosa (1 %), la galactosa (1.4%) y la glucosa (2.6%)

La tabla muestra el contenido de ceniza y de los componentes celulósicos que dificultan la solubilidad de los azúcares.

Tabla 5. Contenido de ceniza y sustancias con componentes de lignina en la pulpa de café. Fuente Gurran et al. (2015).

Parámetro	(%)
Ceniza (%)	19
Lingnina (%)	22
Hemicelulos (%)	20
Celulosa (%)	23
Otros (%)	16

Geremu, Tola, y Sualeh, (2016), investigaron distintos tipos de solventes de extracción de componentes fenólicos en las pulpas y café de distintas variedades, así el rango contenido de fenoles totales oscilo entre 1809.9 a 489.5 mg GAE/g, siendo la variedad Ababuna la que mostro una mayor concentración de polifenoles totales (1809.9 mgGAE/gm) extraída con metanol al 80% y el menor contenido correspondió a la variedad 741(489.5 mg GAE/g) extraído con etanol al 80%

Tabla 6. Poder de extracción de fenoles totales en la pulpa de café con distintos solventes seleccionados

Tipo de pulpa	Solvente	Contenido total de Polifenoles (mg GAE)	Polifenoles totales (%) de variedades en comparación con Ababuna tomando metanol como disolvente estándar
Ababuna	acetona	1434.3	79.2
	etanol	1603.8	88.6
	metanol	1809.9	100
Dessu	acetona	1709	94.4
	etanol	1448.4	80
	metanol	929.1	51.3
74110	acetona	662.1	36.6
	etanol	664.8	36.7
	metanol	993.5	54.9
741	acetona	707.4	39.1
	etanol	489.5	27
	metanol	900.6	19.8

El experimento de Serna-Jiménez et al (2018) registro la mejor extracción a 90°C por 4.5 min para producir la mayor capacidad antioxidante, la cual fue proporcional al incremento de la temperatura que ayudo en la solubilidad ya que este parámetro señala la ruptura de la pared celular del vegetal y mejora la transferencia de masa, un mayor tiempo permita una mayor migración de los bio-componentes desde el tejido vegetal a la solución, este efecto se aprecia en la superficie de respuesta (figura 7). La mayor actividad antioxidante generada fue 92% (2024.26 µM ET/g), estosextracto contiene metabolitos que previenen diversas enfermedades cardiovasculares, y obesidad entre otras.

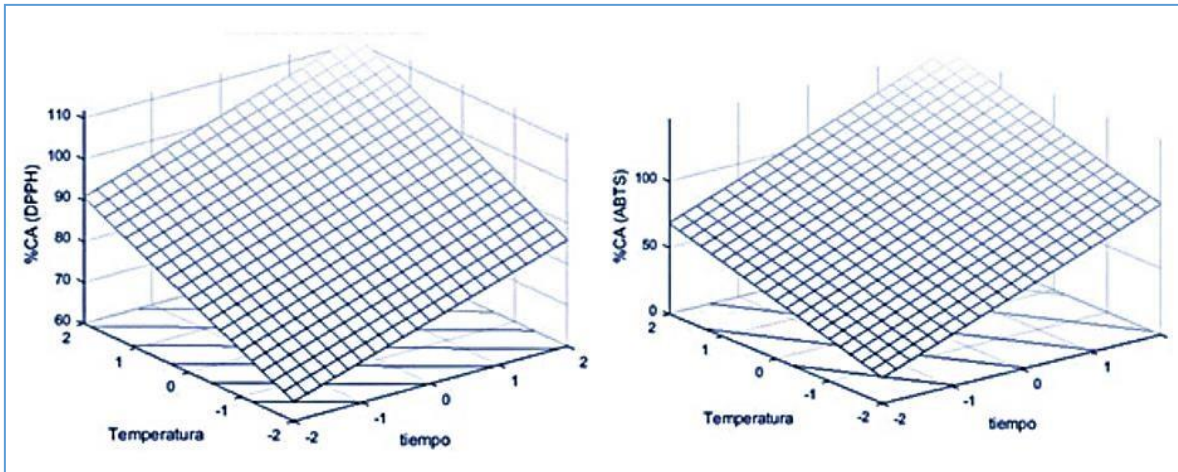


Figura 7. Superficie de respuesta elaborada para analizar la distribución del porcentaje de capacidad antioxidante en función de la temperatura y del tiempo de extracción. Fuente: Serna-Jiménez et al (2018).

Valorización de residuo. De acuerdo a la revisión efectuada los autores coinciden en la necesidad de aplicar métodos para el tratamiento y reciclaje de los residuos, así la pulpa y la cáscara del café han tenido aplicaciones como fertilizantes, comida para ganado o como abono, etc. También se ha intentado desintoxicarlos para una mejor aplicación como alimento y utilizarlos como un sustrato eficiente para producir varios productos de valor agregado como enzimas, ácidos orgánicos, compuestos de sabor y aroma, hongos, etc. Estas aplicaciones utilizaron solo una fracción de la cantidad disponible y los métodos no fueron técnicamente muy eficientes. Los intentos recientes se han centrado en su aplicación como sustrato en bio procesos y vermi-compostaje.

Biorefinería. Se observa que la bio-refinería del café es muy amplia, un aspecto importante es el proceso de digestión anaerobia para producir biogás y residuos sólidos como bio-adsorbente que pueden lograr a partir de los residuos de café consumido, mientras que el proceso de pirólisis produce biocarbón y bio-aceite, además de transformarse en pellets como reserva de energía. Otro aspecto importante es la etapa de extracción de aceites del café que genera pozos de café

degradado que por un proceso hidrolisis puede generar azúcares ricos en glifosato, una posterior fermentación origina bio etanol. Son amplias las diversas aplicaciones que se pueden dar para la obtención de una serie de subproductos. La figura 8 muestra el potencial de trasformación propuesto por Dattatraya et al (2019).

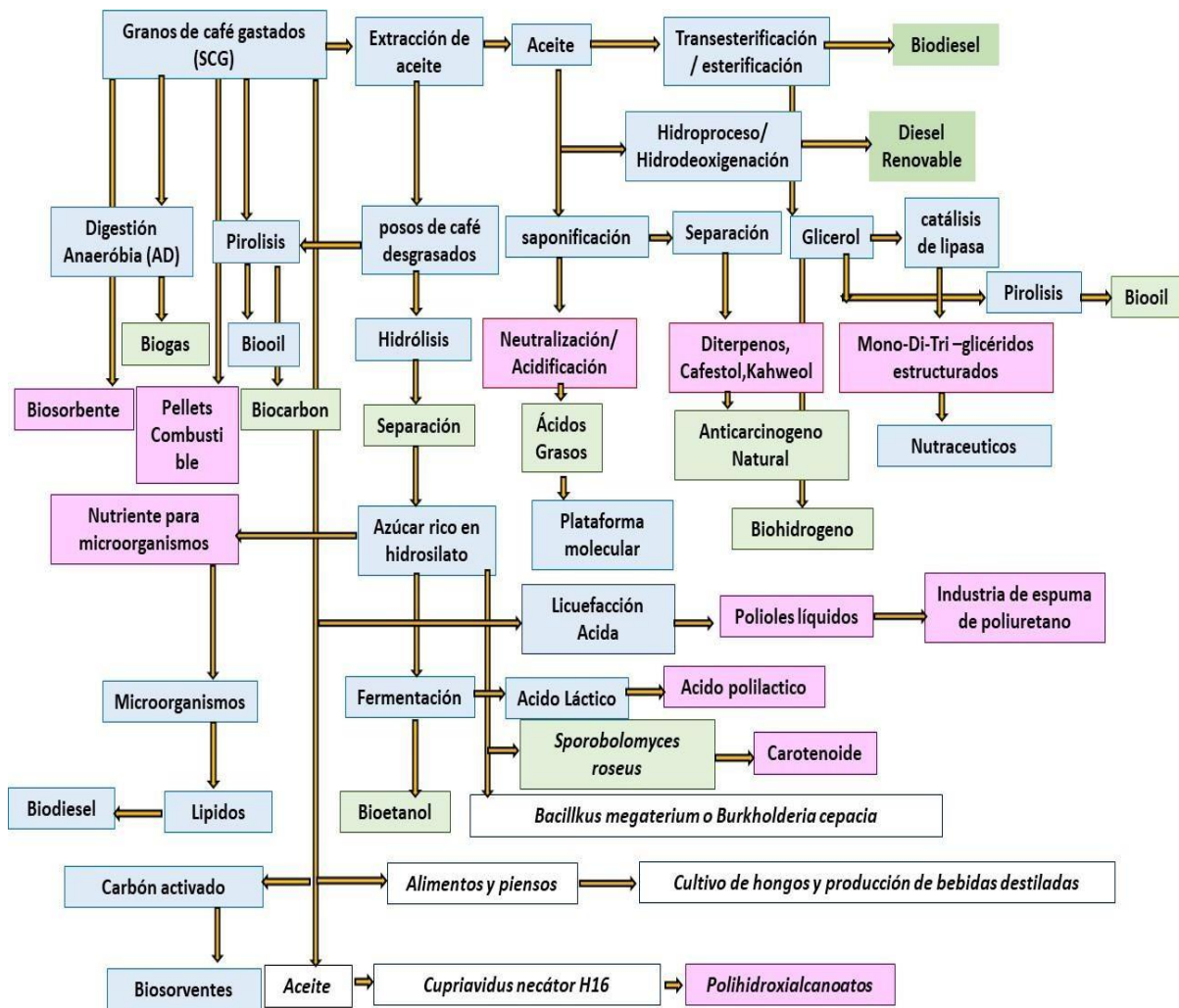


Figura 8. Bio-refinería del Café según Dattatraya et al (2019).

Biodiesel. Atabani et al. (2019), investigó como modificar un combustible y seleccionar mezclas binarias y también ternarias, combinó el aceite residual de cocina/con el aceite de poso de café con Butanol, Pentanol, Hexano y D100, logro mezclar modificando algunas propiedades de la mezcla. Las 02 mezclas binarias de D80:B70 y D70:B30 y 03 mezclas ternarias de D80:B10: But10, D80:B10: Pen10 y D80: B10:Hex10, mostrando una buena miscibilidad y también

presentaron estabilidad por largo período. A continuación, se presenta algunas de las propiedades determinadas en las mezclas probadas:

Tabla 7. Propiedades físicas de biocombustible obtenido a partir de la pulpa de café. Fuente: Atabani et al. (2019).

Propiedades	Aceite de cocina /aceite café	B20	B30	D80B10But10	D80B10But10	D80Hex10But10	d100
Densidad a 15°C (kg/m ³)	885	850.1	854.1	842.5	843.3	843.5	842.5
Punto de nube (°C)	9	-3	-2	-3	-3	-2	-5
Punto de fluidez (°C)	9	-6	-3	-7	-6	-9	-14
Punto de obturación del filtro frío (°C)	2	-14	-11	-22	-20	-19	-26

Bioalcoholes. Bioetanol. Las biorrefinerías impulsadas por la energía se pueden diseñar considerando las vías de conversión biotecnológica y termoquímica (Aristizábal-Marulanda et al 2020. La búsqueda en la base de datos Google académico registro XX artículos de los cuales se seleccionaron como XXX de acuerdo a la dirección empleada (https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=bioethanol+from+coffee+waste&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2016). De acuerdo a esta información, se han producido investigaciones sobre la producción de etanol de segunda generación usando la biomasa residual del café como material precursor del procesamiento del café (Morales-Martínez et al 2020). En estos casos la celulosa presente en la cáscara del café es pre-tratada para deslignificarla, en este caso se ha reportado una remoción del 58.82% de lignina, logrando romper los polímeros y aumentando la glucosa de 115,59 g / L por acción enzimática. Eso permite mejorar la producción de bioetanol.

Nguyen et al. 2018, demostró la formación de biosazúcares importantes, materia orgánica y manosa, pre tratando los residuos de café de posos de café gastado y

regulando la hidrólisis enzimática así logro obtener polisacáridos puros logrando una alta eficiencia con miras a la gran escala (Figura 9). Sin embargo, las condiciones operativas deben cuidarse la etapa de des lignificación no debe superar los 80 °C así se logra que la biorrefinación mejore la producción de bioetanol y otros alimentos.

Además, se cuenta con el concepto de “jerarquía de biorrefinería en cascada” propuesta por Battista et al. (2020), ya que los residuos del café gastado son ricos en la fase oleosa por la presencia de “tocoferoles, cafestol, kahweol y ácidos linoleico y palmítico”, estos resultan importantes desde su aplicación como insumos alimentarios, cosméticos y como aditivos farmacéuticos.

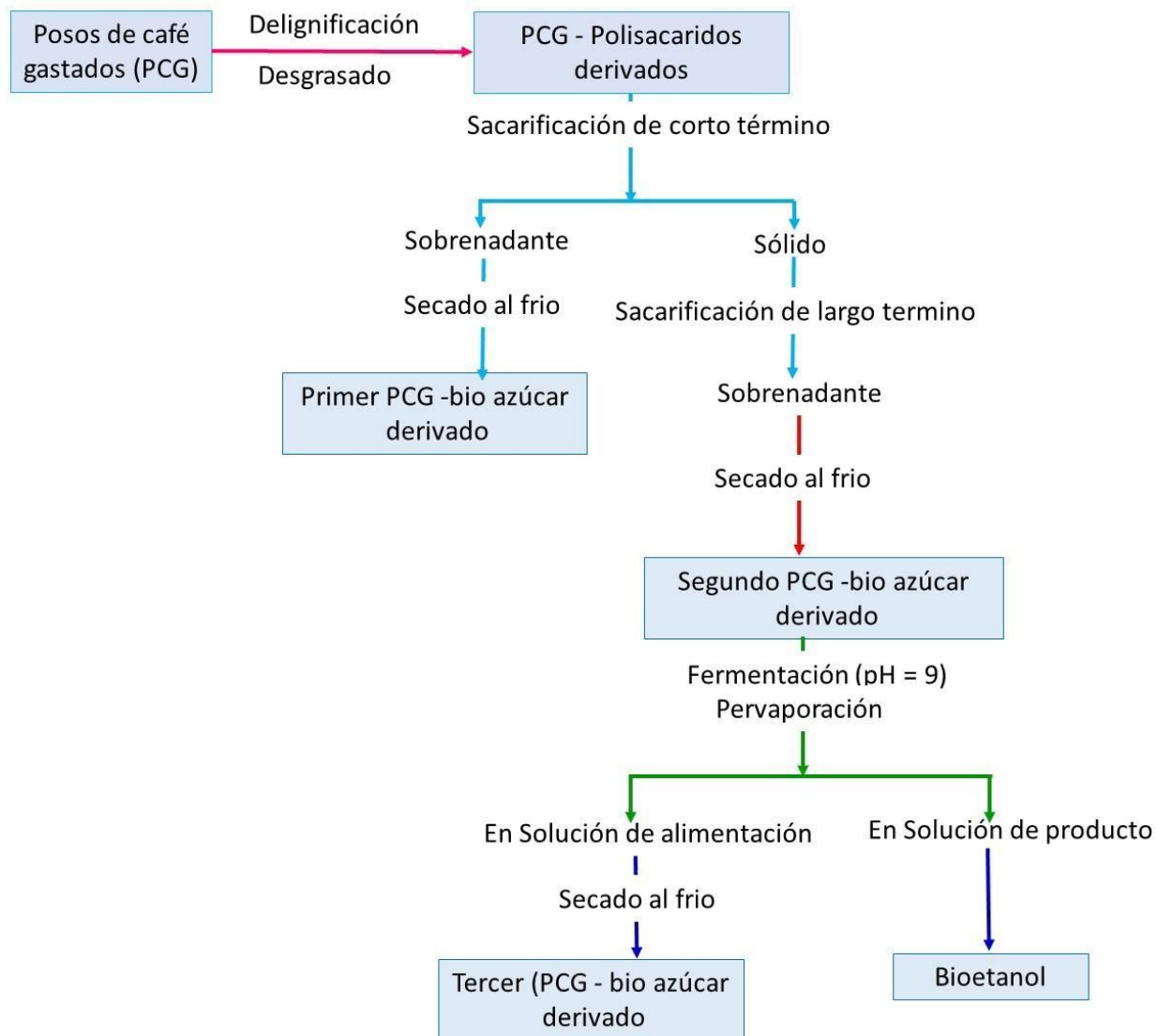


Figura 9. Producción de bio-azúcares valiosos a partir de posos de café gastados. Fuente: Nguyen et al. (2018).

Battista et al 2020, ha informado que los ácidos grasos libres y triglicéridos reducen la tasa de hidrólisis de los azúcares, esto se confirmó con el experimento de Go et al. (2019) iniciando la hidrólisis de manera preliminar a la obtención de aceite logrando un alto rendimiento de azúcares y aceite con una biomasa de menor humedad lo que permite un ahorro energético de 1034.21 kJ / kg de café gastado Juárez et al. (2018), en otros casos se extraen ácidos fenólicos bastante puro preliminar a la generación de bioetanol Burniol-Figols et al (2016). Como se observa en la figura adaptada de Battista et al (2020) los residuos de café más

usados (café gastado) presenta elevada hemicelulosa y lignina que es necesario pre tratar para liberar los polisacáridos (figura a), seguida del contenido proximal de CHON (Figura 10).

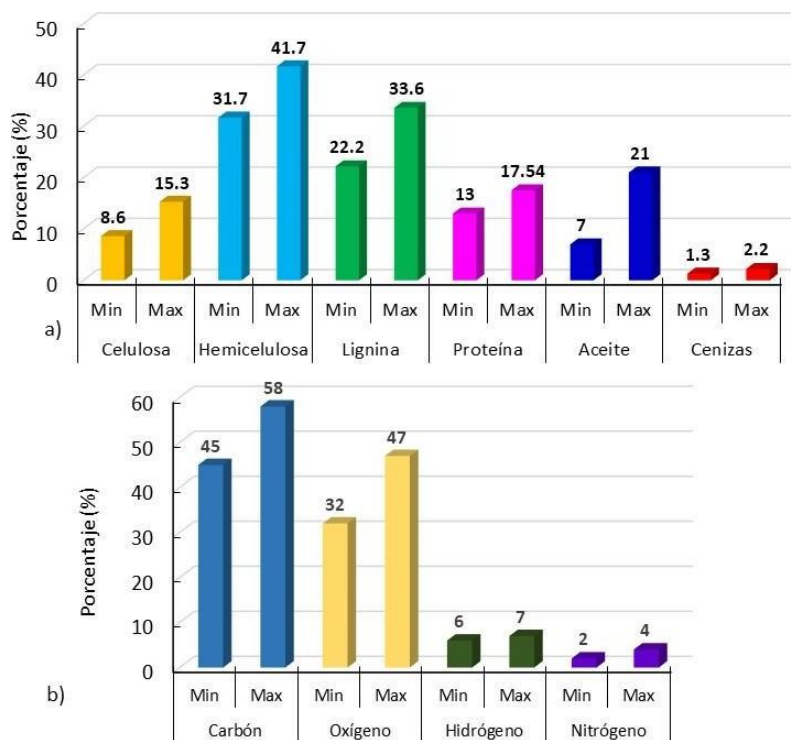


Figura 10. Contenido proximal de componentes del café gastado. A) Porcentaje de celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, aceite y cenizas y b) CHON. Adaptado de Battista et al. (2020).

Nguyen, et al. (2018) en su investigación sobre producción de bio-azúcares con mano-oligosacáridos y manosa con el objetivo de desarrollar un proceso avanzado a partir de posos de café aplicó como metodología una prueba de deslignificación a los residuos de café y desgrasado, para producir los polisacáridos derivados de los residuos, se realizó entonces la hidrólisis enzimática en 02 etapas en dos tiempos, uno corto y uno más largo. Se pesaron 100 g de residuos seco de café. Concluyeron que es posible producir manosa de alto valor a partir de los residuos

de posos de café y de otros residuos con alto contenido de lignocelulósicas con conteniendo polisacáridos.

Conversión termoquímica/Pirólisis de biomasa. Rivera y Cesar H Ortega-Jiménez 2019, explica que la pirólisis se define como la destrucción térmica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. La pirólisis es un proceso termoquímico basado en la conversión de biomasa en combustible útil mayor. La biomasa se calienta en ausencia de oxígeno, o se quema parcialmente con un suministro limitado de oxígeno, para producir una mezcla de hidrocarburos gaseosos ricos, un aceite líquido similar y un residuo sólido rico en carbono. La biomasa luego se vuelve líquida (bio-aceite o bio-aceite), gases de carbón y no condensables, ácido acético, acetona y metanol, calentando la biomasa a unos 750 K en ausencia de aire. El proceso se puede ajustar para favorecer la producción de carbón vegetal, aceite pirolítico, gas o metanol con una eficiencia de alimentación del 95,5% [15]. Además, la composición química de los residuos de café es esencial para diseñar sistemas eficientes de combustión. Por ejemplo, por el alto contenido de cenizas que quedan cuando se queman los residuos de café sin haber sido tratados con ningún proceso previo, dejando una gran cantidad de residuos sedimentados en la caldera, y por lo tanto necesitando otros métodos para complementar la combustión.

Pratiwi, (2020) estudio el efecto de la temperatura de combustión en la calidad de bio-energía alternativa producido a parte de los desechos de café. Los resultados señalaron que las mejores briquetas obtenidas de los posos de café se consiguieron a una temperatura de combustión de 300°C sin aplicación del adhesivo (harina de tapioca), además se logró un poder calorífico considerable (7549.42 cal/g) logrando generar una potencia eléctrica estándar igual a 292.49 W.

A continuación, se presenta los resultados de caracterización de material precursor

Tabla 8. Características de material precursor. Fuente: Pratiwi, (2020)

	Café verde Arábica	Café tostado Arábica	Café verde Canephora	Café tostado Canephora
Sucrosa	6 - 9	4.2	0.9 - 4	1.6
Reducir azúcar	0.1	0.3	0.4	0.3
Polisacáridos	34 -44	31 – 33	48 - 55	37
Lignina	3	3	3	3
Pectina	2	2	2	2
Proteínas	10 - 11	7.5 – 10	10 - 11	7.5-1
Aminoácido	0.5	Nd	0.8 - 11	nd
Cafeína	0.9	1.1 - 1.3	1.5 - 2.5	2.4 - 2.5
Trigonelina	0.6 - 2	1.2 - 0.2	0.6 - 0.7	0.7-0.3
Ácido nicotínico	-	0.016 - 0.026	-	0.014 - 0.025
Aceite de café (esteroles/triglicéridos/tocoferol)	15 - 17	17	7 - 10	11
Di terpenos	0.5 - 1.2	0.9	0.2 - .8	0.2
Mineral	3 - 4.2	4.5	4.4-4.5	47
Ácido clorogenático	4.1 - 7.9	1.9 - 2.5	6.1-11.3	3.3 -3.8
Ácido alifático	1	1.6	1	1.6
Ácido quinico	0.4	0.8	0.4	1
Melanoidinas	-	25	-	25

La prueba de combustión a distintas temperaturas dio como resultado rendimiento de biocarbón entre 32.34% a 87.51%, conforme se muestra en la tabla.

Tabla 9. Temperatura pirolítica para producir briquetas. Fuente: Pratiwi, (2020)

Temperatura de Quemado (°C)	Rendimiento (%)
200	87.51
250	75.11
300	51.49
400	42.22
500	32.34

Compost. La revisión dio a conocer que, en la mayoría de los casos, procesos de compostaje con la finalidad de mejorar localidad del suelo respecto al contenido

C/N, casos como el de China (Ulsido et al 2016). Lo más usado resulta la pulpa de café, así como el café gastado. Sin embargo, también se han efectuado pruebas diferenciadas a partir de compost de residuos de café (Figura 11). La tabla muestra algunos de los casos observados.



Figura 11. Compostaje de pulpa de café fresca efectuada en la Cooperativa de Kassa y Workayehu en China. a) Compost y b) suelo enmendado con compost. Fuente: Ulsido et al (2016)

A continuación, se presenta un compendio de los hallazgos en los avances obtenidos en las investigaciones sobre la producción de compostajes usando residuos de café.

Tabla 10. Investigaciones en compostaje de residuos de café

Objetivo	Metodología	Parámetros respuesta	Resultados	Conclusiones	Unidad
Evaluar en campo clones de café inoculados junto a consorcio de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) aplicados en distintas dosis de compostaje.	Se aclimataron clones de café micorrizados y se instalaron en campo en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial HMA y un control sin inóculo y factor B (2 dosis y un tratamiento control sin compost) con 3 cuadras por 295 día	Altura de la planta, número de ramas, longitud del micelio extrarradical, colonización micorrízica y número de esporas.	Diferencias estadísticas significativas en todo el consorcio de HMA y dosis de compost estudiadas.	La inoculación de plantas clonales de café con consorcios de HMA y la aplicación de compost tiene efectos positivos en el desarrollo morfológico de las plantas de café.	Vallejos-Torres et al. 2019
i) Evaluar existencias de C del suelo debido al tiempo de cultivo del café ii) evaluar el uso del compost de café como fuente de materia orgánica	i) Tres áreas de cultivo de café con distintos años de implantación (8, 15 y 37 años) ii) área cultivada con café que recibió compost orgánico durante cuatro años. El suelo se muestreó en las capas 0-5, 5-10 y 10-20 cm.	stock de vegetación de tasa de pérdidas y tasa de acumulación	i) Stock de C (0-20 cm) > bajo vegetación nativa (67 Mg C ha ⁻¹) a diferencia del cultivo de café (63 Mg C ha ⁻¹), con tasas de pérdida de 0,12; 0,06 y 0,02 Mg C ha ⁻¹ año ⁻¹ durante 8, 15 y 37 años ii) El suelo con abono incrementó el stock de C (0-20 cm) a 4.6 Mg C ha ⁻¹ con tasa de acumulación de 1.15 Mg C ha ⁻¹ año ⁻¹	La aplicación de compost de residuos de café aporta materia orgánica, favorece la la calidad del suelo.	Belizário et al. 2018
Aprovechamiento de residuos agrícolas de Nariño: pulpa de café, cepa de banano y estiércol de cuy, para el desarrollo de	Uso de residuos agrícolas de diferentes fincas en Nariño - Colombia. Se picaron y mezclaron con cal agrícola en contacto con caldo de fermentación preparado con leche, melaza, frijol, agua, EM y se apilaba su compostaje	contenido de N, P y K de los materiales compostados	Mejor tratamiento fue la de pulpa de café y cal agrícola: composición de 3,23 g / 100 g N; 0.37 g / 100g P y 6.21 g / 100g K, base seca.	Los materiales compostados cumplen con las cantidades mínimas requeridas por la	Betancourt et al. 206

<p>un mejorador de suelo mediante compostaje con microorganismos efectivos (ME).</p>	<p>total. Se prepararon 3 tratamientos con 3 réplicas</p>			<p>NTC 5167 para N y K, pero no para P.</p>	
<p>Evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre las existencias de C y N y la densidad aparente del suelo (Bd) en un agro sistema de café Conilon.</p>	<p>Diseño de bloques al azar de 2 × 2 × 5, con tres replicas. Los factores fueron: 2 compost orgánicos; presencia y ausencia de leguminosa entre hileras; y cinco proporciones de compost orgánico (0, 25, 50, 75 y 100%). Cada réplica: 30 plantas de café. Dosis de compost 1: pasto elefante y paja de café en una proporción 1: 1 (v: v); dosis 2: pasto elefante, paja de café y arena para pollos en una proporción de 2: 1: 1 (v: v: v). tiempo; 240 días después de la fertilización en el año 1 de cosecha y 30 días después de la 1era etapa de fertilización del 2do año de cose</p>	<p>C, N en el suelo</p>	<p>El uso de compuestos orgánicos para fertilizar el café provocó una disminución de Bd de aproximadamente un 13%. El aumento en la proporción de compuestos orgánicos en la fertilización incrementó el contenido y las existencias de C y N en el suelo a los 30 días después de la fertilización en el segundo año de cosecha. Hubo incrementos de 11 y 0.4 Mg ha⁻¹ para el stock de C y N, respectivamente, para cafetales fertilizados con 100% del compuesto 1, en relación a la fertilización mineral.</p>	<p>La fertilización con compuestos orgánicos es una alternativa para incrementar las existencias de C y N en los agro sistemas de café conilón.</p>	<p>da Silva et al. 2015</p>

Pre-tratamientos. Distintos investigadores han desarrollado pruebas con la finalidad de desdoblar las moléculas de lignina, hemicelulosa, celulosa e incrementar la generación de azúcares, con lo cual se aumenta el rendimiento de etanol.

Tabla 11 Tipos de Pre-tratamiento a los residuos de café en biorrefinería

Estado de PCG	Pre tratamiento	Condiciones	Reporte
Húmeda	Extracción fenólica	C ₂ H ₅ OH 60%v/v L/S:10:1 70 oC,40min	Burniol-Figols et al. 2016
Degrasado	Ácido	H ₂ SO ₄ 1%v/v 15%w/v 121 °C,60min	Kwon et al. 2013
Degrasado	Delignificación	NaClO ₂ 1%w/w/h CH ₃ COOH 1%v/ w/h 10% w/v,80 °C,3h	Nguyen et al. 2019
Seco	Explosión de fibra de amoniaco	NH ₄ OH 10 mL/g H ₂ O:0.2–2.0 mL/g Autoclave, 120 °C 1–30min	Ravindran et al- 2017a
Seco	Ácido fosfórico-acetona	1st step H ₃ PO ₄ 85% L/S:10:1v/w, 50 °C,1h 2do paso de acetona pre-fría L/S:24:1v/w	Ravindran et al- 2017a
Seco	Plasma no térmico	2–6min, 60–80 kV stored 24h,10 °C	Ravindran et al- 2017a
Seco	Cloruro férrico	FeCl ₃ 0.1 M 1%w/v Autoclave, 120 °C 30min,15psi	Ravindran et al- 2017a
Seco	Solvente orgánico	n-Hexane 95% o Methanol 99.9%	Passadis et al. 2020
Seco	Microondas asistido por alcali	NaOH 1%w/v 10%w/v microwave 240–800W, 30–120s	Ravindran et al- 2017a
Seco	Ácido fosfórico- acetona - amoniaco	microwave 240–800W, 30–120s 50 °C,1h pre-cold acetone L/S:24:1v/w 2nd step: solid residue NH ₃ autoclave 120 °C,30min	Ravindran et al- 2017a
Seco	Ultrasonido asistido por KMnO ₄	4% KMnO ₄ L/S:10:1 ultrasonido (47 kHz, 310W) 20min	Ravindran et al 2017 b
Seco	Alcali asistido por ultrasonificación	NaOH 1–5%w/v L/S:10:1 sonicación (25 kHz, 150W) 30min	Ravindran et al 2017 b
Seco	Ácido	H ₂ SO ₄ 3-5%v/v 5%w/v 95 °C,30-180min	Go et al 2016
Seco	Alcalino	NaOH 4%w/v,L/S:5:1 autoclave 121 °C,25min 1.47 MPa,10min	Bonilla-Hermosa et al 2014

V. CONCLUSIONES

Se ha determinado que la transformación de los residuos de la industria del café se puede valorizar como nuevos productos, para lo cual hoy en día existen nuevas investigaciones de avanzada en la que se efectúan pre tratamientos combinando propiedades físicas y químicas con la aplicación de ultrasonido que causa vibración molecular y con ella una transferencia de masa liberando y generando transformaciones químicas incluyendo la aplicación de principios electroquímicos. A pesar de que la generación libre de estos residuos de café hay una serie de oportunidades rentables para su transformación lo cual forma parte de una economía circular si se lleva a todo el ciclo de vida de la cadena productiva-comercial-etc. Sin embargo en algunos casos es importante contar con tecnología de avanzada en término de producción a nivel industrial, pero también se ha remarcado la posibilidad de tratamientos no tan costosos que sirve para potenciar la calidad de los suelos, mediante la aplicación de compostajes, sin dejar de lado las conversiones termoquímicas como la pirolisis que con la cual se ha mostrado que se puede conseguir materiales energéticos que reducen las emisiones g GEI y pertenecen al grupo de la bio-energía.

Se han Identificado los residuos de café generados en el procesamiento industrial, los cuales se vierten libremente en las zonas de procesamiento agro-industrial, especialmente en los países en desarrollo la problemática se agudiza debido al crecimiento en la producción ya que esta industria reporta ingresos significativos al PBI nacional. En este contexto, la pulpa de café, como el los posos de café consumidos entre los demás residuos de los procesos húmedos o secos son dispuestos al ambiente, causando fermentaciones espontaneas, degradaciones que generan liberación de gases efecto invernadero sin ningún aprovechamiento adicional.

Se analizado la transformación de los residuos de café que se desarrollan actualmente y su conversión en nuevos productos, destacando la bio-refinería, que trata acerca de procedimientos que se pueden aplicar de manera directa a los residuos de café para la obtención de algún producto en particular como los bio-combustibles, biodiesel o bioalcoholes. También es posible contra con tecnología actualizada sobre su aprovechamiento como biomasa sujeta a pruebas pirolítico para sus distintos usos como briquetas, bio-asdsorvente De otro lados, prácticas

como compostajes se viene realizando combinándolos con otro sustratos para alcanzar una relación adecuada de C/N con la asistencia de microorganismos benéficos o enzimas que permiten optimizar los procesos para lograr una mineralización adecuada fortalecida de materia orgánica y de nutrientes para mejorar la calidad de los suelos entre otras técnicas probadas.

Se han analizado /Evaluado las técnicas empleadas en la transformación de los residuos de café en nuevos productos consideradas como pre-tratamientos para liberar analitos de interés o componentes bio-activos o romper componentes lignocelulosas y liberar azúcares para producir posteriormente alcoholes, asimismo producir fenoles u aditivos de cosmética o dietéticos etc. Se han utilizado mezclas de aceites residuales, incluida de café para procesar biodiesel, y se ha demostrado que se produce distintas combinaciones las cuales y mezclas ternarias o binarias que resultan prometedores.

VI. RECOMENDACIONES

En general, la problemática de los residuos es de carácter mundial, no obstante si la biorefinería en la actualidad se viene desarrollando con fuerza en los países desarrollados por contar con la tecnología de punta disponible debido a su potencial de cubrir las necesidades energéticas de las comunidades, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y reducir los gases de efecto invernadero sin embargo, estas deberían diseñarse teniendo en cuenta la realidad local y de manera descentralizada creando una actividad inclusiva y de género que realmente sea sustentable y beneficie a las comunidades con más necesidades de mejorar su calidad vida. Bajo este criterio se deben enrumbar las demás opciones, como mejorar el proceso de producción de compost o producir biocarbón o briquetas en general. Es necesario crear un mayor acercamiento universidad –comunidad-entes privados para lograr converger criterios e impulsar una nueva economía de tipo circular.

Es claro que en la actualidad existe una presión muy marcada en los países para reducir sus impactos ambientales y proteger o conservar los componentes ambientales, suelo, agua, aire, especialmente en tiempo de cambios climáticos, entonces las naciones tratan de cumplir sus compromisos internacionales en ese contexto los gobiernos locales, regionales incluido el MINAM; podrían facilitar el acercamiento entre los actores de esta actividad económica, la universidad y entes privados interesados, o incubar tales iniciativas para evaluar los diversos enfoques de aplicación y uso de estos desechos.

REFERENCIAS

ATABANI, A., SUTHA, S., MOHAMMED, M. GEDIZ, U., GOLALAKRISHNAN, K, SUNDARAN, A., MUHAMMAD, A., LA´A, H., AL-MUHTASEB. Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT-IR, TGA, DSC and NMR characterizations. N,° 243, pp. 419-430. [en línea]. May. 2019. [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.169>

ARISTIZÁBAL-MARULANDA, V., CHACÓN-PEREZ, Y. y CARDONA, C. (2017). El concepto de bio refinería para la valorización industrial de los subproductos del procesamiento del café. Manual de subproductos del procesamiento del café, n.ºpp. 63–92. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi: 10.1016 / b978-0-12-811290->

ARISTIZÁBAL-MARULANDA, V., SOLARTE-TORO, J y CARDONA, C. Estudio de bio refinería a partir de datos experimentales: producción de bio etanol, biogás, gas de síntesis y electricidad utilizando tallos cortados de café como materia prima. Investigación en ciencias ambientales y contaminación. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https// doi: 10.1007 / s11356-020-09804-y>

ATABANI, AE, SHOBANA, S., MOHAMMED, MN, UĞUZ, G., KUMAR, G., ARVINDNARAYAN, S., AL-MUHTASEB, AH. Valorización integrada de residuos de aceite de cocina y posos de café usados para la producción de biodiesel: Mezcla con alcoholes superiores, caracterizaciones FT-IR, TGA, DSC y NMR. Combustible, n.º244, pp. 419–430. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi: 10.1016 / j.fuel.2019.01.169>

AYSU, T., DURAK, H., GÜNER, S., BENGÜ, A., ESIM, N., Bio-oil production via catalytic pyrolysis of *Anchusa azurea*: effects of operating conditions on product

yields and chromatographic characterization, *Bioresour. Technol*, n.º 205, pp. 7–14, [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.015>

AWASTHI, M., SARSAIYA, S., PATEL, A., JUNEJA, A., TAHERZADEH, M. Refining biomass residues for sustainable energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n.º 127 [en línea]. July 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109876>

BATISTA, F., ZANZONI, S., STRAZZERA, G., ANDREOLLI, M., BOLZONELLA, D. The cascade biorefinery approach for the valorization of the spent coffee grounds, n.º157, Pages 1203-1211.[en línea]. September 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.113>

BATTISTA, F., BARAMPOUTI, E., MAI, S., BOLZONELLA, D., MALAMIS, D., MOUSTAKAS, K. y LOIZIDOU, M. Recuperación de moléculas de valor agregado y producción de biocombustibles a partir de posos de café usados. *Revisiones de energías renovables y sostenibles*, n.º131. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: [https://doi: 10.1016 / j.rser.2020.110007](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110007)

BELIZÁRIO, M. H.; FERRÃO, G. DA E.; CERRI, C. C.; SIQUEIRA NETO, M. Soil carbon stocks cultivated with coffee in the brazilian savana: Effect of cultivation time and use of organic compost. *Coffee Science* -, 13, n.º 1, pp. 53-62, [en línea]. 2018 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: ISSN 1984-3909 <https://doi.org/10.25186/cs.v13i1.1366>

BETANCOURT, D., RODRIGUEZ, C., BENAVIDES, L. Roduction of a soil improver from biological transformation of cofee (*Coffea arabica*) pulp, banana (*Musa paradisiaca*) strain and guinea pig (*Cavia porcellus*) dung. [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/300921501_Reduction_of_a_soil_improvement_from_biological_transformation_of_coffee_Coffea_arabica_pulp_banana_Musa_paradisica_strain_and_guinea_pig_Cavia_porcellus_dung/citations

BONILLA-HERMOSA, A., DUARTE, F., & SCHWAN, F. Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource Technology*, n.º 166, pp. 142–150. [en línea]. 2014 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.031>

BURNIOL-FIGOLS A., CENIAN, K., SKIADAS, I., GAVALA N., Integration of chlorogenic acid recovery and bioethanol production from spent coffee grounds. *Biochem Eng J.* n.º116. pp.54–64. [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.04.025>.

BLINOVÁ, L., SIROTIK, M., BARTOŠOVÁ, A., SOLDÁN, M. Review: Utilization Of Waste From Coffee Production. *Research Papers Faculty Of Materials Science And Technology In Trnava Slovak University Of Technology In Bratislava.* n.º 40. [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/rput-2017-0011>

CORRÊA, G., SANTOS, P., FONSECA, E., AND CARVALHO, S. Drying of spent coffee grounds in a cyclonic dryer. *Coffee Science* 9, 68-76. [en línea]. 2014 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.25186/cs.v9i1.544>

DA SILVA, R., SIEBEL, A., BONAN, C., The role of purinergic and dopaminergic systems on MK-801-induced antidepressant effects in zebrafish, n.º139, pp.149-57. [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25989048/>

DATTATRAYA, G., BHOSALE, R., SHOBANA, S., BANU J, R., PUGAZENDHI, A., MAHMOUD, E., KUMAR, G. Una revisión sobre la valorización de los posos de café usados (SCG) hacia la producción de biopolímeros y biocatalizadores. *Tecnología de fuentes biológicas*, 123800. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: [https// doi: 10.1016 / j.biortech.2020.123800](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123800)

DE CARVALHO N., DE MELO, D.,TANOBE, T., THOMAZ V., DA SILVA, V., RODRIGUES, B., & SOCCOL, C. Yeast Diversity and Physicochemical Characteristics Associated with Coffee Bean Fermentation from the Brazilian Cerrado Mineiro Region. *Fermentation*, n.º 1, pp. 11. [en línea]. Journal 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: [doi:10.3390/fermentation3010011](https://doi.org/10.3390/fermentation3010011)

DOMÍNGUEZ, J., 2015. Manual de Metodología de la Investigación científica. <https://evidencia.com/wp->. [en línea]. 2015 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: content/uploads/2016/01/Manual_metodologia_investigacion_evidencia.pdf

ECHEVERRIA AND M. NUTI. Valorisation of the Residues of Coffee Agro-industry: Perspectives and Limitations M.C. *The Open Waste Management*, n.º 10, pp. 13-22. [en línea]. Journal 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://openwastemanagementjournal.com/contents/volumes/V10/TOWMJ-10-13/TOWMJ-10-13.pdf>

GEREMU, M., TOLA, Y., & SUALEH, A. Extraction and determination of total polyphenols and antioxidant capacity of red coffee (*Coffea arabica* L.) pulp of wet processing plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, n.º1 [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:[https//doi:10.1186/s40538-016-0077-1](https://doi.org/10.1186/s40538-016-0077-1)

GO, A., CONAG A., BERTUMEN N. Taguchi method to improve the production of sugar-rich hydrolysate from non-delipidated spent coffee grounds, and

subsequent recovery of lipids and bioactive compounds. *Biofuels* n.º10. pp. 193–205. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1309855>.

GURRAM, R., AL-SHANNAG, M., KNAPP, S., DAS, T., SINGSAAS, E., & ALKASRAWI, M. Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: a renewable feedstock. *Clean Technologies and Environmental Policy*, n.º 1, pp. 269–278. [en línea]. 2015 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi:10.1007/s10098-015-1015-9>.

JUAREZ, G, PABILONA,~ K., MANLANGIT K., GO A. Direct dilute acid hydrolysis of spent coffee grounds: a new approach in sugar and lipid recovery. *Waste and Biomass Valorization* n.º 9 pp.235–46. . [en línea]. 2018 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-016- 9813-9>

Karnchanawong, S., MONGKONTEP, T. y PRAPHUNSRI, K. Efecto del pretratamiento de residuos verdes mediante hidróxido de sodio y cenizas volantes de biomasa en el proceso de compostaje. *Journal of Cleaner Production*, n.º146, pp. 14-19. [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https:// doi: 10.1016 / j.jclepro.2016.07.126>

KARAK, T., KUTU, R, PAUL, K y COL. 2017. Co-compostaje de estiércol de vaca, residuos sólidos urbanos, sedimentos de estanques al borde de la carretera y lodos de curtiduría: papel del cabello humano. En t. J. *Environ. Sci. Technol.* N.º14, pp.577–594 [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1167-0>

KUMAR, M., AWASTHI, SARSAIYA,A., PATEL, A., JUNEJA, A., MOHAMMAD J. TAHERZADEH Refining biomass residues for sustainable energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy. *Renewable and Sustainable Energy*

ReviewsJuly [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120301696>

KWONG, M.-K. Yunnan, Chinese province famous for tea, now looks to coffee.
South China Morning Post. [en línea]. Noviembre 2013. [Fecha de consulta: 30
de diciembre de 2020]. Disponible en:

LIN, Y., WANG, D., WANG, T. Ethanol production from pulp & paper sludge and
monosodium glutamate waste liquor by simultaneous saccharification and
fermentation in batch condition. Chemical Engineering Journal. [en línea]. May
2012 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.09.040>

MICHAILOF, C., KALOGIANNIS, K., SFETSAS, T., PATIAKA, D., LAPPAS, A.
Advanced analytical techniques for bio-oil characterization, Wiley Interdiscip.
Rev. Energy Environ. [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de
2020]. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1002/wene.208> n/a-n/a.

MORALES-MARTÍNEZ, J., AGUILAR-USCANGA, MG, BOLAÑOS-REYNOSO,
E. et al. Optimización de pretratamientos químicos utilizando la metodología de
superficie de respuesta para la producción de etanol de segunda generación a
partir de residuos de cáscara de café. Bioenerg. Res. [en línea]. 2020 [Fecha
de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s12155-020-10197-6>

MUSSATTO, S., MACHADO, E., MARTINS, S., TEIXEIRA, J. Production,
composition, and application of coffee and its industrial residues. Food Bioproc.
Technol. N.º5, 661–672. [en línea]. 2011 [Fecha de consulta: 30 de diciembre
de 2020]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-011-0565-z>

- NGUYEN, Q., CHO, E., LEE, D.-S. y BAE, H.-J. Desarrollo de un proceso integrador avanzado para crear biosazúcares valiosos que incluyen manooligosacáridos y manosa a partir de posos de café. *Tecnología Bioambiental*. [en línea]. 2018 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.018>
- NGUYEN, V., DINH, Q., HA, M., QUANG, B., BOYCE, P. A new species of *Anadendrum* (Araceae – Anadendreae) from Vietna , n.º 64, pp. 190 –193 [en línea]. Mayo-junio. 2019 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3767/blumea.2019.64.02.11>
- OLIVEIRA, L., Y FRANCA, A. Una descripción general de los usos potenciales de las cáscaras de café. *El café en la salud y la prevención de enfermedades*, 283–291. [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
- . OLIVEIRA, L., Franca, A. An Overview of the Potential Uses for Coffee Husks. *Coffee in Health and Disease Prevention*. Chapter 31. [en línea]. 2015 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://www.oreilly.com/library/view/coffee-in-health/9780124095175/XHTML/B9780124095175000310/B9780124095175000310.xhtml>
- PASSADIS, K., FRAGOULIS, V., STOUMPOU, V. et al. Study of valorisation routes of spent coffee grounds. *waste biomass valor* . n.º11, pp. 5295–5306. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S12649-020-01096-0](https://doi.org/10.1007/S12649-020-01096-0)
- PUSHPA, S., MURTHY, M., MADHAVA, N. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review *Resources, Conservation and Recycling*, n.º 66, pp. 45-58. [en línea]. September 2012 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>

PRATIWI, V. Effect of Burning Temperature on The Quality of Alternatife Bio-energy from Coffee Waste. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika. N.º 3, pp. 615 – 626. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.615>

RIVERA, J., y ORTEGA-JIMENEZ, C. Power Generation with Biomass from Coffee: A Literature Review, Current Trend and Scope for Future Research. Matec Web of Conferences, ACMME. n.º293. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929305002>

SANCHEZ-HERNANDEZ, J. C., & DOMÍNGUEZ, J. (2017). Vermicompost derived from spent coffee grounds: assessing the potential for enzymatic bioremediation. Handbook of Coffee Processing By-Products, pp. 369–398. [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi:10.1016/b978-0-12-811290-8.00012-8>

SETTER, C., SILVA, F., ASSIS, M., ATAÍDE, CH., TRUGILHO, P y OLIVEIRA, T. Pirolisis lenta de briquetas de cascarilla de café: Caracterización de las fracciones sólida y líquida. Combustible, n.º261. [en línea]. 2020 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://doi:10.1016/j.fuel.2019.116420>

ULSIDO, M. D., LI, M. Effect of organic matter from coffee pulp compost on yield response of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in Ethiopia. Engineering for Rural Development, pp. 1339–1347[en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020].

VARELA, M., y VIVES, T. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. Investigación en educación médica, 2016, vol. 5, no 19, p. 191-198. [en línea]. 2016 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v5n19/2007-5057-iem-5-19-00191.pdf>

VALLEJOS -TORRES, G., SÁNCHEZ, T., GARCÍA, M. A., TRIGOSO, M., & ARÉVALO, L. A. Efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares en clones de Coffea arabica, variedad caturra en Perú. *Acta Agronómica*, n.º 4, pp. 278–284. [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.72117>

ZHANG, L., & SUN, X. (2017). Using cow dung and spent coffee grounds to enhance the two-stage co-composting of green waste. *Bioresource Technology*, n.º 245, pp.152–161. [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi:10.1016/j.biortech.2017.08.147>

Pratiwi Vibianti Dwi. 2020. Effect of Burning Temperature on The Quality of Alternatife Bio-energy from Coffee Waste. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. (8) 3, Halaman 615 – 626. ISSN(p): 2338-8323 | ISSN(e): 2459-9638 <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i3.615>

ANEXOS

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO 1 **Revisión Sistemática: Transformación de los residuos de la industria del café en nuevos productos, 2020**

CATEGORÍA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUBCATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Residuos de café	El residuo sólido obtenido después de la preparación del café se conoce como desperdicio de café usado (Polat y Sayan, 2020):	Los residuos de café causan contaminación de los componentes ambientales debido a una serie de mecanismos de degradación y transferencia de agentes tóxicos causando severos impactos ambientales	composición	pulpa, cáscara de café, Piel de astilla de café, café gastado	nominal
Valorización de residuos	Se refiere a cualquier actividad de procesamiento industrial destinado a reutilizar, reciclar o compostar a partir de residuos, productos útiles o fuentes de energía.	El reaprovechamiento de los residuos transformando los nuevos productos genera una nueva forma de economía circular ya que promueve la preservación ambiental y mejora el desarrollo socio-económico de las comunidades	Tipos de biorefinería	Biorefinería: Bioalcoholes, Pirólisis/Bioenergía Bioalcoholes, Pirólisis/Bioenergía	nominal
pre-tratamiento	El objetivo principal del pre tratamiento es aumentar la superficie accesible área, para cristalizar la celulosa y para eliminar la hemicelulosa y lignina (Brodeur, et al 2011)	Los residuos de café presentan componentes celulosicos lo que dificulta su transformación y liberación de sustancias aprovechables, sin embargo, prácticas biológicas, físicas o químicas sobre estos materiales logran el objetivo de liberar metabolitos necesarios para generar un procesamiento en cadena	pre tratamiento transformación enzimática metabolitos	enzimas analitos lignocelulosa carbohidratos	nominal

PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

IDENTIFICACION

PALABRAS CLAVES

clave Transformación de los residuos de la industria del café en nuevos productos

PLATAFORMAS DE BUSQUEDA

SCIELO

SCIENCEDIRECT.COM

GOOGLE ACADEMICO

SCOPUS

TOTAL = 95

REQUISITOS

CRITERIOS DE INCLUSION: ARTICULOS DE INTERES

CRITERIOS DE INCLUSION: IDIOMA INGLES

CRITERIOS DE INCLUSION: 2014-2020

Referencias
Potenciales 80

EXCLUIDOS POR NO SER DE
LOS AÑOS REQUERIDOS

EXCLUIDOS POR NO
RESPONDER A LAS
PALABRAS CLAVES

INCLUSION

CRITERIOS DE INCLUSION: IDIOMA ESPAÑOL

Artículos Evaluados
= 4

ARTICULOS EXCLUIDOS = 15

ARTICULOS TOTAL = 84



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo, DE LA O VILLANUEVA EDGAR ALFONSO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Tesis titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: TRASFORMACIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL CAFÉ EN NUEVOS PRODUCTOS, 2020"

Es de mí autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
DE LA O VILLANUEVA EDGAR ALFONSO DNI: 45705531 ORCID: 0000-0002-7389-9593	