



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL
RESIDUO DE CAFÉ MOLIDO POSLIXIVIADO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Paula María Vásquez Cifuentes

Asesorado por la MSc. Lcda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL
RESIDUO DE CAFÉ MOLIDO POSLIXIVIADO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PAULA MARÍA VÁSQUEZ CIFUENTES

ASESORADO POR LA MSC. LCDA. INGRID LORENA BENÍTEZ PACHECO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pablo Enrique Morales Paniagua
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra.
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL
RESIDUO DE CAFÉ MOLIDO POSLIXIVIADO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 27 de enero de 2020.

Paula María Vásquez Cifuentes

Ref. EEPFI-073-2020
Guatemala, 27 de enero de 2020

Director
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

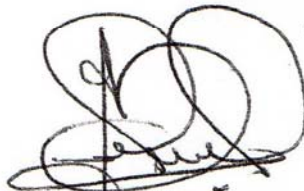
Estimado Ing. Álvarez:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Paula María Vásquez Cifuentes** carné número **201314745**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

Atentamente,

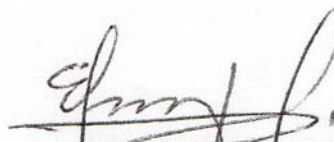


Mtro. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
Química
Maestría Ciencia y Tecnología
del Medio Ambiente
Colegiado No. 1974

"Id y Enseñad a Todos"



Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo Socio-Ambiental y
Energético



Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Ref.EEP.EIQ.002.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL RESIDUO DE CAFÉ MOLIDO POST-LIXIVIADO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–**, presentado por la estudiante universitaria Paula María Vásquez Cifuentes, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Williams G. Alvarez Mejía, M.I.Q., M.U.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo de 2020





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 187.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL RESIDUO DE CAFÉ MOLIDO POSLIXIVIADO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria: **Paula María Vásquez Cifuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, agosto de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su amor y misericordia para conmigo. Toda gloria sea para Él.
- Mi padre** Maynor Vásquez, por su amor y ejemplo tanto como padre, como profesional. Por inculcarme el amor a Dios y al estudio y tener gran influencia en mi carrera. Por su incondicional esfuerzo diario para siempre darnos lo necesario y más, este triunfo también es suyo.
- Mi madre** María Cifuentes, por su apoyo incondicional. Por su amor en cada acto de servicio. Por escucharme aún sin entenderme, sufrir las noches de desvelo conmigo, y por más este triunfo también es suyo.
- Mi hermana** María Fernanda Vásquez, principalmente por ser mi mejor amiga, confidente, y apoyo incondicional. Por su empatía y amor. Por levantarme en las caídas y su ejemplo de fe, amor y perseverancia.
- Mi hermanito** Maynor Vásquez, por ser mi motor para ser mejor persona. Por su comprensión, alegría y amor para conmigo.

Mis abuelitos

Por su amor y ser inspiración para alcanzar esta meta.

Gloria Bámaca

Por estar ahí siempre con palabras de aliento y bendición a mi vida.

Juan Alberto Contreras

Por su sinceridad y apoyo en momentos no solo de confusión, también de celebración.

Mi familia

Tíos, primos y sobrinos, por estar al pendiente y ser parte de mi formación.

Ingrid Benítez

Por ser ejemplo de constante crecimiento y su apoyo en el proyecto.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudio y brindarme la oportunidad de formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme las herramientas para el posterior desempeño en mi vida personal.
Escuela de Postgrado	Por darme la oportunidad de seguir mi formación en el área de energía y ambiente, y por generar la oportunidad de cumplir esta meta.
Personal del LAFIQ	Licda. Benítez, Harvey Pacay, Kitze Ixulew, Janet Alvarado, Carlos Torres, por su amistad y apoyo en el desarrollo del trabajo.
Departamento de Estadística	Especialmente al Ing. Bracamonte, Inga. Bobadilla, amigos y compañeros quienes me brindaron oportunidades, apoyando mi formación como profesional.
Mi asesora	Licda. Qca. MSc. Ingrid Benítez por su tiempo invertido en este trabajo. Por su asesoría y apoyo en todo momento.
Ing. César García	Por su incidencia en mi formación como profesional.

Mis amigos

Por el apoyo y amistad en todo momento.
Por todos los momentos compartidos y
lecciones aprendidas no solo de estudio,
sino de vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
6. NECESIDADES A CUBRIR.....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Producción y consumo de café en Guatemala	15
7.1.1. Características del café guatemalteco.....	16
7.2. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante	17
7.2.1. Compuestos antioxidantes del café	19
7.3. Café en la Universidad de San Carlos de Guatemala	21
7.3.1. Tratamiento de desechos sólidos en la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	21

7.3.1.1.	Economía circular.....	22
7.4.	Espectrofotometría para la determinación de compuestos fenólicos	23
7.4.1.	Métodos para evaluar la capacidad antioxidante	25
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	27
9.	METODOLOGÍA	29
9.1.	General	29
9.2.	Metodología por objetivos	30
9.2.1.	Metodología para cumplir objetivo 1	30
9.2.2.	Metodología para cumplir objetivo 2.....	30
9.2.3.	Metodología para cumplir objetivo 3.....	31
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN.....	33
11.	CRONOGRAMA	35
12.	FACTIBILIDAD DE ESTUDIO.....	39
12.1.	Recursos humanos	39
12.2.	Recursos económicos	39
12.3.	Equipo e instalaciones	40
13.	REFERENCIAS	41
14.	APÉNDICES	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Metodología general.....	29
2.	Diagrama de Gantt.....	35
3.	Cronograma de actividades	36

TABLAS

I.	Recursos económicos necesarios para la presente investigación	39
----	---	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>A</i>	Absorbancia
mg	Miligramo
ml	Mililitro
nm	Nanómetro
T	Transmitancia

GLOSARIO

Antioxidante	Que evita la oxidación a una sustancia o a un producto.
Borra	Residuo sólido de café molido luego de percolado.
CI50	Concentración del extracto requerida para disminuir un 50 % la absorbancia.
Fenol	Compuesto orgánico, aromático que contiene el grupo hidroxilo como su grupo funcional.
Hidroxilo	Radical formado por un átomo de hidrógeno y otro de oxígeno.

RESUMEN

El presente trabajo plantea el diseño de investigación para evaluar la capacidad antioxidante del remanente del café molido de Guatemala del área administrativa en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a fin de comprobar su viabilidad fisicoquímica para implementar su economía circular.

La investigación se plantea a nivel de laboratorio, con una duración de cuatro meses. El interés del desarrollo experimental inició con la observación del basto consumo de la bebida de este grano en la universidad de estudio, siendo este mayor a 300 gramos por departamento administrativo.

La metodología consiste en la valoración de compuestos antioxidantes por medio del compuesto 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH). Este método utiliza curvas de calibración con un estándar de ácido clorogénico, compuesto orgánico que se encuentra en el café. Así también, se determinará el impacto de este residuo, en los desechos, diarios por medio de su valoración másica.

El resultado esperado no solamente es la confirmación de capacidad antioxidante en el residuo de café molido, sino la demostración de similitud entre esta propiedad en el café original y en su remante postlixiviado, en un tiempo de torrefacción igual a un percolado, para finalmente proponer la valorización del residuo como materia prima, implementando la economía circular del café.

1. INTRODUCCIÓN

La producción y consumo de café en el país es una actividad vigente en la vida de los guatemaltecos. Guatemala se encuentra entre los primeros 10 mayores exportadores de café a nivel mundial, su consumo interno es alrededor de 340 mil sacos de 60 kg anualmente (Palala, 2017). El guatemalteco consume en promedio, un mínimo de dos tazas al día (Hernández, Solorzano, López, Batrez, y Pedroza, 2013). Esta actividad genera grandes cantidades de residuos, entre ellas la borra.

La borra es el residuo de café molido restante al preparar la bebida. La investigación sobre este residuo es nula en el país, a pesar generarlo diariamente. Más del 90 % en masa del café molido es desechado como borra (Calle, 1977), siendo este un residuo significativo entre los desechos orgánicos del cual no se tiene antecedentes de uso en el área de estudio. El café es reconocido por su capacidad antioxidante. Si la borra aún cuenta con esta propiedad, se abre la posibilidad a distintas investigaciones para su aprovechamiento, es decir, implementar economía circular del café en áreas medicinales, industriales o cosméticas.

En el siguiente trabajo se aplicará el concepto al residuo de café molido post-lixiviado. El estudio se delimita al área administrativa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la cual cuentan con jornadas desde las 7:00 a.m. hasta las 8:00 p.m., generando arriba de 300 gramos diarios de borra por departamento administrativo. Se pretende demostrar que este residuo aún tiene capacidad antioxidante aprovechable en distintos usos.

2. ANTECEDENTES

Guatemala es un país consumidor, productor y exportador de café. El consumo de la población genera grandes cantidades de desechos sólidos del sobrante de café molido, los cuáles no tienen tratamiento. Existen distintas investigaciones sobre los componentes del café en su producción pero muy pocas sobre el sobrante del café o comúnmente llamado borra. Por ello se utilizarán investigaciones relacionadas con el café y con la metodología a utilizar, sintetizadas a continuación, como base.

En el año 1977, se realizó una investigación sobre los residuos que produce toda la industria del café. La investigación realizada por Calle V. H, por medio del Centro de Investigación de Café de Colombia, proporciona datos del residuo por kilogramos de café en cereza. El mayor residuo sólido generado es la pulpa, seguido del mucilago de café. En tercer lugar, se encuentra la borra de café, 104 gramos. Solamente 58 por kilo, es la cantidad de producto que se disuelve para formar la bebida. El desperdicio de borra es 1.79 veces la cantidad disuelta en una taza de café.

En el año 2006, se realizó una investigación sobre los compuestos fenólicos del café, en el laboratorio de bioquímica nutricional de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Se trabajó con granos de café verde, de los cuales se concluyó que los niveles relativamente altos de ácidos fenólicos, particularmente de ácidos clorogénicos y compuestos relacionados, en las semillas de café reflejan su importancia fisiológica para la planta de café, así como su contribución significativa a la formación de aroma y sabor de la bebida de café.

Gotteland y de Pablo (2007), realizaron una revisión sobre los beneficios del café. Llegaron a la conclusión de la existencia de una relación inversa entre el padecimiento de enfermedades como diabetes y enfermedades de daño hepático y otras enfermedades neurodegenerativas, posiblemente asociados con la alta capacidad antioxidante del café. Así también muestran algunos efectos negativos en el consumo como muerte fetal, varios tipos de cáncer, entre otros; de los cuales no se puede concluir ya que los casos necesitan una investigación más profunda.

El artículo *Practical Uses of Botanical in Skin Care*, por Stallings y Lupo (2009), considera el café arábico como una de las fuentes más ricas de antioxidantes. Esta investigación concluye que los antioxidantes de productos botánicos para el cuidado de la piel pueden ser beneficiosos para el tratamiento de afecciones dermatológicas. En la Reunión Anual de la Academia Americana de Dermatología se reconoció el extracto de este grano comercializado para uso tópico bajo el nombre de CoffeeBerry® (J&J Technologies LC), en febrero del 2007 (Stallings y Lupo, 2009).

En el estudio *Caracterización química de la película plateada del café (coffea arábica) en variedades Colombia y Caturra* utilizaron tres métodos para la evaluación de la capacidad antioxidante de la película plateada de dos variedades de café (Sánchez y Anzola, 2012). El análisis demuestra una gran capacidad antioxidante comparando con la pulpa, cáscara y semilla de otros frutos. La capacidad antioxidante de la película de variedad Caturra solo es superada por la cáscara y semilla del mango, y la cáscara de guayaba, entre los frutos comparados (kiwi, guayaba, naranja, limón, cereza, mango, banano, melón). Sánchez y Anzola, concluyen que ambas variedades estudiadas presentan alta relevancia de fibra insoluble y marcada actividad antioxidante.

Puertas Villegas y Rojano (2013) en su trabajo *Borra de café colombiano (Coffea arabica) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro* realizan el extracto de fenoles para su posterior estudio, por medio de tres solventes. Obtuvieron dos resultados: un mayor rendimiento (56.14 %) con el metanol acidulado, y una mayor capacidad antioxidante en la muestra obtenida de la bebida de café sin tratamiento mediante la extracción etanol: agua 1:1.

En el artículo *Estudio de los cambios de la actividad antioxidante en bebidas de café durante su periodo de vida útil usando métodos in-vitro y ex-vivo*, Londoño (2013) evaluó fenoles totales y la capacidad antioxidante total de 48 productos de café en diferentes tiempos: el almacenamiento, a saber, al inicio y al final de la vida útil del producto. Se determinó que la capacidad antioxidante es más alta en cafés tostados y molidos que en solubles. Así también se concluyó que el tiempo de almacenamiento sí tiene efecto en las propiedades del café.

El Dr. Julio Magliano (2014) publicó el artículo *Antioxidantes de uso tópico en dermatología*, el cual establece que los productos tópicos dermatológicos con antioxidantes pueden ser utilizados para contrarrestar el daño que se genera por la radiación ultravioleta en la piel. Los resultados de varios estudios con estos productos apoyan los efectos beneficiosos en varias patologías como el foto-envejecimiento y el cáncer de piel.

Guija, Inocente, Ponce y Zarzosa (2015) demuestran en su investigación, *Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante*, que a concentraciones altas (0.2 mM) de DPPH disminuye la sensibilidad para evaluar la capacidad antioxidante. Se realizó el estudio para concentraciones de 0.035, 0.070, 0.100, 0.125 y 0.200 mM, dando

resultados variados aún con el mismo valor de IC50. Estos resultados variantes dan la pauta para fijar un valor de DPPH para todas las determinaciones analíticas. Guija recomienda utilizar DPPH a 0.1mM, ya que a mayor concentración disminuye la sensibilidad para detectar la actividad antioxidante.

Un artículo del año 2018, por el Diario de Centro América, expone el aumento de café en el mercado interno de Guatemala. El incremento del consumo va del 2 al 4 por ciento al año, a partir del año 2008 según la Organización Internacional de Café. Se verifica el crecimiento del consumo del café, obteniendo más remanente sin ser valorizado.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La principal característica del café es la cantidad de fenoles que contiene, estos compuestos le dan al grano su característica más conocida: capacidad antioxidante, la cual ha sido aprovechada en la realización de cremas, spray anti-olores y compostaje. Por lo tanto, se cuestiona si aún existe esta cualidad en el residuo de café molido post-lixiviado.

En Colombia, se demostró que aún queda una cantidad significativa de fenoles con capacidad antioxidante en la borra de café en Guatemala no se encontraron antecedentes sobre este residuo, a pesar de ser un país con alto porcentaje de cosecha y consumo.

Se tiene la interrogante sobre la cantidad del residuo de café desechado en el área de interés: La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FIUSAC). En febrero del 2019 comenzó a laborar el departamento encargado del manejo de residuos dentro del campus universitario, llamado Oficina Verde. Debido a su recién apertura, no se cuenta con antecedentes de tratamientos y disposición final de este residuo, ya que aún no se ha implementado el manejo de residuos orgánicos más allá del compostaje.

Si se demuestra que el residuo aún tiene propiedades antioxidantes aprovechables, se debe aclarar la relación de esta propiedad con su valor inicial antes de la lixiviación del grano molido, y así concluir su viabilidad de su uso como materia prima

4. JUSTIFICACIÓN

La borra de café forma parte de los residuos orgánicos, lo cuales tienen una escasa gestión en el país. Existen leyes que regulan el tratamiento y depósito de estos residuos tales como el Código de Salud, el Acuerdo Gubernativo No. 509-2001 entre otros. Sin embargo, en un gran porcentaje del territorio nacional no se ejecutan estos estatutos. Esto conlleva a problemas de salud para la población residente en las cercanías de su disposición final.

Para ayudar a controlar el problema de los desechos sólidos, se ha implementado en varias investigaciones el concepto de economía circular. En el caso del café, se ha implementado el uso de algunos subproductos del proceso de este grano, en su mayoría de la pulpa y el mucílago.

La propiedad más característica del café es su capacidad antioxidante, por contrarrestar los radicales libres. Existen investigaciones que demuestran el posible uso del café molido para productos en donde se aprovecha dicha característica; sin embargo, las investigaciones están orientadas al café previo a la lixiviación y no hacia su residuo.

El café molido es utilizado normalmente una sola vez en máquinas cafeteras exprés o sencillas. Tomando en cuenta que solamente el 9.5 % del grano de café es utilizado para la preparación de la bebida (Calle, 1977), la borra puede quedar con características fisicoquímicas del café aprovechables como materias primas para distintas aplicaciones.

En Guatemala no se han realizado estudios sobre las cualidades de la borra. Se necesita realizar dicha evaluación, para posteriormente realizar la

aplicación de estas cualidades. La presente investigación se centrará en una de ellas: capacidad antioxidante.

El consumo en el área de estudio, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, delimitada así por la magnitud poblacional y territorial del campus universitario, se da principalmente en las oficinas administrativas a las cuales la Universidad les brinda el insumo. La Facultad de Ingeniería cuenta con jornada completa de trabajo, por lo que el consumo de café es representativo entre los desechos sólidos, depositado directamente en el contenedor de basura.

El residuo sólido a estudiar no tiene un tratamiento adecuado si no es el compostaje o la eliminación separada. Con la investigación se pretende evaluar la capacidad antioxidante, y así recomendar aplicaciones para el máximo aprovechamiento del mismo

5. OBJETIVOS

General

Evaluar la capacidad antioxidante del residuo de café molido post-lixiviado en el área administrativa de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

- Valorar la generación del residuo de café molido post lixiviado en el área administrativa de la Facultad de Ingeniería, USAC por medio de su cuantificación másica.
- Evaluar capacidad antioxidante del residuo sólido de café molido post-lixiviado, por medio del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo.
- Comparar la capacidad antioxidante pre y post lixiviado del café molido.

6. NECESIDADES A CUBRIR

La Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente la Facultad de Ingeniería no cuenta con gestión de residuos sólidos. Es necesaria su implementación ya que es un lugar en donde todos los días se generan cantidad desmesurada de desechos. Debido a lo anterior, la reducción o aprovechamiento del residuo es un aporte importante para la sociedad.

Uno de los residuos del que se tiene conocimiento es el residuo de café molido post-lixiviado. Las tesorerías de las Facultades realizan compras de café por lo que cuentan con el recurso, por lo tanto, también cuentan con el desecho. La presente investigación dará la información necesaria para aplicar economía circular a dicho residuo, ya que no se encuentran antecedentes del mismo en el área de investigación.

Para dar paso al aprovechamiento del residuo se necesita probar que aún cuenta con propiedades que lo acreditan como materia prima en otros procesos. Los fenoles y su capacidad antioxidante es una de las principales características del grano molido. Por ello, se debe afirmar que el residuo aún tiene estas propiedades aprovechables. Si la hipótesis es correcta, se abre la ventana a investigaciones sobre aplicaciones del residuo en diferentes productos

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Producción y consumo de café en Guatemala

El café es una planta originaria de África. Su propagación se produjo entre los siglos XIII y XV, sin embargo, fue hasta el siglo XVIII que llegó a territorio latinoamericano. El café es un cultivo que florece solamente en ambiente húmedo. Las tierras cerca del ecuador terrestre le favorecen, ya que cuentan con condiciones climáticas relativamente estables. Son siete países en Latinoamérica que basa su economía en este cultivo, entre ellos está Guatemala.

Guatemala es un país productor, consumidor y exportador del café. Según datos provistos por Anacafé, el área empleada para producir café es alrededor de 360 mil manzanas. La producción de café en Guatemala tuvo auge en la década de los ochenta y noventa. A pesar de su decaimiento por la baja en los precios del mercado, Guatemala se encuentra entre los países calificados con la mejor producción del grano en el mundo y es el mayor productor de café en Centroamérica.

A pesar de tener una gran producción, el consumo del café no es tan alto siendo este aproximadamente de un 10 % (Cuadras, 2018). La mayor parte del café producido es exportado, sin embargo, todos los años aumenta aproximadamente un 2 % (Jiguan, 2018). El café tostado y molido es parte de la canasta básica de la población guatemalteca, de esta forma se ve la importancia del grano en el día a día de la población guatemalteca.

Según Camey (2016) el lugar de trabajo es el segundo lugar de consumo en Guatemala, con un 30.6 %. En su investigación, concluye que poco más del 30 % consume entre 3 a 4 tazas de café, siendo en su mayoría mujeres. Para el 2016 arriba del 50 % poblacional consumía 2 tazas de café diario, sin embargo, con las estadísticas del aumento, se predice que para el 2026 el consumo habrá aumentado a 3 tazas. Diferentes asociaciones como Anacafé y diferentes CoffeShops tienen campañas para seguir incrementando el consumo interno de café (Luna y Dardón, 2019).

7.1.1. Características del café guatemalteco

El café producido en Guatemala está categorizado según la región de cultivo. Generalmente el café cuenta con una acidez pronunciada, buen cuerpo (densidad adecuada), cambiando el olor según región en la que se cultivó. La página de AnaCafe da las características generales que tiene el café producido en Guatemala. Estos son:

- Antigua Guatemala: las variedades de café que crecen en este departamento son: Bourbon, Caturra y Catuaí, arriba de 1500 metros sobre nivel del mar. Entre las características especiales del suelo se encuentra su bajo nivel de humedad, bajas temperaturas y riqueza en minerales por su origen volcánico. La bebida de café de esta región se caracteriza por su particular sabor dulce.
- Cobán: este departamento se encuentra entre 1300 y 1500 metros sobre el nivel del mar; cuenta con superficie montañosa que ayuda al clima lluvioso. Las variedades que se producen en esta región son: Bourbon, Maragogype, Caturra, Pache y Catuaí. Los suelos se caracterizan por su textura arcillosa y composición mayormente de calizas. Estas características le dan a la bebida de café cosechado en Cobán un cuerpo fino, con sabores frutales.

- Huehuetenango: este departamento cuenta con la máxima altura entre las regiones, hasta 2000 metros sobre el nivel del mar. Esta región se distingue por su clima seco y frío. Sin embargo, no hay heladas en sus montañas, lo que brinda un gran beneficio a la siembra de café. La bebida de café cuenta con una apariencia fuerte y con un ligero sabor amargo. Las variedades que se cosechan en esta región son: Bourbon, Caturra y Catuaí.

7.2. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante

Los compuestos fenólicos o polifenoles son aquellos que están formados por estructuras aromáticas unidas con al menos un oxhidrilo; algunos también incluyen derivados funcionales. Se diferencian de los alcoholes por la posición del grupo hidroxilo. Los fenoles presentan diversas propiedades, como por ejemplo antibiótico, antiparásito, citotóxica y propiedades antioxidantes, entre otros.

Diversas investigaciones sobre fenoles en el grano de café han dado como resultado los distintos fenoles que componen el grano. Sully Cruz (2018) cita algunas de estas investigaciones en las que se evalúa la cafeína, dipenoides, ácido caféico, ácido ferúlico, clorogénico, sinápico polifenoles, moléculas heterocíclicas, entre otros; todos ellos promueven positivamente la capacidad antioxidante al tratar diversos tratamientos para radicales libres.

Velásquez, Marroquín, Ramos, y Pinales (2018), definen un antioxidante como: la sustancia que cuando está presente en una concentración baja comparada con un sustrato oxidable en el medio inhibe la oxidación. Los fenoles presentan la cualidad antioxidante gracias a su estructura química; a pesar que todos presentan grupo hidroxilo, no todos presentan actividad antioxidante.

La actividad antioxidante se da según la estructura molecular del fenol, la cual permite o no interactuar por distintos mecanismos de reacción con los radicales libres. Las clasificaciones que más presentan esta propiedad, según la revista boliviana de Química, son: fenoles simples, fenoles ácidos, ácidos hidroxicinámicos, Cumarinas, Quinonas, Betacianinas, Lignanos, y algunos flavonoides.

Algunos fenoles pueden funcionar como un impedimento estérico por su estructura química, la cual previene reacciones oxidantes. Esta es una forma de actuar como antioxidante, previniendo reacciones que producen radicales libres. Esta característica es propia del ácido caféico, compuesto esencial en el grano de café (Soler, 2009).

Los fenoles actúan por medio de una amplia variedad de mecanismos de acción cada uno según sus propias características, como su estructura química. El impedimento estérico de algunos compuestos fenólicos, como ácido caféico, hace que se produzcan más frecuentemente las reacciones que dan productos no reactivos frente a las reacciones que dan radicales libres, es decir, previenen el inicio de cadenas de reacciones de oxidación.

A pesar de las dificultades, los mecanismos antioxidantes de algunas familias de compuestos fenólicos están bien caracterizados, ácidos fenólicos y gran número de flavonoides. El mecanismo más conocido es el secuestro de radicales libres en los procesos de protección frente a la oxidación lipídica. El papel antioxidante de naturaleza fenólica ($ArOH$) es detener la cadena de oxidación al reaccionar con el radical peroxi formado.

La aplicación de la capacidad antioxidante es amplia en la industria cosmética, alimenticia, agrícola e incluso medicinal. Se ha investigado sobre los

efectos de esta característica en la prevención de enfermedades como diabetes, enfermedades de la piel. Así también se utiliza en cremas anti-edad, y otros usos cosméticos. En el área agrícola se utiliza su propiedad como abono. La rama está aún en investigación, ya que existen varios productos naturales con esa cualidad.

7.2.1. Compuestos antioxidantes del café

Los metabolitos secundarios en las plantas son compuestos fenólicos. El grano de café está compuesto por carbohidratos, agua, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos y minerales. Esta planta tiene en especial un alto contenido de fenoles, objetivo de varias investigaciones. La investigación, en su mayoría, se ha centrado en la concentración de polifenoles: ácido clorogénico, ácido cafeico, ferúlico, cumárico; un grupo variado y complejo de antioxidantes naturales.

El ácido cafeico es uno de los más populares del grano de café. Es uno de los principales responsables de la actividad antioxidantes en plantas como orégano, carambola, guinda, y varios más (Muñoz, Ramos, Alvarado y Castañeda, 2007). El uso de este compuesto es potencialmente en el área médica, por sus propiedades antiinflamatorias, antibacteriales, antioxidativas, entre otras (Morones Alba, 2016).

El ácido clorogénico es otro de es un compuesto polifenólico es el compuesto fenólico más abundante en el grano de café. El ácido clorogénico da como resultado ácido cafeico al hidrolizarse. (Cruz Velásquez, Marroquín Tintí, Ramos, y Pinales, 2018). La función de ácido clorogénico en la planta es regenerar los desgarros que pueden obtener las hojas. Así como el ácido cafeico, el clorogenico tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes

7.3. Café en la Universidad de San Carlos de Guatemala

El café es normalmente ingerido por las mañanas y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) no es la excepción. Las personas contratadas para mantenimiento son las encargadas de colocar el café en el dispositivo para su respectiva lixiviación, y así tener su disponibilidad para todos los empleados. La borra de café es luego desechada directamente al recipiente de basura, sin ningún tratamiento en especial.

La USAC brinda a sus trabajadores administrativos el insumo de café, controlado por las tesorerías de las diferentes facultades. El grano molido es adquirido en una sola compra para toda la institución, la misma la realiza la institución por medio de licitaciones públicas; gracias a esta operación es posible obtener el dato de la cantidad de café adquirido y así mismo el impacto generado por su desecho.

7.3.1. Tratamiento de desechos sólidos en la Universidad de San Carlos de Guatemala

Los desechos sólidos se clasifican en varias categorías, siendo la más prominente los orgánicos, según investigaciones realizadas en distintos lugares (Berent y Vedoya, 2005). Entre los residuos orgánicos se encuentra la borra, o residuo de café molido post lixiviado.

La borra de café, es de 104 gramos por kilogramo en grano después de la preparación de la bebida (Calle, 1977), por lo que forma parte esencial de los residuos sólidos del país; principalmente en lugares públicos que cuentan con un horario de más de 12 horas como lo es la universidad estatal del país.

La Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con un área enfocada en el área ambiental de la institución: La Oficina Verde. Este departamento es una iniciativa de la Coordinadora General de Planificación de la USAC, su objetivo es: “Construir en la comunidad universitaria una cultura ambiental sostenible”.

La Oficina Verde comenzó a laborar desde febrero del 2019, por lo que aún no se han implementados todos los proyectos previstos en su presentación; uno de ellos es aumentar la eficiencia en el manejo de los desechos sólidos.

Actualmente la Oficina Verde cuenta con varias personas practicantes y especialistas llevando a cabo proyectos ambientales enfocados en los objetivos de este departamento. Los primeros proyectos en curso son los de diagnóstico, por lo que aún no hay implementación de correcciones ambientales o proyectos enfocados en gestión y tratamiento de residuos

7.3.1.1. Economía circular

El concepto de economía circular se utilizó en el siglo XIV por Pearce y Turner, en su libro *Economics of Natural Resources and the Environment*. Una economía circular es: “un ciclo de desarrollo continuo que preserva y aumenta el capital natural” (Cerdá y Khalilova, 2016). La idea principal de este concepto es tomar los residuos de la cultura “tomar, hacer y tirar”, tal como la llama Cerda, y volverlos materia prima para otros procesos.

Balboa y Somonte (2014) ven el modelo circular como aquel que imita la naturaleza y se conecta con ella. De esta forma, el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia alimentaria para formar parte de nuevos

productos tecnológicos, con un mínimo gasto energético. Es la implementación de un sistema integral de los recursos, en los que el desperdicio es mínimo.

El concepto de economía circular se puede aplicar en todos los tipos de residuos. Los desechos orgánicos son una de las ramas más propicias por la cantidad de residuos generados. Existen investigaciones que apoyan el aprovechamiento de residuos orgánicos bajo el concepto de economía circular. Nieto (2018) lo propone en su trabajo de grado, obteniendo como materia final gas con mayor porcentaje en metano, abono orgánico sólido (compost), abono orgánico líquido (digestato).

Se puede implementar la economía circular de frutos y granos al utilizar las partes no comestibles para distintos usos que no sean compost. Por ejemplo, los fenoles le dan al café su olor característico, aprovechables en spray anti-olores; así también, el grano cuenta con propiedades antioxidantes útiles en el área de farmacéuticos como cremas o incluso medicinas.

7.4. Espectrofotometría para la determinación de compuestos fenólicos

La espectrofotometría es una técnica instrumental para medir cuanta luz pasa a través de una solución y cuanta de esa luz es absorbida. Este método tiene distintas aplicaciones, normalmente se utiliza para determinar concentraciones de un compuesto en la solución, por medio de la absorción y transmitancia.

Cuando un haz de luz atraviesa una solución, cierta cantidad queda atrapada en ella, a esta propiedad se le llama absorbancia, una variable adimensional e intensiva. La absorptividad es el índice de absorbancia específico

para cada sistema soluto-solvente. Este índice depende de la concentración del sistema y de la longitud de onda, por lo que el cambio en una de estas variables se ve reflejado en el espectro del sistema.

El instrumento utilizado para la determinación de la absorbancia es el espectrofotómetro de UV visible, el cual se basa en la Ley de Beer-Lambert. En el dispositivo se hace incidir radiación electromagnética (zona ultravioleta y visible del espectro) sobre la muestra, de la cual solamente un porcentaje se transmite. Este método se basa en la Ley de Beer-Lambert.

Lambert y Bourguer estudiaron y establecieron que existe un vínculo entre el cambio de la intensidad de luz difundida a través de la muestra, la distancia que recorre el haz de luz y la concentración de la sustancia. Estas relaciones se conocen como la Ley General de la Espectrofotometría. Esta ley se expresa como:

$$I_t/I_0 = 10^{-\epsilon b C}$$

Donde:

I_t : intensidad de luz transmitida por la muestra

I_0 : intensidad de luz que incide sobre la muestra y que proviene de la fuente

ϵ : coeficiente de absortividad molar

b : longitud de la trayectoria del haz de luz a través de la muestra

c : concentración de la muestra.

La razón I_t/I_0 se conoce como transmitancia, T ; representa la cantidad de luz que pasa a través de la muestra. Conociendo que la absorbancia es la diferencia entre la intensidad de luz inicial y la intensidad transmitida por la

muestra (I_t), se puede escribir La Ley de Beer-Lambert-Bouguer de distintas formas:

$$I_t I_0 = 10^{-\epsilon b C} \equiv -\log T = \epsilon b c \equiv A = \epsilon b C$$

Para la determinación de concentraciones por medio de esta técnica se utilizan curvas de calibración. La curva de calibración es una representación gráfica, en este caso, de la absorbancia en función de la concentración. Para la muestra desconocida, se debe interpolar, conociendo la absorción por medio del espectrofotómetro

7.4.1. Métodos para evaluar la capacidad antioxidante

Los métodos para evaluar la capacidad antioxidante se clasifican por la partícula transferida. Cruz (2018) menciona los siguientes ensayos basados en la transferencia de átomos de hidrógeno: capacidad de absorbancia del radical oxígeno (ORAC), ensayo de crocina (CBA), ensayo de la capacidad inhibitoria de LPO, secuestro de radical peróxido, método de la captura del radical ABTS, parámetro antioxidante de secuestro de radicales libres (TRAP), ensayo de inhibición de oxígeno (IOC), ensayo de fotoquemoluminiscencia (PCL), actividad de captura de radical hidroxilo, ensayo de beta caroteno-ácido linoleico.

Existen más referencias a los métodos basados en la transferencia de electrones, entre ellos esta: Reducción de hierro (FRAP), Capacidad equivalente por medio de Trolox (TEAC), reducción del ión cúprico (CUPRAC) y radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Cruz Velásquez, Marroquín Tintí, Ramos, y Pinales, 2018).

El método de FRAP, tiene como base la reducción del complejo de hierro con tripiridiltriazina (TPTZ), es decir de Fe^{3+} -TPTZ a Fe^{2+} -TPTZ. Este método mide la disposición de la muestra de reducir el hierro de Fe^{3+} a Fe^{2+} , medible por medio de la coloración desarrollada por el complejo Fe^{2+} -TPTZ.

El método ABTS es comúnmente más utilizado para la cuantificación de la capacidad antioxidante. Este método consiste en la oxidación de un radical libre obtenido de una reacción enzimática o química. Por medio de este método es posible evaluar compuestos con estructuras lipofílicas e hidrofílicas, a contrario del método DPPH que solamente se disuelve en medio orgánico (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, y Fett, . 2005).

El método DPPH también es común al evaluar la capacidad antioxidante. Se utiliza el radical DPPH, de color violeta, el cual da de baja cuando reacciona con fenoles. La longitud de onda óptima para cuantificar la concentración del DPPH por medio de espectrofotometría es 517 nm (Ortiz, Ramirez, Cortes y Aristizabal, 2017). La concentración del DPPH, influye en los resultados de la reacción, por lo que se recomienda utilizar una concentración de 0.1 mM para evaluar capacidad antioxidante (Guija Poma *et al.*, 2015)

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
4. JUSTIFICACIÓN
5. OBJETIVOS
6. NECESIDADES A CUBRIR
7. MARCO TEÓRICO
 - 7.1. Producción y consumo de café en Guatemala
 - 7.1.1. Características del café guatemalteco
 - 7.2. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante
 - 7.2.1. Compuestos antioxidantes del café
 - 7.3. Café en la Universidad de San Carlos de Guatemala
 - 7.3.1. Tratamiento de desechos sólidos en la Universidad de San Carlos de Guatemala
 - 7.3.1.1. Economía circular

7.4. Espectrofotometría para la determinación de compuestos fenólicos

7.4.1. Métodos para evaluar la capacidad antioxidante

8. METODOLOGÍA

9. RESULTADOS

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

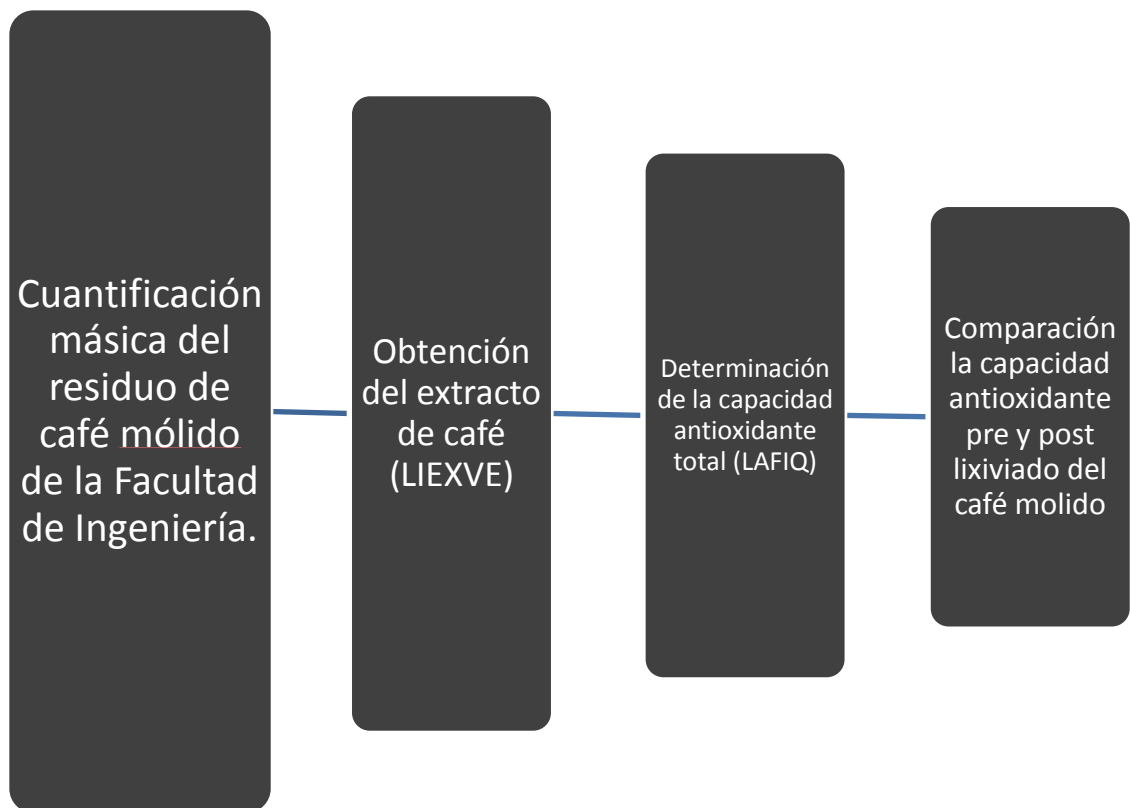
APÉNDICES

9. METODOLOGÍA

9.1. General

La investigación a realizar se divide en diferentes procesos dependientes en cadena lineal uno del otro, empezando con el muestreo hasta terminar con el análisis de los resultados del ensayo propuesto. A continuación se establecen los pasos a seguir de forma general para cumplir con los objetivos planteados.

Figura 1. Metodología general



Fuente: elaboración propia.

9.2. Metodología por objetivos

El cumplimiento de los objetivos planteados implica diferentes pasos cada uno, cumpliendo con el objetivo general. A continuación se describen los pasos a seguir para la ejecución de los objetivos por individual.

9.2.1. Metodología para cumplir objetivo 1

“Evaluar el impacto del residuo de café molido post lixiviado en el área de investigación, por medio de su valoración másica.”

Para medir la evaluación del impacto se realizará una cuantificación másica del residuo generado en un mes, en los distintos departamentos administrativos. El primer paso es gestionar los permisos en la Facultad de Ingeniería para poder obtener el residuo que generan. Con la autorización se procede a entregar los recipientes plásticos en los que se debe resguardar el residuo hasta su recepción. Los recipientes deben ser medianamente grandes y cerrados para evitar la descomposición. El residuo se recogerá todos los días por la tarde en los recipientes correspondientes. Posteriormente se procede a secar por 48 horas a temperatura ambiente y aislada de la luz y pesar diariamente la muestra recibida, por un mes. Por último, se debe realizar análisis descriptivo del muestreo, obteniendo la media y desviación del residuo generado diariamente y por día de la semana.

9.2.2. Metodología para cumplir objetivo 2

“Evaluar capacidad antioxidante del residuo sólido de café molido post-lixiviado, por medio del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo “

La capacidad antioxidante se determinará por medio del método DPPH. Primero se debe disolver 20 mg de extracto en 1 ml de metanol, preparar cinco diluciones de concentración de 4- 20 mg/ml. Posteriormente se prepara una serie de cuatro tubos de ensayo, blanco del control, tubo control, blanco del ensayo y solución de ensayo, al cual se le debe agregar 1 mL de tampón de acetato, 1.4 mL de metanol, 0.1 mL del extracto y 0.5 mL de solución de DPPH. Luego, agitar en vortex por 30 segundos e incubar a temperatura ambiente por 30 min. Realizar la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro (517 nm) contra el blanco respectivo. Calcular el porcentaje de disminución de la absorbancia causado por el extracto respecto al control. La actividad antioxidante se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50 % (CI50), que es la concentración del extracto requerida para disminuir un 50 % la absorbancia de DPPH expresada en mg/mL.

9.2.3. Metodología para cumplir objetivo 3

“Comparar la capacidad antioxidante pre y post lixiviado del café molido”

Realizar un estudio numérico utilizando técnicas como porcentaje, para comparar la capacidad antioxidante del grano molido de café antes de lixiviar.

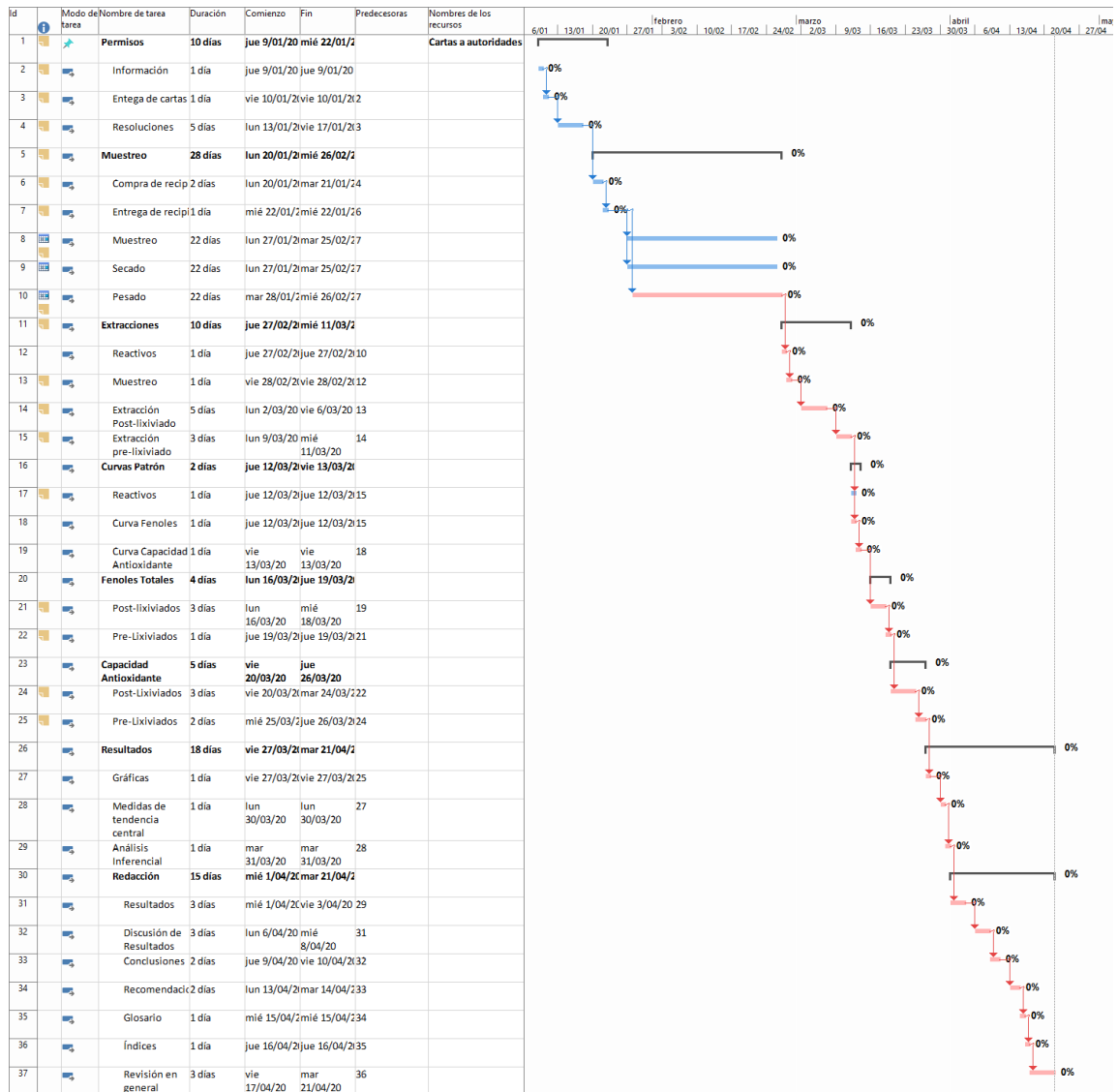
10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo tiene un nivel exploratorio, ya que no existe información en investigaciones previas sobre la muestra en el lugar de estudio. Por ello se tomará la población total del área y el muestreo se realizará aleatoriamente, es decir, sin preferencias del lugar de procedencia, aspecto u otra variable que pueda influir; esto permitirá un resultado general.

La investigación se basa en mediciones numéricas, por lo que es una investigación cuantitativa. Los datos de interés son cuantificables numéricamente, por lo que se llevará a cabo un estudio estadístico descriptivo.

11. CRONOGRAMA

Figura 2. Diagrama de Gantt













Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Cronograma de actividades

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Permisos	10 días	jue 9/01/20	mié 22/01/20	
2		Información	1 día	jue 9/01/20	jue 9/01/20	
3		Entega de cartas	1 día	vie 10/01/20	vie 10/01/20	2
4		Resoluciones	5 días	lun 13/01/20	vie 17/01/20	3
5		Muestreo	28 días	lun 20/01/20	mié 26/02/20	
6		Compra de recipientes	2 días	lun 20/01/20	mar 21/01/20	4
7		Entrega de recipientes	1 día	mié 22/01/20	mié 22/01/20	6
8		Muestreo	22 días	lun 27/01/20	mar 25/02/20	7
9		Secado	22 días	lun 27/01/20	mar 25/02/20	7
10		Pesado	22 días	mar 28/01/20	mié 26/02/20	7
11		Extracciones	10 días	jue 27/02/20	mié 11/03/20	
12		Reactivos	1 día	jue 27/02/20	jue 27/02/20	10
13		Muestreo	1 día	vie 28/02/20	vie 28/02/20	12
14		Extracción Post-lixiviado	5 días	lun 2/03/20	vie 6/03/20	13
15		Extracción pre-lixiviado	3 días	lun 9/03/20	mié 11/03/20	14
16		Curvas Patrón	2 días	jue 12/03/20	vie 13/03/20	
17		Reactivos	1 día	jue 12/03/20	jue 12/03/20	15
18		Curva Fenoles	1 día	jue 12/03/20	jue 12/03/20	15
19		Curva Capacidad Antioxidante	1 día	vie 13/03/20	vie 13/03/20	18

Continuación figura 3.

20		Fenoles Totales	4 días	lun 16/03/20	jue 19/03/20	
21	 	Post-lixiviados	3 días	lun 16/03/20	mié 18/03/20	19
22	 	Pre-Lixiviados	1 día	jue 19/03/20	jue 19/03/20	21
23		Capacidad Antioxidante	5 días	vie 20/03/20	jue 26/03/20	
24	 	Post-Lixiviados	3 días	vie 20/03/20	mar 24/03/20	22
25	 	Pre-Lixiviados	2 días	mié 25/03/20	jue 26/03/20	24
26		Resultados	18 días	vie 27/03/20	mar 21/04/20	
27		Gráficas	1 día	vie 27/03/20	vie 27/03/20	25
28		Medidas de tendencia central	1 día	lun 30/03/20	lun 30/03/20	27
29		Análisis Inferencial	1 día	mar 31/03/20	mar 31/03/20	28
30		Redacción	15 días	mié 1/04/20	mar 21/04/20	
31		Resultados	3 días	mié 1/04/20	vie 3/04/20	29
32		Discusión de Resultados	3 días	lun 6/04/20	mié 8/04/20	31
33		Conclusiones	2 días	jue 9/04/20	vie 10/04/20	32
34		Recomendaciones	2 días	lun 13/04/20	mar 14/04/20	33
35		Glosario	1 día	mié 15/04/20	mié 15/04/20	34
36		Índices	1 día	jue 16/04/20	jue 16/04/20	35
37		Revisión en general	3 días	vie 17/04/20	mar 21/04/20	36

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DE ESTUDIO

12.1. Recursos humanos

El único recurso humano a utilizar en la investigación es la persona encargada de la investigación y la asesora correspondiente

- Investigadora: Paula María Vásquez Cifuentes, Ingeniera Química.
- Asesora: Msc. Ingrid Lorena Benítez Pacheco, Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente de la Universidad Cádiz España y USAC.

12.2. Recursos económicos

Se necesitan los reactivos y utensilios descritos en la siguiente tabla, para llevar a cabo la investigación.

Tabla I. **Recursos económicos necesarios para la presente investigación**

Descripción	Cantidad	Costo
Recipientes de Acopio de café	7	Q350.00
Agua Destilada	1 L	Q 70.00
Acetato	1	Q 40.00
Reactivo DPPH	1	Q320.00
Metanol	1	Q 50.00
Total		Q830.00

Fuente: elaboración propia.

12.3. Equipo e instalaciones

Se necesita la autorización de:

- Centros a evaluar, áreas administrativas de la Facultad de Ingeniería.
- Laboratorio de análisis fisicoquímico del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para utilizar el equipo en los ensayos.

13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Diario de Centro América. Guatemala, 28 de diciembre de 2001.
2. Balboa, C. H., y Somonte, M. D. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador Técnico*, 78(1), 82–90. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4881026.pdf>
3. Berent, M., y Vedoya, D. (2005). *Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos un Ciudades Intermedias del NEA , Orígenes , Tipos y Composición de Residuos*. (Trabajo de investigación) Universidad Nacional del Nordeste Comunicaciones científicas y tecnológicas. Argentina. Recuperado de https://nanopdf.com/download/t-030-universidad-nacional-del-nordeste_pdf
4. Calle, V. (1977). Subproductos del café. *Boletín Técnico*, 6, 84. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/806>
5. Camey, O. (2016, June). Mercado de consumo de café. Innovando de lo tradicional a lo Gourmet. *ECO, Revista Académica*, 40. Recuperado de http://recursosbiblio.url.edu.gt/CParens/Revista/ECO/Numeros/14/00/00_ECO_14.pdf#page=39

6. Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401, 11-20. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55994027/CERDA_y_KHALILOVA.pdf?1520449761=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DECONOMIA_CIRCULAR.pdf&Expires=1595829745&Signature=cCWDcE3O3hNm5RTDseLymiTYxbgf6981Hh6GFILZ6YbiHGdLADX5TXa~0rruMLz3j7IKSTD67cLmHb39QY0CV6mbZrhQ4Ap-804V9VAmPFhKGaq7WJ24g2D~Ra1oFf1zr6uDxvREebINXi2GLA4qDiowuDlnvwzty-rXqBSWABvzjW8Pc0VFC9OrwJT9-nctDxU~F7vRIR7qwSCHW1vQT8nNWvOzJHanCasA29nvVUOCKF1p1D3DGuMzeToGWAnS4BIGF2tKI5Mb8YNfKsVT8MsRxbZ3~jPOopJ5BVszZ~QmVbugnpNovKp0SKs104~FsipCq4o0Roi7PYec9Mkztw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

7. Cruz Velásquez, S. M., Marroquín Tintí, N., Ramos, M., y Pinales, S. (2018). *Evaluación de la actividad antioxidante y detección de marcadores químicos en extractos de hojas y granos de siete variedades de café comercializadas en Guatemala*. Guatemala: . (Trabajo de investigación) Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, Guatemala. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puicb/INF-2018-12.pdf>

8. Cuadras, S. (2018). *El café de Guatemala*. Forúmcafé. Recuperado de <http://www.forumdelcafe.com/noticias/cafe-guatemala>

9. Gotteland, M., y de Pablo, S. (2007). Algunas verdades sobre el café. *Revista chilena de nutrición*, 34(2), 105-115. Recuperado de

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071775182007000200002
&script=sci_arttext&lng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071775182007000200002&script=sci_arttext&lng=en)

10. Guija Poma, E., Inocente Camones, M. Á., Ponce Pardo, J., y Zarzosa Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57–60. Recuperado de <https://doi.org/10.24265/horizmed.2015.v15n1.08>
11. Hernández, A., Solorzano, M., López, W., Batrez, P., y Pedroza, A. (2013). *Consumo del café*. Demanda del café en Guatemala. Consultado el 27 de julio de 2019. http://demandadelcafeenguatemala.blogspot.com/2013/08/a-consumo-del-cafe_25.html
12. Jiguan, B. (20 de Marzo de 2018). *Consumo de café aumenta en dos años*. Diario de Centroamérica. Recuperado de <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centroamerica/consumo-de-cafe-aumenta-en-dos-anos/>
13. Kuskoski, E. Marta, Asuero, Agustín G., Troncoso, Ana M., Mancini-Filho, Jorge, y Fett, Roseane. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
14. Londoño, J., Naranjo, M., y Quintero O., M. (2013). Estudio de los cambios de la actividad antioxidante en bebidas de café durante

su periodo de vida útil usando métodos in-vitro y ex-vivo. *Vitae, Revista de la facultad de Química Farmacéutica*, 20(2), 95–104. Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/13377>

15. Los otros usos de la borra del café. (22 de Mayo de 2015) Primera Hora. Recuperado de <https://www.primerahora.com/estilos-de-vida/salud/nota/losotrosusosdelaborradelcafe-1078616/>
16. Luna, A., y Dardón Garzaro, B. (16 de Enero de 2019). Mercado interno de café se amplía en Guatemala. *Prensa Libre*. Recuperado de https://www.prensalibre.com/guatemala/sube-aroma-cafe_0_409759023-html/
17. Magliano, J. (2014). Antioxidantes de uso tópico en Dermatología. *Tendencias en Medicina*, 10, 91–96. Recuperado de http://tendenciasenmedicina.com/Imagenes/imagenes44/art_17.pdf
18. Morones Alba, J. D., Macías Hernández, S. I., Villanueva López, G. C., y Aragón Flores, M. (2016). Efecto antiinflamatorio del ácido cafeico sobre la pulpitis en un modelo experimental en Cobayos. *Revista ADM*, 73(5). Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/27c7/e59ea688f346646bad4d7045b093117de319.pdf>
19. Muñoz Jáuregui, A. M., Ramos-Escudero, D. F., Alvarado-Ortiz Ureta, C., y Castañeda Castañeda, B. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos

vegetales promisorios. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(3), 142-149. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2007000300003&script=sci_arttext&tlng=pt

20. Nieto Celi, J., y Moreno Torres, E. (2018). *Residuos orgánicos en una economía circular*. [Proyecto integral de fin de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional Universidad de América. Recuperado de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6726/1/6122896-2018-1-IQ.pdf>
21. Ortiz, A., Ramirez, L. S., Cortes Meza, S. C. y Aristizabal (2017) *Determinación de antioxidante en subproductos de café producido y comercializado en Risaralda* (Tesis doctoral) Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial de Colombia. Repositorio Institucional de la UTP. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7597/63373C828.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. Palala, G. M. (16 de Diciembre de 2017). Guatemala registra un bajo consumo de café. *El Periódico*. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/inversion/2017/12/16/guatemala-registra-un-bajo-consumo-de-cafe/>
23. Puertas Mejía, M. A., Villegas Guzmán, P., y Alberto Rojano, B. (2013). Borra de café colombiano (*Coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro. *Revista*

Cubana de Plantas Medicinales, 18(3), 469-478. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000300013

24. Sánchez, D. A., y Anzola, C. (2012). Caracterización química de la película plateada del café (cofea arábica) en variedades Colombia y Caturra. *Revista Colombia de Química*, 41(2), 211–225. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309028756004.pdf>

25. Soler Cantero, A. (2009). *Estudio de la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva. Primeras etapas en el desarrollo de un aceite de oliva funcional*. (Tesis doctoral). Universitat de Lleida. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Arantza_Soler/publication/46314708_Estudio_de_la_capacidad_antioxidante_y_la_biodisponibilidad_de_los_compuestos_fenolicos_del_aceite_de_oliva_Primeras_etapas_en_el_desarrollo_de_un_aceite_de_oliva_funcional/links/543bc2460cf2d6698be325bc/Estudio-de-la-capacidad-antioxidante-y-la-biodisponibilidad-de-los-compuestos-fenolicos-del-aceite-de-oliva-Primeras-etapas-en-el-desarrollo-de-un-aceite-de-oliva-funcional.pdf

26. Stallings, A. F., y Lupo, M. P. (2009). Practical uses of botanicals in skin care. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 2(1), 36–40. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2958188/>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

PREGUNTA	ASEVERACIÓN	OBJETIVO GENERAL	JUSTIFICACIÓN	VIABILIDAD
<p>¿Qué propiedades fisicoquímicas se pueden aprovechar del residuo de café molido post lixiviado, consumido en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala?</p>	<p>Existen propiedades fisicoquímicas aún en el residuo de café molido post-lixiviado, que se pueden aprovechar como materia prima de otros productos.</p>	<p>Cuantificar los coeficientes fenólicos del residuo de café molido post-lixiviado consumido en la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala.</p>	<p>Determinar si se puede aprovechar el residuo como materia prima en otros productos ya sea cosméticos, industriales e incluso agrícolas. Beneficiando a las facultades a estudiar se beneficiarán, ya que es el primer paso para futuras investigaciones y proyectos con este material. Así también, caracterizar y cuantificar el residuo es el inicio para la gestión del desecho.</p>	<p>Es viable, ya que se cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recursos humanos: La investigadora. • Recursos económicos: Reactivos para realizar el ensayo; Precio significativo por el residuo. • Equipo e instalaciones: Autorización en el laboratorio de análisis fisicoquímico del centro de investigaciones de ingeniería; Autorización de las cafeterías a estudiar.

Fuente: elaboración propia.