



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO

Portada del Proyecto de Residencias Profesionales



Nombre del Proyecto:
Análisis bromatológico de harina de hueso de aguacate

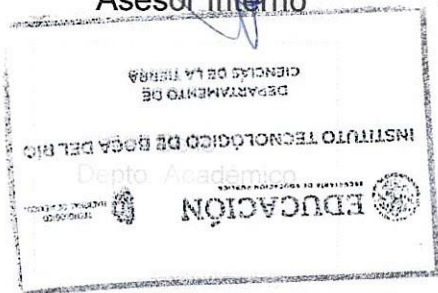
Alumno:
Melina Niño Aguilar

Número de control:
18990559

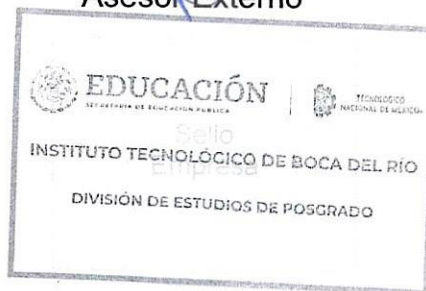
Nombre de la carrera:
Ingeniería en Industrias Alimentarias

Especialidad:
Sistemas de calidad y mejora continua


Guadalupe Uscanga Espinosa
Asesor Interno




Itzel Galaviz Villa
Asesor Externo



Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por darme la sabiduría y guiarme para empezar un camino lleno de éxito.

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, de este sueño que es tan importante para mí, agradecer su compañía, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Muestro mis más sinceros agradecimientos a la tutora de este proyecto, la Dra. Itzel Galaviz Villa quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiera desarrollar la variedad de hechos que fueron imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.

A mis compañeros, quienes a través de tiempo fuimos fortaleciendo una amistad y creando una familia, muchas gracias, Jenny Martínez García por toda tu colaboración, por convivir todo este tiempo conmigo, por compartir experiencias, alegrías, frustraciones, llantos, tristezas, peleas, celebraciones y múltiples factores que ayudaron a que hoy seamos como una familia, por aportarme confianza y por crecer juntas en este proyecto, muchas gracias.

Por último, quiero agradecer a la base de todo, a mi familia, a mi madre Olivia Aguilar Domínguez, mi padre Martín Niño Osorio y a mi querido hermano el Lic. Jesmar Niño Aguilar, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

¡Muchas gracias por todo!

Resumen

El aguacate es considerado la fruta más saludable del mundo debido a los diversos nutrientes y vitaminas que presenta. En México, Michoacán es el líder en la producción, aporta 94.6% al total nacional. La demanda de este fruto se ha incrementado, y actualmente es exportado hacia países como Estados Unidos, Japón, Canadá, España, Francia, Países bajos, China, entre otros. La cáscara de aguacate contiene carbohidratos, proteínas, lípidos y fibras, y también tiene gran cantidad de compuestos bioactivos. La mayoría de los nutrientes del aguacate están contenidos en el hueso, el cual es rico en aminoácidos, vitaminas y fibras solubles. El alto valor nutricional en la semilla de aguacate, especialmente los compuestos fenólicos, tiene varias propiedades como antioxidante, antimicrobiano y analgésico. Dentro de este ámbito, es un material prometedor para la producción de alimentos funcionales como harina de hueso de aguacate, teniendo otros usos ya sea como materia prima para suplementos alimenticios o como producto final, para ello objeto de este proyecto, se elaboró el harina de hueso de aguacate complementándola con la cáscara y el endocarpio (piel de la semilla) para finalmente realizar los análisis bromatológicos, teniendo como resultado de su composición bromatológica humedad: 6.12%, cenizas: 2.97%, grasa:3.49%, proteína: 21.52%y fibra: 18.2%.

Contenido

Agradecimientos	i
Resumen	ii
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras	vi
1. Introducción	1
2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Instalaciones y servicios	4
2.3 Ubicación de la organización	6
2.4 Giro de la organización	6
2.5 Misión	6
2.6. Visión	7
2.7 Política de calidad	7
2.8 Departamento donde se realizó el proyecto	8
2.9 Organigrama de la organización	8
3. Problemas a resolver, priorizándolos	10
4. Objetivo General	12
4.1 Objetivos Específicos	12
5. Justificación	12
6. Marco teórico	14
6.1 Importancia económica del aguacate	14
6.2 Aspectos Generales.....	17
6.2.1 Definición y partes del aguacate	18
6.3 Clasificación y descripción botánica	19
6.4 Variedades del aguacate	20
6.5 Postcosecha	20
6.6 Propiedades y características nutrimentales del aguacate	21
6.6.1 Composición de la Semilla	26
6.6.2 Composición de la cáscara de aguacate	30
6.7 Productos del aguacate	32
6.7.1 Subproductos del aguacate.....	32
7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	36

8. Resultados	41
9. Actividades sociales realizadas	42
10. Conclusiones	42
11. Competencias desarrolladas y/o aplicadas	43
12. Fuentes de información.....	44
13. Anexos.....	48
ANEXO A. PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA.....	48
ANEXO B. PREPARACIÓN DE HARINA	49
ANEXO C. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZAS.....	50
ANEXO D. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR MÉTODO KJELDAHL.	51
ANEXO E. DETERMINACIÓN DE GRASAS	53
ANEXO F. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA.....	54

Índice de Tablas

Tabla 1. Principales países exportadores e importadores de aguacate Fuente: SIAP (2021)	14
Tabla 2. Perfil cromatográfico del aceite de aguacate. Fuente: Ortega (2003). ..	22
Tabla 3. Composición de ácidos esenciales del aceite de aguacate. Fuente: Ortega (2003).....	23
Tabla 4. Valor vitamínico y aporte nutricional del aguacate. Fuente: Ortega (2003)	23
Tabla 5. Propiedades, aplicaciones y beneficios del aguacate. Fuente: Galaviz (2022)	24
Tabla 6. Composición nutricional de la semilla de aguacate. Fuente: Bangar (2022).	27
Tabla 7. Composición de fitoquímicos en la semilla de aguacate. Fuente: Setyawati (2021).....	28
Tabla 8. Polifenoles identificados en la semilla de aguacate. Fuente: Setyawati (2021)	28
Tabla 9. Resultados de análisis de Humedad	41
Tabla 10. Resultados de análisis de Grasa.....	41
Tabla 11. Resultados de análisis de análisis de Fibra	41
Tabla 12. Resultados de análisis de Fibra	41
Tabla 13. Resultados de análisis de Ceniza	42

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama del Instituto Tecnológico de Boca del Río	9
Figura 2. Destino de exportación de Aguacate (SAGARPA, 2017).....	13
Figura 3. Rallado de Materia Prima.....	48
Figura 4. Separación de semilla y cascarilla	48
Figura 5. Secado de ralladura de hueso de aguacate.....	48
Figura 6. Secado de cáscaras de aguacate	48
Figura 7. Molienda	49
Figura 8. Harinas separadas.....	49
Figura 9. Integración de harina	49
Figura 10. Pesado de crisol	50
Figura 11. Muestras para determinación de humedad en desecador	50
Figura 12. Calcinación a flama directa con mechero Bunsen hasta punto rojo.	50
Figura 13. Cenizas.....	50
Figura 14. Incineración en mufla.....	50
Figura 15. Pesado de muestra.....	51
Figura 16. Muestra en matraz Kjeldahl	51
Figura 17. Adición de ácido sulfúrico en campana de extracción.....	51
Figura 18. Puesta en marcha del digestor Kjeldahl.....	51
Figura 19. Cambio de color por adición de granallas de zinc.....	52
Figura 20. Puesta en marcha del destilador.....	52
Figura 21. Titulación del destilado hasta vire	52
Figura 22. Blanco y muestra 1,2,3 al final de la titulación	52
Figura 23. Pesado de cartucho para adición de muestra.....	53
Figura 24. Adición de cartucho con muestra al Soxhlet	53
Figura 25. Puesta en marcha del equipo Soxhlet.....	53
Figura 26. Secado de matraces con grasa	53
Figura 27. Se dejaron las muestras para determinación de fibra.....	54
Figura 28. Pesado y adición de muestra en vaso Berzelius para determinación de Fibra.....	54
Figura 29. Adición de ácido sulfúrico	54
Figura 30. Puesta en marcha de digestor: digestión ácida.....	54
Figura 31. Filtrado y lavado con agua	55
Figura 32. Digestión alcalina.....	55
Figura 33. Filtrado y lavado con agua.....	55
Figura 34. Lavado con ácido, agua y alcohol etílico.....	55
Figura 35. Adición de muestra lavada en crisoles.....	56
Figura 36. Secado en estufa	56
Figura 37. Incineración en mufla.....	56

1. Introducción

El aguacate es un cultivo que ha crecido en popularidad en los últimos años debido a la gran versatilidad de este fruto, pues ha sido utilizado de formas muy diversas en el ámbito de la alimentación. Para muchos países el consumo del aguacate puede ser muy alto, tanto, como para ser considerado un lujo, sin embargo; se mantiene el gusto generalizado por su consumo (Arriaga, 2013). En México, el aguacate es importante y tradicional en la dieta diaria desde antes de la llegada de los europeos. Se utiliza como acompañamiento para el pan, como ingrediente de ensaladas, como guarnición y para preparar guacamole, entre muchos otros usos (SEGOB, 2017).

La especie *Persea americana* Mill (aguacate) es reconocida tanto por su alto valor nutritivo como por sus usos medicinales. Debido a los diversos nutrientes y vitaminas que presenta el aguacate, este es considerado como la fruta más saludable del mundo. Actualmente, se ha observado un incremento en el consumo de frutas y verduras, debido a la necesidad de mantener buena salud y bienestar físico (Ortega, 2003).

Se caracterizan por su alto contenido de aceite, hasta 20%, razón por la cual se le llama *mantequilla vegetal*; son productos ricos en energía y, además del coco (35% de aceite), son los vegetales más ricos en lípidos. Su ácido oleico equivale a 65% del total de sus ácidos grasos, su contenido de fibra soluble e insoluble tiene un efecto preventivo contra enfermedades cardiovasculares ya que reducen el colesterol y las lipoproteínas de baja densidad, al tiempo que favorecen las de alta densidad. Como parte de su fracción lipídica presentan

hasta 10% de un material insaponificable integrado por las vitaminas A y E y diversos esteroides que le dan la capacidad emoliente que se aprovecha en cremas y mascarillas cosmetológicas (Salvador, 2012).

De la producción nacional del aguacate en México, 69% se destina al consumo en fresco, 19% para la industria y 12% a exportación. Se reporta un consumo per cápita anual de 10 kg, que lo ubica como el país donde se presenta el mayor consumo de esta fruta (Arriaga, 2013). De esta fruta solo se utiliza su pulpa, generando toneladas de subproductos en forma de cáscara y semilla.

La industria de procesamiento descarta las semillas de aguacate, lo que aumenta la producción y, en última instancia, contamina el medio ambiente (Bangar, 2022). El aprovechamiento de estos subproductos de desecho conlleva beneficios tanto económica como ambientalmente. Las semillas de aguacate son ricas en polisacáridos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y otras sustancias bioactivas. La composición nutricional y fitoquímica de las semillas de aguacate ha sido bien estudiada y discutida (Cemaluk, 2018).

2. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo

2.1 Antecedentes

Se puede afirmar con toda certidumbre, que la educación en Ciencia y Tecnología del Mar tuvo su origen a nivel nacional en el año de 1957, en la ciudad de Veracruz en el seno de una prestigiada institución educativa, que hoy es el Instituto Tecnológico de Veracruz.

La creación del Instituto Tecnológico del Mar es el resultado de la evaluación de dos etapas previas para consolidarse:

Primero, la creación de la Estación Marina (1957 a 1965), con su adscripción al Instituto Tecnológico Regional de Veracruz. Segundo, su transformación para convertirse en el Centro Nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas (1966 a 1974).

A partir de septiembre de 1975, la institución por Acuerdo Presidencial se transformó en el Instituto Tecnológico de Pesca, cuyo nombre cambio a Instituto de Estudios Superiores en Ciencia y tecnología del Mar, y en 1981 finalmente se designó como Instituto Tecnológico del Mar. Debido a la reestructuración de la SEP, como parte del proceso integrador en octubre del 2005, nuestro plantel posee una nueva imagen institucional, tomando su nuevo nombre de INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO, siendo parte del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, el cual posteriormente cambia a Tecnológico Nacional de México.

Su creación se justificó con base en que nuestro país esta bordeado por dos grandes océanos mundiales: el Pacífico y el Atlántico, además cuenta con un extenso litoral de 11,593 Km. de longitud y posee una zona

económica exclusiva, cuya superficie es de 2,717,252 Km², que ocupa el 9º lugar en extensión a nivel mundial.

2.2 Instalaciones y servicios

El Instituto Tecnológico de Boca del Río es una distinguida comunidad, de enseñanza y aprendizaje, con una trayectoria de más de 40 años, preparando jóvenes profesionistas que se incorporan al sector privado y público. Actualmente, cuenta con planes de estudio basados en competencias profesionales, y con reconocimiento con la Norma ISO 9001:2008.

Su principal propósito es ofrecer oportunidades y herramientas para que todos los jóvenes desarrollen al máximo su potencial de acuerdo con su conocimiento, intereses y capacidades.

Sus catedráticos, equipo directivo y personal de apoyo cuentan con la preparación y experiencia, para lograr que cada alumno, crezca en un entorno grato, seguro e idóneo para su desarrollo integral.

Las instalaciones y el equipamiento educativo fueron diseñados para ser un espacio educativo amplio, con diversidad de ambientes y recursos para el aprendizaje, la recreación, el fomento a la lectura y la investigación, la práctica deportiva y el aprendizaje por competencias, así como el goce de las diferentes expresiones artísticas.

Las instalaciones ocupan casi 5.5 hectáreas de terreno que en las áreas generales incluye:

- Laboratorios de química, biología, microbiología, alimentos, ing. civil, central de pruebas no destructivas en ambientes marinos, de investigación de recursos acuáticos, de peces y crustáceos, de alimento vivo, de investigación de acuicultura aplicada.
- Talleres de soldadura, de alimentos, de mecánica, de acuicultura, de embarcaciones menores.
- Cámara hiperbárica y área de mejoramiento genético.

Las aulas climatizadas cuentan con todos los servicios técnicos y de diseño para el trabajo, ya sea para el trabajo individual o en equipo.

Además de contar con:

- Internet inalámbrico.
- Cafetería.
- Áreas verdes.
- Centro de Información y Coordinación de Lenguas Extranjeras (Centro de Idiomas).
- Sala de Usos Múltiples.
- Sala Audiovisual.
- Centro de Computo.
- Instalaciones deportivas.
- Servicio Médico.
- Becas Federales, CONACYT, entre otros.

- Bolsa de Trabajo.
- Viajes de Practicas.
- Programas de Servicio Social y Residencias.

2.3 Ubicación de la organización

El Instituto Tecnológico de Boca del Río es una institución de educación superior ubicado en; Carretera Veracruz-Córdoba Km. 12, Boca del Río, Ver.

C.P.: 94290.

Teléfono: (229) 690 5010

Email: contacto@bdelrio.tecnm.mx

Sitio Web: <https://bdelrio.tecnm.mx/>

2.4 Giro de la organización

Institución de Educación Pública Federal

2.5 Misión

Contribuir a la conformación de una sociedad más justa, humana y con amplia cultura científico-tecnológica, mediante una educación equitativa en su cobertura y de alta calidad.

2.6. Visión

Ser un Instituto Tecnológico de alto desempeño que sea soporte del desarrollo acuícola e industrial sostenido, sustentable y equitativo de la región, de la nación y del fortalecimiento de su diversidad cultural.

2.7 Política de calidad

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, el Instituto Tecnológico de Boca del Río define los siguientes valores institucionales:

- Respeto: Miramiento, consideración, deferencia.
- Puntualidad: Disciplina de estar a tiempo para cumplir nuestras obligaciones.
- Honestidad: Cualidad humana por la que la persona se determina a elegir actuar siempre con base en la verdad y en la auténtica justicia, dando a cada quien lo que le corresponde, incluida ella misma.
- Tolerancia: Respeto a las ideas, creencias o prácticas de los demás cuando son diferentes o contrarias a las propias.
- Responsabilidad: Es una obligación, ya sea moral o incluso legal de cumplir con lo que se ha comprometido.

2.8 Departamento donde se realizó el proyecto

Este proyecto de residencia profesional se realizó en la División de estudios de posgrado e investigación en el Laboratorio de Ecotecnologías del Laboratorio Multidisciplinario de Ciencias Ambientales.

2.9 Organigrama de la organización

El enfoque estratégico nos permite insertar la vida de la organización en el medio externo, la construcción participativa de una visión compartida y la acción concertada en un ambiente activo de aprendizaje institucional.

Este enfoque se concreta en planes de desarrollo que articulan políticas, estrategias, programas y proyectos para orientar la acción en el marco de la misión y la visión de la institución que la identifica y posiciona en el contexto educativo regional, nacional e internacional.

De esta manera, las estructuras académico-administrativas generan sistemas confiables de información que facilitan mecanismos de gestión para realizar procesos de planeación, administración, acompañamiento, evaluación y mejoramiento continuo de los servicios ofrecidos a nuestros estudiantes, a los demás miembros de la comunidad universitaria y a la sociedad.

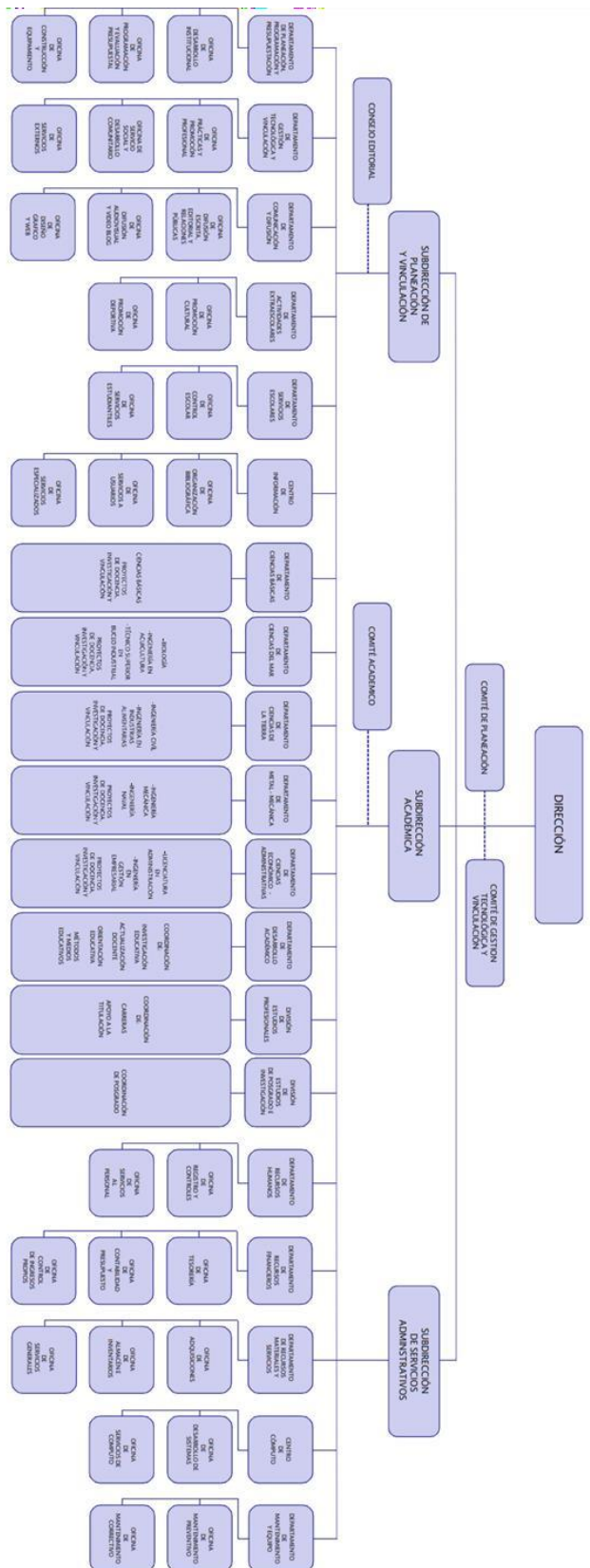


Figura 1 Organigrama del Instituto Tecnológico de Boca del Río

3. Problemas a resolver, priorizándolos

El manejo inadecuado de residuos, desechos sólidos y otros subproductos por parte de las empresas agroalimentarias incide directamente sobre el equilibrio medioambiental (Aguilar Novillo et al., 2022).

La industria procesadora de frutas genera residuos como hojas, semillas, cáscaras, estopa, y vástagos; que al no tratarse adecuadamente se convierten en una fuente de contaminación ambiental y económico por los costos de la disposición final. Debido a sus características físicas, químicas y biológicas, los residuos agroindustriales poseen un enorme potencial aprovechable para diversas aplicaciones. El manejo eficiente de estas materias primas permite reducir de manera significativa el impacto ambiental, y promueve la investigación científica, es decir, su aprovechamiento desarrolla la economía circular (Mejía-Barajas, 2020).

Por tanto, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales ha venido evolucionado a través de investigaciones implementadas en países desarrollados donde han dejado de ser productos desecho-problema para convertirse en materia prima potencial maximizando su potencial de uso al dar valor agregado a los mismos, que de no ser así presentan un gran problema ambiental debido a su disposición final (Mejías-Brizuela et al., 2016).

La semilla del aguacate es considerada como una de las partes no comestibles del fruto, las cuales suelen ser desechadas como residuos y pueden causar problemas ecológicos. Explorar los posibles potenciales dietéticos y terapéuticos de desechos especialmente infrautilizados reducirá además la posible carga de desechos ambientales (Tassew et al., 2019).

En las últimas décadas, los mexicanos han manifestado una transición epidemiológica. Las enfermedades crónico-degenerativas han desplazado a las infecciosas como principales causas de mortandad. La diabetes es la primera causa de muertes al año en México, con cerca de 10 millones. Las principales enfermedades en México son el sobrepeso, la diabetes, las enfermedades del corazón, los tumores malignos y las infecciones respiratorias agudas (Secretaría de Salud, 2023).

Las enfermedades crónicas no transmisibles son entidades que se conocen desde hace ya algún tiempo; sin embargo, a pesar de los conocimientos acumulados a lo largo de estos años, su incidencia en la población general es alta y su frecuencia se eleva al grado de epidemia (Barba, 2018).

La alimentación en la evolución humana ha presentado una transición a lo largo de la historia que va desde la obtención de fuentes de energía y proteínas de frutas, verduras, nueces y raíces en los primeros homínidos hasta llegar a nuestros días, donde las principales modificaciones en la dieta son la mayor ingesta de energía a partir de grasas saturadas, ácidos grasos y ácidos grasos omega-6 (Cemaluk, 2018).

El cambio de hábitos y la esperanza de vida en los últimos años han modificado los patrones de enfermedad y de muerte en México (Secretaría de Salud, 2023). La pérdida de la salud conlleva una serie de alteraciones en distintos ámbitos; en particular, estas enfermedades crónicas, las cuales se caracterizan por un deterioro progresivo con consecuencias y complicaciones médicas ocasionando discapacidad o muerte. El individuo enfermo es menos productivo y ello contribuye al detrimento paulatino de la economía familiar, tanto

por el ausentismo laboral, y eventualmente, el desempleo, el incremento en el gasto familiar derivado de su tratamiento, así como una mala calidad de vida (Barba, 2018).

4. Objetivo General

Determinar la composición bromatológica y valor nutricional de la harina de hueso de aguacate (*Persea americana*).

4.1 Objetivos Específicos

- 1) Determinar el rendimiento total en la obtención de harina a partir del hueso de aguacate.
- 2) Analizar el contenido de humedad, cenizas, proteína, grasas y fibra del hueso de aguacate.
- 3) Determinar el valor nutricional de la harina de hueso de aguacate.

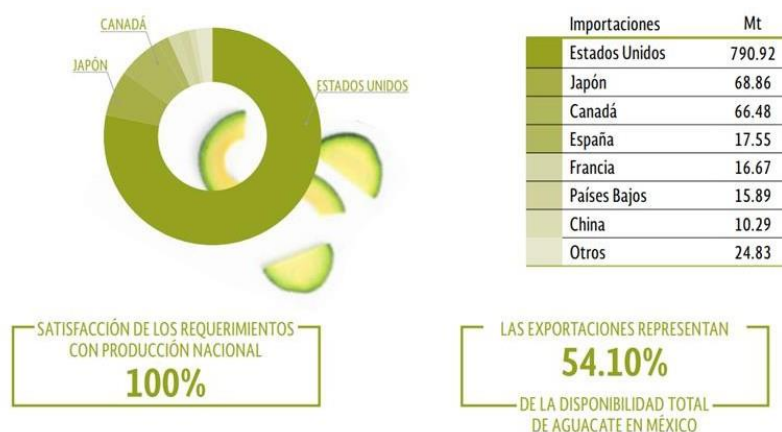
5. Justificación

El aguacate es una fruta tropical con creciente aceptación en los consumidores del mundo gracias a su contenido nutricional, a las diferentes opciones para su consumo en fresco y procesado y su uso en la industria cosmética. El consumo de aguacate está constantemente en aumento debido a sus beneficios nutricionales, puesto que es una fuente de carbohidratos, proteínas, fibra, micronutrientes, polifenoles, grasas, aceites, vitaminas y minerales (Mejía-Barajas, 2020).

Debido a los diversos nutrientes y vitaminas que presenta el aguacate, este es considerado como la fruta más saludable del mundo. De esta fruta solo se utiliza

su pulpa, generando toneladas de subproductos en forma de cáscara y semilla (Mejía-Barajas, 2020).

La demanda de este fruto se ha incrementado, y actualmente es exportado hacia países como Estados Unidos, Japón, Canadá, España, Francia, Países bajos, China, entre otros (Figura 2) (SAGARPA, 2017).



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP y el SIAMI, 2017.

Notas: El porcentaje de satisfacción de requerimiento nacional representa la demanda que se puede cubrir con producción nacional. La disponibilidad total hace referencia a la producción nacional más las importaciones.

Figura 2. Destino de exportación de Aguacate (SAGARPA, 2017)

Debido a la problemática ambiental y de alimentos, es necesario generar menos desechos y obtener más ganancias. Es posible aprovechar los desperdicios resultantes del aprovechamiento de la pulpa del aguacate; y los residuos, como la semilla y cáscara, puedan emplearse como materia prima para la elaboración de nuevos productos.

El aguacate, presenta una variada posibilidad de usos como productos industrializados, señalándose entre otros los siguientes que actualmente se comercializan: pulpas como base para productos untables, tanto frescas como refrigeradas o congeladas, mitades o cubos congelados (SAGARPA, 2017).

La industria de procesamiento descarta las semillas de aguacate, lo que aumenta la producción y, en última instancia, contamina el medio ambiente. Sería ventajoso manejar estos subproductos de desecho tanto económica como ambientalmente (Punia Bangar et al., 2022)

Industrialmente la pulpa del aguacate se explota principalmente como aceite y pasta, generando una gran cantidad de cáscara y semilla como subproductos (Figueroa, 2017).

6. Marco teórico

6.1 Importancia económica del aguacate

El mercado internacional de aguacate ha sufrido importantes modificaciones durante las dos últimas décadas. Por un lado, aunque se trata de una fruta exótica, cada vez es más consumida en el mundo y por otro, surgen nuevas potencias exportadoras que desplazan a anteriores naciones líderes: México, principal productor (Tabla 1) y consumidor de la fruta, es, a partir de la década de 1990, el máximo exportador, como resultado de la apertura del mercado de los Estados Unidos (Macías, 2011).

Tabla 1. Principales países exportadores e importadores de aguacate

EXPORTADORES		IMPORTADORES	
México	\$2,913,000,000 USD	Estados Unidos	\$2,864,000,000 USD
Holanda	\$886,000,000 USD	Holanda	\$818,000,000 USD
Perú	\$755,000,000 USD	Francia	\$521,000,000 USD
España	\$385,000,000 USD	Alemania	\$349,000,000 USD
Chile	\$330,000,000 USD	Reino Unido	\$342,000,000 USD

Fuente: SIAP (2021)

La expansión de sus plantaciones y los mayores rendimientos de cosecha sustentan el ritmo de su comercialización internacional. México ofrece a los

consumidores estadounidenses pulpa natural de aguacate, con la cual pueden elaborar por cuenta propia y acorde a su gusto el guacamole.

Aunado a la importancia económica que esta fruta representa actualmente, cabe destacar el elevado valor nutritivo basado en su composición, lo que permite afirmar que se ubica entre las frutas más completas, convirtiéndose en una alternativa de importancia para contrarrestar problemas de nutrición que actualmente se tienen, sobre todo, en zonas rurales (Rubí-Arriaga & Franco-Malvaíz, 2013).

Resulta justificable el interés por el incremento en este cultivo, sin embargo, es primordial conocer la manera en que se desarrolla la producción en México (Rubí-Arriaga & Franco-Malvaíz, 2013).

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2017), el aguacate es uno de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria nacional, representando un 4.39% del PIB (Producto Interno Bruto) agrícola nacional. México es el principal proveedor del mercado internacional con una aportación de 45.95% del valor de las exportaciones mundiales.

En 2020, México exportó a EE.UU. poco más de millón 134 mil toneladas de aguacate, de ellas un millón 36 mil corresponden al fruto entero en fresco, otras 83 mil 468 a guacamole y 14 mil 904 a pulpa. El valor comercial anual conjunto de los productos cifró 2 mil 579 millones de dólares (APEAM, 2023).

En EE.UU. es promovido y consumido en eventos con alcance internacional, como el Super Bowl, en el cual se han llegado a consumir 100,000 toneladas durante el día del evento (SIAP, 2021).

Con base en la existencia de 400 variedades de aguacate y una predilección del consumo por el aguacate Hass, existe una alta demanda de este producto. Las exportaciones representan el 54.10% de la disponibilidad total de aguacate. La demanda de este fruto se ha incrementado en 26 países que incluyen integrantes del TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte), el TPP (Acuerdo Estratégico Trans-Pacífico de Asociación Económica), el TLCTN, así como China, países miembros del bloque de la Unión Europea y países con (Tratado de Libre Comercio del Triángulo Norte) los que México no tiene acuerdo de libre comercio, que en conjunto consumen casi 1.7 millones de toneladas (SAGARPA, 2017).

Conocido como el “oro verde”, el aguacate mexicano es un producto que se consume en 34 países del mundo. El cultivo del aguacate impacta positivamente la economía de los productores y del país por la entrada de divisas que genera, además de que es esencial en nuestra dieta (SENASICA, 2017).

Más de 60 países del mundo son productores de por lo menos 500 variedades de aguacate, el campo de México es generador de las tres variedades más apreciadas por los consumidores: Hass, Criollo y Fuerte (SENASICA, 2017).

El aguacate mexicano tiene presencia en 34 países, siendo EEUU el principal destino, seguido de Canadá, Japón, Francia, El Salvador, España, Honduras, Corea del Sur, Holanda y China, entre otras naciones (INIFAP, 2022). México exportó poco más de 1 millón 158 mil toneladas de aguacate, con un valor de 2 millones 746 mil dólares, aportando un 45.95 por ciento del total del comercio mundial de este fruto (SIAP, 2015).

En México, Michoacán es el líder en la producción, aporta 94.6% (195,366 ton) al total nacional, seguido de Jalisco con 4.7% (9,759 ton). Estas dos entidades federativas concentran 99.4% (205 mil 125 ton) de la producción del país. Los estados con los mayores crecimientos en su volumen de producción son: Jalisco 1,602 ton (19.6%), Michoacán 324 (0.2 %), Oaxaca 96 (12.8%) y Guerrero con 42 (11.1%) más de lo obtenido en 2019.

El crecimiento de la superficie plantada con aguacate en México se ha mantenido al alza durante varios años, al igual que el aumento de las exportaciones. De acuerdo a los datos preliminares del SIAP, se obtuvo un incremento anual de 3.8 por ciento (INIFAP, 2022).

6.2 Aspectos Generales

Persea americana, llamado popularmente aguacate, palto (Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Uruguay) o aguacatero (República Dominicana, Puerto Rico y Venezuela), es una especie arbórea del género *Persea* perteneciente a la familia Lauraceae, cuyo fruto, el aguacate o palta, es una baya comestible. Es una especie originaria de Mesoamérica, específicamente de las partes altas del centro y este de México, Guatemala y El Salvador. Las evidencias más antiguas de su uso se encontraron en Coaxcatlán (México) y datan de hace unos 10000 años (SNICS, 2017).

El origen del aguacate tuvo lugar en las partes altas del centro y este de México, y partes altas de Guatemala. Según Barrientos y López (2023), existe evidencia directa de la domesticación en el período Clásico Maya del maíz, calabaza, yuca, algodón, aguacate, camote, y el agave, lo cual está sustentado por restos de

planta en el contexto arqueológico y lingüístico que le dan validez a esta lista de cultivos.

6.2.1 Definición y partes del aguacate

El término aguacate (*Persea americana*) proviene del náhuatl *ahuácatl* (testículo), dado que los aztecas lo asociaban con los genitales masculinos; y *guacamole* o *ahuacamolli* deriva de *ahuácatl* y *molli*, que significa mole o salsa. Existen diferentes variedades, entre ellas la Hass, la más difundida en el mundo, y la criolla, que se consume con todo y su delicada cáscara delgada (Badui Dergal, 2012).

Según la revista Chapingo (García, 1999) el fruto del aguacate (*Persea americana*) es una baya con mesocarpio y endocarpio carnosos que contiene una sola semilla. De las partes anteriormente mencionadas que conforman al aguacate, encontramos:

- Exocarpio: El exocarpio de un aguacate se conoce comúnmente como piel. Dependiendo del tipo de aguacate, el color y el grosor de la piel variarán. El exocarpio de ciertos aguacates también puede cambiar de apariencia a medida que madura la fruta. Los aguacates Hass comienzan con una piel verde que se oscurece a un color negro púrpura cuando están maduros (Angel, 2020).
- Mesocarpio: El mesocarpio se forma a partir del tejido medio del ovario. En la gran mayoría de las frutas el mesocarpio es carnososo, teniendo una gran acumulación de sustancias nutricionales. Así, el mesocarpio es, en general, la parte comestible de una fruta (Enem, 2022).

El mesocarpio también se conoce como la pulpa del aguacate, y esta es la parte comestible y más abundante del fruto. La pulpa de la fruta también varía en apariencia dependiendo de la variedad de aguacate (Angel, 2020).

- Endocarpio: El endocarpio rodea la semilla y se origina en la epidermis interna del ovario (Enem, 2022).

El endocarpio es la fina capa interna del aguacate que se encuentra entre la pulpa del aguacate y su semilla. A menudo es difícil diferenciar el endocarpio de la pulpa del aguacate. Cuando la semilla está madura, el endocarpio puede parecer una película sobre ella, lo que le da un aspecto helado o blanquecino (Angel, 2020).

- Semilla: En el centro del aguacate está su semilla. Es la semilla lo que hace que el aguacate sea una fruta en lugar de una verdura y puede variar en tamaño de pequeño a grande. Las variaciones en el tamaño de la semilla dependen del tipo de aguacate.

6.3 Clasificación y descripción botánica

En cuanto a las características botánicas, el aguacate se clasifica de la siguiente forma (Alfonso Bartoli, 2008):

- Clase: Dicotiledoneae
- Subclase: Dialipétala.
- Orden: Ranales.
- Familia: Lauraceae.
- Género: Persea
- Especie: americana

6.4 Variedades del aguacate

El género *Persea* incluye al menos 150 especies distribuidas principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

Según el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2017), existen al menos 20 especies emparentadas con el aguacate común (*Persea americana* Mill) y crecen desde nivel del mar hasta los 2500 msnm. La diversidad del aguacate en México (*Persea* spp.) es la siguiente:

P. americana var. *drymifolia*: Raza Mexicana: Es el aguacate mexicano más antiguo usado como alimento por el hombre. Se encontraron semillas fosilizadas en cuevas de Tehuacán, Puebla, México. Tiene como principales características resistencia a bajas temperaturas, hojas con un fuerte olor a anís. Longitud de fruto de 4 a 12 cm.

La variedad “Hass” es la más popular en el mercado internacional y nacional. Tiene un sabor a nuez y avellana, con textura suave-cremosa y una semilla de pequeña a mediana. Disponible durante todo el año. El aguacate «Hass» proviene de injerto, mezcla de un híbrido de la raza mexicana y guatemalteca, desarrollado por Rudolph Hass agricultor estadounidense. Longitud de fruto promedio de 8.8 cm.

6.5 Postcosecha

El aguacate continúa con sus funciones metabólicas después de la cosecha. Muchos cambios ocurren desde que la fruta se cosecha hasta que llega al consumidor, algunos de estos cambios son deseables, como el color, sabor y

textura que se alcanzan al llegar a la madurez de consumo; y otros son indeseables, como las alteraciones que deterioran la calidad y vida de anaquel del producto (manchas en la pulpa, áreas acuosas o excesivamente blandas, enfermedades y otros) (Galaviz, 2022).

6.6 Propiedades y características nutrimentales del aguacate

El árbol de aguacate, también conocido como palto o avocado, tiene dentro de su composición una alta cantidad de vitaminas, sales minerales y grasas insaturadas, debido a lo cual es un excelente alimento.

Existe una gran diversidad de formas, sabores y texturas del aguacate, con cáscara verde o negra en la madurez. Al madurar, se puede encontrar pulpa cremosa con un rango en el contenido de aceite de 5 al 22 % muy rica en proteínas y vitaminas. El sabor está determinado principalmente por el contenido de aceite (Calderón, 2021).

El aguacate es un alimento muy nutritivo que posee 160 calorías cada 100 gramos, contiene 7.5 gramos de carbohidratos, pero 1.6 de ellos son fibra. Cada 100 gramos, el aguacate contiene 1.7 gramos de proteína. El fruto del aguacate tiene cerca de 10 aminoácidos esenciales dentro de su composición. Dentro de estos aminoácidos destaca la arginina, fenilalanina, lisina y valina (Ortega, 2003). Los triglicéridos presentes en el aguacate, no son grasas sino aceites, ya que estos permanecen líquidos a la temperatura ambiente, que en su estructura predominan los ácidos grasos monoinsaturados e insaturados, que contienen vitaminas liposolubles en cantidad suficiente, y que no contienen colesterol, caso contrario al de las grasas, en las que predominan en su estructura los ácidos

grasos saturados, son generalmente de origen animal y que invariablemente contienen colesterol. El aguacate contiene dentro de su composición una importante cantidad de lípidos, los cuales se encuentran en alrededor del 20% del fruto, tiene ácidos grasos poliinsaturados (omega 3 y omega 6), que ayudan a reducir el colesterol. Se destacan dentro de los componentes del aguacate, el ácido linoleico y el ácido oleico (Ortega, 2003).

La proteína y el aceite presentes en el aguacate son de gran valor nutrimental, ya que la proteína tiene presentes en su aminograma, siete de los aminoácidos esenciales, de igual manera en el perfil cromatográfico del aceite (tabla 2 y 3), encontramos presentes los ácidos grasos esenciales, además de la vitamina E, importante antioxidante, para el aceite e inhibidora de radicales libres. Estos compuestos denominados ácidos grasos y aminoácidos esenciales, no pueden ser sintetizados por el organismo y deben de ser incluidos en la dieta en forma regular (Ortega, 2003).

Tabla 2. Perfil cromatográfico del aceite de aguacate.

Número de carbonos	Ácidos grasos	%
16	Palmítico	13.76
16:1	Palmitoleico	5.98
18	Esterearico	1.48
18:1	Oleico	64.87
18:2	Linoleico	11.13%
18:3	Linolénico	2.52
20	Araquidónico	0.09%
N.I.		0.17%

Fuente: Ortega (2003)

Tabla 3. Composición de ácidos esenciales del aceite de aguacate.

<u>Composición media de ácidos grasos</u>	
Saturados	16-22%
Monoinsaturados	66-72%
Poliinsaturados	8-11%

Fuente: Ortega (2003)

El aguacate aporta prácticamente todas las vitaminas requeridas por el organismo (Tabla 4); a excepción de la vitamina B12, presente solo en el reino animal. Destacándose dentro de las hidrosolubles el importante porcentaje de ácido ascórbico, que potencializa el poder antioxidante de los tocoferoles presentes en la vitamina E. El aporte de las vitaminas liposolubles es suficiente en cantidad, sin la presencia de colesterol y con un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados (Ortega, 2003).

Tabla 4. Valor vitamínico y aporte nutricional del aguacate.

VITAMINAS	CONTENIDO EN 100 gr. DE AGUACATE	RDA (*)	% DE LA RDA. CUBIERTAS POR 100gr. DE AGUACATE
Vitamina A	85.00mg	900.0mg	9.4
Vitamina D	10.00mg	5.0mg	200.0
Vitamina E	3.00mg	9.0mg	33.0
Vitamina K	8.00mg	110.0mg	7.3
Vitamina B1	0.11mg	1.4mg	7.8
Vitamina B2	0.20mg	1.6mg	12.5
Vitamina B6	0.45mg	2.1mg	21.4
Niacina	1.60mg	16.0mg	10.0
Ác. Pantoténico	1.00mg	5.5mg	18.2
Biotina	10.00mg	100.0mg	10.0
Ácido fólico	32.00mg	200.0mg	16.0
Vitamina C	14.00mg	60.0mg	23.3

Fuente: Ortega (2003)

Dentro de la composición química del aguacate, se destaca el contenido de sales minerales, tales como: potasio, magnesio, fósforo, calcio, sodio, manganeso, hierro y cobre, nombrados así descendentemente por su abundancia en el fruto del aguacate (Ortega, 2003).

El aguacate debe de ser considerado como un alimento protector, ya que su aporte calórico está acompañado de principios activos esenciales. Su aroma es resultado de diversas rutas biosintéticas que utilizan ácidos grasos y aminoácidos como sustrato y que generan varios compuestos, de los que destacan los terpenos (Badui, 2012). La variedad más producida y consumida mundialmente es la Hass, con cáscara verde que se vuelve negra al madurar y la pulpa tiene una consistencia cremosa.

La mayoría de los nutrientes del aguacate están contenidos en el hueso, el cual es rico en aminoácidos, vitaminas y fibras solubles (Tabla 5). El hueso tiene un sabor parecido a la nuez. Debido a su contenido de aceite relativamente alto, se debe comer y procesar en estado fresco (Galaviz, 2022).

Tabla 5. Propiedades, aplicaciones y beneficios del aguacate.

Parte del fruto	Compuestos funcionales	Propiedades/aplicaciones/beneficios
Semilla o hueso	Fuente de fibra	Estimula e movimiento intestinal
	Aminoácidos esenciales (70% se encuentran en el hueso)	Previenen y combaten enfermedades
	Antioxidantes	Previene el daño oxidativo
		Rejuvenecimiento de la piel y cabello
	Compuestos fenólicos	Fortalece el sistema inmune
	Agentes antiinflamatorios	Combate el dolor y la inflamación
	Extracto acuoso de semilla de aguacate	Protege contra a inflamación y la nefrotoxicidad inducida por cadmio
	Flavonoides y antioxidantes	Detienen el daño causado por radicales libres e incrementan la producción de colágeno para lograr una piel joven y

		firme.
Cáscara de la semilla o endocarpio	En el aceite: Docosanol, heptacosano	Antiviral, tratamiento contra el cáncer y enfermedades del corazón
	En la cera: Ftalato de benzilo y butilo	Plastificante utilizado para mejorar la flexibilidad de numerosos productos sintéticos, desde cortinas de ducha a dispositivos médicos
	Bis (2-butoxietil) ftalato	Se usa en cosmética
	Hidroxitolueno butilado (BHT)	Aditivo alimentario
Pulpa o mesocarpio	Proteínas, ácidos grasos omega 3,6 y 9 Vitaminas de los grupos A, B5, B6, C, D, E y K	Alimentación (nutrición) humana. Regulación de colesterol y prevención de problemas cardiovasculares. Regulador de los niveles de azúcar y flora intestinal.
	Magnesio, hierro, cobre, zinc, potasio, folato y otros minerales.	Antioxidantes importantes para una buena salud. El aceite de aguacate se caracteriza por contener un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados (10 al 19%, dependiendo de la variedad y madurez), hasta un 80% de ácido oleico, un nivel aceptable de ácidos grasos poliinsaturados (11-15%), sin colesterol.
Cáscara	Clorofilas, carotenoides y compuestos fenólicos	Uso potencial en la prevención y el tratamiento de diferentes enfermedades humanas
	Fibra	Suplementos de dieta animal o como recuperador de suelos para la producción agrícola
	Carbohidratos insolubles (Celulosa)	Materia prima en procesos de fermentaciones de diversos productos de uso industrial, como azúcares fermentables para la producción de etanol. Producción de ácidos orgánicos, estatinas, colorantes, aditivos alimenticios, fármacos, entre otros.
	Vitaminas A, D, E y ácidos grasos	Elasticidad y humectación de la piel

Fuente: Galaviz (2022)

6.6.1 Composición de la Semilla

La semilla de aguacate es rica en diversos compuestos nutricionales (Tabla 6) y bioactivos, especialmente proteínas, almidón, lípidos, fibra cruda, vitaminas, minerales y numerosos fitoquímicos (Bangar, 2022).

Diferentes variedades de aguacate producen diferente contenido de compuestos fenólicos. Esos fitoquímicos son beneficiosos debido a las ricas fuentes de nutrientes, como la actividad vasorelajante, actividad analgésica y antiinflamatoria, actividad hipotensora, actividad anticonvulsiva, actividad antiviral, actividad cicatrizante de heridas, efecto antiulceroso, actividad antihepatotóxica, actividad antioxidante, hipoglucemiante actividad, y reducción del peso corporal (Setyawan, 2021).

Tabla 6. Composición nutricional de la semilla de aguacate.

Componentes del azúcar (mg/g de DW)	
Hexosa	1.9
Glucosa	5.62
Fructosa	12.93
Sacarosa	7.86-18.5
d-Mannuheptulosa	10.51-63.8
Perseitol	12.54-88.3
Hidratos de Carbono (%)	64.9
Proteína Porcentaje (%)	
Contenido de proteína bruta	2.64
Contenido de proteínas	23
Contenido de proteínas	17.94
Contenido de proteínas	7.75
Contenido de proteínas	15.55
Perfil de lípidos µg/g	
Ácido tetracosanoico	4.29
Ácido nerbónico	2.88
Ácido behénico	3.63
Ácido erúcico	2.44
Ácido araquídico	2.39
Ácido esteárico	5.06
Ácido oléico	5.32
Ácido linoleico	4.06
Ácido palmítico	7.1
Ácido mirístico	2.49
Minerales mg/100g	
Calcio	0.82
Potasio	4.16
Fósforo	0.09
Zinc	0.18
Sodio	1.41
Hierro	0.31
Cobre	0.98
Vitaminas mg/100g	
Vitamina A	10
Tiamina	0.33
Riboflavina	0.29
Niacina	0.06
Ácido ascórbico	97.8
Vitamina E	0.12

Fuente: Bangar (2022).

La Tabla 7 presenta la composición de los fitoquímicos en la semilla de aguacate. Los fitoquímicos presentes en la semilla de aguacate incluyen flavonoides, taninos, saponinas, fenólicos, capacidad antioxidante, oxalatos, fitatos y alcaloides.

Tabla 7. Composición de fitoquímicos en la semilla de aguacate.

Fitoquímicos	(mg/100g)
Flavonoides	20.33 ± 0.01
Taninos	0.76 ± 0.17
Saponinas	0.52 ± 0.42
Oxalatos	4.40 ± 0.30
Fitatos	0.44 ± 0.01
Alcaloides	5.40 ± 0.00

Fuente: Setyawan (2021)

El alto valor nutricional en la semilla de aguacate, especialmente los fenólicos, tiene varias funciones propiedades como antioxidante, antimicrobiano y analgésico. El glutatión tiene un papel antioxidante que protege a las células del oxígeno y radicales libres. El extracto metanólico se ha encontrado como agente para prevenir y tratar infecciones bacterianas causadas por bacterias patógenas como *E. coli* y *S. pyogenes*. Los polifenoles (Tabla 8), como oxidantes naturales, tienen algunas propiedades beneficiosas para la salud humana. Puede prevenir oxidación de lípidos y reducir el riesgo de enfermedades inflamatorias (Setyawan, 2021).

Tabla 8. Polifenoles identificados en la semilla de aguacate.

Compuestos	Contenido
Catequina	24.3-2,000
Ácido cafeico	13.7-22.5
Ácido clorogénico	0.0516-1,953
(Epi)catequina	1,106-2,906
Ácido ferúlico	0.09-1.2
Kaempferol	10.74

Kaempferide	10.74
Procianidinas	152-5,560
Rutina	0.22
Ácido trans-5-O-cafeoil-D-quinico	163-574
Ácido vanílico	286

Fuente: Setyawati (2021)

6.6.1.1 Propiedades de la semilla de aguacate

Las semillas de aguacate son ricas en fitoquímicos y se utilizan con fines medicinales (Bangar, 2022). Lo anterior sugiere un potencial biológico que puede ser explorado para el desarrollo de un ingrediente derivado del producto alimenticio con un valor agregado al ser incorporado a un alimento y con ello dar una función tecnológica y biológica (antiinflamatorio, antioxidante, anticancerígena), de la misma forma ayudar a contrarrestar las pérdidas industriales (Sánchez-Quezada & Loarca-Piña, 2022). Las bioactividades de los extractos de semillas de aguacate se discutirán en la continuación.

Se informó que el alto valor nutricional de la semilla de aguacate, especialmente los fenoles, tiene varias propiedades funcionales como antioxidante, antimicrobiano y analgésico. El glutatión tiene un papel como antioxidante para proteger las células a través del oxígeno y el daño de los radicales libres. El extracto metanólico se ha encontrado como un agente para prevenir y tratar infecciones bacterianas causadas por bacterias patógenas como *E. coli* y *S. pyogenes*. Los polifenoles, como oxidantes naturales, tienen algunas propiedades beneficiosas para la salud humana. Puede prevenir la oxidación de lípidos y reducir el riesgo de enfermedades inflamatorias. Al mismo tiempo, los flavonoides tienen efectos beneficiosos sobre la salud del cuerpo como antivirales, antitumorales, antialérgicos, antiinflamatorios, antioxidantes y

antiplaquetarios. Los taninos son conocidos como polifenoles, que tienen un alto peso molecular y son solubles en agua.

Yasir et al. (2010) argumentaron que la actividad potencial de la semilla de aguacate debido a la rica fuente de nutrientes, tales como actividad vasorrelajante, actividad analgésica y antiinflamatoria, actividad hipotensora, actividad anticonvulsiva, actividad antiviral, actividad cicatrizante, efecto antiulceroso, actividad antihepatotóxica, actividad antioxidante, actividad hipoglucemiante y reducción del peso corporal. La semilla de aguacate es mencionada en investigaciones como agente médico como anticancerígeno, antiinflamatorio, antidiabético, antihipertensivo, reductor de colesterol, con efectos dermatológicos, antimicrobiano, insecticida e incluso como colorante. Las propiedades antioxidantes del aceite de semilla de aguacate extraído contenían contenido de flavonoides, contenido fenólico y radicales libres. Los ensayos de contenido de flavonoides se miden usando el método espectrofotométrico de tricloruro de aluminio y quercetina como estándar.

6.6.2 Composición de la cáscara de aguacate

La cáscara de aguacate contiene carbohidratos (62-73.3%), proteínas (4-8.3%), lípidos (4.4-9.1%) y fibras (casi 50%) y también tiene gran cantidad de compuestos bioactivos. Se informa que la cáscara contiene un alto contenido fenólico y actividad antioxidante. Además de esto, se ha demostrado que la cáscara muestra propiedades antimicrobianas, antibióticas y antiinflamatorias efectivas. Dentro de este ámbito, es un material prometedor para la producción de alimentos funcionales y productos farmacéuticos, y también se puede utilizar

como fuente biológica para la producción de adsorbentes inocuos para el medio ambiente (Akan, 2021).

Los fitoquímicos son importantes compuestos metabólicos secundarios producidos por las plantas y están presentes en grandes cantidades en la cáscara del aguacate en comparación con otros productos de frutas (Figueroa et al., 2018; Morais et al., 2015). Los polifenoles son la clase más grande de fitoquímicos, que se conocen con funciones biológicas variadas y notables para la salud humana (Akan, 2021).

La cáscara de aguacate es una rica fuente de fitoquímicos en cuanto a su contenido fenólico total oscila entre 0,6 y 6,8 mg de ácido gálico equivalente/g de muestra (mg GAE/g de muestra) para la cáscara de aguacate fresco, y entre el intervalo de 4,3-120,3 mg GAE/ g para la cáscara seca de aguacate con las alteraciones intervarietales.

La cáscara del aguacate contiene compuestos importantes para la industria alimentaria, farmacéutica y otras, ya que tiene un contenido fenólico más alto que la pulpa y la semilla (Akan, 2021). La cáscara, representa alrededor del 18% del peso fresco total, la cual contiene mayor contenido fenólico y actividad antioxidante que los valores reportados en la parte comestible (pulpa).

En comparación con otras cáscaras de frutas tropicales (plátano, melón, maracuyá, papaya, piña y sandía), la cáscara seca de aguacate tiene el mayor contenido de fenoles totales y la cáscara cruda de la fruta presenta el mayor contenido de flavonoides. Además, la cáscara de aguacate seca muestra la mayor actividad antioxidante (ensayo FRAP) en comparación con las cáscaras de otras frutas (Akan, 2021).

6.7 Productos del aguacate

De acuerdo con la APEAM, desde 2018, se reportan esfuerzos de diferentes empresas por buscar formas cada vez más creativas de aprovechar el aguacate, comercializándolo en diferentes presentaciones: Aguacate fresco, guacamole, cubos, rebanadas, y mitades de aguacate, son las presentaciones comercializadas por la empresa mexicana CUPANDA, que emplea tecnología de Alta Presión (High Pressure Food Processing Applications o HPP), en el procesamiento de sus productos. Porciones individuales (Galaviz, 2022).

En Estados Unidos y en Europa se promueve el aguacate “mini” (de menos de 100 gramos), que se vende en mallas. Rebanadas de aguacate. Una empresa estadounidense procesa el aguacate utilizando un sistema de baja presión, para hacer rebanadas y venderlas en pequeños paquetes en los supermercados premium de Estados Unidos. Guacamole congelado. La empresa estadounidense Wholly Guacamole vende guacamole congelado y dips para botanas (Galaviz, 2022).

6.7.1 Subproductos del aguacate

Una alternativa en la recuperación del valor económico de la producción de aguacate que no cumple con los requisitos de exportación es la industrialización y/o aprovechamiento integral del producto. Lo cual genera una amplia variedad de aplicaciones en la industria alimenticia, cosmética, agroquímica, entre otras. Como, por ejemplo: mayonesa sabor guacamole, cerveza sabor aguacate, aceite de aguacate, helado de aguacate, chocolate verde, plástico de aguacate, jabón

de aguacate, cremas faciales y corporales de aguacate, mantequilla de aguacate y biopesticidas.

6.7.1.1 Suplementos Alimenticios

Son productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se puedan presentar en forma farmacéutica* y cuya finalidad de uso sea incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir algún componente, de acuerdo al artículo 215, fracción V, de la Ley General de Salud (COFEPRIS, 2016).

Un suplemento alimenticio aporta nutrimentos como proteínas, grasas, carbohidratos o hidratos de carbono, vitaminas, minerales.

Las formas farmacéuticas aceptadas son aquellas que se ingieren por vía oral como: cápsula, emulsión, suspensión, jarabe, polvo, soluciones y tabletas, entre otras contempladas en la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (COFEPRIS, 2016).

En cuanto al Aguacate existe una base de aceite de pulpa de aguacate. Contiene clorofila, una fuente natural de magnesio que ayuda a tu cuerpo a eliminar los metales pesados (como mercurio y plomo) de los órganos del cuerpo (Galaviz, 2022).

6.7.1.2 Tés

El té es una bebida consumida mundialmente desde tiempos ancestrales con el propósito de mejorar la salud. Varios estudios científicos (González de Mejía, 2003) le han atribuido a esta bebida diversas propiedades preventivas y

terapéuticas. A lo largo de la última década, estudios epidemiológicos y de casos controlados han encontrado una relación directa entre la ingesta de té y un menor riesgo de desarrollar enfermedades y padecimientos graves como el cáncer (González de Mejía, 2003).

Té de semilla de aguacate. Cuenta con propiedades astringentes, por lo que es ideal para combatir las diarreas e inflamaciones gastrointestinales. Esta semilla favorece la producción de colágeno por lo que retrasa el envejecimiento. Es una gran fuente de fibra, por lo que mejora tu digestión y combate el estreñimiento (Galaviz, 2022). Con esto se aprovechan las propiedades nutraceuticas de la semilla de aguacate bajo un proceso de secado adecuado para la elaboración de infusiones o té, ofreciendo a los consumidores los beneficios nutraceuticos y medicinales de la semilla de aguacate en un producto 100% natural.

6.7.1.3 Harina

Harina es el polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de un cereal o leguminosa seca. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es la harina de trigo elemento habitual en la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz... y existen también otros tipos de harinas obtenidas de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca, etc. La harina de trigo es la más producida de todas las harinas y se compone de endospermo, germen, salvado y cepillo (Sifre, et al., 2019).

Las harinas tradicionalmente encontradas en el mercado como la harina de trigo tienen un contenido de fibra sustancialmente bajo $1.62\% \pm 0.3$ en comparación a la harina de semilla de aguacate (Rodríguez Otálora & Parra, 2021). Esto significa que la harina obtenida a partir de la semilla del aguacate aporta más beneficios a la salud.

Harina de hueso de aguacate. La empresa española Biopowder (Biopowder.com) procesa y comercializa la harina de hueso de aguacate como remedio herbal para enfermedades vasculares, niveles excesivos de colesterol, inflamaciones y otras enfermedades (Galaviz, 2022). El alto contenido de antioxidantes hace que el hueso y cáscara de aguacate sea usado para prevenir los efectos del envejecimiento.

7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

1. Recolección de materia prima

Se recolectó hueso y cáscara de aguacate de consumo propio y de una campaña de recolección que se hizo a los amigos y familiares, se les pedía que al consumir la pulpa de Aguacate el resto fuera recabado y cada semana fuera recolectado.

2. Lavado y secado de materia prima

Una vez recolectada la materia prima, se lavaron con agua y con una fibra exclusivamente para ello, cuidando no romper la cáscara ya que es la más frágil; se dejaron secar al aire libre para que escurriera el agua del lavado.

Posteriormente los huesos de aguacate se metieron al horno de secado a 40° por 1 hora, en este tiempo comenzaron a desprenderse la cascarilla del hueso lo que hizo más fácil el pelado de los huesos. Las cáscaras se metieron a 60° por 30 min entre 3-4 veces hasta que su peso fuera constante y estuvieran completamente secas.

3. Molienda y preparación para análisis bromatológicos

Una vez preparada la materia prima, se procedió a realizar molienda para la obtención de la harina 1:1, la misma cantidad de hueso, cascarilla de hueso y la cáscara de aguacate, es decir fueron 200g de cada uno para obtener 600g de harina.

4. Análisis bromatológicos

Para este proyecto se realizaron los análisis bromatológicos de humedad, grasa, fibra, proteínas y cenizas.

- Determinación de Humedad Método desecación por estufa NMX-F-083, 1986

Preparación de la muestra: Muestra se muele, homogeniza y guarda en un frasco perfectamente limpio y seco, que tenga un cierre hermético.

Método de secado en estufa: Pesar de 3 a 5 gr. de muestra en cualquiera de los dispositivos puestos a peso constante, secar en la estufa a 90-105°C hasta peso constante.

Fórmula: % Humedad= Perdida de la masa en gramos X100

Peso de la muestra en gramos

- Determinación de Grasa por el Método de extracción Soxhlet NMX-F-089-S-1978

Se pesan de 3 a 4 gramos de muestra seca y se transfieren cuantitativamente a un cartucho para extracción, al cual se le colocará previamente una cama de algodón o lana de vidrio. Posteriormente, se tapa con la misma fibra y se coloca en el extractor del aparato, cuyo matraz se ha puesto previamente a peso constante, se añade sobre la muestra suficiente disolvente (éter etílico o de petróleo, hexano, tricloroetano, etc.), es conveniente seleccionar el más adecuado. Al servir el disolvente, este deberá hacer sifón 2 veces. Una vez preparado, se enciende la parrilla de calentamiento y se deja calentar el matraz hasta completar un periodo de extracción de aproximadamente 8hrs. Después de este tiempo, se retira de la fuente de calor se saca el cartucho con pinzas (se

seca al aire y se guarda para determinación de fibra cruda). El matraz se vuelve a calentar con el fin de recuperar el disolvente evitando que se haga sifón.

Eliminando el disolvente se saca a 80 - 90°C hasta peso constante. La manipulación del matraz Soxhlet deberá hacerse con pinzas para evitar adherir grasa al mismo, evitando que ésta interfiera con el peso constante del matraz y con el peso del extracto etéreo de la muestra.

Fórmula: % de grasa= gramos de residuo en el matraz (grasa) X100

Peso de la muestra

- Determinación de Fibra por el método AOAC NMX-F-613-NORMEX-2017

Descripción general del método

Se inicia con una digestión ácida: En un vaso Berzelius agregar 2 gr de muestra desgrasada y ácido sulfúrico al 1.25% y colocar el vaso en el aparato sobre la placa caliente preajustada para que hierva 30 minutos, girando el vaso periódicamente después se filtra con tela de lino y se enjuaga con agua destilada hasta pH neutro. Se transfiere la muestra filtrada al vaso Berzelius y el NaOH al 3.52% (digestión alcalina) y calentar nuevamente a ebullición 30 minutos. Se filtra y se lava con agua hasta pH neutro, se lava con ácido sulfúrico al 1.25%, agua hervida y alcohol etílico. La muestra filtrada en el lino se transfiere a los crisoles a peso constante y secar a 130°C durante 2 horas, enfriar en el desecador, pesar y calcinar a 600°C durante 30 minutos. Finalmente enfriar en el desecador y volver a pesar los cálculos pertinentes.

Fórmula:

$$\% \text{Fibra Bruta} = \frac{P_c - P_f}{P_n} \times 100$$

P_n

P_c: Peso del crisol con muestra seca

P_f: Peso del crisol con residuo incinerado

P_n: gramos de muestra

- Determinación de Proteína Método Kjeldahl NOM-F-68-S-1980

Descripción del método

Se inicia con la digestión de 1g de muestra en el matraz Kjeldahl, agregar sulfato de cobre pentahidratado, sulfato de sodio anhidro, y ácido sulfúrico concentrado. Colocar en el digestor y someter a calentamiento hasta que el color de la solución sea verde claro transparente y se deja enfriar.

Después se agrega lentamente agua destilada, granallas de Zinc, colocar el matraz en el destilador y añadir la solución de NaOH al 40% y recibir el destilado en un matraz Erlenmeyer de 500 ml con HCl 0.1 N y el indicador rojo de metilo. La destilación termina cuando se hayan recibido 250 ml. El color final de la solución recibida es rosa y se procede a titular incluyendo el blanco.

Fórmula:

$$\%N_2 = \frac{(V_2 - V_1) (N) (meq)}{p.m.} \times 100$$

p.m.

$$\%P = (\%N_2) (6.25)$$

V2= ml de NaOH gastados en el blanco.

V1= ml de NaOH gastados en el problema.

N= normalidad de NaOH

meq= miliequivalente de Nitrógeno (0.014)

p.m. = peso de la muestra

P= Proteína total

Factor= 6.25

- Determinación de Ceniza Método de calcinación en seco NMX-F-607-NORMEX-2013

Descripción general del método

En un crisol a masa constante, poner de 3 a 5 g de muestra por analizar; con ayuda de un mechero Bunsen carbonizar lentamente el material hasta que ya no desprenda humos, evitando que se proyecte fuera del crisol. Llevar el crisol a una mufla y efectuar la calcinación completa. Dejar enfriar en la mufla, transferirlo al desecador para su completo enfriamiento y determinar la masa del crisol con cenizas

Fórmula:

% Cenizas= $\frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$

Peso de la muestra

5. Búsqueda de información para redacción de reporte

Se realizó la investigación extensiva desde lo general a lo particular acerca del aguacate, la semilla, la cáscara, y los subproductos como la harina, así como las

técnicas de análisis bromatológicos de alimentos con apoyo de un manual de análisis de alimentos.

Finalmente, la redacción de cada uno de los aspectos solicitados en este proyecto.

8. Resultados

Tabla 9. Resultados de análisis de Humedad

Determinación de Humedad	
Muestra	%
1	6.12
2	6.08
3	6.16
Media	6.12

Tabla 10. Resultados de análisis de Grasa

Determinación de Extracto etéreo	
Muestra	%
1	3.37
2	3.61
3	3.48
Media	3.49

Tabla 11. Resultados de análisis de análisis de Fibra

Determinación de Fibra	
Muestra	%
1	18.3
2	18.5
3	17.8
Media	18.2

Tabla 12. Resultados de análisis de Fibra

Determinación de Proteína	
Muestra	%
1	20.73
2	22.22
3	21.61
Media	21.52

Tabla 13. Resultados de análisis de Ceniza

Determinación de Ceniza	
Muestra	%
1	2.96
2	2.96
3	2.98
Media	2.97

9. Actividades sociales realizadas

Formé parte del equipo Té Oro verde en el proyecto llamado: Aprovechamiento de las propiedades de la semilla de aguacate Hass como infusión medicinal. Dicho proyecto consta de un subproducto del aguacate (té o infusión) a base de un proceso de secado de la ralladura de la semilla o hueso de aguacate. Participamos en la etapa Local el día Viernes 28 de abril del presente en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Boca del Río, quedando en 2do Lugar del sector Agroalimentario y logramos pasar a la etapa Regional que se llevará a cabo en la Ciudad de Poza Rica, Veracruz en el mes de septiembre.

10. Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se realizó la caracterización bromatológica de la semilla y cáscara de aguacate (*Persea americana*) teniéndose como resultado de su composición humedad en 6.12%, cenizas con 2.97%, extracto etéreo 3.49%, proteína: 21.52% y fibra: 18.2%. Con lo anteriormente obtenido podemos decir que la harina de hueso de aguacate puede ser utilizada para la creación de nuevos productos o como producto final.

El realizar un estudio a profundidad de la composición bromatológica, actividad antimicrobiana y actividad antioxidante de la semilla y cáscara de aguacate, permitirá identificar nuevas aplicaciones de esta, la cual es considerada como desecho, también se va a reducir la generación de residuos orgánicos mejorando el medio ambiente, la economía y la salud de las personas.

11. Competencias desarrolladas y/o aplicadas

En el desarrollo de este proyecto se aplicaron capacidades cognitivas como la de resolver problemas, experiencia de prácticas, la interpretación correcta de los análisis bromatológicos, el uso de los equipos, y la realización de los cálculos para su posterior interpretación, así como también capacidades de redacción, obtención de información y recopilación de datos.

12. Fuentes de información

Aguilar Novillo, S., Enríquez Estrella, M. & Uvidia Cabadiana, H., 2022. Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. *Research Gate*, enero.

Akan, S., 2021. Phytochemicals in avocado peel and their potential uses. *FOOD AND HEALTH*.

Alfonso Bartoli, J. A., 2008. [En línea]
Available at:
http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/654/EDA_Manual%20de%20producci%C3%B3n%20de%20aguacate.pdf?sequence=1

Angel, 2020. *Huertos y más*. [En línea]
Available at: <https://huertosymas.com/partes-de-un-aguacate/>

AOOAC, 1995. [En línea]
Available at: <https://www.aoac.org/?s=FIBRA>

APEAM, 2023. *Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México*. [En línea]
Available at: <https://www.apeamac.com/2023/01/18/asociacion-de-productores-y-empacadores-exportadores-de-aguacate-de-michoacan-da-kick-off-rumbo-al-super-bowl/>

Arriaga, M. R. B. D. L. C. y. H., 2013. [En línea].
Aymacaña, A., 2018. [En línea]
Available at: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16912/1/T-UCE-0008-CQU-054.pdf>

Badui Dergal, S., 2012. *LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS EN LA PRÁCTICA*. PEARSON EDUCACIÓN, pp. 215-216.

Bangar, 2022. *ELSEVIER*. [En línea]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157522003054>

Barba Evia, J. R., 2018. *medigraphic.com*. [En línea]
Available at:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/COMPLETOS/patol/2018/pt181.pdf#page=6>

Barrientos y López, 2023. [En línea].
Calderón Vázquez, C. L., 2021. *CODESIN*. [En línea]
Available at: https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%2017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf

- Calderón Vázquez, C. L., 2021. *CODESIN*. [En línea]
Available at: https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%2017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf
- Ceballos, M., 2013. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. [En línea]
Available at: https://www.researchgate.net/publication/309105802_Evaluacion_quimica_de_la_fibra_en_semilla_pulpa_y_cascara_de_tres_variedades_de_aguacate
- Cemaluk, A., 2018. *Research gate*. [En línea]
Available at: https://www.researchgate.net/publication/331815660_Proximate_Functional_Antinutrient_and_Antimicrobial_Properties_of_Avocado_Pear_Persea_americana_Seeds
- COFEPRIS, 2016. *SEGOB*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/suplementos-alimenticios-62063>
- Cruz-Mendívil, A., 2021. *CODESIN*. [En línea]
Available at: https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%2017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf
- Enem, 2022. *La estructura de los frutos: Plantas angiospermas*. [En línea]
Available at: <https://blogdoenem.com.br/estrutura-frutos-biologia-enem/>
- Figueroa, J., 2017. Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass Q-TOF. *ELSEVIER*.
- Galaviz, I., 2022. *Avocateria sunrise*.
- Gallego Beltrán, J. F., 2012. *ICA*. [En línea]
Available at: https://www.academia.edu/38059120/AGUACATE_HASS
- García, R. y. G., 1999. *ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DE AGUACATE Y CUANTIFICACIÓN DE LA GRASA EXTRAÍDA POR DIFERENTES TÉCNICAS*. [En línea].
- González de Mejía, E., 2003. El efecto quimio protector del té y sus compuestos. *SciELO*.
- INIFAP, 2022. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/investigacion-en-aguacate-para-mejorar-la-cadena-productiva-inifap>
- Macías, A., 2011. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*. [En línea].

Mejía-Barajas, J. A., 2020. Aplicaciones biotecnológicas de la semilla de aguacate. *Mexican Journal of Biotechnology*, pp. 5(3):33-70.

Mejías-Brizuela, N., Orozco-Guillen, E. & Galáan-Hernández, N., 2016. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, noviembre.

NMX-F-083, 1986. [En línea]
Available at: <https://studylib.es/doc/5465578/nmx-f-083-1986.-alimentos.-determinaci%C3%B3n-de-humedad-en>

NOM-F-68-S, 1980. *Diario Oficial de la Federación*. [En línea]
Available at:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0

Ortega, M., 2003. [En línea].
Peraza Magallanes, A. Y., 2021. CODESIN. [En línea]
Available at: https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%202017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf

Punia Bangar, S. y otros, 2022. *ELSEVIER*. [En línea]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157522003054>

Rodríguez Otálora, L. N. & Parra, L. S., 2021. *DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN A NIVEL INDUSTRIAL DE GALLETAS*, s.l.: s.n.

Rubí-Arriaga, M. & Franco-Malvaíz, A., 2013. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. [En línea].

SAGARPA, 2017. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>

Sánchez-Quezada, V. & Loarca-Piña, G., 2022. Caracterización química, fisicoquímica y nutracéutica de la semilla del aguacate (Persea americana Mill) para el uso en la industria.

Secretaría de Salud, 2023. *SEGOB*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/informacion-epidemiologica>

SENASICA, 2016. *Gobierno de México*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/aguacate-el-oro-verde-mexicano#:~:text=Las%20exportaciones%20impactan%20positivamente%20en>

[%20la%20econom%C3%ADa%20de,Hong%20Kong%2C%20Reino%20Unido%2C%20Alemania%2C%20Singapur%20y%20B%C3%A9lgica.](#)

SENASICA, 2017. *Gobierno de México*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/mexico-primer-productor-mundial-de-aguacate?idiom=es>

Setyawan, H., 2021. *Researchgate*. [En línea]
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/351335572_Phytochemicals_properties_of_avocado_seed_A_review#:~:text=Persea%20americana%20Mill.%20seed%20or%20avocado%20seed%20contains,acid%2C%20coumaric%20acid%2C%20ferulic%20acid%2C%20and%20triterpenoid%20glycos

Setyawan, H., Sukardy, S. & Puriwangi, C., 2021. Phytochemical Properties of Avocado Seed: A Review. *Conferencia Internacional sobre Agroindustria Verde y Bioeconomía IOP. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*, abril.

SIAP, 2020. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. [En línea]
Available at:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/539271/Avance_produccion_de_Aguacate_Enero_2020.pdf

SIAP, 2021. *Aguacate mexicano otro protagonista del super bowl*, s.l.: s.n.

Sifre, M. D. y otros, 2019. *Biblioteca virtual senior.es*. [En línea]
Available at: <https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf>

SNICS, 2017. *Gobierno de México*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/aguacate-persea-spp>

SNICS, 2017. *SEGOB*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/385096/P-Aguacate-high.pdf>

Tassew , B., Zinabwa, T. & Eyasu, A., 2019. A review about avocado seed: functionality, composition, antioxidant and antimicrobial properties. *Chemical Science International Journal*, Julio.

Valenzuela Leal, B., 2021. *CODESIN*. [En línea]
Available at: https://codesin.mx/file/4/128_Manual%20del%20Aguacate%20-%202017%2011%202021%20.pdf_1637099646.pdf

13. Anexos

ANEXO A. PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA



Figura 3. Rallado de Materia Prima



Figura 4. Separación de semilla y cascarilla



Figura 5. Secado de ralladura de hueso de aguacate



Figura 6. Secado de cáscaras de aguacate

ANEXO B. PREPARACIÓN DE HARINA



Figura 7. Molienda



Figura 8. Harinas separadas



Figura 9. Integración de harina

ANEXO C. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZAS



Figura 10. Pesado de crisol



Figura 11. Muestras para determinación de humedad en desecador



Figura 12. Calcinación a flama directa con mechero Bunsen hasta punto rojo



Figura 13. Cenizas

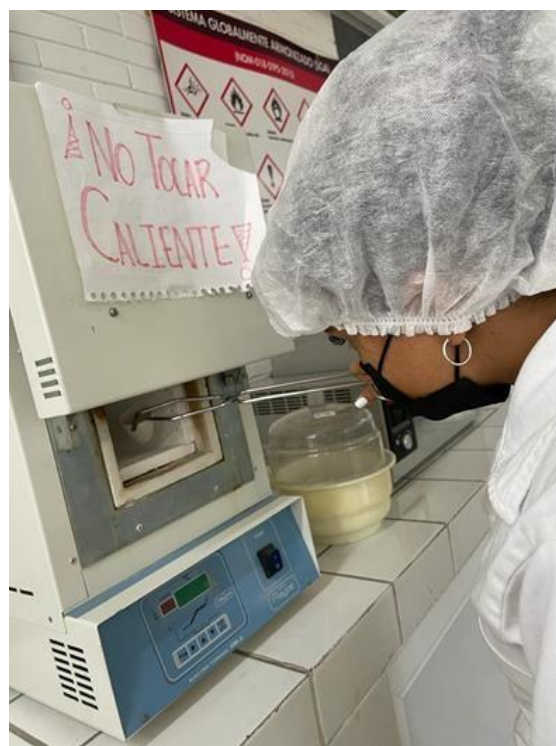


Figura 14. Incineración en mufla

ANEXO D. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR MÉTODO KJELDAHL



Figura 15. Pesado de muestra



Figura 16. Muestra en matraz Kjeldahl



Figura 17. Adición de ácido sulfúrico en campana de extracción



Figura 18. Puesta en marcha del digestor Kjeldahl

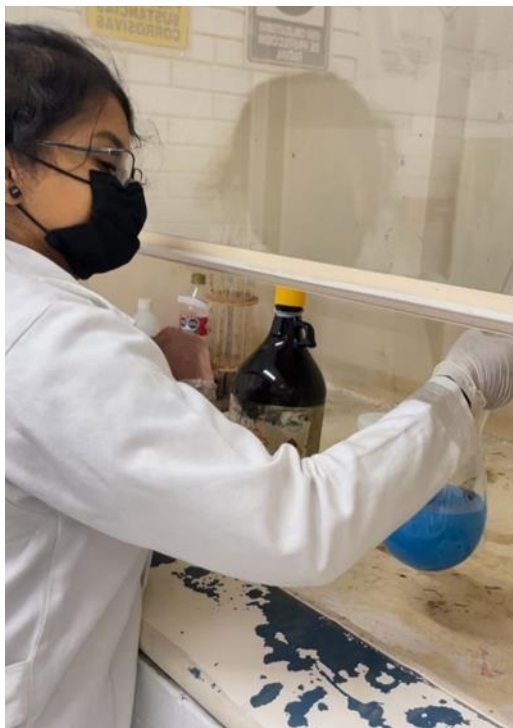


Figura 19. Cambio de color por adición de granallas de zinc



Figura 20. Puesta en marcha del destilador



Figura 21. Titulación del destilado hasta vire



Figura 22. Blanco y muestra 1,2,3 al final de la titulación

ANEXO E. DETERMINACIÓN DE GRASAS

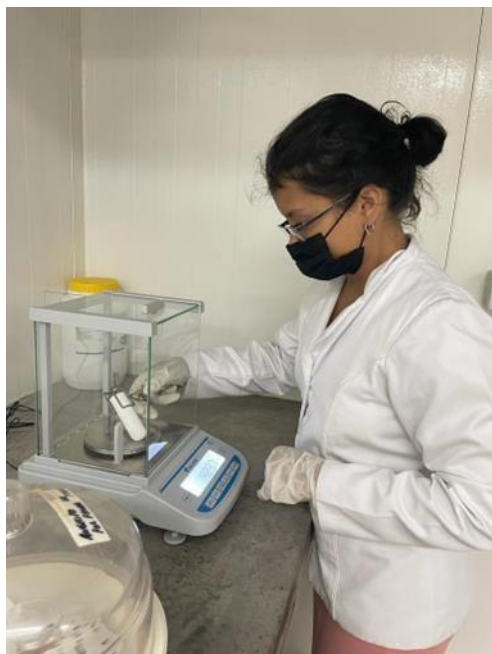


Figura 23. Pesado de cartucho para adición de muestra



Figura 24. Adición de cartucho con muestra al Soxhlet



Figura 25. Puesta en marcha del equipo Soxhlet



Figura 26. Secado de matraces con grasa

ANEXO F. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

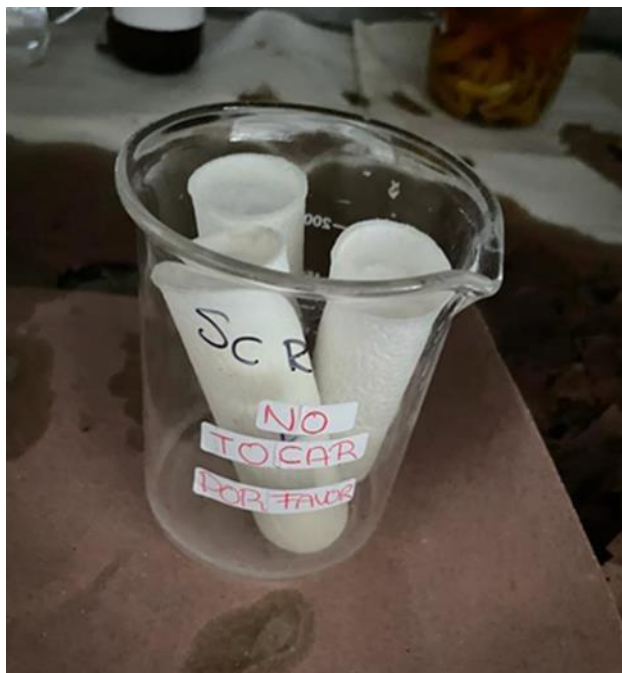


Figura 27. Se dejaron las muestras para determinación de fibra

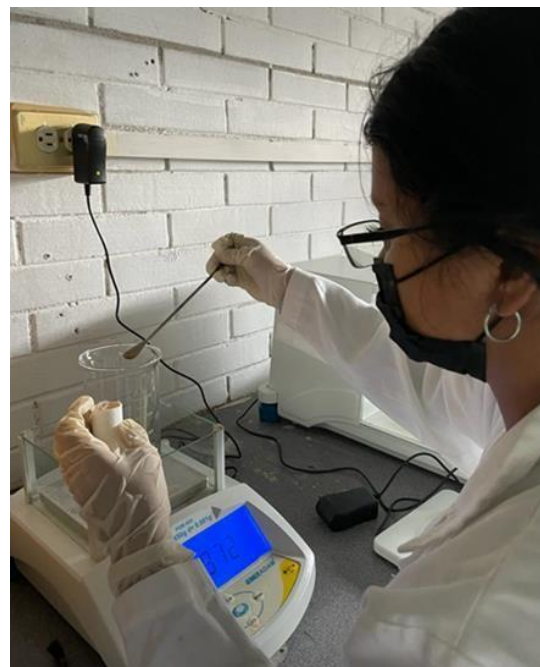


Figura 28. Pesado y adición de muestra en vaso Berzelius para determinación de Fibra



Figura 29. Adición de ácido sulfúrico



Figura 30. Puesta en marcha de digestor: digestión ácida



Figura 31. Filtrado y lavado con agua



Figura 32. Digestión alcalina



Figura 33. Filtrado y lavado con agua



Figura 34. Lavado con ácido, agua y alcohol etílico



Figura 35. Adición de muestra lavada en crisoles



Figura 36. Secado en estufa



Figura 37. Incineración en mufla