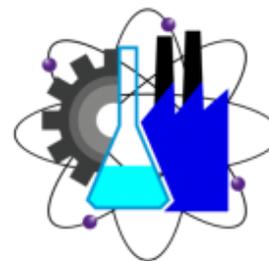




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE
AGUACATE (*Persea americana Mill*) FRESCO VS. DESHIDRATADO
CULTIVADO EN EL ESTADO DE MORELOS”.**

**TESIS PARA OBTENER:
LIC. QUÍMICO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
EVELYN ROJAS GUADARRAMA**

**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. VALERI DOMÍNGUEZ VILLEGAS**

CUERNAVACA, MORELOS 2024.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Valeri Dominguez Villegas, por permitirme participar en unos de sus proyectos y guiarme durante este proceso y compartir sus conocimientos, quien ha formado parte importante durante mis años de formación escolar, profesional y personal. Por la paciencia en la enseñanza y los consejos dados durante todos estos años.

A la facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería por los años de formación recibidos por los docentes.

A la Dra. María Luisa Garduño Ramírez del Centro de investigaciones Químicas del Instituto de Investigación de Ciencias Básicas y Aplicadas, UAEM por permitirnos trabajar en su laboratorio 325.

Al Ingeniero Salomón Paul Arizmendi Muñoz responsable de la aguacatera de Huitzilac quien nos proporcionó la materia prima para dicho estudio.

Al jurado revisor que participa, por los consejos y tiempo que han prestado a la revisión para el término de la presente tesis:

Dra. María Luisa del Carmen Garduño Ramírez

Dra. Valeri Domínguez Villegas

Dra. Jesús del Carmen Peralta Abarca

Mtra. María del Carmen Pérez Redondo

Q.I Mayra Sánchez Alanís

A Dios, por darme la paciencia, la salud y el entendimiento durante estos años de mi vida.

A mi familia por estar presente durante todos estos años de formación académica y personal que me han ayudado en la vida estudiantil y diaria. A mi madre Reyna, por los ánimos siempre dados, por el tiempo que me brindaste y los abrazos necesarios en los momentos más oportunos, a mi padre Ignacio, por la sabiduría otorgada y los consejos compartidos para la formación profesional, a mis hermanos Denise y Didier por estar presentes y brindar su apoyo y compañía durante los momentos difíciles, pero principalmente les agradezco el amor y paciencia dados. Agradezco su compañía, amor y

paciencia durante todo este trayecto de vida y por estar presentes en todos los momentos de mi vida.

Para Antonio quien me ha brindado su apoyo y cariño, así como me ha brindado momentos especiales.

A mis padrinos, Lourdes y Jesús, por acompañarme en este trayecto y estar presentes en los momentos más sobresalientes de mi vida.

Para L.F. Aldo García Vázquez, quien ha compartido conmigo sus conocimientos, me ha ayudado a crecer de manera profesional y personal, por brindarme su apoyo y amistad.

Para I.I Nerey Adaya que me ha brindado su apoyo y amistad, compartiendo momentos gratos y enseñanzas de vida.

A mis compañeros de laboratorio Andrea, Kitzia y Diego, por la ayuda presentada durante este proceso y la retroalimentación durante el laboratorio y por las risas compartidas.

A todas mis mascotas, quienes siempre me esperan con ansias en mi regreso a casa.

.

INDICE

	Página
Figuras.....	2
Tablas.....	6
Graficas.....	6
Lista de Abreviaturas.....	6
1.Resumen.....	7
2.Introducción.....	8
2.1 Antecedentes y generalidades.....	10
2.2 Taxonomía.....	10
2.3 Propiedades.....	15
2.4 Generalidades del árbol.....	16
2.5 Enfermedades del árbol.....	19
2.6 Maduración del fruto.....	22
2.7 Consumo y conservación.....	25
2.8 Secado por microondas.....	27
2.9 Producción.....	28
2.10 Exportación.....	29
2.11 Conservadores alimenticios.....	29
2.12 Contaminación de los alimentos.....	32
2.13 Aspergillus Fumigatus.....	33
2.14 Análisis de alimentos y normas aplicables.....	34

2.15 Materia seca.....	36
2.16 Radical libre (DPPH).....	37
3. Justificación.....	38
4. Objetivos.....	40
5. Metodologías.....	41
5.1 Colecta del fruto.....	41
5.2 Deshidratación.....	41
5.3 Medición del tamaño de la muestra.....	43
5.4 Molienda de la muestra.....	44
5.5 Evaluación de antioxidantes (radical libre).....	44
5.6 Preparación de las muestras y soluciones.....	45
6. Resultados.....	46
6.1 Resultados preliminares de la deshidratación.....	46
6.2 Resultados de la deshidratación.....	53
6.3 Medición.....	55
6.4 Materia seca.....	58
6.5 Molienda.....	60
6.6 Evaluación antioxidante.....	61
6.7 Lecturas de absorbancia (A).....	62
6.8 Aspergillus Fumigatus.....	63
7. Conclusiones.....	64
8. Perspectiva.....	65
9. Bibliografía.....	66

FIGURAS

Figura 1. Estructura del ácido linoleico (Tomada de Endocrinología de la reproducción: fisiología fisiopatología y manejo clínico, 1999).

Figura 2. Estructura del ácido linolénico (Tomada de Endocrinología de la reproducción: fisiología fisiopatología y manejo clínico, 1999).

Figura 3. Estructura de la vitamina E (Tomada de Vitaminas y minerales, 2000).

Figura 4. Estructura de la vitamina C (Tomada de Tratado de nutrición: tomo 1, 2010).

Figura 5. Estructura de la vitamina A (Tomada de Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico, 2011).

Figura 6. Estructura del ácido fólico (Tomada de Bioquímica de los procesos metabólicos, 2007).

Figura 7. Aguacate fuerte (Tomada de Ingenierías de alimentos, tesis, 2013).

Figura 8. Aguacate nabal (Tomada de Ingenierías de alimentos, tesis, 2013).

Figura 9. Aguacate bacon (Tomada de Ingenierías de alimentos, tesis, 2013).

Figura 10. Aguacate Hass (Tomada de Ingenierías de alimentos, tesis, 2013).

Figura 11. Estados de la fase vegetativa (Tomada de El cultivo del aguacate, libro, 2001).

Figura 12. Estados de la fase de floración (Tomada de El cultivo del aguacate, libro, 2001).

Figura 13. Estados del fructificación (Tomada de El cultivo del aguacate, libro, 2001).

Figura 14. Fotografía del daño por *Colletotrichum* ssp (Colección propia).

Figura 15. Fotografía de daño por trips (Colección propia).

Figura 16. Fotografía de daño por araña roja (Colección propia).

Figura 17. Fotografía de las etapas de maduración (Colección propia).

Figura 18. Estructura del Etileno (Tomada de Fisiología vegetal. Tema XII, Etileno).

Figura 19. Biosíntesis del etileno y maduración en frutos climatéricos.

Figura 20. Escala de maduración, según el color de piel (Tomada de Indicadores preliminares de madurez y fisiología y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez: vol.40, núm. 1, 2017).

Figura 21. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante (Alam et al. 2012).

Figura 22. Estructura del Benzoato de sodio (Tomada de Química Orgánica, 2006).

Figura 23. Estructura del ácido cítrico (Tomada de Química orgánica, 1988).

Figura 24. Estructura del ácido ascórbico (Tomada de Caracterización físico químico y sensorial de nabiza y grelo).

Figura 25. Estructura del bicarbonato de sodio (Tomada de Hoja de seguridad, Universidad Nacional Autónoma de México, 2020-2021).

Figura 26. Estructura del ácido acético (Tomada de Química experimentos y teorías, Paul R. O'Connor, 1977).

Figura 27. Estructura de la vitamina C (Tomada de Vitaminas, aspectos prácticos en medicina, Alfredo Entrala Bueno, 1995).

Figura 28. Estructura del cloruro de sodio (Tomada de Estructura y características de NaCl Lewis: 19 datos completos, Shruti Ramteke, 2023).

Figura 29. Deshidratador de aire caliente, marca Wenston modelo 750201-w (colección propia).

Figura 30. Vernier digital, marca MRK-054-RORK. (Tomada de El gran Tlapalero, 2023).

Figura 31. Mortero con pistilo de porcelana. (Tomada de Formulación magistral, 2014).

Figura 32. Espectrofotómetro de luz visible/UV marca Genesys 20 (Colección propia).

Figura 33. Muestras de aguacate en desecador de aire caliente, sin conservadores (Colección propia).

Figura 34. Muestras de aguacate con aceite comestible y papel cera (Colección propia).

Figura 35. Muestras de corte delgado, deshidratadas en estufa y sin conservadores (Colección propia).

Figura 36. Muestras de benzoato de sodio al 1% (Colección propia).

Figura 37. Muestras con ácido cítrico al 1% (Colección propia).

Figura 38. Muestras con ácido ascórbico al 0.5% (Colección propia).

Figura 39. Muestras con bicarbonato de sodio al 1% (Colección propia).

Figura 40. Muestras con vinagre al 1% (Colección propia).

Figura 41. Muestras con jugo de limón. (Colección propia).

Figura 42. Muestras con cloruro de sodio al 0.5% (Colección propia).

Figura 43. Muestras después de una noche con benzoato de sodio al 1% (Colección propia).

Figura 44. Muestras después de una noche con ácido cítrico al 1% (Colección propia).

Figura 45. Muestras después de una noche con ácido ascórbico al 0.5% (Colección propia).

Figura 46. Muestras después de una noche con bicarbonato de sodio al 1% (Colección propia).

Figura 47. Muestras después de una noche, con vinagre al 1% (Colección propia).

Figura 48. Muestras después de una noche con jugo de limón (Colección propia).

Figura 49. Muestras después de una noche con cloruro de sodio 0.5% (Colección propia).

Figura 50. Muestra de aguacate representativa del método de aire caliente (colección propia).

Figura 51. Muestra deshidratada por microondas en etapa verde de maduración (Colección propia).

Figura 52. Muestra deshidratada por microondas en etapa madura (Colección propia).

Figura 53. Muestra deshidratada por microondas en etapa madura apta para consumo (Colección propia).

Figura 54. Muestra deshidratada molida en mortero (Colección propia).

Figura 55. Muestra triturada con el mortero y guardada para su análisis posterior (Colección propia).

Figura 56. Muestra con el radical libre DPPH (Colección propia).

Figura 57. Muestra con el radical libre desactivado DPPH (Colección propia).

Figura 58. Muestra expuesta al aire libre (Colección propia)

Figura 59. Muestras de la bolsa de papel y el aguacate en resguardo (Colección propia).

TABLAS

Tabla 1. Composición química en 100 gramos de aguacate de la raza mexicana (García.M.E. El aguacate (*Persea Americana Miller*). Beneficios y usos.

Tabla 2. Clasificación por calibres (Norma del CODEX para el aguacate, CODEX STAN 197-1995).

Tabla 3. Conservadores utilizados y estructura química (propia).

Tabla 4. Medidas tomadas del aguacate 1 con el vernier (Colección propia).

Tabla 5. Medidas tomadas del aguacate 2 con el vernier (Colección propia).

Tabla 6. Medidas tomadas del aguacate 3 con el vernier (Colección propia).

Tabla 7. Medidas tomadas del aguacate 4 con el vernier (Colección propia).

Tabla 8. Datos para determinar la materia seca (Colección propia).

Tabla 9. Lecturas sobre la absorbancia del blanco (Colección propia).

Tabla 10. Absorbancia de la actividad antioxidante del aguacate (Colección propia).

GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de materia seca.

LISTA DE ABREVIATURAS.

DPPH: α , α -difeníl- β -picrilhidrazilo.

NOM: Normas Oficiales Mexicanas.

CODEX: Código alimentario.

1.RESUMEN

Esta investigación se realizó con el fin de comparar las propiedades del aguacate en su forma fresca y deshidratada. Los aguacates utilizados para realizar los análisis fueron de la huerta “La ceiba”, la cual está ubicada en la localidad “La Huerta de San Pedro” en el municipio de Huitzilac, en el Estado de Morelos.

Se realizaron los procedimientos de deshidratación y lectura de antioxidante por espectrofotometría. En el caso de la deshidratación se utilizaron dos métodos, el método de aire caliente para el cual se utilizaron conservadores para obtener mejores resultados y el método de deshidratación por microondas, eligiendo como método final el segundo, ya que con este método se conservaron mejor las características del fruto, tomando en cuenta las variables como el tiempo de deshidratación y la madurez del aguacate.

Para el análisis de antioxidante se utilizó como referencia el α , α -difeníl- β -picrilhidrazilo (DPPH), el cual fue leído en un espectrofotómetro Genesys, presentando un cambio de coloración de morado intenso a amarillo, el cual indica la presencia del antioxidante.

Durante el tiempo de análisis se observó el tiempo de vida que las muestras tenían, esto de manera expuesta al medio ambiente, los cambios de clima y humedad, así también de manera cerrada, con ayuda de una bolsa de papel para evitar el contacto al medio ambiente y los microorganismos presentes. De este estudio se obtuvo que las muestras expuestas al medio ambiente presentaron el crecimiento de un moho después de 6 meses, para las muestras en la bolsa de papel no se notó crecimiento de moho o algún microorganismo presente. El propósito de realizar esta investigación fue comparar la actividad antioxidante de este fruto en su estado fresco y seco, se eligió este fruto por el impacto económico y el alto consumo que se tiene dentro de la República Mexicana.

2. INTRODUCCIÓN

Se define como nutraceutico a los alimentos o componentes naturales, que aportan uno o más beneficios para la salud de las personas, también son utilizados en la prevención o tratamiento de enfermos afectados por definidos malestares (Birujete et al., 2009).

En el año 1989, el Dr. Estephen deFelice dio a conocer el término nutraceutico, definiéndolo como: “cualquier sustancia que puede ser considerada un alimento o parte y proporciona beneficios médicos o de salud, de manera que incluye la prevención o tratamiento de una enfermedad” (Leonard et al., 2006).

El consumo de los productos nutraceuticos tienen como beneficio fortalecer las condiciones saludables, gracias a esto son consumidos como auxiliares en el cuidado y en la conservación de la salud, así como en la prevención de enfermedades de las cuales destacan las crónico degenerativas, por ejemplo, cánceres hormono dependientes (glándulas mamarias, próstata, tiroides), diabetes, fibrosis quística, obesidad, artritis, entre otros y ayuda a mejorar las funciones fisiológicas del organismo, los alimentos nutraceuticos se dividen en tres grupos:

- a) Nutrientes: proteínas, azúcares, lípidos.
- b) Compuestos químicos: fibras, antioxidantes, carotenos, ácidos grasos.
- c) Probióticos: microorganismos que aportan una mejora en la flora intestinal (bacterias y levaduras)

A partir de la trascendencia de los nutraceuticos, se fijaron tres niveles de funcionalidad:

- a) Funcionalidad primaria: ayuda a mantener la movilidad corporal a corto y largo plazo.
- b) Funcionalidad secundaria: el sabor y el aroma son funcionales en tanto ofrecen satisfacción sensorial.
- c) Funcionalidad terciaria: el enriquecimiento y la modulación del sistema fisiológico son elementos funcionales para la conservación del cuerpo. (Leonard et al., 2006).

La idea de un alimento funcional se desarrolló en Japón en la década de 1980 como una alternativa para bajar el alto costo de los seguros de salud que incrementaban por la exigencia de proveer cobertura a una población cada vez mayor de edad, gracias a los

avances en cuidado médico y una buena nutrición. En Estados Unidos el Dr. Hebert Pierson, Director del Programa de Alimentos Diseñados del Instituto Nacional del Cáncer utilizó en 1989 el término alimentos diseñados para este tipo de alimentos.

Según la IFIC (Consejo Internacional de Información sobre Alimentos) son los cuales aparte de su papel básico nutritivo, desde el punto de vista material y energético, son competentes para dar un efecto positivo en la salud tanto en la conservación del estado de salud como en reducir el riesgo de desarrollar una enfermedad, dentro de los ejemplos se encuentran las frutas y verduras, cuyos flavonoides neutralizan los radicales libres oxidantes. Los alimentos funcionales suministran al organismo cantidades de vitaminas, hidratos de carbono, proteínas, grasas, y otros elementos indispensables, pero cuando un alimento funcional ayuda a la calidad y en la conservación de la vida y mejora de la salud o a la prevención de enfermedades, entonces se puede llamar nutracéutico.

Los alimentos funcionales se presentan en la dieta diaria, enriquecidos con nutrientes o sustancias que son beneficiosas para la salud. Los alimentos funcionales llevan a cabo una función de forma específica en organismo, han sido agregados o mejorados para cumplir las necesidades nutricionales, afectando de manera beneficiosa a una o varias funciones relevantes del organismo. El desarrollo de los alimentos funcionales forma una oportunidad notoria de contribuir a mejorar la calidad de la dieta y la selección de alimentos que pueden ayudar la salud y el bienestar de las personas. Dentro de los alimentos funcionales se distinguen:

- a) Probiótico: son aquellos productos que poseen microorganismos vivos que, al ser ingeridos en cantidades idóneas, ejercen un efecto positivo en la salud más allá de los efectos nutricionales.
- b) Prebiótico: son los productos que incluyen uno o más ingredientes no digeribles que aportan un beneficio al consumidor por estimular de manera selectiva el crecimiento o la actividad de microorganismos específicos de la microflora intestinal.
- c) Simbiótico: es la mezcla de prebiótico y probiótico (Leonard et al., 2006).

2.1 Antecedentes y generalidades.

El origen del aguacate de acuerdo a Williams (1977) tuvo lugar en las partes altas del centro y el este de México, al igual que su domesticación. (Barrientos et al., 2022).

El aguacate es una planta originaria de México, su nombre deriva del vocablo azteca “ahuacatl”. Es un árbol de alto crecimiento vegetativo, en su hábitat natural puede llegar a medir de 10 a 12 metros de altura, el fruto es de un contenido carnosos, de forma periforme, ovoide alargada en su interior contiene una semilla de color claro con una cubierta de color marrón, la pulpa es de color verdoso o amarilloso como la mantequilla, en el caso de aguacate Hass. El árbol del aguacate es de follaje denso y de hoja perenne, tiene una floración muy generosa, las cuales se presentan en racimos. La evidencia del consumo de este fruto data de los años 8,000-7,000 A.C. Después de la conquista los españoles se llevaron el aguacate en el año de 1600 y de ahí comenzó su distribución a nivel mundial. México posee 20 distintos tipos de aguacates, entre los cuales se encuentra la variedad *Persea americana Mill.*

Los aztecas creían que el “ahuacatl” era llamado “el árbol de los testículos” esto debido a la forma del fruto era de tipo afrodisíaco y lo vinculan con el dios de la fertilidad, por lo cual el fruto se consideró como un fruto sagrado. Es también por esto, que el fruto estaba prohibido en las festividades religiosas en las cuales se debía de guardar la castidad. Estas creencias fue compartida con los españoles a partir de las primeras conquistas (Villanueva et al., 2007).

2.2 Taxonomía.

El aguacate *Persea americana Mill.*, la cual pertenece al género *Persea*, los cuales se les conoce como los verdaderos aguacates y poseen un mayor tamaño que a los del subgénero.

El aguacate *Persea americana Mill.*, es una especie originaria de México y Centroamérica, no sólo se consume como alimento, también es utilizado como materia prima para la elaboración de aceites y en la industria cosmética. Este árbol puede alcanzar hasta los 20 metros de altura, sin embargo, cuando es utilizado para su comercialización no se deja

crecer más de 2 m de altura para facilitar su control fitosanitario, cosecha, poda y fertilización, su tiempo de crecimiento apto para dar los primeros frutos es 2 años y medio después de ser plantado el árbol. El árbol presenta un tronco grueso, las hojas son alargadas con varias ramificaciones, las cuales generan un follaje denso. El fruto es una drupa, en forma de pera, de color verde claro u oscuro, con cascara rugosa, la pulpa es amarillenta y con un hueso grande.

Su fruto es de alto contenido nutricional, principalmente en grasas, sin embargo, contiene otros elementos.

Grasas; se presenta en una cantidad aproximada de 14-15 gramos en 100 gramos de fruta, siendo este el nutriente más abundante en el fruto, el 70% de estas grasas son insaturadas (ácido linoleico y ácido linolénico), es decir grasas saludables y sólo un 15% del total son grasas saturadas y están libres de colesterol. Se plantea que estas grasas disminuyen en la medida que el fruto madura (García et al., 2008). La figura 1 es la estructura del ácido linoleico y la figura 2 la estructura del ácido linolénico, ambas grasas insaturadas presente en el fruto del aguacate.



Figura 1. Estructura del ácido linoleico, grasa insaturada presente del aguacate.



Figura 2. Estructura del ácido linolénico, grasa insaturada presente en el aguacate.

- Minerales; es fuente de potasio y magnesio, proporcionando una baja cantidad de sodio.
- Vitaminas: contiene una gran cantidad de vitamina E, el cual es un fuerte antioxidante que reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y degenerativas. Contiene vitamina C, el cual actúa contra radicales libres, neutralizándolos para que no resulten perjudiciales en el organismo, las vitaminas del complejo B, vitamina A y ácido fólico (García et al., 2008). En las siguientes figuras 3,4,5 y 6 se logran apreciar las estructuras de las vitaminas ya mencionadas

presentes en el fruto del aguacate y que otorgan grandes beneficios al ser consumido, especialmente contra los radicales libres.

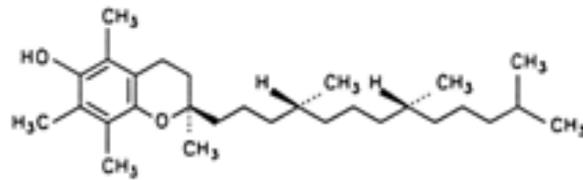


Figura 3. Estructura de la vitamina E, antioxidante presente en el fruto del aguacate.

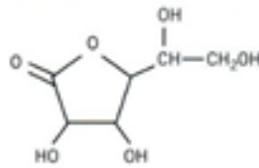


Figura 4. Estructura de la vitamina C, presente en las vitaminas del aguacate.

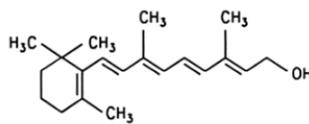


Figura 5. Estructura de la vitamina A, presente en las vitaminas del aguacate.

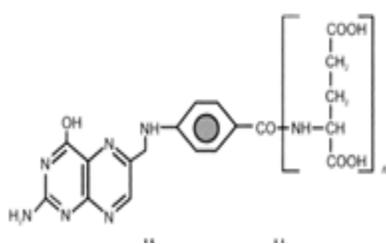


Figura 6. Estructura del ácido fólico, presente en las vitaminas del aguacate.

- Fibra: contiene una gran cantidad de fibra soluble, la cual ayuda a mejorar el tránsito intestinal y reduce la absorción de colesterol y azúcar en el organismo.
- Hidratos de carbono: contiene una cantidad considerable, pero presenta una cantidad baja de proteínas (García et al., 2008).

En la siguiente tabla (1) se observan los nutrientes correspondientes a 100 gr de aguacate Persea Americana Mill, en grasas, vitaminas, fibra, entre otros.

Tabla 1. Composición química en 100 gramos de aguacate de la raza mexicana.

Nutriente	Aguacate Mexicano
Calorías	167 g
Grasa total	15 g
Grasa monoinsaturada	10 g
Carbohidratos	9 g
Proteínas	2 g
Fibra alimenticia	7 g
Vitamina E	2 mg
Vitamina C	9 mg
Vitamina A	7 μ g
Folatos	62 μ g
Potasio	507 g
Magnesio	29 mg
Hierro	0.6 mg
Calcio	13 mg
Sodio	8 mg

Existen distintas variables de aguacate, las cuales son:

- Aguacate fuerte: posee un sabor agradable para el consumidor, de tamaño grande, pesa entre 141 y 400 gr, tiene forma de pera, semillas de tamaño mediana, su piel es suave lo cual hace que se pueda pelar de manera fácil y su pulpa posee un color verde pálido. Cuando el fruto está maduro permanece de color verde, esta variedad se da entre los meses de diciembre a abril. Surgió de los injertos hechos en California a partir del aguacate de Atlixco con el fin de obtener un producto más resistente a las heladas (Loaiza et al., 2013). En la figura 7 se observa al aguacate fuerte con las características mencionadas.



Figura 7. Aguacate fuerte.

- Aguacate nabal: de una forma casi redonda, de tamaño mediano a grande, de cascara gruesa, lisa y granular, posee una pulpa de alta calidad de color verde y amarillo. Esta variedad se encuentra en los meses de verano (Loaiza et al., 2013). En la figura 8 se observa al aguacate nabal, se puede apreciar su forma más esférica y su tamaño inferior al aguacate Hass.



Figura 8. Aguacate nabal.

- Aguacate bacon: tiene forma ovalada, semillas grandes y fácil de pelar, el color de la cáscara es verde, posee un tamaño medio, llega a pesar de 170 a 340 gr. La pulpa es de color amarillo verdoso, al llegar a su estado de maduración la cascara puede obscurecerse un poco. (Loaiza et al., 2013). En la figura 9 se observa al aguacate bacon, se observa que posee un cascara fina y lisa.



Figura 9. Aguacate bacon.

- Aguacate hass: tiene un gran sabor, posee un tamaño medio o grande, llega a pesar de 180 a 360 gr, de forma ovalada, la semilla es de tamaño pequeño, la cáscara cuando ya está maduro es de color café y rugosa, la pulpa es de color verde pálido. Esta variedad se encuentra en todo el año (Loaiza et al., 2013). En la figura 10 se observa al aguacate Persea Americana Mill, mejor conocida como Hass, con sus características.



Figura 10. Aguacate hass.

2.3 Propiedades

Como anteriormente se muestra en la tabla 1, el aguacate contiene grasas como el ácido linoleico y linolénico, es por esto que ayuda a contrarrestar los efectos perniciosos de las grasas saturadas contenidas en aceites animales, además de que los aztecas lo consideraban un fruto afrodisíaco al igual que curativo. Científicamente se han comprobado sus propiedades medicinales debido a su contenido de resinas, grasas vegetales y carbohidratos (Villanueva et al.,2007). Su contenido nutricional en proteínas se asemeja al contenido de la carne de res, sin embargo, el aguacate no contiene altas cantidades de toxinas. Como se ha mencionado anteriormente el aguacate posee grasas beneficiosas, sin embargo, también contiene un alto contenido en vitamina D, la cual es necesaria para regular la absorción de calcio y fósforo que impide la fragilidad de los huesos y dientes. También, posee un contenido alto en vitamina E, el cual es un potente antioxidante, el cual ayuda a la buena función del corazón.

Al ingerir 250 gr diarios de aguacate, durante 4 semanas se reduce el nivel de colesterol en un 14% y de LDL (lipoproteínas de baja densidad) un 16% con un aumento de HDL (lipoproteínas de alta densidad) al 19%, disminuyendo el riesgo cardiovascular en un 29%. (Díaz et al., 2004)

Sin embargo, no solo la pulpa contiene propiedades medicinales, las hojas y el hueso también son utilizados de manera herbal. Aunque su producción es utilizada principalmente para el consumo, al paso de los años se ha ido expandiendo el uso del aguacate hasta llegar a ser utilizado de manera cosmética, ya que gracias a su alto contenido de grasas vegetales ayuda a humectar la piel, al igual que los huesos del mismo fruto han sido utilizados para realizar mascarillas de crecimiento de las pestañas o cabello. Dando así una gran variedad de uso del fruto (Villanueva et al., 2007).

2.4 Generalidades del árbol

El aguacate forma parte de la familia Lauraceae y pertenece al género Persea. El árbol es frondoso y de hoja perenne, como un aproximado el árbol de aguacate puede medir hasta los 20 metros, sin embargo, cuando es cultivado no se deja crecer más de 1.5 a 2 metros para favorecer las prácticas de control fitosanitario, cosecha, poda y fertilización foliar. Esta especie vegetal tiene un tronco grueso y con hojas de forma alargada, con muchas

ramificaciones que generan un follaje abundante. Se considera un cultivo perenne debido a que se cultiva todo el año. El fruto es una fruta, en forma de pera, de color verde claro a verde oscuro con una pulpa amarillenta y un hueso central grande (Garcia et al., 2008).

Sus flores crecen en racimos, sin embargo, cada flor florece en dos momentos distintos y separados, es decir, los órganos femeninos y masculinos funcionan en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación.

Primero florece como femeninos, cierran por un tiempo fijo y luego florecen como masculinas en una segunda apertura. Cada árbol puede llegar a reproducir más de 1 000 000 de las cuales solo prosperaran el 0.001%, de los cuales solo quedaran 100 o 250 frutos por árbol.

Es perceptible al clima frío y a la humedad ambiental, por lo que se sugiere su cultivo en regiones libres de heladas y de vientos calurosos y secos. La temperatura y la lluvia son los dos factores de mayor importancia en el desarrollo del cultivo. Se recomienda su cultivo a altitudes entre 800 y 2,500 m en suelos arcillosos o franco arcillosos (Aguacate Mexicano, SAGARPA, primera edición 2017).

El ciclo de vida o supervivencia del aguacate es largo, llegando a los 25 años en las variedades criollas y de 15 a 18 años en las mejoradas. Se distinguen cuatro etapas:

- 1) Desarrollo de vivero (7 a 10 meses).
- 2) Desarrollo del árbol joven (1 a 4 años).
- 3) Desarrollo de la producción (4 a 8 años).
- 4) Adulto en plena producción (8 a 25 años).

A lo largo del proceso de crecimiento y desarrollo anual del aguacate, se tienen las siguientes fases:

- a) Fase vegetativa: corresponde al tiempo de formación y desarrollo de yemas vegetativas que producen un nuevo desarrollo en las ramas del árbol, esta fase dura de 8 a 10 meses, con un periodo de reposo de 2 a 4 meses. Los estados de la fase vegetativa son:

Estado A: la rama ya desarrollada en el ciclo anterior posee una yema terminal, delgada, alargada con yemas axilares.

Estado B: la yema terminal se expande y las escamas que la cubren se empiezan a separar.

Estado C: las escamas se abren y aparecen en el extremo del brote un número determinado (4 o 5) de nuevas hojas.

Estado D: el brote juvenil tiene un estado avanzado, pero sus hojas aun no son funcionales y se tornan de un color que va de un rojo intenso a un rosado.

Estado E: las hojas del nuevo brote comienzan a ser distintos, llegando hasta completar su función, adquiriendo el verde característico. (Amortegui et al., 2001).

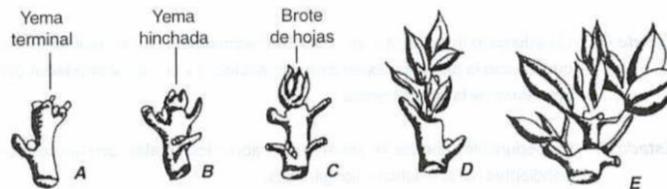


Figura 11. Estados de la fase vegetativa.

- b) Fase floración: se lleva a cabo en las ramas con un año de edad, pero también se presentan en los brotes del mismo año. La floración es de manera típica lateral, es decir, que la yema terminal o apical de la rama se desarrolla en forma vegetativa, mientras que en las yemas axilares surgen las inflorescencias. En esta fase se presentan cinco estados fenológicos:

Estado A: la yema apical se torna amarilla, rodeada de yemas axilares de color verde claro, que son las futuras yemas florales, la diferencia se genera por la concentración de carbohidratos, producto de la fotosíntesis.

Estado B: el ápice terminal obstaculiza de manera parcial su desarrollo, mientras que las yemas axilares tienden a distinguirse, formando los botones florales, la diferencia se produce por la concentración de carbohidratos, producto de la fotosíntesis.

Estado C: los pedúnculos florales se alargan, el ápice puede permanecer latente o desarrollarse como los demás órganos laterales.

Estado D: el pedúnculo floral llega a su límite de crecimiento, los racimos de flores que forman la panícula, están bien diferenciados y ubicados alrededor del eje central de la inflorescencia.

Estado E: los pedúnculos florales se dividen y se abren los pétalos, con las correspondientes características dicogamicas. (Amortegui et al., 2001).

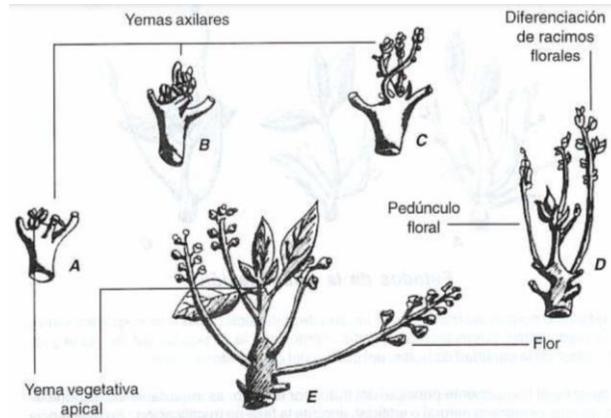


Figura 12. Estados de la fase de floración.

c) Fase de fructificación: se presenta en el término de la fase de floración, una vez que termina esta fase se inicia el proceso de la multiplicación celular para formar el fruto, el desarrollo termina con la madurez del mismo. El tiempo de esta fase es variable, dependiendo de los factores genéticos de la variedad y del medio ambiente en donde se desarrolla el cultivo, presentando los siguientes estados fenológicos:

Estado A: la flor pierde su forma natural, los pétalos secos cubren el ovario. Este ya puede tener un milímetro de espesor y lleva el estilo visible.

Estado B: se observa la duración de la inflorescencia y los pedúnculos florales. Ocurre la caída fisiológica de los frutos, la cual es normal si oscila entre el 75 y 95% del número total de flores de acuerdo de la variedad y de las condiciones ambientales de la producción. La relación entre el número de flores y los frutos que alcanzan un real desarrollo es baja, estimándose que de 10 mil flores solo un fruto llega a la madurez para su comercialización.

Estado C: el pedúnculo floral se ha alargado de manera significativa y el fruto se ha singularizado, siendo observable de manera fácil. (Amortegui et al., 2001).

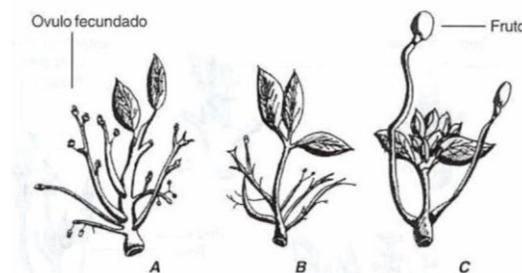


Figura 13. Estados de la fructificación.

- d) Fase de maduración del fruto: el tiempo de la floración a la maduración del fruto es distinto en cada variedad y clima, este periodo oscila de entre 5 y 8 meses. De acuerdo a los conceptos mostrados los distintos estados fenológicos de la madurez son:
- Madurez fisiológica: corresponde al momento en que la semilla es apta para su germinación.
 - Madurez comercial: se marca entre el punto donde el fruto ha llegado al tamaño correspondiente de la variedad y el de mayor intensidad respiratoria, medida en términos de la cantidad de dióxido de carbono que desprende del fruto, continuando su maduración fuera del árbol.
 - Madurez de consumo: coincide con el punto de mayor intensidad respiratoria del fruto en donde se presentan las mejores características organolépticas (Amortegui et al., 2001).

2.5 Enfermedades del árbol y fruto del aguacate

Es una planta de clima semi cálido, el fruto tarda un alrededor de 9 meses en estar listo, desde que está listo hasta su cosecha para su comercialización y posteriormente su consumo, debido al tiempo de madurez se pueden obtener 3 cosechas al año aproximadamente, durante este proceso se utiliza etileno y fitohormonas para la acelerar la maduración y obtener una mayor cantidad de frutos.

Durante el crecimiento del árbol y el fruto se pueden presentar distintas anomalías, las cuales pueden desde dañar al fruto y su calidad, hasta la pérdida del árbol, algunas presentes en la huerta son las siguientes:

- La infección que se presenta de manera común por hongos (pertenecientes al reino fungi), es la antracnosis, la cual afecta de manera visible al fruto del aguacate, presentando una especie de granitos en la cáscara, esta es provocada debido al granizo, el cual daña al momento de golpear la cáscara y dando así el paso al hongo para su crecimiento, de esta manera los frutos que no están contaminados al estar cerca pueden resultar dañados de igual manera. Como ya se ha mencionado esta enfermedad es causada por un hongo de nombre *Colletotrichum* spp. Esta

enfermedad ocasiona la pérdida o la disminución del precio comercial. Las lesiones presentes pueden ser de colores oscuras, naranjas o rosadas, para tratar esto se utilizan moléculas químicas y biológicas, los más utilizados son a base de cobre, por ejemplo, el oxiclورو de cobre e hidróxido de cobre, los cuales se aplican en un intervalo de 28 días desde su detección hasta la cosecha del fruto (Trinidad et al., 2017). En la siguiente imagen se observa un aguacate afectado debido a los hongos, la granulación comentada previamente en la cascara.



Figura 14. Se muestra una fotografía del daño por *Colletotrichum ssp* (hongo). Tomada de la Huerta La Ceiba, Huitzilac, Mor. (Colección propia)

- Daño por trips, este daño es ocasionado por insectos, los cuales afectan al fruto provocando daños en la cáscara, ocasionando lesiones en forma de líneas, esto no afecta al sabor del fruto, sin embargo, por dichas lesiones baja el precio de este. No solo se daña el fruto, las hojas también se ven afectadas, presentando lesiones cafés o áreas pálidas sobre las hojas (Castañeda et al., 2003). Para el control de trips está autorizado por la Dirección General de Sanidad Vegetal el uso de aceite parafínico de petróleo al 80% y el paratión metílico C.E al 47% a una dosis de 20mL L⁻¹ de agua y 1-1.5 mL L⁻¹ (SAGARPA 1999). En la siguiente imagen se observa el daño causado por trips, se observa la lesión en forma de línea característica de este daño.



Figura 15. Fotografía que muestra el daño por trips, tomada en la Huerta La Ceiba, Huitzilac, Mor.
(Colección propia).

- Daño ocasionado por araña roja, esta es un acaro que posee 8 pares de patas, es de las plagas más comunes en las plantaciones de aguacates, afecta las hojas y los frutos provocando manchas de color ámbar, durante su proceso de alimentación inyectan toxinas a la planta, este tipo de plaga es más común durante los meses de noviembre y diciembre, cuando se descuidan las huertas la plaga puede atacar retoños y flores (Coria et al., 2010). En la siguiente fotografía se observa en daño ocasionado en una hoja por la afección antes mencionada.



Figura 16. En esta fotografía se muestra el daño por araña roja, tomada en el huerto La Ceiba, Huitzilac, Mor. (Colección propia).

2.6 Maduración del fruto.

Después de la polinización de la flor y la fecundación de los óvulos, el ovario comienza su crecimiento y se dice que el fruto ha “cuajado”, el cuajado del fruto es una fase de cambio entre el ovario de la flor y el fruto en desarrollo. Se define como la unión de cambios iniciales que experimenta una flor hasta convertirse en fruto y estos cambios son: la marchitez y caída, durante este proceso se incluye la constancia del pequeño fruto en desarrollo.

Después, llega la etapa de maduración del fruto, posteriormente que el fruto crece y llega a su maduración es cuando se presentan los cambios físicos, químicos y fisiológicos que ocurren en el fruto al final de su crecimiento y que determinan que se alcance la textura, color, aroma y sabor.

Posterior a la maduración, el fruto inicia el periodo de envejecimiento, que se caracteriza por la pérdida de turgencia, el aumento a la sensibilidad a las condiciones del medio, pérdida del control metabólico y posterior abscisión del fruto.

Desde el punto técnico se distinguen tres tipos de madurez:

- 1) Madurez de consumo o gustativa: momento idóneo para el consumo del fruto, es cuando el fruto tiene las mejores características organolépticas y es apto para el consumo en fresco.
- 2) Madurez hortícola, comercial o de recolección: momento ideal para la recolección de la fruta, ya que esta cumple con sus mejores características organolépticas (madurez de consumo), esto depende del destino posterior del fruto como; consumo fresco, industria conservera o secado.
- 3) Madurez fisiológica: corresponde al momento en el que las semillas están suficientemente desarrolladas para ser viables y germinar. Un fruto está fisiológicamente maduro cuando sus semillas tienen la capacidad de germinar y de auto perpetuar la especie (Pérez et al., 2012).

En la siguiente fotografía se aprecia distintas etapas de la madurez fisiológica.



Figura 17. Fotografía de las distintas etapas de maduración del fruto, tomada en el huerto La Ceiba, Huitzilac, Mor. (Colección propia).

El proceso de maduración es distinto, dependiendo de los frutos y es posible agruparlos con dos grandes grupos, climatéricos y no climatéricos:

- Frutos climatéricos: estos frutos durante su maduración producen una cantidad significativa del etileno, este tipo de frutos pueden ser recolectados en su estado de madurez y madurar separados de la planta.
- Frutos no climatéricos: producen pequeñas cantidades de etileno durante la maduración y acumulan de manera directa monosacáridos durante su crecimiento y por lo tanto durante la maduración no experimenta incrementos significativos, estos frutos no son capaces de continuar con su maduración una vez que se han separado de la planta.

El etileno (gas) es considerado la hormona de la maduración, sin embargo, los mecanismos de regulación y de acción son distintos entre los frutos climatéricos y no climatéricos. El etileno es una hormona vegetal, de estructura simple (C_2H_4), que tiene un efecto en las plantas a bajas concentraciones (ppm y ppb) y se manifiesta en casi todas las etapas del ciclo biológico. Es un gas incoloro a temperatura y presión ambiente. En la siguiente figura se puede observar la estructura del etileno, el cual es un alqueno, presentando un doble enlace entre los carbonos.

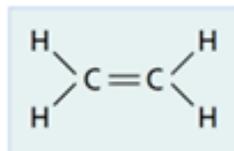


Figura 18. Estructura del Etileno.

El aguacate es un fruto climatérico, es decir, que a diferencia de otros frutos la maduración y el reblandecimiento del fruto no ocurren mientras esté en el árbol y tiene lugar varios días después de la recolección del fruto.

El comienzo de la maduración del aguacate está guiado por una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos en el fruto que involucra un incremento de la producción de etileno. La maduración del fruto es rápida, dura de 5-7 días después de la cosecha (Pérez et al.,2012).

El etileno es utilizado para acelerar este proceso y poder así obtener un fruto adecuado para su venta y consumo.

El efecto del etileno en las plantas se produce a bajas concentraciones (ppm y ppb) y se observa en casi todas las etapas de su ciclo biológico. Desde la germinación de las semillas hasta la maduración del fruto.

El etileno se sintetiza a partir de la metionina y las enzimas implicadas en su síntesis son la ACC sintetasa (ACS) y la ACC oxidasa (ACO) originalmente definida como EFE (enzima formadora de etileno). En los frutos climatéricos el etileno provoca la síntesis de nuevo etileno, es decir hay una producción auto catalítica de etileno que no ocurre en los frutos no climatéricos. El etileno formado dispara la maduración del fruto, se une a receptores celulares y se produce la señal de transducción que altera la expresión de los genes implicados en la maduración. En la siguiente imagen se observa el proceso de la biosíntesis del etileno.

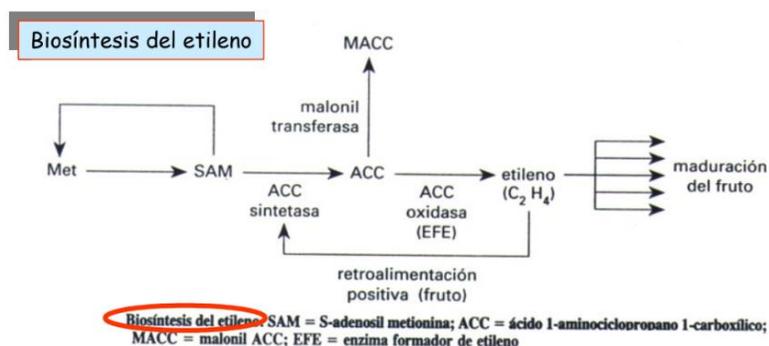


Figura 19. Biosíntesis del etileno y maduración en frutos climatéricos.

Una buena maduración y calidad del fruto depende de una óptima madurez del fruto en recolección. Una recolección anticipada da lugar a frutos con bajo contenido en aceites, presencia de fibra en la fruta y aspecto arrugado, si la recolección es demorada se tiene

una vida corta después de la cosecha, maduración irregular, alto contenido en aceites, calidad de sabor bajo e incluso la germinación de la semilla (Galán et al., 1990). En la siguiente imagen se observa la maduración del aguacate de acuerdo a la coloración de la cascara, la cual sería la maduración comercial.



Figura 20. Escala de maduración, según el color de piel. 1) Verde, 2) Fruto virando a negro, 3) Fruto virado a negro, 4) Fruto maduro, 5) Fruto listo para su consumo.

2.7 Consumo y conservación.

El aguacate, es un fruto de consumo humano, el cual es preparado de diversas formas, tanto de manera dulce como salada. En México el consumo anual es de aproximadamente 8.1 kg por persona (Procuraduría Federal del consumidor. 14 junio de 2021). Su consumo ha sido reconocido como una buena fuente de energía, debido a su alto contenido nutricional, ayuda a la prevención de algunas enfermedades como cataratas y artritis reumatoide. Contiene alrededor de 15 nutrientes tales como, calorías, carbohidratos, proteínas, fibra alimentaria, vitaminas A, C y E, hierro, calcio, sodio y grasas mono insaturadas.

También el fruto y su semilla, ha sido empleado en la elaboración de cremas, jabones, shampoo, entre otros, esto debido a su alto contenido en aceites, vitaminas y minerales. Existen distintos métodos de conservación, en el caso del aguacate el más utilizado debido al pardeamiento es el uso de conservadores para evitar la coloración negra que se llega a presentar, el método más utilizado de manera casera, es el uso del limón, ya que debido a su contenido de vitamina C, evita el ennegrecimiento de este fruto.

Existen distintos métodos para la conservación de alimentos, uno de ellos es la deshidratación, este método es utilizado desde la antigüedad, hace 400.00 años se secaban al sol algunas frutas, semillas, granos, vegetales e incluso carnes y pescados (Bozalongo et al., 2021).

Se considera un producto deshidratado a aquel que posee menos del 25% de agua. Al ser eliminado el agua se concentran los azúcares naturales, provocando que el sabor sea siempre más intenso sin la necesidad de añadir aditivos ni conservadores. Esta técnica es utilizada en frutas, verduras y hortalizas, carnes o pescados, entre otros.

La deshidratación permite que los alimentos conserven su valor nutricional a diferencia de otros métodos de conservación, ya que se obtienen menor pérdida de vitaminas, para lograr preservar estas características la deshidratación se debe de llevar a cabo a 45°C, posteriormente se debe de tener en cuenta la conservación y el almacenamiento del producto deshidratado para evitar la pérdida de los nutrientes.

Existen distintos métodos de deshidratación, de los cuales los más utilizados son los siguientes:

- a) Deshidratación al sol; es una de las técnicas más antiguas para la conservación, es un método barato, pero presenta una serie de inconvenientes como la variabilidad del clima y exposición de insectos y polvo.
- b) Congelación o liofilización: es un método de deshidratación industrial por frío, consiste en congelar el alimento de manera rápida y posteriormente con condiciones especiales de presión y temperatura se le extrae el agua al producto sin pasar por la fase líquida. Permite obtener alimentos deshidratados de calidad superior comparada con cualquier otro método de deshidratación. Las desventajas de este procedimiento es el costo elevado y el tiempo requerido, ya que a comparación del método convencional este conlleva un tiempo mayor.
- c) Conducción: este método se puede realizar con secadores directos e indirectos;
 - Secadores indirectos: el calor es transmitido por conducción a través de una pared, casi siempre metálica, son aptos para operar a presiones reducidas, la recuperación de polvos se maneja de manera provechosa.
 - Secadores directos: se tiene contacto directo entre los gases calientes y los sólidos, se aprovecha para calentar estos últimos y separar el vapor. Consumen más combustible por litro de agua evaporada cuando más bajo

es el contenido de humedad, su eficacia mejora al aumentar la temperatura del gas de entrada para una misma temperatura de entrada y salida. Se necesitan grandes cantidades de gas, el equipo de recuperación de polvo puede ser grande y costoso.

- d) Aire: los secadores de aire cuentan con un sistema que permite la entrada de aire a diferentes velocidades de flujo, es por eso que se utilizan los ventiladores o motores que son utilizados en los sistemas de refrigeración y también extractores de aire los cuales son polarizados de manera inversa para trabajar como generadores de aire.
- e) Ósmosis: consiste en la eliminación de agua procedente de los alimentos sólidos, mediante inmersión en soluciones concentradas de sólidos solubles, que poseen mayor presión osmótica y menor actividad de agua que el alimento en cuestión.
- f) Radiación: en este método se calienta la molécula de agua en el interior del producto. Existen dos tipos de métodos por radiación solar o de microondas ambos teniendo como objetivo evaporar el agua en el interior del alimento (Bozalongo et al., 2021).

2.8 Secado por microondas.

Los microondas causan una polarización de moléculas y una movilidad intensa en sus electrones, debido a la conversión de energía electromagnética en energía cinética. Debido a este movimiento, los electrones chocan entre sí, generando calor como resultado de la fricción. La aplicación de microondas genera un calentamiento interno y una presión de vapor dentro del producto que suavemente “bombea” la humedad hacia la superficie, reduciendo la resistencia interna del alimento al movimiento del agua y causando la deshidratación. La alta presión de vapor de agua que se genera en el interior del alimento expuesto a microondas puede incitar a la formación de poros en el producto, lo cual facilita el proceso de secado, este método de deshidratación se ha vuelto común, porque previene la disminución de la calidad y asegura una distribución rápida y eficiente del calor en el alimento. Con este método el tiempo de secado se reduce significativamente y se obtienen grandes ahorros de energía.

La potencia de salida del microondas desempeña un papel fundamental en la deshidratación. Al aumentar la potencia de salida disminuye el tiempo de secado (Ochoa et al., 2012).

2.9 Producción.

La producción de aguacate de México es de gran escala, haciendo posible su exportación. En el año 2020 la producción del aguacate fue de 2,393,817 toneladas (Procuraduría Federal del consumidor. 14 de junio de 2021).

Michoacán es el principal productor de aguacate en México con aproximadamente 26, 740 productores registrados, aportando el 74% de la producción nacional, seguidos de los estados de Jalisco y México con 12 y 4% respectivamente. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2022-03-23)

La producción de aguacates Morelenses ha ido en aumento, alcanzando las 3 mil 963 hectáreas cosechadas en el estado de Morelos, obteniendo 29 mil 548 toneladas de producto lo que ha generado un valor de producción de 392 millones 878 pesos.

En el estado de Morelos se siembra anualmente 3 mil 963 hectáreas y se mantienen rendimientos promedios de 8.25 toneladas por hectárea, lo que lo coloca en el quinto lugar nacional en producción de esta fruta, pero en calidad y sabor mantiene su primer lugar a nivel nacional.

En Morelos hay aproximadamente 2 mil 800 productores que siguen produciendo aguacate, las variedades más producidas son principalmente tres: Hass, criollo y fuerte.

En municipios como Yecapixtla, Ocuituco, Tlayacapan entre otros, las campañas de sanidad se hacen presentes para poder obtener frutos en excelentes condiciones y que cuentan con certificados sanitarios. El municipio de Ocuituco mantiene 1 mil 36 hectáreas libres de plaga y enfermedades lo que ha valido para que se pueda exportar el fruto a gran parte del continente americano, además que se llevan a cabo exportaciones a países como Canadá, E.U.A, Hong Kong y Europa. Los productores de Morelos han estado creciendo en la producción y certificación de aguacate en los últimos años ha alcanzado las 300 toneladas de aguacate en el mercado canadiense, americano y Hong Kong. (Representación AGRICULTURA Morelos. 26 de septiembre de 2019).

2.10 Exportación

México exporta distintos productos alrededor del mundo, el mayor ejemplo se encuentra en la exportación de cerveza, tomate, chile, pimientos, frutos rojos, aguacate, tequila, entre otros, ya que México es el principal país exportador de estos productos.

En la actualidad el territorio mexicano, cuenta con la existencia de 12 tratados de libre comercio con 46 países, con un mercado potencial 1,479 millones de personas, lo que significa una oportunidad para impulsar la búsqueda de nuevas oportunidades y mejores condiciones para las ventas de productos de origen agrícola, pecuario y pesquero. Los principales productos exportados en 2019 fueron, cerveza, aguacate y tomate, siendo la cerveza artesanal la de mayor exportación (Secretaría de agricultura y desarrollo rural. 24 de marzo de 2020).

México es el principal productor y exportador de aguacate en el mundo. La producción de aguacate hecho en México representa el 30% de la cosecha mundial.

México exporta aguacate a diversos países, principalmente a China, Chile y Australia.

Estados Unidos es el principal importador de aguacate mexicano, seguido de Francia, Japón y Canadá. Michoacán es el estado de la república mexicana que más aguacates produce, aportando cuatro quintas partes del total nacional de la producción de este fruto, siendo el aguacate Hass el más consumido en el mundo.

La asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate en México, A.C. (APEAM), reportó que se movilizan 95,000 toneladas de aguacate a Estados Unidos para posicionar a este fruto como uno de los alimentos protagonistas del Super Bowl 50. (Secretaría de economía, 06 de febrero del 2016).

2.11 Conservadores alimenticios

En la industria alimenticia el uso de conservadores es necesario para mantener las características físicas que hacen que el alimento sea atractivo para el consumidor.

La conservación de los alimentos se ha realizado desde tiempos remotos, en la prehistoria se buscaron distintos métodos para lograr preservar y alargar la vida de distintos alimentos, por ejemplo, el uso de sal, vinagre y ahumado se han usado desde tiempos prehispánicos, los egipcios emplearon el uso de colorantes naturales, los romanos el salitre (agente antioxidante utilizado como conservador alimentario por su elevado contenido de Nitrógeno) y derivados de azufre.

Es por esto que a través de los años la industria alimentaria buscó distintos compuestos y métodos para preservar los alimentos, dando lugar a los aditivos alimenticios, estas sustancias o métodos facilitan la disponibilidad de distintos productos en todas las épocas del año para los consumidores y en algunas ocasiones a bajo costo. Los aditivos alimentarios hacen posible dar un avance en la conservación de alimentos, mejorar la elaboración, en algunas ocasiones mejorar las características organolépticas de los alimentos.

Se entiende como “aditivos alimentarios” a las sustancias que son añadidas a los alimentos para perfeccionar el color, la textura, el sabor o para conservarlo durante un tiempo de vida más largo. Se consideran de manera legal como aditivos a aquellas sustancias añadidas intencionalmente a los alimentos para mejorar sus propiedades físicas, sabor, conservación, etc, pero no aquellas añadidas para aumentar su valor nutricional.

También se puede entender como aquellas sustancias con o sin valor nutritivo que se añaden a un alimento con el propósito de preservar las características organolépticas o el valor nutricional de los alimentos, justificando su uso por razones tecnológicas, sanitarias, nutricionales o psicosensoriales necesarias (Arencibia et al.,2009)

Debido a la cantidad de usos por las cuales se pueden utilizar los aditivos alimenticios se vio la necesidad de realizar una clasificación, originalmente los aditivos fueron clasificados por naturales y sintéticos, sin embargo, con el paso del tiempo se modificó esta clasificación, siendo así clasificados por su actividad específica. Dando como resultado lo siguiente:

- Antioxidantes, sinérgicos de antioxidantes y conservadores, son aquellas sustancias que impiden las alteraciones químicas o biológicas.
- Estabilizantes, emulgentes, espesantes, gelificantes, antiespumantes, antiapelmazantes, antiaglutinantes, humectantes, reguladores de pH: son las sustancias estabilizadoras de las características físicas y/o sustancias correctoras de las cualidades plásticas que son utilizados para la mejora de panificación, correctores de la vinificación, reguladores de la maduración.
- Colorantes, potenciadores del sabor, edulcorantes, aromas: son las sustancias modificadoras de los caracteres organolépticos.

Los aditivos pueden producir a partir de compuestos naturales o moléculas artificiales, la naturaleza química es muy variante, pueden ser heptanos de bajo peso molecular, polisacáridos, grasas complejas, pequeños péptidos y proteínas, se organizan de la siguiente manera:

- 1) Colorantes (E-100 a E-180)
- 2) Conservantes (E-200 a E-290)
- 3) Antioxidantes (E-300 a E-385)
- 4) Agentes emulsionantes, estabilizantes, espesantes y gelificantes (E-400 a E-495)
- 5) Potenciadores de sabor (E-620 a E-637)
- 6) Edulcorantes (E-950 a E-967)
- 7) Antiapelmazantes (E-504 a E-572)
- 8) Reguladores de pH (E-260, E-270, E-330, E-338)
- 9) Gaseificantes (E-290, E-503, E-339)
- 10) Otros (Arencibia et al.)

La causa principal del deterioro de los alimentos, es llevado a cabo por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras, mohos). Aproximadamente el 20% de todos los alimentos producidos en el mundo se pierden por acción de los microorganismos. Es por lo cual se han buscado distintas maneras de poder aportar un mayor tiempo de vida a los alimentos y evitar o retrasar el crecimiento microbiano. Existen los métodos físicos como el calentamiento, deshidratación, irradiación o congelación, a los cuales se les puede asociar métodos químicos, que causen la muerte o eviten el crecimiento de los microorganismos.

Los antioxidantes son utilizados para impedir que los alimentos grasos se hagan rancios y para proteger de la oxidación a las vitaminas liposolubles (A, D, E y K). La reacción de oxidación, se denomina reacción en cadena, debido a que una vez iniciada continúa acelerándose hasta la oxidación total de las sustancias sensibles, teniendo como resultado la aparición de olores y sabores rancios, alteración en el color, la textura, así como pérdida del valor nutritivo, por eliminación de ácidos grasos poliinsaturados y vitaminas. La industria alimentaria ha intentado evitar o retrasar esta reacción con envases al vacío o envases opacos. También se han utilizado antioxidantes, aunque la mayoría de los alimentos tienen antioxidantes de manera natural estos se pueden ir perdiendo durante el proceso por lo cual dicha pérdida debe de ser compensada, por ejemplo, las grasas

insaturadas son más propensas a sufrir el proceso de oxidación. Los antioxidantes pueden actuar por diferentes mecanismos:

- Deteniendo la reacción en cadena de oxidación de las grasas.
- Eliminando el oxígeno atrapado o disuelto en el producto.
- Eliminando trazas de ciertos metales, como el cobre o el hierro, que facilitan la oxidación.

Los que actúan por los dos primeros mecanismos son los antioxidantes, mientras que los que actúan de la tercera forma se agrupan en la denominación legal de sinérgicos antioxidantes o agentes quelantes. Los antioxidantes para la reacción de oxidación, los cuales aplazan la alteración de estas sustancias, las cuales deben reunir las siguientes características:

- Ausencia de toxicidad.
- Sin olor, sabor y color.
- Eficacia a baja concentración.
- Fácil incorporación.
- Resistencia a los tratamientos térmicos.
- Bajo precio.

Proteger contra la oxidación de las grasas, los aceites y los alimentos con contenido en lípidos es necesaria, ya que la degradación oxidativa destruye la vitamina A y E (Arencibia et al.,)

2.12 Contaminación de los alimentos

Las enfermedades con origen alimentario han sido reconocidas como un problema grave, debido a la mortalidad y morbilidad que llegan a presentar y pueden llevar a graves afectaciones en la productividad económica. La contaminación en los alimentos se puede dar de manera física, química y biológica, dando lugar a las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). Los alimentos juegan un papel importante en la propagación de enfermedades de origen alimentario, esto debido a que se pueden contaminar a partir del aire, suelo, agua, utensilios, el hombre y durante el proceso de producción primaria, transporte, almacenamiento y producción. Existen otros agentes que interactúan con los alimentos y pueden provocar una contaminación tales como los físicos, vidrios, papeles, plásticos y otros se mezclan accidentalmente con el alimento durante la elaboración.

Una de las principales contaminaciones biológicas que se conocen, es la ocasionada por contaminación biológica de los alimentos son los microorganismos: bacterias, hongos, virus y parásitos.

2.13 *Aspergillus Fumigatus*

El género *Aspergillus* se localiza distribuido en la naturaleza debido a que no presenta condiciones abióticas muy selectivas y posee un cierto mecanismo de difusión de sus esporas. La mayoría de las especies de este género crecen en un rango de temperatura (6°C - 55°C) y una humedad considerablemente baja. Adicionalmente logran desarrollarse en una amplia variedad de sustratos que incluyen polímeros vegetales, heces y tejidos de animales, esto gracias a que secretan una amplia variedad de enzimas que degradan en compuestos nutritivos útiles. Se estima que existen entre 260 y 837 especies de *Aspergillus*, sin embargo, sólo unas cuantas especies actúan como patógenos para animales y humanos, otras tantas son evaluadas con gran importancia a nivel industrial como productoras de proteínas homólogas y heterólogas (Lina et al., 2012).

Es un hongo saprófito (alimentación de materia orgánica) aerotransportados más ubicuos (Pul et al., 1999). Se encuentra en suelos, aire, alimentos, plantas y materia orgánica en descomposición, comúnmente se encuentra en alimentos y polvo. Su desarrollo se ve favorecido por la humedad y las temperaturas elevadas.

El crecimiento de las colonias es rápido (48 horas), inicialmente son de textura algodonosa que posteriormente adquiere una apariencia pulverulenta fina de color azul verdoso o grisáceo. De manera microscópica se observan cabezuelas columnares típicas. Los conidióforos son cortos, de pared lisa y vesículas terminales de forma cónica que contiene una sola fila de fiálides (uniseriadas), las conidias son de forma globosa a subglobosa de pared rugosa (equinulada) y color verde son producidas en sucesión basipétala formando cadenas largas que con frecuencia se rompen al hacer el montaje de las preparaciones para ser observadas o identificadas.

Para la identificación de *Aspergillus* se basa en las características macro y microscópicas en conjunto con la capacidad de crecimiento en diferentes medios de cultivo, producción de moléculas tóxicas y técnicas moleculares (Lina et al., 2012).

2.14 Análisis de alimentos y normas aplicables.

El análisis de alimentos es importante para garantizar la calidad de los productos y detectar la posible presencia de agentes o sustancias indeseables, los cuales pueden ser dañinos para el consumidor. Existen dos tipos de análisis principales para los alimentos:

- 1) Análisis microbiológicos: los análisis microbiológicos nos ayudan a determinar la cantidad de carga microbiana presente en el alimento y saber la calidad que este posee y garantiza la seguridad para su consumo. Para estas pruebas se utilizan dos normas principalmente;
 - NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
 - NOM-109-SSA1-1994, Procedimiento para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para sus análisis microbiológicos.
- 2) Análisis fisicoquímicos: un análisis fisicoquímico es la agrupación de métodos y técnicas que disponen la composición y características químicas y físicas de los alimentos, este tipo de análisis se puede dividir en dos tipos:
 - Cualitativo: el objetivo de este análisis es determinar la presencia de algún elemento, compuesto o fase en una muestra.
 - Cuantitativo: tiene como propósito establecer la cantidad de algún elemento, compuesto u otro tipo de componente presente en una muestra (Porrás et al., 2018).

Para estos análisis se consideran las siguientes normas:

- NOM- 251- SSA1- 2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas y suplementos alimenticios.
- NOM- 127- SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe de someterse el agua para su potabilización.

Además de las NOM utilizadas, existe una norma de CODEX para el aguacate, que contiene las siguientes especificaciones:

- Las disposiciones relativas a la calidad, en este punto se toma en cuenta la calidad del fruto, su recolección, su transporte, la manipulación y su estado al llegar al destino. La cual se clasifica en tres:
 - a) Categoría extra: los frutos deben de ser de calidad superior.

- b) Categoría I: son los frutos de buena calidad, sin embargo, se pueden permitir algunos defectos en la forma y coloración, defectos leves en la cáscara y quemaduras producidas por el sol.
- c) Categoría II: son los frutos que no se pueden calificar dentro de las dos primeras clasificaciones, sin embargo, cumple con los requisitos mínimos establecidos.
- Disposiciones sobre la clasificación por calibres: este se determina por el peso del fruto, la siguiente tabla muestra la clasificación (Dorta et al., 2021):

Tabla 2. Clasificación por calibres (Norma del CODEX para el aguacate) (Peso mínimo permitido será de 125g.)

Código de calibre	Peso (en gramos)
2	>1220
4	781-1220
6	576-780
8	461-575
10	366-460
12	306-365
14	266-305
16	236-265
18	211-235
20	191-210
22	171-190
24	156-170
26	146-155

28	136-145
30	125-135

2.15 Materia seca.

La materia seca en los alimentos nos ayuda a determinar la cantidad de nutrientes presentes. Se muestra como una alternativa a la determinación del contenido de aceite siendo un proceso confiable, sencillo y de bajo costo, por lo que puede ser implementado tanto a nivel de laboratorio como por el agricultor para establecer las condiciones óptimas de cosecha y calidad del producto destinado a su comercialización.

El porcentaje de materia seca (%MS) en los alimentos es uno de los parámetros que presentan mayor variabilidad.

Son los sólidos que quedan después de la deshidratación, en el caso del aguacate la deshidratación se realizó con un horno de microondas y se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de materia seca (Dorta et al.,2021):

$$\% \text{ Materia Seca} = \frac{\text{Peso seco neto}}{\text{Peso húmedo}}$$

Cada país establece los estándares mínimos legales de materia seca para cosechar el aguacate, variando entre 19 y 25% dependiendo del cultivo. En México es permisible hasta el 23% de MS (Corvalho et al., 2015).

Para la determinación de MS se utilizan dos métodos principalmente:

- 1) Método gravimétrico (secado por estufa), el cual es utilizado también para determinar la humedad en un alimento. Este procedimiento se basa en la pérdida de peso inicial y final del procedimiento, en el cual, al iniciar el procedimiento es necesario tener el material a peso constante (crisol o vidrio de reloj), posteriormente se realizará el análisis y se reportan los datos. Se debe de tener en cuenta las desventajas de este método, ya que el tiempo del análisis puede ser entre 24 a 72 horas, dependiendo el tipo de muestra (Garcia et al.,2008).
- 2) Método indirecto (utilización de microondas), los microondas se encuentran entre la radiación infrarroja y las ondas de radio. La energía de radiación equivale a 0.000012 eV que no produce daño en la materia orgánica, la rapidez de

calentamiento del microondas es la principal ventaja. Para la aplicación en los alimentos se utiliza la frecuencia de 2450 Hz y 915 Hz. Los microondas penetran a los alimentos provocando que las moléculas polares como el agua, las proteínas y otras tienden a alinearse en el campo electromagnético inducido, durante el tratamiento con energía de microondas se ha comprobado que se conserva el color natural de las frutas y los vegetales, conservando también los nutrientes. Otra ventaja de la deshidratación por microondas es el control que se tiene sobre el tiempo necesario para realizar el tratamiento (Ochoa et al., 2012)

2.16 Radical libre (DPPH)

El nombre completo del DPPH α , α -difeníl- β -picrilhidrazilo conocido como DPPH, aporta el primer enfoque para valorar el potencial antioxidante de un compuesto, un extracto u otras fuentes biológicas. Es el método más sencillo, en el que el compuesto o extracto prospectivo se mezcla con una solución de DPPH y la absorbancia se registra después de un periodo definido (Kedare et al., 2011).

El efecto de los compuestos antioxidantes en el método de eliminación de radicales libres. El DPPH es un radical libre, estable y acepta un electrón o un radical de hidrógeno para convertirse en una molécula diamagnética estable. La capacidad de reducción del radical DPPH se determinó por la disminución de su absorbancia a 515 nm inducida por antioxidantes y es visualmente notable como una decoloración de púrpura a amarillo. Por lo tanto, el DPPH se usa generalmente como sustrato para evaluar la actividad antioxidante de los productos naturales (Domínguez et al., 2014).

El nombre completo del DPPH es 2,2 difeníl 1 picrilhidracilo, este procedimiento se utiliza para determinar la capacidad antioxidante de alimentos y compuestos sintéticos. Este radical es sensible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante (Guija et al., 2015).

La reacción de este método se presenta de manera visible, ya que se observa un cambio de color de púrpura a amarillo y la absorbancia disminuye, esto debido a que el antioxidante elimina el DPPH a través de una donación de hidrogeno para formar una molécula de DPPH estable (San Martín et al., 2023).

La molécula 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) es conocida como se ha mencionado anteriormente, por ser un radical libre estable, debido a la deslocalización de un electrón desapareado sobre la molécula completa, por lo cual la molécula no se dimeriza. La deslocalización del electrón también intensifica el color violeta intenso, el cual absorbe el metanol a 517 nm, cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un hidrógeno el color violeta se desvanece. El cambio de color es monitoreado de manera espectrofotométricamente y es utilizado para la determinación de los parámetros para las propiedades antioxidantes (Tovar et al., 2013). En la siguiente figura se observa la reacción que se lleva a cabo por la cual se aprecia el cambio de color de morado a amarillo.

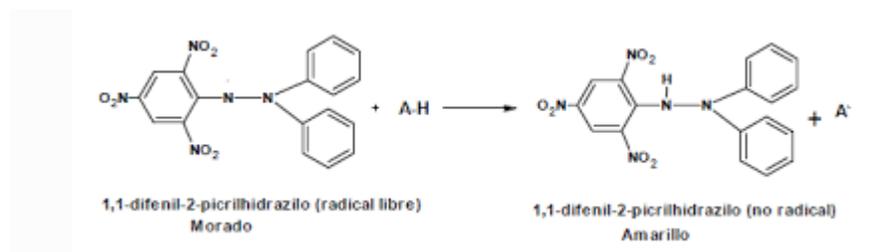


Figura 21. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.

3. JUSTIFICACIÓN

Los procesos de conservación se han utilizado desde épocas remotas, teniendo como principal objetivo dar un mayor tiempo de vida útil del alimento y así poder ser consumido posteriormente.

En la actualidad la demanda de los alimentos ha incrementado con el paso del crecimiento de la población, es por esto que se ha buscado la manera de preservar los alimentos y darles un mayor tiempo de vida sin perder las características organolépticas y nutricionales durante estos procesos.

Esta investigación se realizó con el fin de conocer las propiedades y características del aguacate en su manera fresca y deshidratadas, comparando estas para determinar si es adecuado su consumo y buscando la mejor manera de deshidratación para conservar este fruto. Debido a la alta demanda y tomando en cuenta que Morelos es uno de los principales estados productores de aguacate en México.

Morelos cultiva tres tipos de aguacates principalmente: fuerte, criollo y Hass para esta investigación se utilizó el aguacate de tipo Hass Mill, siendo este uno de los más

consumidos a nivel estatal y nacional, teniendo en cuenta que el consumo per cápita es de 8.75kg (dato obtenido de la FAOSTAT, 2020, datos sobre alimentación y agricultura, base de datos estadísticos de la FAO).

La secretaria de desarrollo agropecuario (SEDAGRO) ha señalado que en Morelos trabajan 3,614 productores de aguacate y ocupa el quinto lugar nacional en producción, sin embargo, la calidad del fruto y sabor del mismo ocupa el primer lugar.

Para realizar esta investigación se tomó en cuenta las características del fruto y se estudiaron sus principales propiedades y dificultades que se podrían presentar durante los análisis.

Así mismo, se tomaron en cuenta las características físicas que se debían de conservar, tales como el color y una consistencia agradable para el consumidor, en ambos estados del fruto. Y tomando en cuenta que es una fruta con gran actividad antioxidante, los cuales ayudan a frenar las reacciones de oxidación en las células a partir de las cuales se originan los radicales libres ayudando así, a la reducción de enfermedades cardiovasculares, tumores y de enfermedades neurodegenerativas.

4.OBJETIVOS

Objetivo general: realizar la comparación en fresco y deshidratado de la actividad antioxidante del aguacate Hass morelense.

Objetivos particulares:

1. Seleccionar la edad óptima de la pulpa del aguacate para su procesamiento de rebanado y deshidratación.
2. Establecer un protocolo de deshidratación.
3. Realizar la evaluación antioxidante del aguacate fresco y deshidratado.

5.METODOLOGÍA

5.1 Colecta del fruto

Para conocer más sobre la planta y el fruto del aguacate se realizó una visita a la huerta de San Pedro, ubicado en el municipio de Huitzilac, en la cual se conocieron las características de los árboles, así como las posibles plagas o enfermedades que se pueden tener, las muestras utilizadas durante esta investigación fueron tomadas de esta huerta. Los frutos dados se encontraban en la fase de maduración verde, es decir, aún no eran aptas para su consumo, por lo cual se procedió a realizar los análisis en dos etapas, en la etapa verde del fruto y en la etapa de viraje de color en la cascara. En el mes de agosto la muestra estaba en la etapa verde de maduración, los primeros análisis se realizaron a finales de este mes.

Dados las pruebas realizadas antes de tener la muestra, se determinó que la mejor etapa para realizar la deshidratación sería en la etapa de viraje de color en la cascara. Con las muestras para el análisis este viraje se pudo observar en los primeros días del mes de septiembre, por lo cual se procedió a realizar la deshidratación por microondas y realizar los análisis de DPPH.

Las muestras otorgadas por el Señor Salomón, fueron transportadas con las especificaciones de la NOM-066-FITO-1995, en la cual se especifica lo siguiente:

- La fruta no debe tocar el suelo, para evitar contaminación se debe depositar en bolsas de corte y permanecer en la sombra.

Para realizar el lavado del fruto se siguió con lo recomendado en la NOM antes mencionada:

- Se debe lavar con agua clorada, desinfectante y detergente biodegradable.
- La fruta se debe cepillar sin rozamiento de la epidermis.
- La fruta se debe secar sin rozamiento de la epidermis.

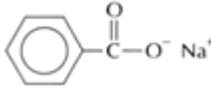
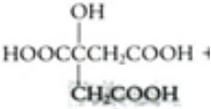
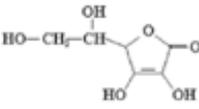
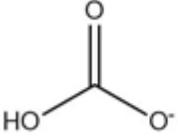
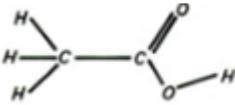
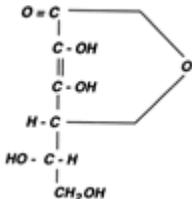
5.2 Deshidratación

Se consideraron dos métodos de deshidratación los cuales fueron, el método por aire caliente y el método por microondas.

En el caso de la deshidratación realizada con aire caliente se utilizaron distintos conservadores a dos concentraciones al 0.5% y al 1%. Los conservadores utilizados fueron: de aceite comestible, papel cera, benzoato de sodio, ácido cítrico, ácido ascórbico,

bicarbonato de sodio, vinagre, limón y cloruro de sodio. En la siguiente tabla se observan las estructuras de los conservadores utilizados para la deshidratación del fruto.

Tabla 3. Conservadores utilizados y estructura química.

Conservador	Estructura química
Benzoato de sodio	 <p>Figura 22</p>
Ácido cítrico	 <p>Figura 23</p>
Ácido ascórbico	 <p>Figura 24</p>
Bicarbonato de sodio	 <p>Na⁺ Figura 25</p>
Vinagre (ácido acético)	 <p>Figura 26</p>
Limón	 <p>Figura 27</p>
Cloruro de sodio	 <p>Figura 28</p>

Para este método se utilizó el siguiente deshidratador:



Figura 29. Deshidratador de aire caliente, marca Wenston modelo 750201-w (colección propia).

En el caso de la deshidratación por microondas no se utilizó ningún conservador, ya que, el color se conservó después del proceso realizado.

Se realizaron pruebas para determinar el tiempo que debía de ser utilizado para la deshidratación, tomando en cuenta la pérdida de peso que sufre cada muestra y la capacidad de Hz que posee el microondas.

Primer paso: pesar una hoja identificada para cada muestra, pesando la muestra en fresco y las muestras deshidratada para obtener el porcentaje de materia seca.

5.3 Medición del tamaño de la muestra

Para la deshidratación se tomó en cuenta el tamaño del corte de la muestra, así como la madurez del fruto, para esto se midió la anchura, el grosor y el largo de la muestra. Utilizando para la toma de medidas un vernier, las muestras fueron medidas como anteriormente se menciona, antes y después del proceso de deshidratación. Realizando este procedimiento de manera triplicada y comparando los resultados.

Se utilizó el siguiente Vernier:



Figura 30. Vernier digital, marca MRK-054-RORK.

5.4 Molienda de muestra

La preparación de las muestras para la lectura, consistió en la molienda de los frutos deshidratados y frescos.

Para realizar la molienda se utilizó un mortero, en el caso del aguacate fresco la molienda se realizó en el instante para evitar el pardeamiento por la exposición de la pulpa del fruto. En el caso de la muestra deshidratada, se procedió a la molienda posteriormente de la deshidratación y se guardó en un frasco debidamente etiquetado. El mortero utilizado para este proceso fue como el de la siguiente imagen:



Figura 31. Mortero con pistilo de porcelana.

5.5 Evaluación antioxidante (radical libre)

Se dispone para la prueba de radical libre el reactivo DPPH (hidrato de 2,2-difenil-2-picrilhidrazilo), el cual es utilizado para la realización de la lectura de la actividad del antioxidante en ambas muestras espectrofotométricamente. Cuando el DPPH reacciona con un compuesto antioxidante, que puede donar hidrógeno se reduce. Los cambios de color (de violeta intenso a amarillo claro) se midieron a 515 nm en un espectrofotómetro de luz visible/UV (Genesys 20), el espectrofotómetro utilizado fue el siguiente:



Figura 32. Espectrofotómetro de luz visible/UV marca Genesys 20 (Colección propia).

5.6 Preparación de la muestra y soluciones

Después de obtener las muestras y darles el tratamiento previamente descrito se procedió a realizar la preparación de las muestras y las soluciones para la lectura en el UV.

Para las muestras deshidratadas, una vez realizado el proceso de deshidratación se prosiguió a realizar la molienda con un mortero para posteriormente almacenarlo en un recipiente de vidrio para su análisis.

En el caso de las muestras frescas, la molienda se realizó un poco antes del análisis para evitar el pardeamiento.

Para la realización de las preparaciones de las muestras se realizó de la siguiente manera:

- 1) Molienda de la muestra con el mortero y almacenamiento de las muestras (en la muestra deshidratada).
- 2) Se procedió a pesar e identificar los viales sin la muestra.
- 3) Una vez pesados los viales e identificados se agregó 0.15g de la muestra molida.
- 4) Una vez que se pesaron las muestras se procedió a realizar los cálculos para agregar el Etanol necesario para obtener una solución a 20,000 ppm para tener la solución stock.
- 5) Se secó el EtOH con aire, en el tubo en que se encontraba la solución se procedió a secarlo con aire hasta obtener un poco de solución.
- 6) Se pesó nuevamente el vial y se observó las características de la solución obtenida en cada caso.
- 7) Se procedió a tomar el peso del filtro antes de utilizarlo e identificarlo.
- 8) Se pesan nuevos viales y se etiquetan respectivamente.
- 9) Con una jeringa se extrae la solución obtenida del secado de etanol y se filtra con para quitar algún residuo sólido.
- 10) Se pesan nuevamente los viales para realizar una solución stock
- 11) Los viales previamente etiquetados y ahora utilizados se pesan nuevamente.
- 12) A partir de la solución obtenida después del pesaje y etiquetado se realizan las disoluciones para obtener las siguientes concentraciones: 10 ppm, 100 ppm y 1000 ppm.
- 13) Se guardan y etiquetan los viales con las concentraciones correspondientes, en un vial con tapa y reforzado con papel parafilm para evitar pérdidas por la evaporación del EtOH.

- 14) Una vez que se tienen las disoluciones, se procede a agregar el DPPH, en este paso del procedimiento se realizó con la ayuda de la Dra. Valeri Domínguez.
- 15) Una vez que se tenían los viales con el DPPH se procede a la lectura con el espectrofotómetro, para el cual se realizó el siguiente procedimiento:
 - Se encendió el equipo una hora antes de su uso.
 - Posteriormente pasado este tiempo se procedió a realizar la calibración para llevar a cabo las lecturas a una longitud de 517 nm, este paso se realizó con un blanco el cual contenía Etanol con DPPH.
- 16) Se realizan las lecturas y se obtienen los resultados correspondientes, se observa el cambio de color presentes en las soluciones.

6. RESULTADOS

6.1 Resultados preliminares de la deshidratación

Se realizaron distintas pruebas previas para determinar la mejor manera de deshidratar el fruto para conservar las características representativas (color), se observaron los resultados y los factores que influyeron en este procedimiento, tales como grosor, altura de la charola, utilización de conservadores, uso de papel cera y aceite de comestible.

Al realizar la primera prueba con el desecador aire caliente se utilizó un aguacate en su fase madura, sin ningún conservador, obteniendo los primeros resultados, que se muestran en la siguiente fotografía:



Figura 33. Muestras de aguacate en desecador de aire caliente, sin conservadores (Colección propia)

En la fotografía (figura 33) se puede observar la primera muestra deshidratada mediante aire caliente, la muestra estuvo en la estufa durante 1 hora y 30 minutos, al término de este tiempo se observó un cambio de color debido a la oxidación del fruto y la pérdida de

aceite esencial, la muestra presentaba aun humedad. En la siguiente se observa las muestras con aceite que fueron sometidas a deshidratación.



Figura 34. Muestras de aguacate con aceite comestible y papel cera (Colección propia).

Se observan las muestras (figura 34) en las cuales se utilizó el papel cera y el aceite comestible, su tiempo en la estufa fue de 1 hr y 30 minutos, se pudo observar de manera más notoria el pardeamiento del fruto, al tocarlo se pudo constatar la conservación de humedad del fruto y del aceite utilizado, por lo cual se decidió no utilizar estos factores ya que el proceso de deshidratación se veía afectado.

En estas muestras se determinó un factor importante, el grosor del corte de la muestra, por lo cual se realizaron cortes delgados y se deshidrataron en la estufa, dando como resultado lo siguiente:



Figura 35. Muestras de corte delgado, deshidratadas en estufa y sin conservadores (Colección propia).

En la figura 35 se logra apreciar las muestras con corte delgado, las cuales presentaron una mejor deshidratación y conservación del aceite esencial, las muestras estuvieron en la estufa durante 1 hora y 30 minutos.

Después de determinar el grosor, se realizaron las pruebas con distintos conservadores para poder obtener una mejor conservación de las características del fruto, los conservadores se utilizaron a dos concentraciones al 1% y 0.5%.

Obteniendo los siguientes resultados.



Figura 36. Muestras de benzoato de sodio al 1% (Colección propia).

En estas muestras se observa una conservación de coloración adecuada, el fruto presentaba una textura deseada por la deshidratación.



Figura 37. Muestras con ácido cítrico al 1% (Colección propia).

En la figura 37 se observan las muestras tratadas con ácido cítrico al 1% tomadas como representativas, debido a la coloración preservada durante el proceso de deshidratación.



Figura 38. Muestras con ácido ascórbico al 0.5% (Colección propia).

En esta imagen 38 se observa las muestras tratadas con ácido ascórbico al 0.5%, se puede apreciar la conservación del color y una buena deshidratación.



Figura 39. Muestras con bicarbonato de sodio al 1% (Colección propia).

En las muestras de la figura 39, se observa la preservación de la coloración. En estas muestras se utilizó el bicarbonato a una concentración del 1%. La textura era crujiente, lo cual indicaba una deshidratación adecuada.



Figura 40. Muestras con vinagre al 1% (Colección propia).

En las muestras de la figura 40, se observa una coloración buena en algunos cortes, sin embargo, en algunos se puede observar la aparición de pardeamiento.



Figura 41. Muestras con jugo de limón. (Colección propia).

Las muestras con jugo de limón, visibles en la fotografía número 41 se observan con mayor pardeamiento que las muestras anteriores, lo cual nos indicó que este conservador no era adecuado para preservar el color característico del fruto.



Figura 42. Muestras con cloruro de sodio al 0.5% (Colección propia).

En estas muestras con cloruro de sodio al 0.5% de la imagen 42 se observa la preservación de la coloración característica del fruto.

Estas muestras representativas seleccionadas se dejaron por una noche en la charola, para poder observar si se presentaba el pardeamiento o se conservaban las características de color.



Figura 43. Muestras después de una noche con benzoato de sodio al 1% (Colección propia).

Las muestras de la fotografía 43 presentaron el pardeamiento, en unas muestras es más notoria debido al grosor, las muestras con mayor grosor sufrieron un mayor pardeamiento que las muestras delgadas.



Figura 44. Muestras después de una noche con ácido cítrico al 1% (Colección propia).

Las muestras de la fotografía 44 con ácido cítrico al 1%, presentaron mayor pardeamiento en las muestras, pocas conservaron el color característico del fruto.



Figura 45. Muestras después de una noche con ácido ascórbico al 0.5% (Colección propia).

Las muestras presentes en la fotografía numero 45 conservaron mejor el color en algunos casos, las muestras de esta manera tenían como característica en común el grosor, el cual era delgado y fino.



Figura 46. Muestras después de una noche con bicarbonato de sodio al 1%(Colección propia).

Las muestras de la fotografía 46 presentan mayor pardeamiento que las muestras con otros conservadores, los cortes eran delgados, sin embargo, no había una muestra que preservara de manera adecuada el color.



Figura 47. Muestras después de una noche, con vinagre al 1% (Colección propia).

En la foto anterior, figura 47, se observan las muestras con vinagre al 1%, las cuales presentan pardeamiento, con pocas muestras que conservan el color característico del fruto.



Figura 48. Muestras después de una noche con jugo de limón (Colección propia).

En la figura 48 se observan las muestras con jugo de limón se observaron muestras con poco pardeamiento, sin embargo, algunas presentaron mayor oscurecimiento y algunas muestras conservaron el color del fruto.

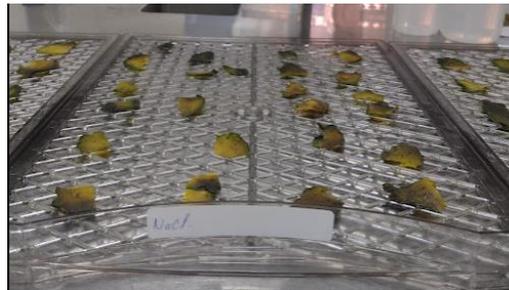


Figura 49. Muestras después de una noche con cloruro de sodio 0.5% (Colección propia).

En la figura 49 se observan las muestras con cloruro de sodio al 0.5%, estas muestras presentaron poco pardeamiento, se conservó de manera notoria el color característico del fruto en algunos cortes.

Como se aprecia en las imágenes, las muestras después de un tiempo presentaron pardeamiento, en algunos casos eran más notorios que en otros. Es por esto que se buscó otro método de deshidratación en el cual se conservaran mejor las características y se llevará a cabo la deshidratación.

6.2 Resultados de la deshidratación

Para la deshidratación se realizaron dos métodos distintos: por aire caliente y microondas, obteniendo un mejor resultado con el procedimiento por microondas, sin embargo, se logró obtener una muestra representativa con el método de aire caliente.

Después de elegir el método que se utilizará en la deshidratación se tomaron en cuenta dos factores importantes, el tiempo de deshidratación en el microondas y el grado de maduración del fruto.



Figura 50. Muestra de aguacate representativa del método de aire caliente (Colección propia).

En la figura 50 se observa la muestra representativa del método de aire caliente, la cual conservó su color y tenía la textura esperada (seca y crujiente), se utilizó el cloruro de sodio (sal) como conservador a una concentración del 0.5% y se sumergió en esta solución durante 15 minutos antes de meterla al deshidratador, estando en ella durante 1 hora y 30 minutos a una temperatura de 32°C.

Para el método de deshidratación por microondas se tomó en cuenta el tiempo y la madurez del fruto al momento de realizar el procedimiento.



Figura 51. Muestra deshidratada por microondas en etapa verde de maduración. (Colección propia).

En la imagen 51 se observa una muestra de aguacate en la etapa de maduración verde deshidratada mediante microondas, se logra observar una buena conservación de color y

una consistencia crujiente, esta muestra fue sometida a 8 minutos de deshidratación, en un microondas con 60Hz y 700W.



Figura 52. Muestra deshidratada por microondas en etapa madura (Colección propia).

En la figura 52 se observa la muestra en etapa madura deshidrata en el microondas, se observa una buena coloración en las muestras y una consistencia adecuada, la muestra se deshidrato durante 8 minutos, sin embargo, al término de este tiempo se pudo observar la pérdida de aceite de la muestra, lo cual puede representar pérdida del antioxidante.



Figura 53. Muestra deshidratada por microondas en etapa madura apta para consumo (Colección propia).

En la figura 53, se observa la muestra deshidratada por microondas en etapa madura, apta para su consumo, se obtuvo una buena consistencia, sin embargo, la coloración se ve afectada, ya que se observa una coloración de tipo amarillo pálido y una perdida notoria del aceite del fruto, lo cual al igual que la muestra de la figura 34 puede presentar una pérdida de aceite esencial y puede presentar una pérdida del antioxidante.

Analizando los resultados anteriores se determinó que la mejor etapa para realizar la deshidratación es la etapa verde ya que, se conservó el color y la textura deseada y no se observó pérdida de aceite esencial.

6.3 Medición del tamaño de la muestra.

Después de determinar el tiempo de deshidratación, así como la etapa de maduración óptima, se procedió a realizar el mismo procedimiento, ahora midiendo las muestras en grosor, ancho y largo, para determinar si la deshidratación afectaba el tamaño de la muestra. Esta prueba se realizó de manera cuadruplicada con distintos aguacates y realizando 4 cortes por cada muestra, tomando las medidas antes y después de la deshidratación. Las siguientes tablas muestran los resultados que se obtuvieron:

- Aguacate 1

Tabla 4. Medidas tomadas del aguacate 1 con el vernier (Colección propia) L= Largo, A= Ancho, G= Grosor.

Muestra		Fresco (mm)	Deshidratado (mm)
a	L	48.1	39.6
	A	16	15.8
	G	1.5	1.5
b	L	67.9	58.6
	A	16	15.8
	G	1.7	1.2
c	L	70.0	61.2
	A	12.9	11
	G	1.5	1.3
d	L	81.4	64.9
	A	16.4	15.5
	G	1.7	1.2

- Aguacate 2.

Tabla 5. Medidas tomadas del aguacate 2 con el vernier (Colección propia) L= Largo, A= Ancho, G= Grosor.

Muestra		Fresco (mm)	Deshidratado (mm)
a	L	45.5	36.8
	A	13.1	9.5
	G	1.6	1.4
b	L	55.9	41.2
	A	20.1	13.3
	G	1.4	1.1
c	L	59.4	47.2
	A	15	13.3
	G	1.4	0.7
d	L	37.4	36.9
	A	14.4	9.6
	G	1.7	0.6

- Aguacate 3.

Tabla 6. Medidas tomadas del aguacate 3 con el vernier (Colección propia) L= Largo, A= Ancho, G= Grosor.

Muestra		Fresco (mm)	Deshidratado (mm)
a	L	55.0	45.0
	A	13.2	9.6
	G	0.9	0.1
b	L	39.7	31.5
	A	13.2	9.6
	G	1.5	1.3
c	L	58.0	46.9
	A	15.1	9.6
	G	1.6	1.0
d	L	51.7	35.5
	A	13.4	9.3
	G	1.4	1.1

- Aguacate 4.

Tabla 7. Medidas tomadas del aguacate 4 con el vernier (Colección propia) L= Largo, A= Ancho, G= Grosor

Muestra		Fresco (mm)	Deshidratado (mm)
a	L	69.6	56.2
	A	19.1	17
	G	1.5	1.3
b	L	76	62.5
	A	21.8	17
	G	2.3	1.3
c	L	72.2	63.2
	A	20.1	14.4
	G	1.2	1.1
d	L	45.9	31.5
	A	13.4	9.2
	G	1.5	1.5

Como resultado de las medidas tomadas, se puede observar que las medidas si se ven afectadas después de realizar la deshidratación, ya que se aprecia una disminución en las medidas de las muestras.

6.4 Materia seca

Para realizar la prueba de materia seca se metió la muestra al microondas por 4 minutos, tomando de manera previa el peso de la hoja y el peso de la muestra fresca, después de la deshidratación se procedió a tomar el peso de la muestra y

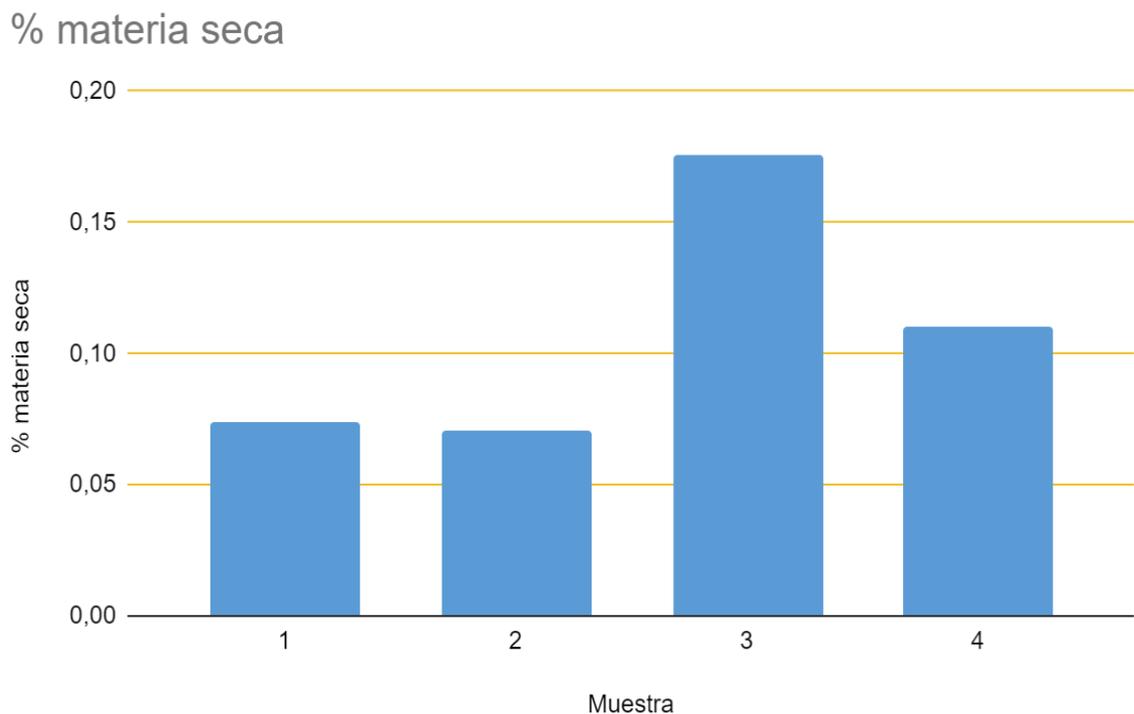
se realizaron los cálculos para obtener el peso neto de la muestra, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 8. Datos para determinar la materia seca (Colección propia).

Muestra	Peso de la hoja	Peso inicial	Peso final	% materia seca
1	1.12gr	5.21gr	1.51gr	0.074gr
2	1.10gr	5.03gr	1.46gr	0.071gr
3	1.17gr	5.71gr	2.18gr	0.176gr
4	1.14gr	5.77gr	1.78gr	0.110gr

Como se observa en la tabla 8 el peso de la muestra interfiere en el porcentaje de materia seca obtenido, de tal manera que se puede decir, a mayor peso de la muestra fresca mayor será el porcentaje de materia seca, como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica 1. Porcentaje de materia seca (Colección propia).



Como se observa en la gráfica 1 de barras, la muestra 3 y 4 son las de mayor porcentaje en materia seca al igual que son las muestras con mayor peso. Es decir, el peso está relacionado con el tamaño de la muestra y coincide que el peso de la fruta fresca da mayor porcentaje de materia seca.

6.5 Molienda

Después de realizar la toma de medidas y los cálculos para % de materia seca se procedió a realizar la molienda para posteriormente realizar la prueba de antioxidante con DPPH, la muestra utilizada fue tomada de manera aleatoria de las muestras anteriores, ya que fueron sometidas a las mismas características y con el mismo tiempo de maduración.

Se procedió a moler la muestra con un mortero, quedando la molienda como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 54. Muestra deshidratada molida en mortero (Colección propia).

Después de realizar la molienda se procedió a guardar la muestra en un frasco de vidrio para su conservación, como se muestra a continuación:



Figura 55. Muestra triturada con el mortero y guardada para su análisis posterior (Colección propia).

6.6 Evaluación Antioxidante

Para la evaluación antioxidante se utilizó el DPPH, el cual al estar el radical libre presenta una coloración morada y al encontrar el electrón faltante pasa a un color amarillo. El cambio de coloración se presenta en las fotografías 56 y 57.

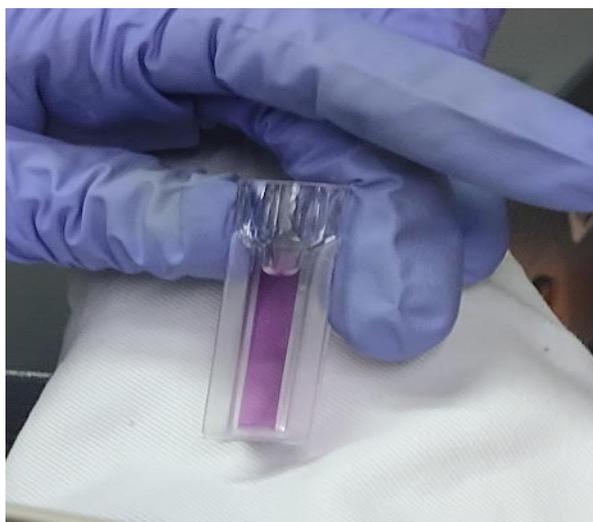


Figura 56. Muestra con el radical libre DPPH (Colección propia).

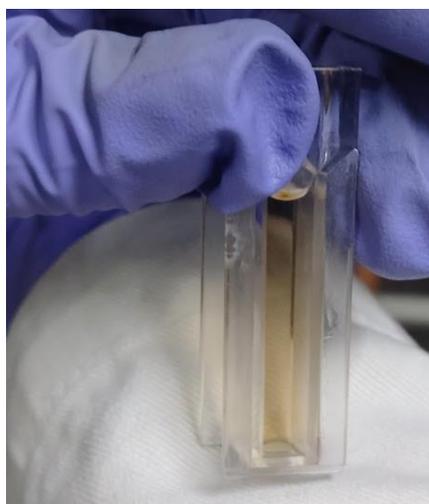


Figura 57. Muestra con el radical libre desactivado DPPH (Colección propia).

Para este análisis se utilizó la muestra fresca y seca estando ambas muestras en etapa verde y madura, utilizando concentraciones de 10, 100 y 1000 ppm.

6.7 Lectura de Absorbancia (A)

Una vez obtenidas las concentraciones deseadas, se procede a añadir el radical libre DPPH para realizar las lecturas en el espectrofotómetro, realizando las lecturas por triplicado. obteniendo los siguientes resultados:

- Blanco

Tabla 9. Lecturas sobre la absorbancia del blanco (Colección propia).

Muestra	1	2	3	Promedio
EtOH+DPPH	0.639	0.64	0.639	0.639

- Muestras

Tabla 10. Absorbancia de la actividad antioxidante del aguacate (Colección propia). Donde:

PAFV= Pesea Americano fresco verde

PASV= Persea Americano fresco verde

PAFM= Persea Americano fresco maduro

PASM= Persea Americano seco maduro

Absorbancia (A)							
Muestra	Concentración	1	2	3	Promedio de A	Desv. A	%Act. Antioxidante
PAFV	10 ppm	0.579	0.604	0.6	0.59	0.01	7.03
	100 ppm	0.642	0.649	0.549	0.61	0.05	4.06
	1000 ppm	0.305	0.3	0.357	0.32	0.03	49.84
PASV	10 ppm	0.657	0.655	0.588	0.63	0.03	0.93
	100 ppm	0.636	0.614	0.474	0.57	0.08	10.11
	1000 ppm	0.474	0.464	0.517	0.48	0.02	24.13
PAFM	10 ppm	0.577	0.577	0.657	0.60	0.04	5.57
	100 ppm	0.593	0.67	0.675	0,64	0.04	-1.04

	1000 ppm	0.459	0.459	0.446	0.45	0.00	28.88
PASM	10 ppm	0.602	0.595	0.602	0.59	0.00	6.20
	100 ppm	0.6	0.604	0.626	0.61	0.01	4.58
	1000 ppm	0.481	0.44	0.438	0.45	0.02	29.14
Q	10 ppm	0.119	0.12	0.1195	0.11	0.00	80.08
	100 ppm	0.061	0.062	0.0615	0.06	0.00	89.75
	1000 ppm	0.114	0.114	0.114	0.11	0	81

En la tabla 10 se observa los resultados obtenidos de las tres concentraciones utilizadas, así como el promedio de las lecturas obtenidas.

Se puede observar que, dentro de los resultados obtenidos, las muestras con mayor actividad son las de una concentración de 1000 ppm.

6.8 *Aspergillus fumigatus*

Después de la deshidratación se dejaron unas muestras representativas al exterior y unas muestras se colocaron en una bolsa de papel hermética para determinar un promedio de vida útil del aguacate deshidratado.



Figura 58. Muestra expuesta al aire libre (Colección propia).

En la fotografía 58 se observa la muestra expuesta al ambiente, presentó un crecimiento de *Aspergillus fumigatus* después de 6 meses, los cambios climáticos en este tiempo fueron variados.



Figura 59. Muestras de la bolsa de papel y el aguacate en resguardo (Colección propia).

En la fotografía 59 se observan las muestras que se resguardaron en la bolsa de papel no presentaron crecimiento de *Aspergillus fumigatus*, conservaron su textura y el color característico.

7. CONCLUSIÓN

Al llegar a la finalización del estudio se concluyó lo siguiente: después de llevarse a cabo la colecta del fruto en la localidad de Huitzilac en la huerta “La Ceiba” durante el mes Septiembre cuando el fruto se encontraba en etapa verde y madura.

Se realizó el lavado y desinfección de acuerdo a la norma NOM-066-FITO-1995.

Posteriormente se realizaron los estudios del corte donde se encontró que el mejor corte es de poco grosor, ya que al ser deshidratado se presenta una mejor textura y una mejor conservación del color.

Se llevaron a cabo estudios con los conservadores de aceite comestible, papel cera, benzoato de sodio, ácido cítrico, ácido ascórbico, bicarbonato de sodio, vinagre, limón y cloruro de sodio a las concentraciones de 0.5 y 1%, se observó la modificación de las características sensoriales y se determinó no utilizar conservador. Posteriormente, para llevar a cabo la deshidratación se realizó mediante deshidratación por microondas, colocando las muestras al inicio con un tiempo de deshidratación de minuto a minuto y tomando el peso, dejando como tiempo final al observar que ya había pérdida de peso, teniendo un tiempo promedio de deshidratación de 4 minutos (dependiendo de las características del microondas) mediante cortes tipo media luna de un grosor no mayor a 21mm.

De tal manera que se determina que el mejor método para la deshidratación del aguacate mediante radiación es el siguiente: colecta el material en estado verde, lavado y desinfección de acuerdo a la NOM-066-FITO-1995. Posteriormente realizar cortes tipo

media luna de 13-20 mm de grosor para llevar a cabo la deshidratación por radiación utilizando microondas con una potencia de 950 watts durante 4 minutos.

Una vez que se obtuvo el deshidratado se realizó la evaluación antioxidante mediante la metodología del radical libre con DPPH del fruto fresco y deshidratado a una concentración de 10, 100 y 1000 ppm encontrando que el fruto fresco tuvo una actividad mayor en el caso de la muestra verde en una concentración de 1000 ppm y en el caso del maduro presentó una actividad mayor en la concentración de 100ppm. En las muestras deshidratadas la mayor actividad se presentó en la concentración de 1000 ppm.

8. PERSPECTIVA

Es importante continuar con la investigación para realizar más estudios sobre su almacenamiento, el empaque para determinar fecha de caducidad y vida de anaquel. De esta manera podríamos brindar una opción de un alimento funcional o nutracéutico al alcance de todos.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. Arencibia Rivero T. Aditivos alimentarios. Recuperado el 12 de marzo de 2023 de https://hospifood.com/jornadas/docs/20170126171914_aditivos_alimentarios_ole.pdf
2. Amortegui F.A. (2001). El cultivo del aguacate. Recuperado el 10 de agosto de 2023 de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El%20cultivo%20del%20aguacate.pdf>
3. Barrientos Priego A.F. López López L. Historia y Genética del aguacate. Recuperado el 23 de septiembre de 2022, de http://209.143.153.251/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_100-121.pdf
4. Biruete Guzmán A, Juárez Hernandez E, Sieiro Ortega E, Romero Viruegas R, Silecio Barrita JL. (2009) Los nutraceuticos. Lo que conviene saber. Revista Mexicana de Pediatría. Vol. 76. (3). pp 136-145.
5. Bozalongo Rodríguez T. (2021) Planta de Deshidratación y Liofilización de Alimentos. Tesis de Maestría. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.
6. Carvalho C.P. Velasquez M.A. Van Rooyen Z. (2015) Porcentaje mínimo de materia seca para una cosecha adecuada del aguacate cv. "Hass" en Colombia. Recuperado el 28 de mayo de 2023 de https://www.avocadosource.com/WAC8/Section_05/CarvalhoCP2015.pdf
7. Castañeda Gonzáles E.L. (2003) Control Químico de Trips en Aguacate CV. Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Núm V. Recuperado el 5 de Marzo de 2023 de http://209.143.153.251/WAC5/Papers/WAC5_p473.pdf .pp 473-475.
8. Coria Avalos V.M. Ayala Sánchez A. (2010). Manejo de ácaros del aguacate en México. Núm 20. Recuperado el 7 de marzo de 2023 de https://www.researchgate.net/profile/Ayala-Alejandro/publication/280769003_MANEJO_DE_ACAROS_DEL_AGUACATE_EN_MEXICO/links/55c57d3008aeb9756741f6b4/MANEJO-DE-ACAROS-DEL-AGUACATE-EN-MEXICO.pdf
9. Dominguez V. (2014) Estudio biofarmaceutico de flavonas isoprenilicas antiinflamatorias libre y vehiculadas en sistemas nanoestructurados para la aplicación tópica. Universitat de Barcelona.
10. Dorta E. Méndez C. (2021). Método rápido para la determinación de materia seca CODEX (1995). CODEX STAN 197-1995. Recuperado el 28 de mayo de 2023 de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/marco/Codex_Alimentarius/normativa/codex/stan/197-1995.PDF
11. Ene. Mar 2015 Evaluación de la técnica 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Recuperado el 24 de junio de 2023 de

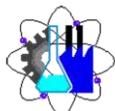
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008

12. García Alvarez M.E. (2008). El aguacate (*Persea Americana Miller*) Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Vol. 25 (2) pp. 66-67.
13. García Martínez E. Fernández Segovia I. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Recuperado el 28 de mayo de 2023 de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>
14. Jimenez M. E. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. Revista de la sociedad Química de México. Vol. 45 (2). Recuperado el 28 de mayo de 2023 de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932001000200009
15. Kedare S.B. (2011). Génesis y desarrollo del método DPPH de ensayo de antioxidantes. Recuperado el 12 de junio de 2023 de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-011-0251-1>
16. Leonard Pérez Heidy. (2006). Nutracéuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vol XL.(3). pp. 20-28.
17. Lina Salazar C. León Rua A. (2012). Características morfológicas microscópicas de *Aspergillus* asociadas a infecciones en humanos. Universidad de Antioquia. pp 93-96.
18. Loaiza Chulli K.P. López Armijos M. E. (2013). Elaboración de una salsa a base de pulpa de aguacate, variación Hass y su proyección a nivel mundial. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
19. Ochoa Reyes E. Ornelas Paz J.J (2012). Tecnología de Deshidratación para la Preservación de Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) Vol. XV (2). Recuperado el 12 de marzo de 2023 de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/148/140>
20. Paul Latge J. (1999). *Aspergillus fumigatus* y Aspergilosis. Clinical Microbiology Reviews. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/CMR.12.2.310>
21. Pérez de los Cobos Agüero R. (2012) Crecimiento y maduración del fruto en aguacate (*Persea Americana Mill*) CV Hass. Tesis de Licenciatura. Universidad de Almería.
22. Porras Atención O. O. (2018) Manual de análisis químico e instrumental. Técnicas de análisis fisicoquímico. pp. 5-6. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://unipaz.edu.co/assets/14.manual-de-analisis-fisico-tomo-ii.pdf>
23. Procuraduría Federal del Consumidor (2021). Para aguacate los de México. Procuraduría Federal del Consumidor. Recuperado el 8 de marzo de 2023 de <https://www.gob.mx/profec/documentos/para-aguacates-los-de-mexico?state=published#:~:text=Su%20consumo%20anual%20por%20habitante%20es%20de%208.1%20kg>

24. San Martín M. E. Avances de investigación en nanociencias, micro y nanotecnologías. Vol. 2. (2020). Recuperado el 27 de junio de 2023 de https://www.google.com.mx/books/edition/Avances_de_investigaci%C3%B3n_en_Nanociencia/rwclEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estructura+del+radical+dpph&pg=PA37&printsec=frontcover
25. Tovar D R J (2013). Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecorregión cafetera. Tesis de grado licenciatura. Universidad tecnológica de Pereira.
26. Trinidad Ángel E. (2017). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Núm 19. Recuperado el 3 de Marzo de 2023 de, <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/664/523> , pp 3953-3964.
27. Vasquez de Plata G. La Contaminación de los Alimentos, un problema por resolver. pp.48-57. Recuperado el 15 de marzo de 2023 de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/728/1014>
28. Villanueva M. Verti S. (2007) Libro: El aguacate: Oro Verde de México, Orgullo de Michoacán. Recuperado el 8 de febrero de 2023, de <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/5c-234.pdf>



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT

SGI certificado en la norma ISO 9001:2015 e ISO 21001:2018

Gestión Académica.

Jefaturas de Programa Educativo.

FORMA T-4A

NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 15 de febrero de 2024

DRA. MARÍA LUISA DEL CARMEN GARDUÑO RAMÍREZ

DRA. VALERI DOMÍNGUEZ VILLEGAS

DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA

MTRA. MARÍA DEL CARMEN PÉREZ REDONDO

Q.I. MAYRA SÁNCHEZ ALANÍS

P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designadas integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de **TESIS** titulada:

ESTUDIO COMPARATIVO DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE AGUACATE (*Persea americana* Mill) FRESCO VS. DESHIDRATADO CULTIVADO EN EL ESTADO DE MORELOS.

Que presenta la **C. EVELYN ROJAS GUADARRAMA**

Dirigido por: **DRA. VALERI DOMÍNGUEZ VILLEGAS**

Del programa educativo de: **QUÍMICO INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**

Para obtener el grado académico de: **LICENCIATURA EN QUÍMICO INDUSTRIAL**

ATENTAMENTE

Por una humanidad culta

Se anexa firma electrónica

MTRA. ANGÉLICA GALINDO FLORES

DIRECTORA INTERINA DE LA FCQel

D I C T A M E N

MTRA. ANGÉLICA GALINDO FLORES

DIRECTORA INTERINA DE LA FCQel

P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE
APROBATORIO	DRA. MARÍA LUISA DEL CARMEN GARDUÑO RAMÍREZ
APROBATORIO	DRA. VALERI DOMÍNGUEZ VILLEGAS
APROBATORIO	DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA
APROBATORIO	MTRA. MARÍA DEL CARMEN PÉREZ REDONDO
APROBATORIO	Q.I. MAYRA SÁNCHEZ ALANÍS

Se anexan firmas electrónicas de cada revisor, en las cuáles se incluye la fecha y hora que se ha emitido el voto aprobatorio.

AGF/dco





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ANGELICA GALINDO FLORES | Fecha:2024-02-15 12:47:23 | Firmante

ULxVLI5eJgaQt9o8j4/mDCoKAIArFYT1vQ8zVRWQiXf7EaE9Ae80WP1s8i4Gxa0OuMUev9xp5FlkHR7zKkenelzY/Ssi0locQ87uuqh4IGRXVqX1zOaXgc5pMIPLK+2ULp28kWvFF
dl1IOQESjkf1W111E2eFibZGklq5JDBtE2KBAFTYvGdsrikfS8QgtxZnJGiskscDzOr0qUcxqC8E5Zl6wscnQTaj+4X3R+Q6U4wGBRMhAA33trspKuljBAps6XLkJ8ouz7NytzxWCsiYTI
fw2D3w2iee1Z1iwPqo7QUtctdTO0jjw39h4LNTaBaSZ1tes3BfTezDQxVOqzpBw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[a2ydvejVg](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/suowdancTMola3pugZkEG90Uzdr852Nn>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MAYRA SANCHEZ ALANIS | Fecha:2024-04-17 19:13:15 | FIRMANTE

AaCKYCXTEfP0/Zv2AUarxuvDDC0d0WbRO/31C27wQJvg5Kam8GFsmh5MxP6U9j8wlinuZ2W0bKBpea7PZkZ04SUFnitVPZkmcpsj2JezAZaHQsHI/szQsVn1VubxBr22jz4FysW84eNDYoQS47B6lHHwqb1t16GhZQAFYM/6QRY4H3FOnMqngFyIUMbFECT2NdUL3BjVHwroorSwDQ4B9Z4ELDQXtoL25owY+gc24vezuRqD+k19gy5VQ5dDjZp5Nwejo4RwF6cT0k/m4knLjBpK5WJOMDS8ZhwSgs1Gr5wLcG7t2PGr5uWVjsu+uG/3CpCEoESra1utgD6qEQA==

VALERI DOMINGUEZ VILLEGAS | Fecha:2024-04-18 08:48:33 | FIRMANTE

wA+z9kiXoG1kef6D6vEKZRV+tKDBr+PKcpE25suF0yy8DgL/UEs0pP9Oj7HoXHCidsvFb72jIYW+/4nMmnwx60R4BSkmPPOvUoklbaNYrXiX4BR+pBIOvlztnjbg7UxxMPmO9yR5HR2rYjSyjRChLHd+QmM0/Uzoi0vzURzeuSF8EQ0HOSRxpEaLpyLpbt5K01Bss6XdAxfapoyc0CwWLLJ98yt5AZiSjLflx4VIWq0P2TR9AgizYCHsDUMBtxE2bgjCwY+5oJ7DFsHFm8xm9gM5PcCg9qjM3eGU9ULs+DFK4s8Rh6oSxvSJDdTSF8gK+6OIoTV8RLer6Jg8he7A==

MARIA LUISA DEL CARMEN GARDUÑO RAMIREZ | Fecha:2024-04-23 10:26:59 | FIRMANTE

f9MFcoqCoV7QLsG7N8wJiXX8+MTF7sbkYnYNaGLoM5Qmdf4wKuuZqpRziLgVWM6ypKneEqpa3FAyLoq/1LRg6XNjyCnnxyb3ms7wYsqEsNPrerwmz3yUr9yFAHAIFsBxgN2i2SNash1k6+60/Up9oEsLlbu/12Z4wCqpnD9sfcqx/L2y8rNEMvC+UIDt3SNjRE9Dq4t9X8YCSA/1Zvlbl/SHNpbw9gL+xVuo03LJjPA3osrMkV59zR/rITzsCvGdk2ghv2MDQV+fgpcEXwpT7cMrm5mB3WGLGX+mZ6e2k1uHyFi+rQ/U2TSyFPG3v1tedzQWw5CN0wXutJMLPdww==

MARIA DEL CARMEN PEREZ REDONDO | Fecha:2024-05-03 10:33:34 | FIRMANTE

AB9BntvqR4bftqyOjjiMKKxYHFCQtdUC4b4bArnxEnmbI2e0LOikm5C5fm968mPOHT48ujhMs+stUu0q3YnY+4KGmASRmKU5wwouBl6oyX+hfcqHNgcGCPuuCG+MjsA3GTUly84RLISVqWgAk+Mbt6KDF2uDcPu6zFR2B8Z/vk/0pymFk/R6d12SURSOZolbJAISjWR2lqotJXdfuUI6V7XplbYK02PK1M1w9k12Y50GuO5leU4UcPuiIzvcvPiLmQ7oulT75Dylq+ZYIZ5KX7IVWYhk7soWGRwKnqW371XEF3t5sdKTPtB0DIRpqlA+OqmEcT1nXlfn4Yodif7gww==

JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA | Fecha:2024-05-05 15:23:34 | FIRMANTE

mjcYo3BC7x825bdO//ERdpd1920ueijQd6EsSTOSlcsR4/InadSCQK3us7ZuFvFGUgZlbedDi4a/KwjMGpDHLhT/n7ERdUHq/Rdknk6o7xH12y5+zVl0mAqLtpvSBjHTZHCHJVeWbTAzdy50kgr123jqudLvW2HrQfi2baSRrV9ziqVREtDBA8QDSnODqxi1a72/0hd2z7hLQvPwCNg+rg7vhTnj/n8GI+vCh/53wlvC6BOnsBLWEpyYwKSeoVa28/r04gOu1Uy9Ge5Jd56/CkEgVru5WEWm0isNfz+yIBoitsZ/S6cDzsO61K7IKtxF0BmZm5k85MEeeAmj4XA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



7PUTgui5f

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hi7SVWCfhqoY4TbkuANjZH5ETdlvWhKx>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029