



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS CÓRDOBA**

**PROGRAMA DE POSTGRADO EN INNOVACIÓN  
AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE**

**COMPARACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ÓPTICA, DIAGNÓSTICO Y  
PREFERENCIA DE FRUTOS DE AGUACATE HASS (*Persea  
americana* Hass) DE REGIONES PRODUCTORAS DE  
CALCAHUALCO, VERACRUZ, MÉXICO**

**ING. RUBÉN PERALTA HERNÁNDEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO**

**2019**

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Rebén Peralta Hernández, Alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del profesor(a) Dr. Francisco Hernández Rosas por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Comparación físico-química y óptica, diagnóstico y preferencia de frutos de Aguacate Hass (Persea Americana Hass) de regiones productoras de Calcahualco, Ver., México. Y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Profesor Consejero(a) o Director(a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Amatlán de los Reyes, Veracruz a 18 de Febrero de 2019



Firma



Vo.Bo. del Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis, titulada: **Comparación fisicoquímica y óptica, diagnóstico y preferencia de frutos de aguacate Hass (*Persea americana* Hass) de regiones productoras de Calcahualco, Veracruz, México**, realizada por el alumno: **Rubén Peralta Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

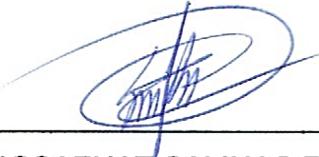
MAESTRO EN CIENCIAS  
INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. FRANCISCO HERNÁNDEZ ROSAS

ASESOR:   
DR. ALFREDO CRUZ OREA

ASESOR:   
DRA. KATIA A. FIGUEROA RODRÍGUEZ

ASESOR:   
DR. JOSAFHAT SALINAS RUIZ

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, febrero de 2019

COMPARACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ÓPTICA, DIAGNÓSTICO Y PREFERENCIA  
DE FRUTOS DE AGUACATE HASS (*Persea americana* Hass) DE REGIONES  
PRODUCTORAS DE CALCAHUALCO, VERACRUZ, MÉXICO

Rubén Peralta Hernández, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2019

**RESUMEN**

El aguacate Hass (*Persea americana* Hass) es una fruta popular en la comida mexicana, cuenta con innumerables beneficios para la salud y es utilizado como complemento alimenticio. El aguacate Hass tiene su mayor producción mundial en México, en el estado de Michoacán. En el estado de Veracruz la producción de aguacate Hass se ha venido incrementando en los últimos años. En el presente trabajo se realiza una comparación entre frutos de aguacate Hass de los estados de Michoacán y Veracruz. Se utilizaron tres estados de maduración: verde, sazón y maduro, en tres componentes del fruto: cáscara, pulpa y semilla. Al realizar un diagnóstico mediante una encuesta a las parcelas de un grupo de productores de 4 comunidades de Calcahualco en el estado de Veracruz, se observa que las parcelas son heterogéneas entre sí. Los rendimientos de producción y el manejo agronómico de las parcelas en el estado de Veracruz se encuentran aún lejos de las parcelas de Michoacán. Un estudio en la zona centro del estado de Veracruz a consumidores de aguacate Hass demuestra que el producto producido en el estado de Veracruz es poco conocido y uno de los principales factores de compra es el precio sobre la calidad de fruto. Una comparación entre estos frutos mediante técnicas físicas como color, textura y humedad demostró que el color de los frutos de Michoacán es homogéneo durante su maduración, a diferencia de lo frutos del estado de Veracruz. Mientras el fruto se encuentre en un estado de maduración más alto, la resistencia a la penetración y punción es similar en ambas muestras. Como parte final de este trabajo se realizó un estudio de espectroscopía fotoacústica. En una celda fotoacústica cerrada las ondas térmicas generadas por luz alcanzan la superficie de la muestra causando calentamiento y enfriamiento. Debido a que el volumen del gas existente en la celda fotoacústica es constante, tales expansiones y contracciones dan lugar a una onda acústica captada por un micrófono. Las señales captadas cuentan con una longitud de onda específica para cada propiedad funcional y nutricional en alimentos o materiales. Los resultados mostraron que en el estado de Veracruz se producen frutos de calidad, no obstante la implementación de un paquete tecnológico en la región aguacatera de Veracruz es necesaria para que la producción de este fruto sea uniforme y se asemeje a la calidad de los frutos producidos en el estado de Michoacán, los cuales mostraron absorbancias ópticas mayores con respecto a los frutos de Veracruz.

**Palabras clave:** *Persea americana*, espectroscopía fotoacústica, absorbancia óptica, propiedades nutricionales.

PHYSICOCHEMICAL AND OPTICAL COMPARISON, DIAGNOSIS AND PREFERENCE OF HASS AVOCADO FRUITS (*Persea americana* Hass) FROM CALCAHUALCO, VERACRUZ PRODUCTION REGIONS.

Rubén Peralta Hernández, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2019

**ABSTRACT**

The Hass avocado (*Persea americana* Hass) is a popular fruit in Mexican food, has countless health benefits and is used as a food supplement. The Hass avocado has its largest global production in Mexico, in the state of Michoacán. In the state of Veracruz Hass avocado production has been increasing in recent years. In the present work, a comparison is made between Hass avocado fruits from the states of Michoacán and Veracruz. Three stages of maturation were used: green, ripe and mature, in three components of the fruit: shell, pulp and seed. When making a diagnosis through a survey of the plots of a group of producers from 4 communities of Calcahualco in the state of Veracruz, it is observed that the plots are heterogeneous among themselves. Production yields and agronomic management of the plots in the state of Veracruz are still far from the Michoacán plots. A study in the central area of the state of Veracruz to consumers of avocado Hass shows that the product produced in the state of Veracruz is little known and one of the main factors of purchase is the price on fruit quality. A comparison between these fruits by physical techniques such as color, texture and humidity showed that the color of the fruits of Michoacán is homogeneous during its maturation, unlike the fruits of the state of Veracruz. While the fruit is in a state of higher maturity, the resistance to penetration and puncture is similar in both samples. As a final part of this work, a photoacoustic spectroscopy study was carried out. In a closed photoacoustic cell the thermal waves generated by light reach the surface of the sample causing heating and cooling. Because the volume of the gas in the photoacoustic cell is constant, such expansions and contractions give rise to an acoustic wave picked up by a microphone. The signals collected have a specific wavelength for each functional and nutritional property in food or materials. The results showed that quality fruits are produced in the state of Veracruz, although the implementation of a technological package in the Veracruz avocado region is necessary so that the production of this fruit is uniform and resembles the quality of the fruits produced. in the state of Michoacán, which showed greater optical absorbances with respect to the fruits of Veracruz.

**Key words:** *Persea americana*, photoacoustic spectroscopy, optical absorbance, nutritional properties.

## DEDICATORIA

A **Dios** que me acompaña y siempre me levanta de mis continuos tropiezos para seguir adelante y poder sonreír ante mis logros, dándome cuenta de que los retos que colocas frente a mí me sirven para mejorar como ser humano.

Especialmente a mi padre **Miguel Ángel Peralta Peralta**, quien a pesar de no estar a mi lado desde mi mayoría de edad, sé que me está apoyando y guiando desde el cielo.

Con amor y admiración a mi madre **Aldegunda Hernández Marín**, mis hermanos **Olimpia, Reyna, José Antonio y Miguelina Peralta Hernández**, quienes me han forjado como la persona que soy en la actualidad, tengan en cuenta que todos mis logros son de ustedes también. Quienes durante toda mi vida me han motivado, aconsejado y arropado con gran amor y entusiasmo.

A mi compañera de vida **Montserrat Montiel Rosas**, muchas gracias por siempre estar siempre a mi lado, siempre demostrando el gran amor que me tienes, gracias por siempre dibujar una sonrisa en mi corazón, especialmente en los momentos difíciles. Te amo.

A los **ciudadanos Mexicanos** que permiten la generación de becas y estímulos que a través de sus impuestos y por medio del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** y el **Colegio de Postgraduados Campus Córdoba**, han financiado parte de mi formación profesional.

*“Porque el amor y la amistad son dos de los sentimientos más hondos que puede experimentar el ser humano.”*

*Anónimo*

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico brindado durante mi estudio de posgrado con el número de registro 814602.

Al **Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba**, al **Departamento de Física en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)** y a la **Asociación Aguacateros del Citlaltépetl, S. P. R. de R. L. de C. V.** especialmente a **Don Agustín** por abrirme las puertas de su casa, **Sosimo, Silvano y Adolfo**, por permitirme realizar este proyecto en sus instalaciones y parcelas, así como brindar los servicios esenciales para realizar el presente trabajo.

A mi **Consejo Particular**, gracias por aceptar guiarme y aconsejarme durante el camino de este trabajo. Al **Dr. Alfredo** por recibirme siempre con una sonrisa y explicarme de la forma más fácil parte de sus conocimientos. Al **Dr. Josafhat** gracias por la paciencia durante el proceso de mis análisis estadísticos. A la **Dr. Katia** por el apoyo y consejos que me sirvieron para poner los pies en la tierra.

Y gracias muy especiales y de corazón al **Dr. Francisco**, simplemente gracias por haberme aceptado y confiar en mí. Sé que fui un reto, espero no haberlo defraudado.

A mis amigos **Blas, Jonathan, Ismael, Cecilio, Abel**, así como a mis compañeros de maestría **Hyllenne, Xóchitl, Héctor y Vianey** que nunca me dejaron solo y siempre tuvieron un consejo y palabras de aliento para no dejarme caer. Agradecer a mis compañeros de laboratorio, por sus múltiples sonrisas, regaños y sabios consejos **maestra Rosario, maestra Gloria, maestra Marisol, Nadia**. Así como a quienes considero *muy buenos amigos* **Pedro, David, José y Gael**, muchas gracias por alegrarme siempre con sus consejos, chistes y comentarios.

A **Paulina** por su importante ayuda en el desarrollo de los análisis físicos aplicados a las muestras de aguacate.

A mis compañeros de la estancia en **CINVESTAV Margarita, Sindy, Lilia y Marcos**, gracias por el apoyo, las sonrisas y la amistad.

*“El agradecimiento es la memoria del corazón.”*

*Lao T*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
2. OBJETIVOS .....	4
2.1 General: .....	4
2.2 Específicos: .....	4
3. HIPÓTESIS .....	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1 Taxonomía de Aguacate .....	5
4.2 Anatomía de Aguacate .....	6
4.3 Características principales del aguacate .....	6
4.4 Parámetros de Calidad de Aguacate para Comercialización .....	8
4.4.1 Definiciones .....	8
4.4.2 Designación y clasificación del producto con base en la norma NMX-FF-016-SCFI-2016 .....	9
4.4.3 especificaciones de acuerdo con la NMX-FF-016-SCFI-2016 .....	10
4.5 Análisis de aguacate Hass mediante técnicas destructivas .....	12
4.5 Las técnicas fototérmicas .....	13
4.6 Espectroscopía Fotoacústica .....	14
4.7 Espectroscopia fotoacústica a celda cerrada .....	16
4.8 APORTACIÓN A LA INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA .....	16
5. JUSTIFICACIÓN .....	17
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE HUERTAS EN CALCAHUALCO .....	20
1.1 INTRODUCCIÓN .....	20
1.2 MATERIALES Y METODOS .....	21
1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
1.4 CONCLUSIÓN .....	26
1.5 LITERATURA CITADA CAPÍTULO I .....	26
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE PREFERENCIA DE FRUTOS DE AGUACATE HASS EN TRES MUNICIPIOS DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ .....	27
2.1 INTRODUCCIÓN .....	27

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
2.4 CONCLUSIÓN.....	39
2.5 LITERATURA CITADA CAPÍTULO II.....	40
CAPÍTULO III. COMPARACIÓN DE FRUTOS DE AGUACATE HASS ( <i>Persea americana</i> Hass) DE CALCAHUALCO, VERACRUZ Y MICHOACÁN MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOS.....	
3.1 INTRODUCCIÓN.....	41
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.3 Análisis físicos .....	45
3.3.1 Color.....	45
3.3.2 Textura .....	46
3.3.3 Humedad.....	47
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
3.4.1 COLOR .....	48
3.4.2 TEXTURA .....	52
3.4.3 HUMEDAD .....	53
3.5 CONCLUSIÓN.....	54
3.6 LITERATURA CITADA CAPÍTULO III.....	54
CAPÍTULO IV. ESPECTROS DE ABSORCIÓN ÓPTICOS RELACIONADOS CON LA MADUREZ DE LA CÁSCARA, PULPA Y SEMILLA DE AGUACATE HASS (Revista: FOOD BIOPHYSICS).....	
4.1 RESUMEN.....	56
4.2 INTRODUCCIÓN.....	56
4.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	61
4.5 CONCLUSIONES .....	72
4.6 AGRADECIMIENTOS.....	73
4.7 LITERATURA CITADA CAPÍTULO IV .....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	
1. CONCLUSIONES .....	75
2. RECOMENDACIONES.....	76
ANEXOS .....	77

A1. Encuesta diagnóstico para productores de la Asociación Aguacateros del Citlaltepetl SPR de RL de CV .....	77
A2. Instrumento de conocimiento y preferencias de aguacate en la zona centro del estado de Veracruz. ....	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutrimental de aguacate Hass crudo, (USDA, 2018) .....	7
Tabla 2. Especificaciones de calibre de acuerdo con NMX-FF-016-SCFI-2016 ..	12
Tabla 3. Principales municipios productores de aguacate Hass en Michoacán, a Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV) a la que pertenecen, así como la superficie total y la superficie total sembrada en hectáreas. Modificación de Burgos <i>et al.</i> (2012). ....	24
Tabla 4. Análisis de modelos logísticos generalizados en las características que definen la calidad en aguacate (Distrito Federal, hoy Ciudad de México) Pr> Ji-cuadrada.....	38
Tabla 5. Medición de color en rangos a*, b* y L de muestras de aguacate verdes y maduras en componentes de cáscara y pulpa. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ), $\mu \pm$ error estándar .....	49
Tabla 6. Textura de penetración y punción en muestras de aguacate Hass verde y maduro, en cáscara y pulpa. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ), $\mu \pm$ error estándar .....	52
Tabla 7. Fuerzas máximas de penetración y parámetros del impacto en frutos de aguacate variedad Hass (Correa <i>et al.</i> , 1995) .....	52
Tabla 8. Humedad perdida en muestras de aguacate de pulpa madura. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ), $\mu \pm$ error estándar .....	53
Tabla 9. Calibre de aguacate Hass .....	58
Tabla 10. Parámetros edafoclimáticos de Veracruz y Michoacán [36, 37].....	58
Tabla 11. Espectros de absorción ópticos de frutos verdes de aguacate Hass de cáscara, pulpa y semilla de Michoacán vs Veracruz .....	61
Tabla 12. Espectros de absorción ópticos de frutos de aguacate Hass en estado de maduración sazón de Michoacán vs Veracruz. ....	66

Tabla 13. Espectros de absorción ópticos de frutos de aguacate Hass en estado de maduración maduro de Michoacán vs Veracruz.....	70
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía de Aguacate modificado de Cummings y Schroeder, (1942)..	6
Figura 2. Efecto fototérmico (Marín, 2008).....	13
Figura 3. Esquema de una celda foto acústica (Marín, 2008).....	16
Figura 4. Relación de productores entre comunidad y cantidad total de árboles sembrados de aguacate Hass en el municipio de Calcahualco, Veracruz. ....	23
Figura 5. Relación de productores entre comunidad y cantidad total de árboles que se encuentran en producción de frutos de aguacate Hass en el municipio de Calcahualco, Veracruz.....	24
Figura 6. Relación de productores entre comunidad y edad actual de los árboles sembrados y en producción de frutos de aguacate Hass en Calcahualco, Veracruz. ....	26
Figura 7. Número de consumidores encuestados de tres municipios que compran frutos de aguacate Hass.....	29
Figura 8. Número total de personas que compran aguacate Hass y frecuencia de adquisición de este fruto.....	30
Figura 9. Número de consumidores y el estado dónde se piensa que se produce el aguacate Hass en México. ....	31
Figura 10. Número de personas que dicen conocer el aguacate Hass producido en el estado de Veracruz.....	32
Figura 11. Personas encuestadas para conocer como consideran la calidad del aguacate Hass producido en el estado de Veracruz con respecto a otros estados. ....	34
Figura 12. Número de productores que indican que color prefieren o buscan o prefieren al elegir un aguacate Hass. ....	35
Figura 13. Color de acuerdo el estado de maduración del aguacate (PortalFruticola, 2018). ....	36

Figura 14. Número de personas en relación con el principal factor utilizado para la compra y selección de aguacate Hass, enumerando como 1 el principal factor y 6 el menor. ....	37
Figura 15 . Localización de municipios de Michoacán y Veracruz de donde se obtuvieron muestras de frutos de aguacate.....	45
Figura 16. Colorímetro Konica Minolta® CR-400 .....	46
Figura 17. Escala CIELAB.....	46
Figura 18. Análisis de textura de frutos de aguacates Hass en estado de maduración verdes. ....	47
Figura 19. Termobalanza Ohaus.....	47
Figura 20. Colocación de la muestra sobre un plato de aluminio en la termobalanza, funcionamiento bajo el programa paso a paso. ....	48
Figura 21. Localización de los puntos resultantes de las muestras de frutos de aguacate de Michoacán y Veracruz, de acuerdo con los análisis de color en el espacio CIEL*A*B*.....	50
Figura 22. Cinética de IM (índice de madurez) para varias fincas de Antioquia durante madurez de consumo (MC) (Henaó-Rojas, 2016).....	51
Figura 23. Fruto de aguacate Hass y las partes que lo componen de muestras de campo [imagen propia]. ....	59
Figura 24. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm.....	63
Figura 25. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos sazón de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm.....	64
Figura 26. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos maduros aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm.....	65
Figura 27. Cinética de la formación de color de semilla de aguacate. Análisis espectrofotométrico de semilla de aguacate Hass a una $\lambda_{\text{máx}}$ a 480 nm [13] .....	72

## INTRODUCCIÓN GENERAL

México es uno de los países con amplia diversidad de tipos de aguacate y existen en el país al menos 20 diferentes especies relacionadas. Esta gran variabilidad se debe a diferentes condiciones ambientales presentes a lo largo y ancho del territorio nacional (Colín *et al.*, 1998). Con una producción histórica de un millón 997.629 toneladas en 2017, México se consolida como el principal productor de aguacate Hass. La producción de aguacate Hass tiene presencia en mercados de Europa, Asia, Australia, así como en Norte, Centro y Sudamérica, por más de 2,710 millones de dólares de enero a noviembre del año pasado (Martínez, 2018).

El fruto de aguacate en sus diferentes variedades existentes, cuanta con una producción desde antes de la conquista y la variedad Hass, cuya variedad es la más comercial de todas, muestra un crecimiento constante al día a día en la variedad Hass. México se encuentra en el primer lugar mundial en producción de aguacate Hass con 1,520,695 toneladas, superando en más de 1000 toneladas al segundo lugar que es República Dominicana con 428, 301 toneladas. Michoacán es el estado con mayor producción nacional con cerca de un 78% de la producción total en el país (SIAP, 2017). De acuerdo con Anguiano *et al.*, (2007) la caracterización edafoclimática presente en el estado de Michoacán, hace de este estado el principal productor debido a las condiciones agroambientales prevalecientes en la región productora de aguacate Hass. Estas condiciones propician un desarrollo favorable del árbol y la obtención de este fruto prácticamente todo el año. Destacan tres tipos de climas: (A)C(w2)(w) con 32.5% reconocido como semicálido subhúmedo con lluvias en verano el más húmedo con una altitud de 1,600 a 1,800 msnm. (A)C(w1)(w) con un 25% llamado semicálido subhúmedo intermedio en humedad con lluvias en verano y una altitud de 1,200 a 1600 msnm. C(w2)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano el más húmedo con una altitud de 1,900 a 2,300 msnm. Con referencia a la temperatura media anual, el rango varía de 11 a 27 °C; la mayor superficie (78.5%) se encuentra entre 15 y 19 °C. Con relación a la precipitación, el 64% de la superficie recibe entre 1050 y 1150 mm de lluvia al año (Anguiano-Contreras *et al.*, 2003). En comparación con la zona centro del estado de Veracruz, específicamente el municipio de Calchahuaco y sus localidades estudiadas, cuenta con condiciones muy similares, precipitación de 1148

mm, temperatura de 16.9 °C y altitud entre 1780 a 2100 msnm (Hernández-Arias, 2016).

La creciente producción de aguacate Hass en el estado de Veracruz ha hecho que el aguacate se posicione año con año. Calcahualco está dentro de los 3 primeros lugares en producción del estado de Veracruz con un rendimiento de producción obtenida de 506 ton, solo por debajo de Coscomatepec con 1444 ton obtenidas y Altotonga con 1403.6 ton obtenidas, primero y segundo lugar en producción del estado respectivamente (OEIDRUS, 2016). La producción y comercialización de aguacate en el estado de Veracruz es menor al de otros estados debido a que no se encuentra dentro de los 10 primeros lugares de producción de este fruto a nivel nacional (SIAP, 2017).

En México la producción de aguacate Hass se encuentra presente en 28 estados de la república mexicana, liderados por Michoacán y Jalisco en primero y segundo lugar, respectivamente. En cambio Veracruz ocupa el lugar 11 con aguacate variedad Hass donde se presume que la calidad nutricional está a la par con la calidad de los estados con mayor producción. De acuerdo a estudios fisicoquímicos de pulpa, cáscara y semilla de fruto de aguacate este cuenta con infinidad de propiedades benéficas y nutricionales como lo son: calorías, carbohidratos, aminoácidos esenciales: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina, tirosina, arginina e histidina, los cuales al combinarse forman proteínas simples; aceites: palmítico, palmitoleico, estereárico, oleico, linoleico, linolénico, araquidónico, fibra, ácidos grasos: saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, vitaminas: A, C, D, E, K, B1, B2, B6, niacina, ácido pantoténico, biotina, ácido fólico, minerales: calcio, hierro, fósforo, cobre, magnesio, manganeso, sodio, potasio (Araújo *et al.*, 2018; Tovar, 2003).

De acuerdo con los métodos fisicoquímicos utilizados para el análisis de los componentes del fruto de aguacate como de otros alimentos, se reporta a la cromatografía de gases y líquida, donde se utilizan disolventes como metanol, hexano, entre otros. Sin embargo, esta técnica requiere una preparación de la muestra laboriosa y costosa, además de requerir columnas especiales. Otro ejemplo es cuando se requiere medir materia grasa, utilizando el método Soxhlet, donde se utiliza un solvente afín a la muestra que se va a analizar, dependiendo de las propiedades de la muestra. Algunos ejemplos de solventes son éter etílico, dietílico, éter de petróleo, metanol, cloroformo, etanol, hexano, benceno, ácido fórmico, tolueno, entre otros más,

estos solventes al final destruyen la muestra. El método Soxhlet funciona para extraer los componentes de la molécula a estudiar, llámese carotenos, antocianinas, lípidos, proteínas, carbohidratos y la técnica es específica para cada uno de los casos (Núñez, 2008), además de otros métodos destructivos de alta precisión como lo son HPLC, DPPH, ABTS y FRAP.

En cambio, el empleo de la espectroscopia fotoacústica tiene varias ventajas: i) no se requiere preparación de la muestra con previa extracción con solventes, más que el daño por la toma de la fracción de la muestra a analizar, ii) la muestra puede ser sólida, líquida, pastosa, suspensión, y gaseosa, además la muestra no se modifica ni se destruye después del análisis, iii) el análisis puede ser aislado o en línea a un proceso dinámico, es además rápido y económico y no utiliza disolventes contaminantes, iv) el análisis puede ser cualitativo y cuantitativo (Castorena *et al.*, 2011). Una ventaja del uso de la fotoacústica en general es que no se detecta la luz transmitida o reflejada, así como simplificar el estudio de materiales altamente dispersos, todo esto mediante un decaimiento no radiactivo. La señal fotoacústica proviene de procesos de desexcitación no radiativa, el espectro de excitación basado en detección acústica se mide la señal fotoacústica en función de la longitud de onda, en respuesta al componente analizado (Rosencwaig y Gersho, 1976). Por las ventajas que implica el uso de la espectroscopía fotoacústica se propone su uso para conocer algunos aspectos de madurez y su relación con la presencia de compuestos con base en su longitud de onda.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La problemática encontrada es la desventaja de producción en cantidad y calidad que enfrentan los frutos de aguacate del estado de Veracruz en la zona centro por la heterogeneidad del fruto producido. Es decir, desconocer las buenas prácticas agrícolas realizadas en estados de mayor producción, así como la diferencia entre parcelas de estados productores de aguacate Hass de calidad y estados que recién comienzan a producir son indicadores de que se debe trabajar en atacar las deficiencias y tomar como ejemplo las buenas prácticas agrícolas para llevarlas a cabo. Debido a que el mercado y consumidores exigen: calidad, de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-016-SCFI-2016, Productos alimenticios no industrializados para uso humano-fruta fresca-aguacate (*Persea Americana* Mill). El fruto de aguacate

Hass se clasifica en las siguientes categorías de calidad, suprema, I, II y no clasificado, así como los tamaños de acuerdo con las especificaciones de la Norma Mexicana NMX-FF-016-SCFI- 2016. Productos alimenticios no industrializados para uso humano - Fruta fresca – Determinación de tamaño con base en el peso unitario (Tabla 2). Aún con no contar con un manejo y buenas prácticas agrícolas adecuados, en la zona centro del estado de Veracruz los frutos que se producen cuentan con buena calidad pero no cuentan con el reconocimiento por parte de los consumidores locales. En las actuales políticas del país es necesario constituirse como sociedad para acceder a subsidios gubernamentales. Esto es importante para lograr mejores resultados, crecer en volúmenes de producción y así acceder a mejores mercados, nacionales y posteriormente extranjeros. Esto evitará que existan pérdidas postcosecha y ayudará a los productores a conocer el mercado específico de colocación de su producto. Por ello, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los frutos de aguacate Hass de la zona de Calcahualco, Veracruz, de manera conjunta con la Asociación de Aguacateros del Citlaltépetl, S. P. R. de R. L. de C. V., quienes son productores del municipio de Calcahualco en el estado de Veracruz, a través de análisis fisicoquímicos y fotoacústica relacionados con aspectos de calidad y de madurez de la cáscara, pulpa y semilla con moléculas y/o compuestos con potencial de uso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General:**

- Comparar frutos de aguacate Hass de regiones productoras de Michoacán y Veracruz mediante el diagnóstico, estudio de preferencia y caracterización fisicoquímica y fotoacústica.

### **2.2 Específicos:**

- Describir el estado actual de las huertas de aguacate Hass de la asociación de Aguacateros del Citlaltépetl S.P.R. de R.L. de C.V. de Calcahualco Veracruz.

- Realizar un estudio de conocimiento de los frutos de aguacate Hass y preferencias de adquisición de consumidores en la zona centro del estado de Veracruz.
- Caracterizar el fruto de aguacate Hass de la zona de Calchahualco, Veracruz, mediante análisis fisicoquímicos.
- Realizar una comparación entre los frutos de aguacate Hass de la zona de Calchahualco, Veracruz y frutos de aguacate Hass de zonas productoras de Michoacán mediante espectroscopia fotoacústica.

### 3. HIPÓTESIS

El fruto de aguacate Hass de regiones productoras de Calchahualco, Veracruz posee características fisicoquímicas, ópticas y de preferencia similares a los frutos de zonas productoras de Michoacán.

### 4. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 4.1 Taxonomía de Aguacate.

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una especie originaria de México y Centro América y la única de importancia comercial, desde el punto de vista económico, de la familia *Lauraceae*, la cual comprende alrededor de 2 200 especies. Este delicioso fruto es bien conocido, lo muestran las evidencias más antiguas de su consumo provenientes de una cueva en Coaxcatlán, Puebla, México; con una antigüedad de 7000 a 8000 años. Más allá de su uso comestible en fresco y procesado tiene amplias aplicaciones como materia prima para la extracción de aceite y en la industria cosmética (Pérez-Álvarez *et al.*, 2015).

La principal forma de distinguir al árbol de aguacate es por la pubescencia de la cara interior de los sépalos; el subgénero *Persea*, que se conoce como el verdadero aguacate y que son de un tamaño mayor que los del otro subgénero; además el aguacate Hass, se encuentra en este grupo: *Persea nubigena* (aguacate de monte), *Persea steyermarkii* (aguacate de montaña), *Persea schiedeana* (chinini, chinene, chenene, yas, hib), *Persea floccosa* (aguacate cimarrón) (Barrientos-Priego y López-López, 2000).

## 4.2 Anatomía de Aguacate

El fruto del aguacate es una baya que contiene una sola semilla. El pericarpio consiste en tres capas: el exocarpio que comprende la cáscara, el mesocarpio pulposo que es la porción comestible de la fruta, y una capa interna delgada junto a la cubierta de la semilla que corresponde al endocarpio (Barrientos-Priego *et al.*, 1996).

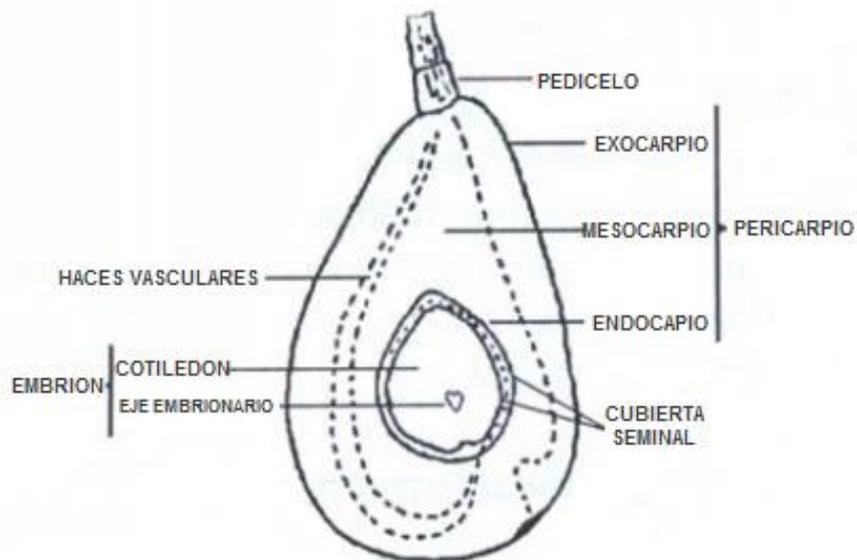


Figura 1. Anatomía de Aguacate modificado de Cummings y Schroeder, (1942).

## 4.3 Características principales del aguacate

El aguacate Hass es uno de los frutos con mayores propiedades nutrimentales. Un aguacate es una fuente importante de ácido fólico. Contiene vitaminas como vitamina E, C y B6. También contiene potasio y magnesio. Además, contiene aminoácidos como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, arginina, cistina, fenilalanina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina, triptófano y valina, que al combinarse se convierten en proteínas simples (Alimentos, 2018). Uno de los mitos culturales sobre el aguacate es su contenido de grasa y colesterol, aspecto que un sector de la población, preocupado por su salud y el control de su peso, evita consumir aguacates. Esto es completamente erróneo, la grasa que contiene el aguacate es monoinsaturada que es benéfica para el corazón y no eleva los niveles de colesterol (Vida, 2019).

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los valores nutricionales del aguacate Hass, relacionados en una porción de 100 g.

Tabla 1. Contenido nutrimental de aguacate Hass crudo, (USDA, 2018)

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor, 100 g</b>	<b>Taza, puré 230 g</b>	<b>Fruta sin piel y semilla 136 g</b>
<i>Agua</i>	g	72.33	166.36	98.37
<i>Energía</i>	kcal	167	384	227
<i>Proteína</i>	g	1.96	4.51	2.67
<i>Total, de lípidos (grasa)</i>	g	15.41	35.44	20.96
<i>Hidratos de carbono, por diferencia</i>	g	8.64	19.87	11.75
<i>Fibra, dieta total</i>	g	6.8	15.6	9.2
<i>Azúcares, total</i>	g	0.3	0.69	0.41
<b>Minerales</b>				
<i>Calcio, Ca</i>	mg	13	30	18
<i>Hierro, Fe</i>	mg	0.61	1.4	0.83
<i>Magnesio, Mg</i>	mg	29	67	39
<i>Fósforo, P</i>	mg	54	124	73
<i>Potasio, K</i>	mg	507	1166	690
<i>Sodio, Na</i>	mg	8	18	11
<i>Zinc, Zn</i>	mg	0.68	1.56	0.92
<b>Vitaminas</b>				
<i>Vitamina C, ácido ascórbico total</i>	mg	8.8	20.2	12
<i>Tiamina</i>	mg	0.075	0.172	0.102
<i>Riboflavina</i>	mg	0.143	0.329	0.194
<i>Niacina</i>	mg	1.912	4.398	2.6
<i>Vitamina B-6</i>	mg	0.287	0.66	0.39
<i>Folato, DFE</i>	µg	89	205	121
<i>Vitamina B12</i>	µg	0	0	0
<i>Vitamina A, RAE</i>	µg	7	16	10
<i>Vitamina A, IU</i>	IU	147	338	200
<i>Vitamina E (alfa- tocoferol)</i>	mg	1.97	4.53	2.68

<i>Vitamina D (D2 + D3)</i>	µg	0	0	0
<i>Vitamina D</i>	IU	0	0	0
<i>Vitamina K</i>	µg	21	48.3	28.6
<b>Lípidos</b>				
<i>Ácidos grasos, saturados totales</i>	g	2.126	4.89	2.891
<i>Ácidos grasos, monoinsaturados totales</i>	g	9.799	22.538	13.327
<i>Ácidos grasos, poliinsaturados totales</i>	g	1.816	4.177	2.47
<i>Ácidos grasos, trans total</i>	g	0	0	0
<i>Colesterol</i>	mg	0	0	0

#### 4.4 Parámetros de Calidad de Aguacate para Comercialización.

La norma NMX-FF-016-SCFI-2016 Productos alimenticios no industrializados para uso humano – fruta fresca – aguacate (*Persea americana* Mill) – ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-FF-016-SCFI-2006), tiene como objetivo establecer las especificaciones de calidad que debe cumplir el aguacate (*Persea americana* Mill) perteneciente a la familia de las Lauráceas, en su variedad Hass, para ser consumido en estado fresco, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluye el aguacate para procesamiento industrial. A continuación se describen las definiciones derivadas de la norma antes mencionada.

##### 4.4.1 Definiciones

Aguacate de la variedad Hass, es el fruto de la especie *Persea americana* Mill, cuya cáscara es de textura rugosa a semi rugosa; esta característica es uniforme en toda la superficie, su forma es desde semi redonda hasta aperada. Su color característico del verde mate al negro. Su pulpa es verde amarillento, suave y de textura no fibrosa (tipo mantequilla).

Calidad superior

Es aquella que presenta la mejor apariencia en cuanto a la forma, el desarrollo, madurez y coloración típicas de la variedad, que están libres de defectos salvo aquellos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecte: el aspecto general del producto, la calidad y la conservación y que cumple con un proceso de selección muy riguroso.

#### Buena calidad

Es aquella que presenta un buen aspecto general del producto, con leves defectos tales como raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras de sol, siempre y cuando no afecten la calidad y la conservación y que cumple con un proceso de selección riguroso.

#### Envase y etiqueta

Cualquier recipiente que contenga el producto para su distribución o venta directo de la empacadora. La etiqueta es el rótulo, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, marcada, grabada en alto o bajo relieve o adherida al envase del aguacate en cuestión y sea posible realizar una rastreabilidad del producto.

### **4.4.2 Designación y clasificación del producto con base en la norma NMX-FF-016-SCFI-2016**

#### Designación

El aguacate Hass (*Persea americana* Mill) es un fruto de forma ovoide o aperado de color que va desde el verde mate a negro, de pulpa verde amarillenta, suave y de textura no fibrosa. Los aguacates se designan de acuerdo con su tamaño (Tabla 2).

#### Clasificación

El aguacate Hass, en colaboración con diversas empresas e instituciones la NMX-FF-016-SCFI-2016 clasifica en cuatro grados y cada uno de ellos corresponde a la variedad Hass:

- Suprema
- Clase I
- Clase II
- Clase III (Descalificada)

#### 4.4.3 especificaciones de acuerdo con la NMX-FF-016-SCFI-2016

##### Requisitos mínimos generales

Para los grados de clasificación Suprema, Clase I y Clase II, incluidos en esta norma, independientemente de las disposiciones especiales para cada grado y tolerancia permitida, los frutos deben estar:

- Enteros.
- Visiblemente sanos; exentos de podredumbre o deterioro, que les permita ser aptos para el consumo.
- Limpios; prácticamente exentos de cualquier material extraño visible.
- Libres de insectos y daños causados por plagas.
- Exentos de cualquier olor y/o sabor extraño.

La fruta debe haber alcanzado su grado de madurez fisiológica, equivalente a un contenido mínimo de materia seca del fruto del 21,5% de acuerdo con lo dicho por la NMX-FF-016-SCFI-2016. La mayoría de los países productores de aguacate establecen un estándar de madurez mínimo para garantizar que no se comercialicen frutas inaceptablemente inmaduras y muchos adoptan el estándar de materia seca mínima californiana del 20.8% para Hass (Gamble *et al.*, 2010).

Requisitos por grados de clasificación con base en los requerimientos de empresas e instituciones involucradas en la elaboración de la NMX-FF-016-SCFI-2016.

##### Suprema

Los aguacates de este grado deben ser de la mejor apariencia en cuanto a la forma, el desarrollo y coloración típicos de la variedad. Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño.

No deben tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves en no más de 2 cm<sup>2</sup> en total, causados por roña, trips, granizo y rozaduras, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, y su conservación.

No se permiten defectos conocidos como “varicela”, “viruela” y/o “clavo”, quemaduras causadas por el sol o por heladas. Deben estar libres de daños mecánicos y sin daños causados por larvas.

## Clase I

Los aguacates de este grado deben presentar un buen aspecto general del producto, relativo a la forma, el desarrollo y coloración típicos de la variedad. Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño.

Con leves defectos tales como raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras de sol, siempre y cuando no afecten el aspecto y la conservación del fruto. Pueden presentar defectos superficiales leves en no más de 6 cm<sup>2</sup> causados por roña, trips, varicela seca, granizo y rozaduras. Se puede permitir hasta 5 pústulas de viruela seca por fruto. No se permiten defectos conocidos como “clavo”, quemaduras causadas por el sol o por heladas, además de estar libre de daños mecánicos y daños causados por larvas (DOF, 2017).

En ningún caso los defectos citados deben afectar a la pulpa de la fruta.

## Clase II

Los aguacates de este grado deben presentar la forma, el desarrollo y coloración típicos de la variedad. Deben ser uniformes en cuanto al grado de madurez, coloración y tamaño.

Podrán permitirse daños superficiales que afecten un máximo del 50% de la superficie del fruto causados por roña, trips, varicela seca, granizo y rozaduras, siempre y cuando los aguacates conserven sus características esenciales de calidad, estado de conservación y su presentación. Deben estar libres de daños mecánicos que afecten severamente la pulpa del fruto. Pueden permitirse los siguientes defectos:

Hasta 3 pústulas de “clavo” de tamaño máximo de 1 cm de diámetro cada una.

Un máximo de 10 pústulas de viruela seca.

Quemaduras de sol en no más de 30% de la superficie del fruto, siempre y cuando sea solo de color amarillo (DOF, 2017).

## Clase III (Descalificado) con base en la NMX-FF-016-SCFI-2016

Todo aguacate que no clasifica como Clase II, ya que por sus características físicas no es apto para consumo humano en fresco, aunque sí para uso industrial.

## Calibre

El calibre del aguacate se determina con base al peso unitario.

De acuerdo con su grado de clasificación los aguacates se designan y calibran de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de calibre de acuerdo con NMX-FF-016-SCFI-2016

<i>Calibre</i>	<i>Peso de la fruta (g)</i>
<i>Súper Extra</i>	<b>Mayor a 266</b>
<i>Extra</i>	<b>211 a 265</b>
<i>Primera o Clase I</i>	<b>171 a 210</b>
<i>Mediano</i>	<b>136 a 170</b>
<i>Comercial</i>	<b>85 a 135</b>
<i>Canica</i>	<b>Menor a 85</b>

#### 4.5 Análisis de aguacate Hass mediante técnicas destructivas

Muchas frutas entre ellas el aguacate Hass están compuestas por tejidos vegetales y los cuales cuentan con una enorme capacidad antioxidante donde están involucrados en forma importante los fenoles. Para el fruto de aguacate Hass encontramos la mayor concentración de compuestos fenólicos en la cáscara y semilla (Rodríguez-Carpena *et al.*, 2012; Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011; Rodríguez-Carpena *et al.*, 2011), debido a ello el interés de procesar dicho producto y con ello reducir las pérdidas postcosecha (Vargas-Ortiz *et al.*, 2017). Utilizando métodos como la determinación del contenido fenólico total (TPC), extracción y UPLC análisis de compuestos fenólicos, así como 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Salmerón-Ruiz, 2014) y sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Para el componente de semilla además de los métodos anteriores también se utilizó 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) o ABTS, al igual que al utilizar las reacciones de oxidación de la polifenol oxidasa (PPO). Mostrando bandas de absorbancia entre el rango de 240 a 350 nm (Araújo *et al.*, 2018; Kosińska *et al.*, 2012; Palomino *et al.*, 2009; Hirasawa *et al.*, 2008).

Para el caso de la pulpa se han utilizado diversos análisis en color mediante colorímetro Hunter MiniScan XE Plus, así como un espectroradiómetro de mano [FieldSpec Pro, Analytical Spectral Devices (ASD), Inc. De igual manera utilizando el sistema Munsell (Karimi *et al.*, 2012; Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014; Osuna-García *et al.*, 2011). Además de utilizar el sistema Minolta Chroma Meter CR300, sistema similar al utilizado en este estudio (Cox *et al.*, 2004) en donde demuestra cambios en la maduración con base en la clorofila.

La pulpa, la parte más nutritiva del aguacate encontramos un 15 a 20% de grasas saturadas, 60 a 80% de monoinsaturados y  $\cong 10\%$  de poliinsaturados (Yahia y Woolf, 2011). En la pulpa de aguacate Hass se encuentra la presencia de antioxidantes como lo reporta Utrera *et al.*, (2012) quien utiliza Cromatografía líquida de alto rendimiento con detección de fluorescencia (HPLC-FLD) y reporta los resultados mediante ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs).

Con respecto a la textura del aguacate Hass se han realizado diversos estudios mecánicos mediante texturómetros Shimadzu modelo DSS-10T-S, así como cuantificación de biosíntesis de etileno en cámaras de conservación, siendo el etileno parte importante en los cambios de la maduración y respuesta de la textura de los aguacates Hass (Correa *et al.*, 1995; Li *et al.*, 2010; Pirovani *et al.*, 1994).

#### 4.5 Las técnicas fototérmicas

Las técnicas fototérmicas son empleadas en la caracterización de diversos sistemas debido a su versatilidad y su sencillez, así como por ser consideradas técnicas no destructivas, esto debido a no necesitar de algún agente solvente para obtener propiedades térmicas y ópticas de las muestras a analizar. Estas técnicas se aplican principalmente en el estudio del transporte del calor, la absorción de radiación electromagnética y las vibraciones mecánicas. Las técnicas fototérmicas toman como principio básico el fenómeno fototérmico, a través del cual se logran medir algunas propiedades térmicas, ópticas y mecánicas de los materiales.

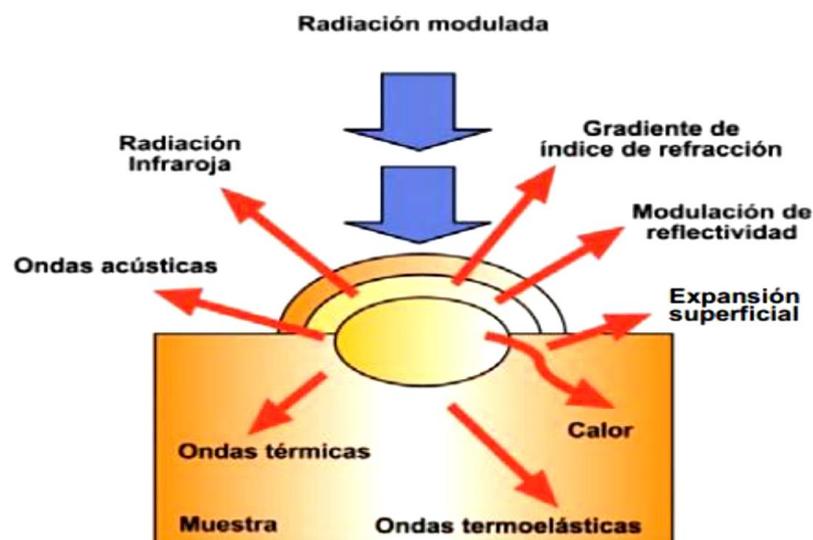


Figura 2. Efecto fototérmico (Marín, 2008).

Las técnicas fototérmicas se valen de los fenómenos físicos mencionados en la Figura 2, para estudiar las propiedades térmicas y ópticas a través de la absorción óptica y conversión de la luz en calor, tanto en materiales opacos y semitransparentes. Una característica de estas técnicas radica en la cantidad de luz absorbida que puede causar los cambios térmicos, ópticos, mecánicos y/o en la densidad de la masa. Para estos estudios o análisis es muy común el uso de luz láser y luz de lámparas debido a estabilidad y potencia de los barridos en la región del espectro visible, del cercano infrarrojo y del cercano ultravioleta para realizar la espectroscopía fotoacústica.

#### **4.6 Espectroscopía Fotoacústica**

Esta técnica se basa en la conversión de la energía óptica absorbida en calor y que evoca una señal acústica, que puede ser cuantificada. Toda la información se obtiene por medio de la respuesta del material expuesto a una excitación por la radiación electromagnética. En la mayoría de los casos, se requiere que la radiación no altere el material (Barrientos-Sotelo *et al.*, 2015a).

Incluye la caracterización térmica y óptica de especímenes sólidos y líquidos. Es adecuado para obtener los espectros de absorción óptica de materiales altamente transparentes u opacos (Dóka *et al.*, 2013).

La espectroscopia fotoacústica (PAS por sus siglas en inglés) se basa en la absorción de radiación electromagnética modulada por la muestra bajo investigación. De forma convencional, la radiación absorbida se mide detectando fluctuaciones de presión en forma de ondas de sonido. A diferencia de la espectroscopía de absorción como la espectroscopia UV, PAS permite, por ejemplo, la determinación de coeficientes de absorción en varios órdenes de magnitud, incluso en muestras opacas y con mucha dispersión de luz. Estas características hacen que PAS sea muy útil para el monitoreo en línea en procesos industriales sin necesidad de preparación de muestras. La introducción del método de PAS desde el punto de vista agrícola como comercial es una técnica de caracterización potencial que permite un mejor control de la selección, almacenamiento y transporte de frutas y semillas (Rodríguez *et al.*, 2008).

La espectroscopía fotoacústica (PAS) implica la iluminación de la muestra de fase condensada con la radiación modulada periódicamente de longitud de onda selectiva.

Parte de la energía incidente absorbida por la muestra se convierte en calor por medio de transiciones no radiativas. Como resultado, la muestra se calienta y se enfría a la frecuencia de modulación de la luz incidente. Las ondas térmicas generadas alcanzan la superficie de la muestra causando calentamiento y enfriamiento periódico de la capa de gas sobre la muestra. Debido a que el volumen del gas en la celda PA es constante, tales expansiones y contracciones dan lugar a una onda acústica. La amplitud de la onda acústica de este gas es eventualmente detectada por el micrófono como la señal fotoacústica (PA). Los parámetros ópticos y térmicos de la muestra y del gas en contacto juegan un papel decisivo en el proceso de generación de las señales PA. Las características atractivas del método PA incluyen: (i) sin pretratamiento de la muestra y menor tiempo de análisis, (ii) el enfoque es esencialmente no destructivo, y (iii) muestras completamente opacas que son difíciles de analizar mediante técnicas convencionales y con PAS si es posible (Dóka *et al.*, 2013).

Estudios con aguacate con la técnica de espectroscopia fotoacústica se ha realizado para la cuantificación de etileno (Ya'acov y Pinchasov, 2000). De igual forma PAS se puede utilizar para la detección de diversos compuestos nutricionales en diferentes alimentos, como los estudios realizados en la caracterización óptica de chile pasilla, frutas tropicales (Barrientos-Sotelo *et al.*, 2015b; Dóka *et al.*, 2013), la identificación de flavonoides (Lima *et al.*, 2005), antocianinas (Gomez *et al.*, 2006), betacarotenos en aceite de aguacate (Garcia y Moreira, 2005) y compuestos orgánicos en semillas de aguacate (Rodríguez *et al.*, 2008).

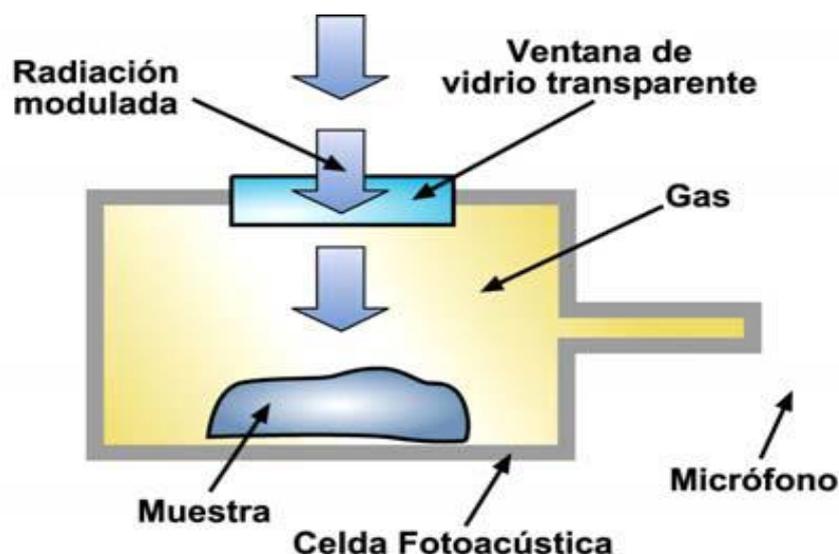


Figura 3. Esquema de una celda foto acústica (Marín, 2008).

#### 4.7 Espectroscopia fotoacústica a celda cerrada.

Esta consiste en una celda donde se encuentra el material bajo estudio iluminado con una fuente de luz modulada mecánicamente (Figura 3). La luz pasa a través de una ventana no absorbente hasta llegar a la superficie del sólido donde es absorbida y convertida en calor mediante los procesos antes mencionados. Todo este proceso genera ondas térmicas que producen diferentes cambios térmicos, ópticos y mecánicos en la muestra y su entorno. En este caso el medio circundante es aire, esto hace que una pequeña capa de la columna de aire se caliente y enfríe de manera periódica, actuando como pistón, produciéndose entonces el efecto fotoacústico.

#### 4.8 APORTACIÓN A LA INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA

Innovación, de acuerdo con la OCDE (2010), se entiende como la generación de valor, a partir del desarrollo de una nueva solución para resolver un problema u oportunidad. La innovación puede ser tecnológica, económica o social, impacta a toda la sociedad, es decir, satisface necesidades de grupos humanos, soluciona con su participación, problemas que inciden en el mejoramiento de su situación, condición y calidad de vida, o al menos crea las condiciones favorables para el logro de estos propósitos (Acevedo, 2010).

La innovación ha dejado de ser representada como un asunto exclusivo de científicos y tecnólogos. Problemas como el aumento de la población, escasez de alimentos y el impacto ambiental es con los que nos enfrentamos actualmente y sugiere cambios en

la manera que se viene desarrollando con respecto a la agricultura. Estos cambios se deben de dar desde el punto de vista de la innovación para alcanzar una agricultura que sea competitiva y bajo la perspectiva sustentable (French *et al.*, 2014). Los sistemas agroalimentarios de un determinado sector son sistemas territoriales de producción en la medida que integran en un territorio toda una densa trama de actores que presentan relaciones intersectoriales significativas a lo largo de una cadena de valor, por ello el buen entendimiento para un fin común (Gallego-Bono, 2008).

La parte esencial del presente trabajo implica una pequeña parte de las tres formas de innovación: tecnológica ya que utiliza la técnica de espectroscopía fotoacústica, una técnica diferente para localizar bandas de longitud de onda características de algunos compuestos o moléculas en alimentos, una técnica no destructiva con la muestra a analizar. Para la innovación económica se espera que los productores de aguacate Hass de Calcahualco, Veracruz; puedan mostrar sus productos a nuevos mercados, demostrando que la calidad del producto es similar a la de otros estados productores mediante estudios previos utilizando PAS y otros métodos que permitan establecer bases científicas para conocer la calidad del fruto de aguacate Hass y establecer un plan de Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) que permitan dar mayor uniformidad y calidad a los frutos de aguacate Hass. Por último, la innovación social, es un proceso de creación, implementación y difusión de nuevas prácticas sociales en áreas muy diferentes de la sociedad (Howaldt y Schwarz, 2010). Se llama innovación sustentable porque permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Orozco y Núñez, 2013).

## **5. JUSTIFICACIÓN**

El aguacate es uno de los frutos más rentables en el país, México es el productor y exportador número uno del mundo, su importancia es tal que siempre se está buscando nuevas zonas para producir este fruto y los productores están cambiando sus cultivos tradicionales. Por ejemplo, el estado de Veracruz aún sin estar dentro de los principales productores del país, su producción crece con el paso de los días (SIAP, 2018).

El aguacate Hass del estado de Veracruz tienen desventajas competitivas en los mercados frente a producciones de aguacate Hass de Michoacán, Jalisco, Estado de

México y Nayarit. La caracterización fisicoquímica y fotoacústica fungirán como parte aguas para realizar una comparación de frutos entre zonas, y que ayudará a que los productores cuenten con bases para que el fruto de aguacate Hass sea tomado por igual con respecto a su calidad, y de no ser así, servirá para conocer las prácticas agrícolas que hacen falta a los productores de la zona de Calchualco, Ver. La caracterización que se pretende realizar servirá a los productores para generar un impacto económico sin descuidar la parte de sustentabilidad. Ser sustentable es no caer en problemas ecológicos como lo están teniendo otros estados. Michoacán es uno de ellos, Barsimantov & Navia Antezana (2012) hacen mención en un análisis a cuatro comunidades de Michoacán y muestran que el 33.1% de la cubierta forestal se perdió durante un período de 16 años en toda la región, de ahí la importancia de la sustentabilidad en la producción de este fruto.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, P., Elsa Beatriz, 2010. Innovación tecnológica, economía y sociedad: una reflexión necesaria para CTS. Organización de Estados Iberoamericanos. URL <https://www.oei.es/historico/salactsi/elsa7.htm> (accessed 11.8.18).
- Anguiano, C.J., Alcántar, R.J., Toledo, B.R., Tapia, L.M., Vidales-Fernández, J.A., 2007. Soil and climate characterization of the avocado-producing area of Michoacan, Mexico, in: Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial Del Aguacate). ISBN. pp. 978–956.
- Anguiano-Contreras, J., Coria-Avalos, V.M., Ruíz-Corral, J.A., Chávez-León, G., Alcántar-Rocillo, J.J., 2003. Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate, Persea Americana CV. “Hass” en Michoacán, México., in: Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial Del Aguacate). pp. 323–328.
- Araújo, R.G., Rodríguez-Jasso, R.M., Ruiz, H.A., Pintado, M.M.E., Aguilar, C.N., 2018. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. Trends in Food Science & Technology 80, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Barrientos-Priego, A.F., Avitia-García, E., García-Villanueva, E., 1996. Anatomía del fruto de aguacate, ¿drupa o baya? Revista Chapingo Serie Horticultura II, 189–198. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1995.06.041>
- Barrientos-Priego, A.F., López-López, L., 2000. Historia y genética del aguacate, in: El Aguacate y su Manejo Integrado. Ediciones Mundi-Prensa, DF México, pp. 22–62.
- Barrientos-Sotelo, V.R., Cano-Casas, R., Cruz-Orea, A., Hernández-Rosas, F., Hernández-Rosas, J., 2015a. Photoacoustic Characterization of Green, Red and Dehydrated Capsicum annum L. variety Pasilla. Food Biophysics 10, 481–486. <https://doi.org/10.1007/s11483-015-9415-2>

- Barrientos-Sotelo, V.R., Cano-Casas, R., Cruz-Orea, A., Hernández-Rosas, F., Hernández-Rosas, J., 2015b. Photoacoustic Characterization of Green, Red and Dehydrated *Capsicum annum* L. variety Pasilla. *Food Biophysics* 10, 481–486. <https://doi.org/10.1007/s11483-015-9415-2>
- Barsimantov, J., Navia-Antezana, J., 2012. Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: Is community forestry related to reduced deforestation for high value crops? *Applied Geography* 32, 844–853. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.001>
- Castorena, J.G., López, M.R., Macuil, R.D., de la Torre, R.R., 2011. Análisis de pulpa y aceite de aguacate con espectroscopia infrarroja. *Conciencia Tecnológica* 5–10.
- Colín, S.S., Oviedo, P.M., López-López, L., Barrientos-Priego, A.F., 1998. HISTORIA DEL AGUACATE EN MÉXICO.
- Correa, P.C., de la Plaza-Pérez, J.L., Ruiz-Altisent, M., 1995. Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. *Agro-ciencia* 11, 4.
- Cox, K.A., McGhie, T.K., White, A., Woolf, A.B., 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31, 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.008>
- Cummings, K., Schroeder, C.A., 1942. Anatomy of the Avocado Fruit. *California Avocado Society* 56–64.
- DOF, 2017, 2017. NMX-FF-016-SCFI-2016 Productos alimenticios no industrializados para uso humano – fruta fresca – aguacate (*Persea americana* Mill) especificaciones (cancelará a la NMX-FF-016-SCFI-2006).
- French, J., Montiel, K., Palmieri, V., 2014. La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible.
- Gallego-Bono, J.R.G., 2008. Economía social y dinámica innovadora en los sistemas territoriales de producción y de innovación. Especial referencia a los sistemas agroalimentarios. CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa 7–40.
- Gamble, J., Harker, F.R., Jaeger, S.R., White, A., Bava, C., Beresford, M., Stubbings, B., Wohlers, M., Hofman, P.J., Marques, R., Woolf, A., 2010. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology* 57, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.01.001>
- Garcia, A., Moreira, S.G.C., 2005.  $\beta$ -Carotene Investigation Using Photoacoustic Spectroscopy Over Several Concentration Mixtures Under  $\beta$ -Carotene-Free Sesame Oil. *Instrumentation Science & Technology* 33, 9–19. <https://doi.org/10.1081/CI-200040823>
- Gomez, A.C., Pérez, J.L.J., Orea, A.C., Martínez, E.S.M., 2006. Photoacoustic Analysis of Blue Corn Pigments in Nixtamalized Flours. *International Journal of Thermophysics* 27, 1274–1280. <https://doi.org/10.1007/s10765-006-0085-7>
- Hernández Arias, R., 2016. Veracruz - Calchualco. URL <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30029a>.

- Li, X., Xu, C., Korban, S.S., Chen, K., 2010. Regulatory Mechanisms of Textural Changes in Ripening Fruits. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29, 222–243. <https://doi.org/10.1080/07352689.2010.487776>
- Marín, E., 2008. Escuchando la luz: breve historia y aplicaciones del efecto fotoacústico. *Latin-American Journal of Physics Education* 2, 7.
- Martínez, M. del P., 2018. México principal productor de aguacate. *El Economista*. URL <https://www.economista.com.mx/empresas/Mexico-principal-productor-de-aguacate-20180131-0111.html> (accessed 2.12.18).
- Mathias-Rettig, K., Ah-Hen, K., 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Food and Technology Science* 42, 10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Núñez, C.E., 2008. Extracciones con equipo Soxhlet. Obtenido el 15.
- Pérez-Álvarez, S., Ávila-Quezada, G., Coto-Arbelo, O., 2015. Review AVOCADO (*Persea americana* Mill). *Cultivos Tropicales* 36, 111–123. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19879.55200>
- Rosencwaig, A., Gersho, A., 1976. Theory of the photoacoustic effect with solids. *Journal of Applied Physics* 47, 64–69.
- SIAP, 2018, 2018. Resumen por estado. *InfoSIAP.siap.gob*. URL [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) (accessed 10.26.18).
- SIAP, S. de I.A. y P., 2017. Atlas Agroalimentario, SIAP (Informe Técnico No. 1), Atlas Agroalimentario 2017. SAGARPA.
- Tovar, M.Á.O., 2003. Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass, in: *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial Del Aguacate)*. pp. 741–748.
- USDA, 2018. Bases de datos de composición de alimentos Mostrar alimentos: aguacates crudos, California. *ndb.nal.usda.gov*. URL <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09038?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=0&sort=default&order=asc&qlookup=avocado&ds=&qt=&qp=&qq=&qn=&q=&ing=> (accessed 9.18.18).

## **CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE HUERTAS EN CALCAHUALCO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La expansión del cultivo del aguacate en México específicamente en Michoacán se tuvo a partir de la década de los sesenta, al empezar a sustituir los aguacates pequeños criollos por el aguacate de la variedad Hass, dada la aceptación de este último en los mercados por sus excelentes características físicas y el manejo que se le puede dar al fruto en la comida tradicional mexicana después de ser cosechado.

Sumado a lo anterior, en la región del centro del estado de Veracruz existen las condiciones ambientales adecuadas para el buen desarrollo y producción de las plantaciones, sin embargo, al principio, al expandirse el área productora no se tomaron en cuenta los exigencias del cultivar, algunos de los requerimientos específicos son una temperatura media anual de 15 a 22 °C, precipitación de 800 a 1600 mm, altitud de 1400 a 2200 m, pendiente del suelo de 0 a 25%, textura media y suelos con profundidad mayor de un metro (Alcántar-Rocillo *et al.*, 1999), condiciones que se encuentran en la zona centro del estado de Veracruz. Calcahualco es un municipio en donde las condiciones pueden ser las óptimas para la siembra de este fruto. Esta región cuenta con una temperatura promedio de 16.9 °C, precipitación media anual de 1975 mm y una altura sobre el nivel del mar que va de 1800 a 2100 msnm (Climate, 2017). La creciente demanda del consumidor por el aguacate Hass va aumentando, al contar con un precio aceptable de venta para el productor estos han decidido que la superficie sembrada de aguacate crezca y desplace parcelas con cultivos como maíz, chile y frijol, así como áreas forestales.

Por otra parte, en diferentes zonas de México existe interés de ampliar la superficie aguacatera y en muchos casos es necesario rejuvenecer los huertos, pero se encuentran problemas como el análisis realizado por Barsimantov y Navia-Antezana (2012) donde se indica que de cuatro comunidades del estado de Michoacán el 33.1% de la cubierta forestal se perdió durante un período de 16 años en toda la región. Sin embargo, dos comunidades de estudio forestal como los son San Juan y Las Lomas perdieron el 7.3% y el 18.5% de la cubierta forestal, respectivamente. Mientras que dos comunidades adyacentes no forestales El Cajoncito y Las Palmas perdieron el 86.5% y el 92.4%, respectivamente. Por ello la importancia de conocer el estado actual de algunas de las parcelas de productores de aguacate Hass en el municipio de Calcahualco, Veracruz.

## **1.2 MATERIALES Y METODOS**

Para cubrir el objetivo número uno del presente trabajo se realizó el diagnóstico a productores de la asociación Aguacateros del Citlaltepétl, S. P. R. de R. L. de C. V., mediante una encuesta creada con base a las variables que influyen en la producción de aguacate, superficie sembrada y edad de los árboles de aguacate, rendimiento y

prácticas agrícolas realizadas. Dicha encuesta de diagnóstico se aplicó a toda la población en estudio y fue analizada por tablas dinámicas de Excel 2016®.

El instrumento fue presentado y avalado por la Dra. Katia A. Figueroa Rodríguez, y fue piloteado con productores de aguacate de la zona de Calchualco, Veracruz, quienes no se encuentran dentro de la población de estudio. Posterior a ello se realizó su aplicación a productores de tres comunidades del municipio de Calchualco, Veracruz, pertenecientes a la Aguacateros del Citlaltepeltl, S. P. R. de R. L. de C. V., cubriendo los temas de manejo de siembras y cantidad de árboles sembrados y en producción, (Ver anexo 1).

### **1.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 4, se observa el número de productores, la comunidad a la que pertenecen dentro del municipio de Calchualco, Veracruz y la cantidad de árboles sembrados en sus parcelas, siendo 1.5 ha la cantidad promedio de superficie con la que cuentan al momento para producir aguacate Hass.

Se observó que los intervalos en donde más productores se encuentran son de 50 - 189 árboles sembrados y de 190 - 289 árboles, dentro de los cuales encontramos un total de 13 productores de las tres comunidades en donde se llevó a cabo la encuesta de diagnóstico.

El crecimiento de la superficie de producción crece de forma constante pero lenta, tal cual como en el 2003 se encontraban los productores de Peribán, quienes en promedio contaban con una superficie de 1.5 a 2 ha de producción, con excepciones de algunos productores quienes contaban con hasta 5 ha., (Riedemann y Echánove, 2003). Con el paso de los años y la buena organización ha hecho que Peribán pase de ser un municipio que vendía pocos productos mediante coyotes a organizarse y vender su producto seleccionado a empacadoras por un mejor precio como lo expone Riedemann y Echánove (2003), siendo en 2017 el principal municipio productor del estado de Michoacán.

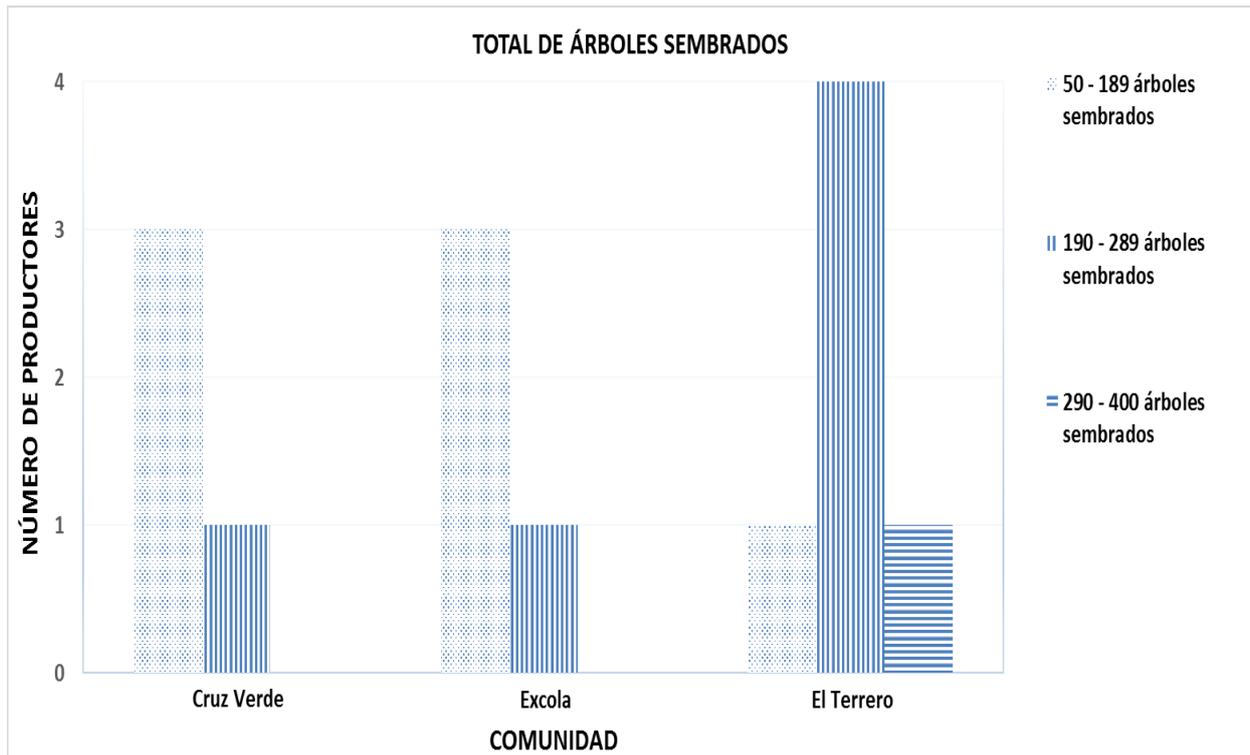


Figura 4. Relación de productores entre comunidad y cantidad total de árboles sembrados de aguacate Hass en el municipio de Calcahualco, Veracruz.

En la Figura 5 se observa la relación de productores entre comunidad y cantidad total de árboles que se encuentran en producción de frutos de aguacate Hass en Calcahualco, Veracruz. Se puede observar que la mayoría de los productores cuenta con un total de hasta 99 árboles en producción, cantidad baja si tomamos en cuenta la superficie total con la que se cuenta para producir.

Lo anterior se debe a que el manejo agrícola que se le da a las huertas no ha sido el adecuado, teniendo como resultado que la producción de frutos sea constante y el número total de árboles en producción se mantenga constante.

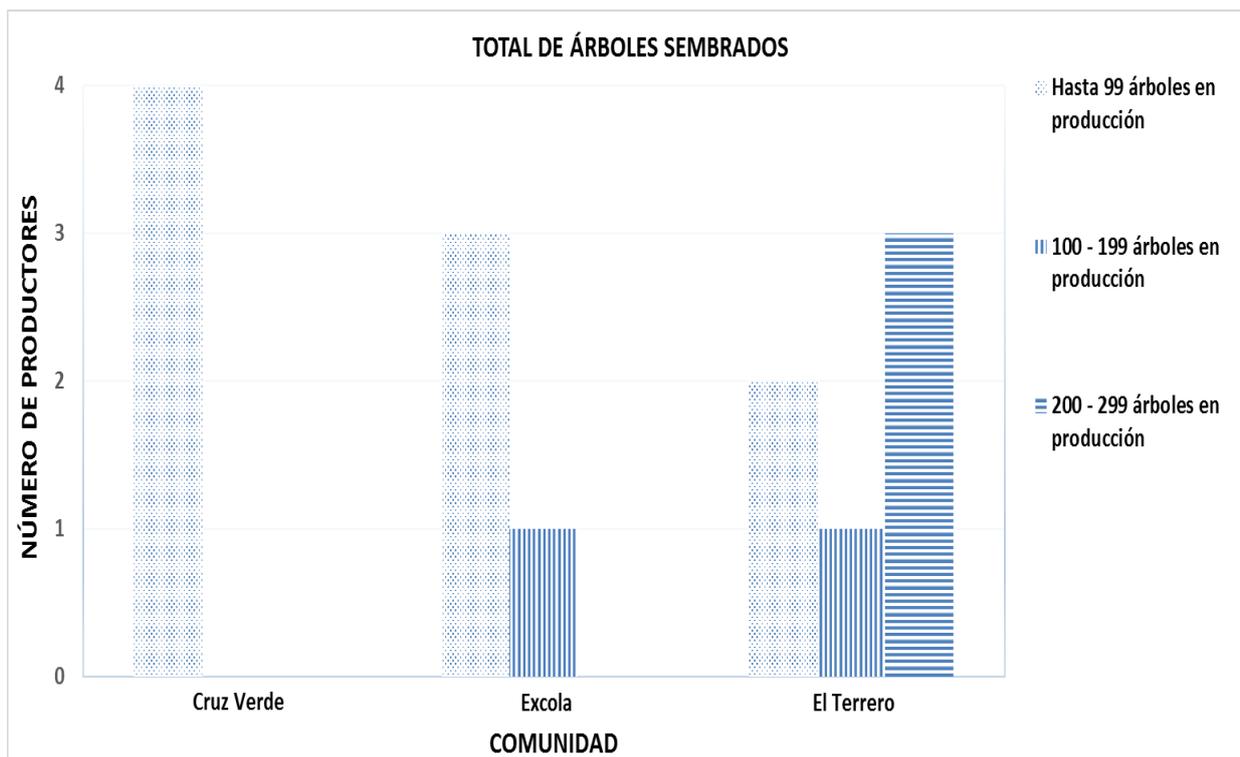


Figura 5. Relación de productores entre comunidad y cantidad total de árboles que se encuentran en producción de frutos de aguacate Hass en el municipio de Calchualco, Veracruz.

La Tabla 3 muestra los porcentajes de superficie cultivada con respecto al total de los diez principales municipios productores de aguacate Hass en Michoacán, en ella podemos observar que la distancia es enorme en cuanto a producción intensiva se habla, a pesar de ser datos de 2011.

Tabla 3. Principales municipios productores de aguacate Hass en Michoacán, a Junta Local de Sanidad Vegetal (JLSV) a la que pertenecen, así como la superficie total y la superficie total sembrada en hectáreas. Modificación de Burgos *et al.* (2012).

No.	JLSV	Municipio	Superficie Total (ha.)	Superficie sembrada (ha.), 2011	% Cultivado
1	Tancítaro	Tancítaro	73,433	25,590	35
2	Ario de Rosales	Ario de Rosales	70,353	18,957	27
3	Tacámbaro	Tacámbaro	78,741	18,607	24
4	Uruapan	Uruapan	95,342	16,339	17

5	FJ Múgica	Tingüindín, Tangamandapio, Cotija y Tocuambo	150,621	10,964	7
6	Peribán	Peribán	32,559	10,210	31
7	Salvador	Salvador Escalante	47,804	8,889	17
8	Nuevo San Juan	Nuevo Parangaricutiro	23,567	6,213	19
9	Los Reyes	Los Reyes	46,857	5,738	12
10	Turicato	Turicato	151,071	3,870	2

La Figura 6 muestra la relación de productores entre comunidad y edad actual de los árboles que se encuentran sembrados y la producción de frutos de aguacate Hass en el municipio de Calchualco, Veracruz. Se observa que un 50% de los productores cuentan con árboles en plenitud con hasta 7 años y 44% de los productores tiene árboles de hasta 14 años y en producción. Cabe mencionar que estos árboles de 14 años son árboles muy grandes, a los cuales es difícil acceder para cosechar y fumigar, encontrando ahí una pérdida de producto. Un mal proceso en las buenas prácticas agrícolas da como resultado lo antes mencionado ya que una parte importante son las podas, para que estos árboles tan robustos y tan altos den como resultado un difícil acceso al corte y manejo de nutrición, plagas y enfermedades.

Burgos *et al.* (2012) hacen mención en su tipología de productores de Michoacán que los árboles en las huertas de producción en ese estado van desde los 3 hasta los 50 años de vida y en producción, todo esto con un manejo agrícola adecuado que hace que los árboles de esta edad aún se mantengan produciendo frutos de calidad de exportación.

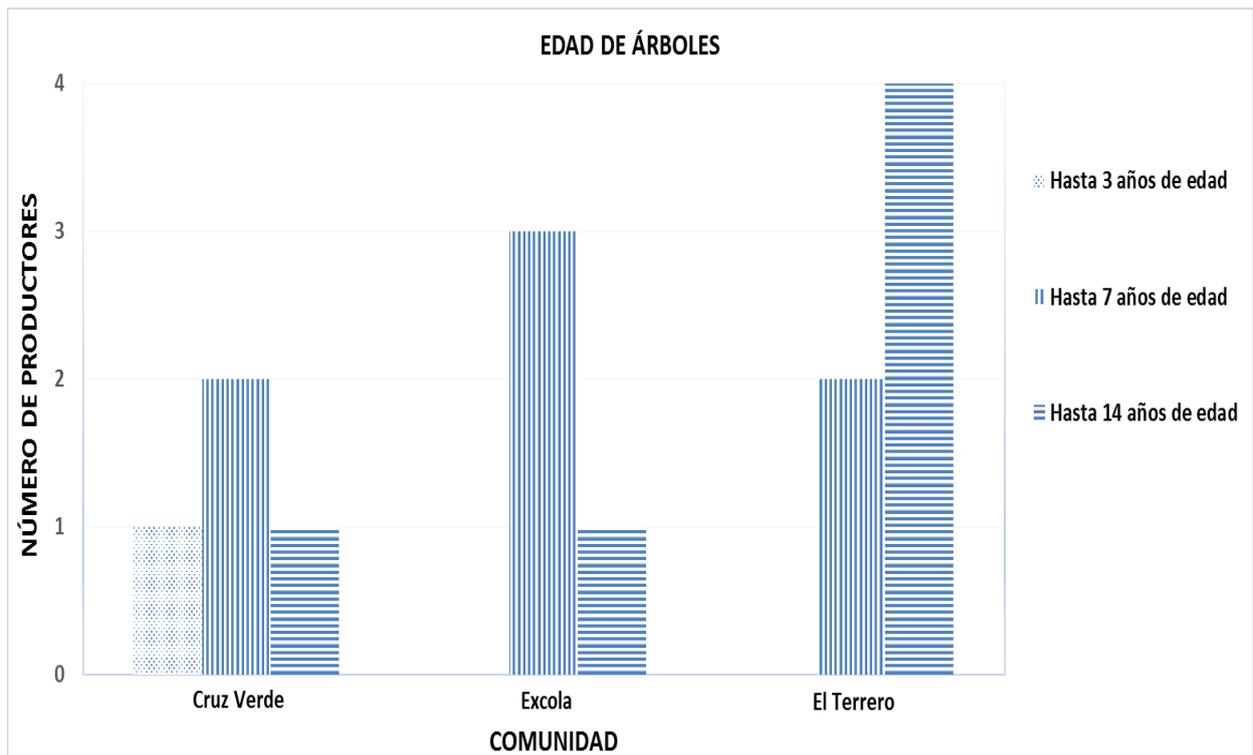


Figura 6. Relación de productores entre comunidad y edad actual de los árboles sembrados y en producción de frutos de aguacate Hass en Calchahualco, Veracruz.

#### 1.4 CONCLUSIÓN

La superficie actual con la que se cuenta en las huertas de Calchahualco, Veracruz, se encuentran muy distante a la que tienen los productores de Michoacán. La cantidad total de árboles por hectárea es menor en Calchahualco, Veracruz en comparación al total de árboles que se tienen por municipio en Michoacán. Las edades de los árboles de Calchahualco, Veracruz son similares a las edades de los árboles en huertas de Michoacán, no así la producción, siendo menor en Calchahualco, Veracruz.

#### 1.5 LITERATURA CITADA CAPÍTULO I

- Alcántar-Rocillo, J.J., Anguiano-Contreras, J., Coria-Ávalos, V.M., Hernández-Ruiz, G., Ruiz-Corral, J.A., 1999. Áreas potenciales para cultivo del aguacate (*Persea americana* cv. Hass) en el estado de Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5, 151–154.
- Barsimantov, J., Navia-Antezana, J., 2012. Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: Is community forestry related to reduced deforestation for high value crops? Applied Geography 32, 844–853. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.001>

- Burgos, A., Anaya, C., Cuevas, G., 2012. "Impacto ecológico del Cultivo de Aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán: Definición de una Tipología de Productores" (ETAPA II). Fundación Produce Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, Michoacán 125. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.25411.40487>
- Climate, 2017. Temperatura, Climograma y Tabla climática para Calcahualco y Ario de Rosales - Climate-Data.org. CLIMATE-DATA.ORG. URL <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/veracruz-de-ignacio-de-la-llave/calcahualco-344689/> and <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/michoacan-de-ocampo/ario-de-rosales-763021/> (accessed 10.14.18).
- Riedemann, S., Echánove, F., 2003. Los pequeños productores de aguacate del Ejido y la Comunidad de San Francisco Peribán, Michoacán (México) 18.

## **CAPÍTULO II. ESTUDIO DE PREFERENCIA DE FRUTOS DE AGUACATE HASS EN TRES MUNICIPIOS DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El aguacate Hass es uno de los productos agrícolas de México que mayor actividad han presentado en años recientes. Su importancia por la superficie sembrada y cosechada es la actividad económica de los habitantes de ciertas zonas dedicadas exclusivamente a su producción y su impacto en las exportaciones del sector agropecuario hacen del aguacate Hass un producto por demás relevante por la contribución a la actividad económica del país (García-Vega, 2014).

El aguacate Hass representa uno de los productos estrella del campo mexicano, de acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), el aguacate Hass representó una producción de más de un millón quinientas veinte mil toneladas, lo que equivale al 30% de la producción total en el planeta de este fruto. Michoacán produce más de un millón cuatrocientas mil toneladas ocupando el primer lugar, y en promedio 8 de cada 10 aguacates Hass producidos en México son producidos en esa entidad federativa (SIAP, 2017). Debido a la organización y buenas prácticas agrícolas que se mantienen en la producción, se han llegado a exportar los frutos a Estados Unidos, principalmente, aunque también se exporta a países de Europa y Asia. Veracruz es uno de los estados con mayor biodiversidad de México y cuenta con productos agrícolas importantes como lo son café, vainilla, caña de azúcar, tabaco, plátanos, cocos y verduras (Martínez, 2017). Veracruz cuenta con zonas de

media y alta montaña la producción aguacate Hass ha empezado a crecer de forma exponencial. De acuerdo con el avance de siembras y cosechas, Veracruz se encuentra en el lugar 11 a nivel nacional en cuanto a superficie sembrada de aguacate Hass con 962 ha y por superficie cosechada con 704 ha, y en el lugar 10 con 7,395 toneladas cosechadas de aguacate Hass. Además, Veracruz ha sido reportado como el 3<sup>er</sup> lugar a nivel nacional en cuanto a rendimiento (ton/ha) con 10.50 ton/ha, solo detrás de Yucatán y Estado de México con 25.05 ton/ha y 11.99 ton/ha, primero y segundo lugar, respectivamente (SIAP, 2018).

El aguacate Hass está en los hogares, en la gastronomía mexicana sirve para preparar uno de los platillos culinarios más conocidos y apreciados de la cocina en México, el guacamole. Este platillo ha pasado fronteras y en la actualidad, se conoce en muchos lugares del mundo. Es uno de los productos más consumidos durante el Superbowl estadounidense. Más allá del guacamole, se pueden encontrar recetas con aguacates incluidos en ensaladas, platos de carne y pescado, sopas, sin olvidar dulces y repostería (Montosa, 2018). Los consumidores de aguacates son un grupo muy diverso, explica Emiliano Escobedo, director ejecutivo del Comité del Aguacate Hass. Aunque el fruto de aguacate Hass ha cruzado barreras culturales, económicas y generacionales, ciertos consumidores como los catalogados hogares jóvenes de entre 18 y 40 años, están despuntando como los máximos compradores de este fruto (Netzel, 2017). Con base en lo anterior surge la necesidad de conocer la preferencia de las personas a los frutos de aguacate Hass y saber si ellos conocen ciertos datos de este fruto, ¿en qué se basan para comprar? o sus hábitos de consumo, siempre con el antecedente de que México es el productor número uno del mundo de este fruto.

## **2.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

En el presente estudio se llevó a cabo un levantamiento de 300 encuestas (Ver anexo 1), esto para contar con información de la población de la zona centro del estado de Veracruz con referencia al fruto de aguacate Hass.

Dicho instrumento fue evaluado, corregido y piloteado con consumidores de la localidad de Potrero Viejo, del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, antes de utilizarse de manera formal y llevar a cabo el presente estudio.

Se realizaron 176 encuestas en la Ciudad de Córdoba, Veracruz en los alrededores del Mercado Municipal Revolución, con personas en un intervalo de edad de 20 a 66 años realizado al azar no tomando en cuenta el sexo. 64 encuestas más se realizaron en los alrededores del mercado tradicional de Coscomatepec que se lleva a cabo los lunes en este municipio con personas de ambos sexos en un intervalo de edad de 25 a 56 años. Por último, se realizaron 60 encuestas con personas de la localidad de Potrero Viejo en los alrededores de las oficinas de la Confederación Nacional de Propietarios Rurales (CNPR) del ingenio el Potrero, donde el intervalo de edad de las personas encuestadas fue de 21 a 69 años.

Los resultados fueron analizados y graficados mediante tablas dinámicas de Excel 2016®.

### 2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron analizados mediante el uso de tablas dinámicas en Excel de Microsoft Office 365®.

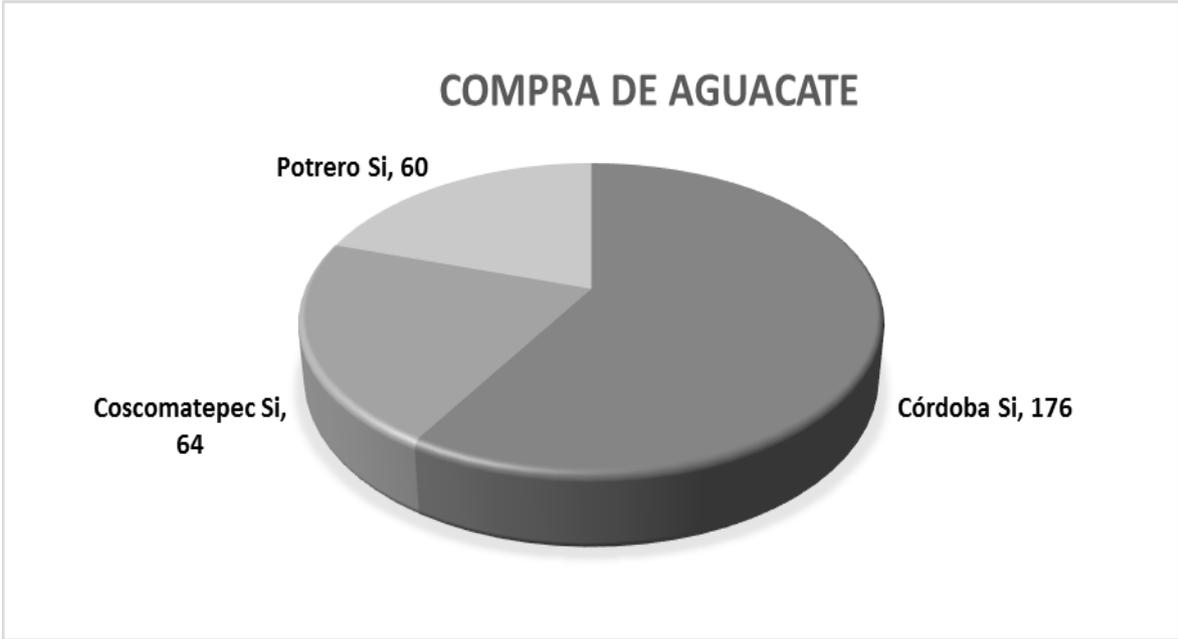


Figura 7. Número de consumidores encuestados de tres municipios que compran frutos de aguacate Hass.

La totalidad de las personas de las tres zonas de estudio realizan la compra del fruto para consumo personal o familiar (Figura 7).

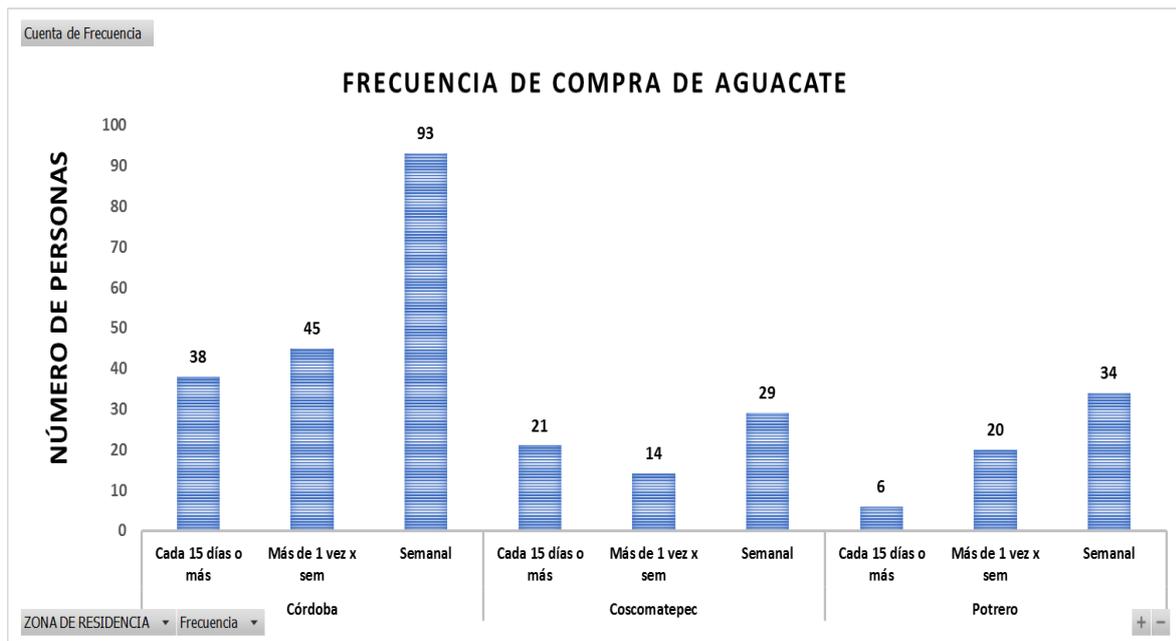


Figura 8. Número total de personas que compran aguacate Hass y frecuencia de adquisición de este fruto.

De acuerdo con datos proporcionados por el Consejo Nacional Agropecuario (CNA), el consumo anual per cápita de aguacate Hass en México pasó de 8 a 7.2 kilogramos (Romo, 2016). Aún con lo anterior, el consumo de este fruto se encuentra de manera cotidiana, es decir, el 50% de las personas de Córdoba compran el fruto de forma semanal, de igual manera en las zonas de Coscomatepec y Potrero, en donde predomina la compra de aguacate Hass semanalmente, seguido por más de una vez por semana y al final las personas que compran al menos una vez cada 15 días (Figura 8).

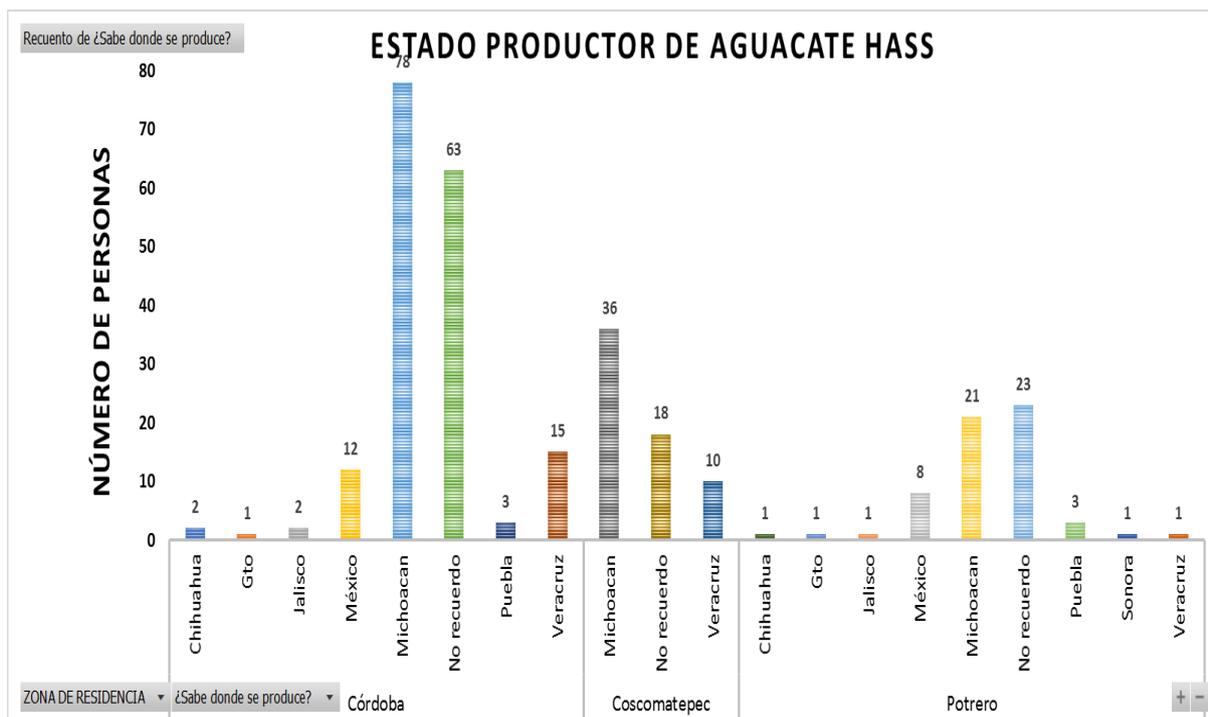


Figura 9. Número de consumidores y el estado dónde se piensa que se produce el aguacate Hass en México.

Del total de consumidores encuestados, en Córdoba cerca del 44% de las personas encuestadas de esa zona hacen referencia a Michoacán donde se produce el aguacate de México. En Coscomatepec más del 50% dicen que es Michoacán donde se produce este fruto y de igual manera, con un 15% se menciona a Veracruz como un estado con producción de aguacate Hass, siendo la zona de altas montañas donde se produce aguacate Hass, en los municipios de Coscomatepec, Calchahualco y Alpatláhuac (Fig. 9). Muchas veces el realce a un producto local no es suficiente para que el consumidor conozca la calidad de los productos que se producen en su zona. Solo 8.7% del total de personas encuestadas conoce el aguacate Hass de Veracruz. Lo mismo ocurre en zonas que comienzan a producir algún producto, pero que no se encuentra como un producto demandado en el mercado y que coincide con lo reportado por Sullivan *et al.*, (2013) en un estudio de aguacates hawaianos en donde el 96% aproximadamente de las personas encuestadas estaba dispuesto a probar diferentes variedades de aguacates, además del tipo que compraban regularmente y que se producía localmente. Cerca del 7% de los encuestados no había comprado aguacates hawaianos. Entre los consumidores que compraron aguacates hawaianos, más del 50% los consideraron mejores que los aguacates de otros lugares,

aproximadamente una cuarta parte los consideraron de igual calidad que los productos de otros lugares, y solo el 3% dijo que la calidad de los aguacates hawaianos era peor que los aguacates no hawaianos.

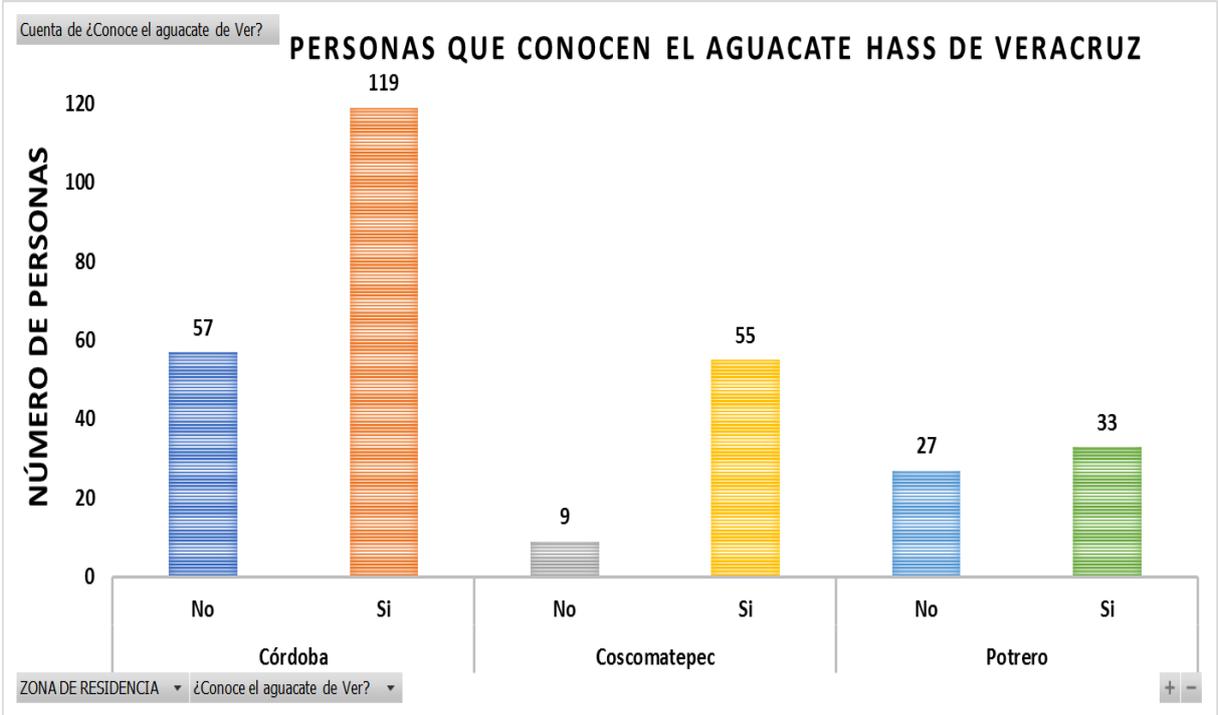


Figura 10. Número de personas que dicen conocer el aguacate Hass producido en el estado de Veracruz.

En la Figura 10 se muestra que un 69% del total de personas encuestadas dicen conocer el fruto de aguacate Hass que se produce en el estado de Veracruz. De acuerdo con la Comisión Nacional del Sistema Producto de Aguacate (CONAPA, 2018) Veracruz ocupa solo el 0.5% de la producción nacional de aguacate Hass, aún con ello en la zona centro si se conoce el producto local. La información es difundida en medios de comunicación acerca de lo que se realiza en el estado en torno a este producto. Las zonas donde se produce el aguacate en Veracruz son Altotonga, Coscomatepec, Huatusco, la zona de Cofre de Perote, entre otras, Aunque las exportaciones del aguacate dejan grandes ganancias a México, el estado de Veracruz no forma parte de los estados exportadores y solo produce para consumo interno tanto en el país como en el estado (Vela, 2017). Por ello se creó el Consejo Estatal del Aguacate donde se busca crear un padrón para documentar cuántos productores hay e incentivarlos en capacitación en manejo del cultivo, Buenas Prácticas Agrícolas para la obtención de producto de calidad (Láinez-Vázquez, 2017).

Después de una selección adecuada de frutos de aguacate Hass de huertas productoras del estado de Veracruz, la calidad física es similar a los frutos de otros estados. En un estudio de mercado realizado en Hawai teniendo en cuenta la preferencia de los consumidores por los atributos del aguacate Hass, como el precio del aguacate, el tamaño del aguacate y el comportamiento de compra y la cantidad de aguacates comprados, los resultados son los siguientes. Cuando se controlan otras variables, no existe una correlación entre los encuestados que están preocupados por el precio y su elección de aguacates locales sin etiqueta o aguacates locales etiquetados. Al controlar otras variables, cuanto mayor es el tamaño del aguacate, es más probable que el consumidor compre aguacates locales sin etiquetar que los aguacates etiquetados locales y muchas veces por el tamaño el consumidor lo relaciona al fruto con calidad. Las probabilidades estimadas de elegir aguacates locales no etiquetados con respecto a los aguacates etiquetados locales fue 1.58 veces menor, los que lo hacen prefieren aguacates más grandes y con 58% más probabilidades de elegir aguacates locales sin etiqueta en comparación con aguacates locales etiquetados (Krishnakumar *et al.*, 2014). El estudio anterior demuestra que la calidad visual y física importa mucho en la elección de un fruto en el mercado y es mayormente importante cuando se le coloca una etiqueta, se confirma la calidad de dicho producto y es cuando el consumidor prefiere ciertamente calidad vs tamaño o algo que simplemente se observa bonito, es decir, la etiqueta demuestra un valor de calidad agregado.

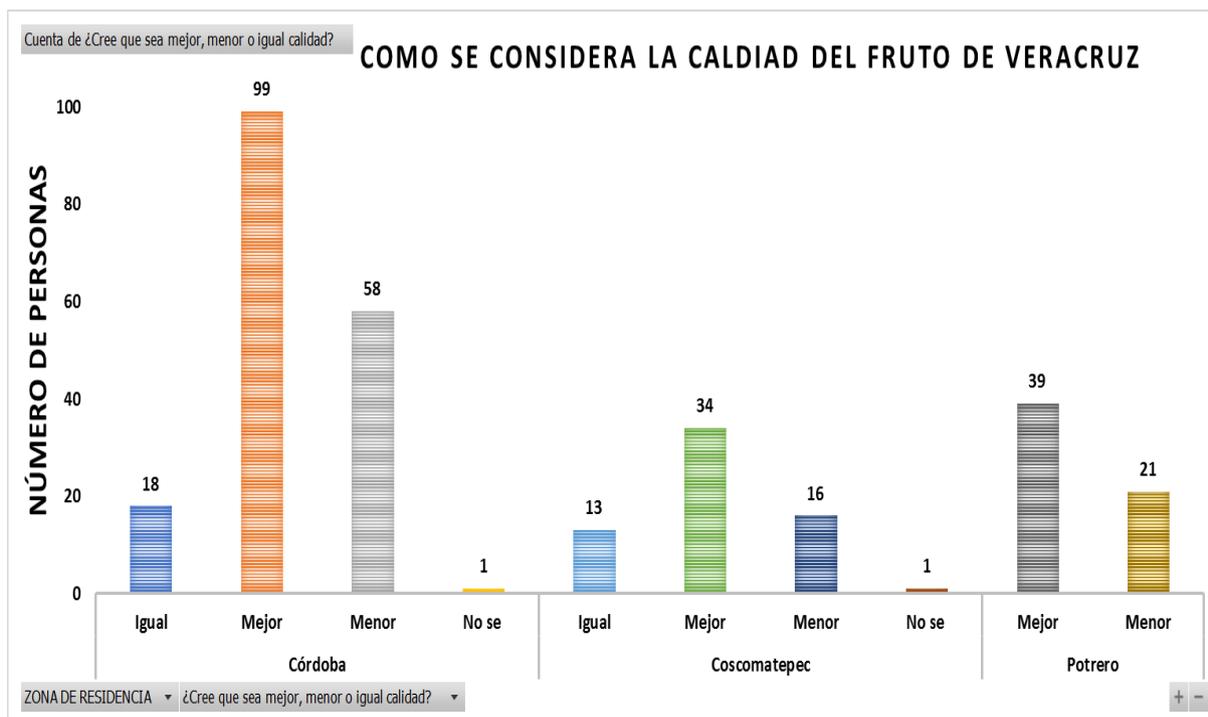


Figura 11. Personas encuestadas para conocer como consideran la calidad del aguacate Hass producido en el estado de Veracruz con respecto a otros estados.

Si tomamos en cuenta que los huertos en Jalisco se ubican entre 1800 y 2150 msnm, con clima templado subhúmedo C(w1) y suelo Cambisol Crómico. En Michoacán, la altura de los huertos se encuentra entre 1500 y 2000 msnm, predominando el clima semicálido subhúmedo (A)C(w1) y tipo de suelo Andosol Ócrico. Para el caso de los huertos de Nayarit están entre 1000 y 1500 msnm, con clima semicálido subhúmedo (A)C(w2) y suelo Andosol (Salazar-García *et al.*, 2016). Las características antes mencionadas se encuentran en el estado de Veracruz, especialmente en la zona de altas montañas en el centro del estado.

En la Figura 11 muestra un 57% del total de consumidores que creen que el aguacate Hass del estado de Veracruz es mejor al de otros estados de México, un 10% creen que la calidad es igual y un 32% considera la calidad de los frutos de aguacate Hass de Veracruz es menor al de otros estados productores de México. Al aprovechar los recursos edafoclimáticos del estado de Veracruz y el potencial de producir frutos de calidad para competir en el mercado, genera la necesidad de una colaboración entre productores y empresas, tal cual como lo comentan Arana Coronado *et al.* (2015) y diversos autores, de cómo un enfoque dentro del campo más amplio de la nueva economía institucional, se deben identificar tres fuentes de transacción: i)

salvaguardar activos específicos, ii) adaptación de la transacción a condiciones cambiantes y iii) evaluación del desempeño. Esto debido a que los productores del estado de Veracruz comienzan a organizarse es necesario establecer objetivos y metas específicas para lograr la calidad del fruto de aguacate Hass y su posicionamiento mediante la protección que se produce cuando una empresa implementa activos específicos y puede ser explotada oportunamente por el socio. La adaptación o coordinación es el costo de intercambiar información e incorporar esa información en el proceso de decisión cuando existen circunstancias cambiantes. La tercera fuente de costos de transacción es la evaluación de desempeño difícil. Surge cuando una empresa tiene dificultades para evaluar el cumplimiento contractual de sus socios de intercambio, es decir, cuando hay incertidumbre de comportamiento aun cuando el aguacate Hass es un producto rentable, en ciertos periodos su precio es cambiante afectando a los productores que no prevén esas situaciones económicas.

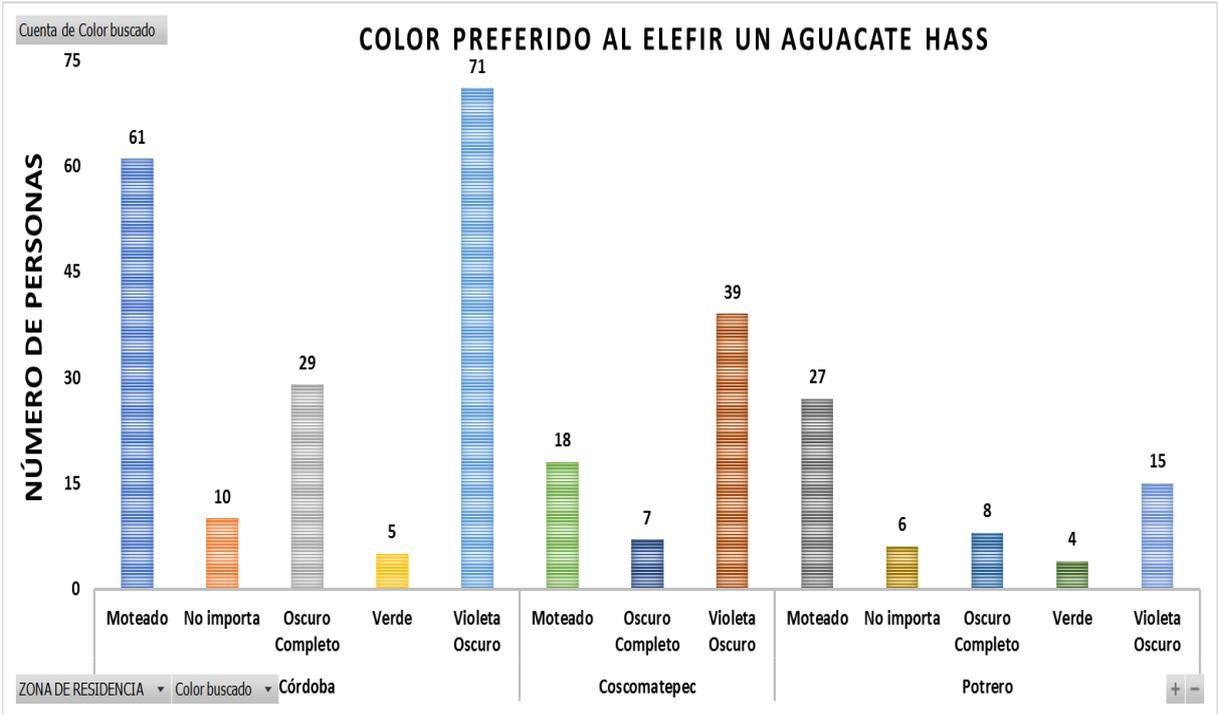


Figura 12. Número de productores que indican que color prefieren o buscan o prefieren al elegir un aguacate Hass.

El color es una característica de valoración física y de calidad en los alimentos, y es afectado por muchos factores, tales como la iluminación, el observador, el espectro,

la presencia de pigmentos o las propias características de superficie, tamaño, textura y brillo de la muestra analizada (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

En Córdoba, Veracruz, las personas encuestadas mencionaron dos criterios principalmente para la selección de un fruto de aguacate Hass: que se encuentre moteado de color y que tenga un verde oscuro y hacen mención que ellos compran el fruto de ese color para que sea consumido de inmediato y por estar el aguacate en su punto (Figura 12). Consumidores de Coscomatepec, Veracruz prefieren un color violeta oscuro que es cuando se encuentra en su punto de maduración y en Potrero Viejo lo prefieren moteado por si el consumo no es inmediato si no para el día siguiente (Figura 13).



Figura 13. Color de acuerdo el estado de maduración del aguacate (PortalFruticola, 2018).

Entre el conjunto completo de factores, el comer un producto teniendo una buena experiencia es una de las razones más relevantes y valiosas para comprar y estar dispuestas a pagar más por dicho producto. Esta experiencia se compone de atributos cuya importancia relativa varía con el producto. Los componentes principales son el sabor, definido como compuesto por el sabor (dulzor, acidez, astringencia, amargura) y aroma: textura (definida como firmeza, jugosidad, succulencia) y color y forma. Los componentes visuales, olfativos y aromáticos a menudo se clasificaron entre los atributos enumerados, lo que es lógico, ya que representan los componentes básicos del placer de comer. Estos atributos son más importantes y representan un desafío

menor para los profesionales de marketing, debido a que los consumidores obtienen y actualizan la información en cada momento de la compra (Moser *et al.*, 2011). Estudios demuestran también que el consumidor prefiere aguacates con una firmeza media o suave, en comparación con aguacates completamente firmes, dicho de otra manera prefieren un color moteado y violeta como se demuestra en la preferencia de los consumidores encuestados en este estudio, indicando esto que los aguacates verdes o firmes no se encuentran en un estado de consumo óptimo, es decir, no se encuentran maduros. Gamble *et al.*, (2010), encontraron en su estudio que los aguacates firmes cuentan con diferencias significativas en comparación con aguacates medios o suaves, reportando intenciones de compra de estos aguacates más bajas. Para los aguacates suaves no se muestran diferencias significativas entre ellos, al igual que la intención de compra resultó ser alta.

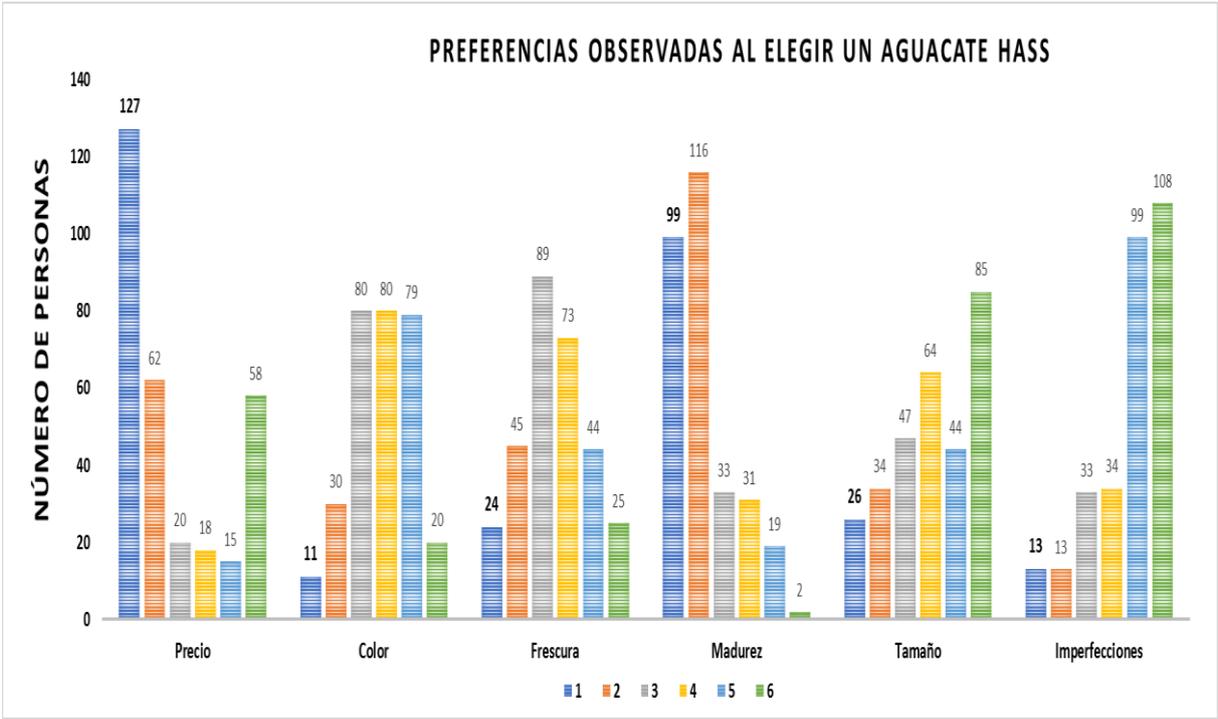


Figura 14. Número de personas en relación con el principal factor utilizado para la compra y selección de aguacate Hass, enumerando como 1 el principal factor y 6 el menor.

A los consumidores se les pidió que seleccionaran de acuerdo con las características dadas (precio, color, frescura, madurez e imperfecciones) y que colocaran un número consecutivo del 1 al 6, dando mayor importancia al 1 y así sucesivamente. Del total de 300 encuestados, cerca del 42% utilizaron como primer factor el precio para tomar

la decisión de comprar o no el fruto y como segunda opción el nivel de madurez utilizando el color como parámetro y el tacto aunque muchos aprietan el fruto para saber si está blando o maduro. Y como tercer factor que esté libre de imperfecciones, es decir, que el fruto esté limpio, a pesar de que quien conoce, sabe que las imperfecciones no afectan en nada a la calidad de la pulpa (Figura 14). Los pequeños y medianos productores utilizan la comercialización directa y los mercados de agricultores para acceder a los clientes y evitar los intermediarios de la cadena de suministro que aumentan los costos de llevar los productos a los consumidores (Sullivan *et al.*, 2013). Esto en muchas ocasiones no es suficiente si no existe una organización entre los pequeños y medianos productores, conocer el interés del consumidor muchas veces no es suficiente ya que como se menciona, es difícil para ellos acceder a mercados mayores de forma individual, por consiguiente con mejores precios, sin antes tratar con un intermediario el cual muchas veces ofrece precios bajos y el producto es colocado (vendido al consumidor) en precios mayores, recae en una pérdida para los productores.

Tabla 4. Análisis de modelos logísticos generalizados en las características que definen la calidad en aguacate (Distrito Federal, hoy Ciudad de México) Pr> Ji-cuadrada

<i>Variables</i>	Tamaño	Cáscara	Pulpa	Sabor	Consistencia	Procedencia
<i>Nivel de ingreso</i>	0.0309	0.0362	0.0659	0.9943	0.4903	0.361
<i>Entre niveles de ingresos</i>	0.0212	0.0118	0.0781	0.4771	0.6512	0.4628
<i>Tamaño del hogar</i>	0.0474	0.0571	0.0762	0.7668	0.6242	0.5347
<i>Entre tamaño de los hogares</i>	0.0672	0.0502	0.0853	0.2228	0.7087	0.6723

Fuente: (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2011)

De acuerdo con un estudio de preferencia de aguacate en la zona del Distrito Federal (actualmente, Ciudad de México), México; se observó que el nivel de ingresos y tamaño de los hogares, los integrantes del hogar que se encargan de las compras optan por el aguacate tomando en cuenta principalmente el tamaño, cáscara y pulpa (Tabla 4). En ese mismo estudio considerando el total de los hogares encuestados (dado que en todos se consume aguacate), 51% prefieren de tamaño mediano, 35%

chico y 14% grande. El 63% elige la variedad Hass, sobre otras variedades que se encuentran en el mercado (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2011).

Con el constante crecimiento en la producción de este fruto y la búsqueda de nuevos mercados, se realizan estudios de mercado para observar la viabilidad de entrada de aguacate Hass a otros países, como Italia, teniendo como resultados que el consumo de fruta de aguacate en Italia se ve afectado por el deseo de los consumidores de una alimentación saludable al tiempo que experimentan sabores nuevos y exóticos. De hecho, el sabor y los atributos saludables tienen un efecto importante en la decisión de los consumidores de consumir aguacate en Italia. En particular, el sabor, al igual que otros estudios sobre frutas y verduras, se considera entre los atributos más importantes que los consumidores tienen en cuenta, independientemente de la edad, el sexo o el número de frutas consumidas por semana (Migliore *et al.*, 2018).

## **2.4 CONCLUSIÓN**

El establecimiento de un manejo agrícola adecuado debe dar como resultado frutos de calidad con ello poder competir con otros municipios en donde los frutos de aguacate Hass tienen calidad de exportación. La calidad de los frutos de aguacate Hass del estado de Veracruz deben tener una fuerte respuesta en el reconocimiento de los frutos por parte de los consumidores locales, así como darse a conocer en el mercado nacional.

De acuerdo con las encuestas de preferencia, las personas de la zona centro del estado de Veracruz consumen el aguacate al menos una vez por semana. Más del 70% de los encuestados no conoce donde se produce el aguacate en México, a pesar de ser el productor número uno en el mundo. El 69% del total conoce el fruto que se produce en el estado de Veracruz y 57% cree que este producto puede ser mejor que el de otros estados productores. El 77% de los encuestados tienen conocimiento que el color adecuado para comprar un aguacate si el consumo pretende ser hasta dos días después debe ser de color moteado entre oscuro y verde, así como un color violeta oscuro para consumo de forma inmediata. Por último, la característica observada con mayor peso para decidir la compra de este fruto es el precio, con base en ello se decide si se compra más o menos cantidad.

## 2.5 LITERATURA CITADA CAPÍTULO II

- Arana Coronado, J., Wageningen University, Omta, O., Wageningen University, Lansink, A.O., Wageningen University, 2015. A case study of the Mexican avocado industry based on transaction costs and supply chain management practices. *Economía Teoría y Práctica*.  
<https://doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/422015/Arana>
- CONAPA, 2018. CONAPA & CONASIPRO. URL <http://www.productoresdeaguacate.com/conapa/web/estadosproductores.php?id=35#Veracruz> (accessed 10.24.18).
- Gamble, J., Harker, F.R., Jaeger, S.R., White, A., Bava, C., Beresford, M., Stubbings, B., Wohlers, M., Hofman, P.J., Marques, R., Woolf, A., 2010. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology* 57, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.01.001>
- García-Vega, J. de J., 2014. Importancia del aguacate en la actividad económica de México. *Esfuerzo Empresarial, S. de R. L., Uruapan, Michoacán*.
- Krishnakumar, J., Chan-Halbrecht, C., Zhang, Q., Sullivan, P., 2014. Effects of Label on Consumer Preferences: Focus on Hawaiian Avocado Industry. *Journal of Food Products Marketing* 20, 325–344. <https://doi.org/10.1080/10454446.2012.739118>
- Láinez-Vázquez, M., 2017. Aguacate para el mundo. *Info Rural*. URL <https://www.inforural.com.mx/aguacate-para-el-mundo/> (accessed 10.24.18).
- Martínez, C., 2017. Las 7 Actividades Económicas de Veracruz Principales. *Lifeder*. URL <https://www.lifeder.com/actividades-economicas-de-veracruz/> (accessed 10.26.18).
- Mathias-Rettig, K., Ah-Hen, K., 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Food and Technology Science* 42, 10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Migliore, G., Farina, V., Guccione, G.D., Schifani, G., 2018. Quality Determinants of Avocado Fruit Consumption in Italy. Implications for Small Farms. *Food Safety Management* 19, 7.
- Montosa, 2018. Aguacate en la cultura mexicana. URL <https://www.frutasmontosa.com/es/aguacate-cultura-mejicana/> (accessed 10.26.18).
- Moser, R., Raffaelli, R., Thilmany-McFadden, D., 2011. Consumer Preferences for Fruit and Vegetables with Credence-Based Attributes: A Review. *International Food and Agribusiness Management Review* 14, 23.
- Netzel, J., 2017. Un estudio revela el perfil de los mayores consumidores de aguacates [WWW Document]. URL [www.freshplaza.es/article/3106547/un-estudio-revela-el-perfil-de-los-mayores-consumidores-de-aguacates/](http://www.freshplaza.es/article/3106547/un-estudio-revela-el-perfil-de-los-mayores-consumidores-de-aguacates/) (accessed 10.26.18).
- Portal, F., 2018. Diferencia entre especies climatéricas y no climatéricas. Listado - [PortalFruticola.com](http://PortalFruticola.com). URL

- <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/11/28/lista-de-frutas-climatericas-y-no-climatericas-etileno-y-maduracion/> (accessed 10.30.18).
- Romo, P., 2016. Cayó 10% consumo anual per cápita de aguacate. El Economista. URL <https://www.economista.com.mx/estados/Cayo-10-consumo-anual-per-capita-de-aguacate-20161121-0038.html> (accessed 10.24.18).
- Salazar-García, S., Medina-Carrillo, R.E., Álvarez-Bravo, A., 2016. Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate ‘Hass’ producido en tres regiones de México\* Initial evaluation of some aspects of quality fruit avocado ‘Hass’ produced in three regions of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7, 277–289.
- Sangerman-Jarquín, D.M., Saavedra, B.S.L., Bravo, A.N., de Rindermann, R.S., Morales, C.N., 2011. Estudio de mercado de aguacate, guayaba y durazno en el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2, 925–938.
- SIAP, 2018, 2018. Resumen por estado. InfoSIAP.siap.gob. URL [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do) (accessed 10.26.18).
- SIAP, S. de I.A. y P., 2017. Atlas Agroalimentario, SIAP (Informe Técnico No. 1), Atlas Agroalimentario 2017. SAGARPA.
- Sullivan, P., Chan-Halbrecht, C., Krishnakumar, J., 2013. Are Farmers’ Market Shoppers Different From Cross-Shoppers? The Case of Hawaiian Avocado Purchasers. *Journal of Food Products Marketing* 19, 363–375. <https://doi.org/10.1080/10454446.2013.726952>
- Vela, A., 2017. Consideran al aguacate como “oro verde”, buscan incrementar la producción en Veracruz - Portal Noticias Veracruz. [www.xeu.com.mx](http://www.xeu.com.mx). URL <https://www.xeu.com.mx/nota.cfm?id=913437> (accessed 10.24.18).

### **CAPÍTULO III. COMPARACIÓN DE FRUTOS DE AGUACATE HASS (*Persea americana* Hass) DE CALCAHUALCO, VERACRUZ Y MICHOACÁN MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El aguacate proviene de una especie única que varía su producción de acuerdo a las características de donde es cultivada, éste proviene de tres razas diferentes con distintas denominaciones como lo son la raza guatemalteca (*Persea schiedeana*); la raza antillana (*Persea americana*); y la raza mexicana (*Persea drimifolia*) (Villanueva and Verti, 2007), entre sus principales variedades se encuentran la criolla, la fuerte, la hass, pawa, entre otras. Los árboles con frutos de la variedad Hass tienen

características específicas como sensibilidad a las heladas. Floraciones de agosto a octubre y de diciembre a marzo, con cosechas de julio a septiembre, adaptándose a los lugares donde es producido. Esta es la principal variedad comercial en el mundo. Tiene buen nivel de productividad, su fruto es oval periforme con un peso promedio de entre 200 a 300 g. Una de sus principales características es que cuenta con piel rugosa y gruesa. La piel de la variedad Hass hace que sea resistente a los transportes y fácil de pelar (eliminar la epidermis). El color en estado maduro no es negro si no que tienen un color violeta oscuro. El aguacate Hass tiene un contenido de aceite de 18 a 22% y algo que lo hace muy especial es que el fruto puede permanecer en el árbol después de madurar sin perder calidad significativamente.

La calidad de un producto se ve reflejado primeramente en los aspectos físicos de los productos cosechados, el aceptar o no un producto comienza desde la calidad física presentada, si es o no agradable visualmente. Para esto se requiere hacer una evaluación de las propiedades físicas como la textura, que se refiere a la deformación de una muestra bajo la acción de una fuerza, penetración para esta evaluación. Color, el cual es un atributo físico que se relaciona con la calidad del alimento, puede ser relacionado a defectos internos o externos, grado de madurez (si se encuentra en madurez de consumo o no), la humedad es la pérdida de peso de la muestra y lo restante es la cantidad de sólidos totales de la misma.

Para obtener un fruto de mejor calidad se debe contar con un manejo adecuado, en el caso del aguacate se debe definir la cantidad y calidad de fertilizante a utilizar, esto mediante un análisis de suelo, así como un análisis foliar, este último realizándolo una vez al año después del cuarto año de producción. Debido a lo anterior los requerimientos son distintos, para ello se debe aumentar un kilo de fertilizante que se esté utilizando, balanceado en Nitrógeno, Fosforo, Potasio y micronutrientes como Boro (B), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn), usando posiblemente fórmulas como 12-11-18-3-0-8, 13-5-20-8 o similares, las cuales se puede repartir de 3 a 4 aplicaciones, aconsejado aumentar a 10 kg/árbol después de los 13 años (Cerdas-Araya *et al.*, 2006). Esto debido a que conforme crece el árbol este requiere mayores y diferentes nutrientes, a su vez el suelo se comienza a deteriorar y no es capaz de aportar los requerimientos necesarios, reflejando en una baja producción y mala calidad.

A pesar de contar con las características edafoclimáticas, Veracruz no figura como uno de los principales productores de aguacate del país, cosechando una extensión de hasta 1500 hectáreas en un total de 22 municipios (Juárez, 2013). Aun cuando la producción va en aumento y en el municipio de Calcahualco se encuentra como el cuarto lugar en superficie sembrada hasta el 2015, y tercer lugar en cosecha con 506 toneladas (OEIDRUS, 2016). Por lo anterior, se propone el siguiente estudio como parte de los trabajos de seguimiento a productores de aguacate de la Asociación de Aguacateros del Citlaltepétl, que desde hace tres años inicio un plan de producción bajo una manejo ecológico con la finalidad de reducir el impacto ambiental que ocasionan el uso excesivo de agroquímicos.

### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la verificación del estado actual de las plantaciones y la calidad física presentada en las muestras de frutos evaluadas se realizó una selección de muestras al azar dentro de tres comunidades en el municipio de Calcahualco, y con estas se procedió a realizar evaluaciones mecánicas.

En una primera etapa se realizó un análisis diagnóstico mediante una encuesta, instrumento que fue aplicado en su totalidad a la población objetivo que son la asociación de productores Aguacateros del Citlaltepétl S.P.R. de R.L. de C.V., para posteriormente obtener una muestra mediante tablas de números aleatorios.

Posteriormente al análisis diagnóstico se procedió a realizar un muestreo de los frutos de aguacate de las comunidades donde se distribuyen los productores de aguacate de la Asociación. Para ello se analizaron los frutos mediante un Colorímetro Konica Minolta® CR-400 Manual, detector con fotoceldas de silicio, rango de valores de visualización Y: 0.01% a 160.00% (reflectancia), su fuente de iluminación es una lámpara de xenón pulsada, área de medición  $\Phi 8\text{mm}/ \Phi 11\text{mm}$ , en el cual se observaron rangos en escala Cielab,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . esto en dos estados de maduración, verde y maduro.

Además se realizaron las mediciones con un Texturómetro Shimadzu® EZ-5 500 n, con capacidad de carga de 500 N, rango de velocidad de corte 0.001 a 1000 mm/min, máxima velocidad de retorno 1500 mm/min, con ello se midieron diferentes texturas de cáscara, piel y pulpa en estados de maduración verde y maduro.

Por otra parte, se midió el contenido de humedad de la fruta de aguacate con el uso de una termobalanza analizadora de humedad Ohaus® MB 35, su tipo de calentamiento fue a través de halógeno, máxima capacidad de 35 g de muestra, con una precisión de 0.001 g, y dicho análisis se realizó de acuerdo con la NMX-F-428-1982.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el procedimiento Glimmix de SAS (versión 9.4).

Para el análisis de los rangos de color a, b, y L obtenidos del colorímetro Konica Minolta® CR-400 Manual, en los frutos de las distintas muestras de plantaciones, en donde las variables del fruto como la cáscara y pulpa fueron evaluadas en 2 fases 1) Madurez fisiológica (Verde Cáscara y Verde Pulpa) y 2) Madurez de consumo (Maduro Cáscara y Maduro Pulpa), todos estos rangos se mueven en la escala Cielab, donde “a=se mueven en rangos de color de rojo a verde”, “b=se mueve de rangos de color de amarillo a azul” y “L=es la luminosidad del producto. Para los análisis de textura se utilizó un Texturometro Shimadzu® EZ-5 500 n, donde se analizan las variables R - la resistencia a la penetración en cáscara y punción en pulpa. El modelo estadístico que nos permite describir las variables antes mencionadas se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + parcela_i + fruto(parcela)_{i(j)} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$\mu$  es la media general.  $parcela_i$  es el efecto debido a la parcela,

$fruto(parcela)_{i(j)}$  es el efecto aleatorio del fruto j dentro de la parcela i,

asumiendo  $fruto(parcela)_{j(i)} \sim \varepsilon_{ij} \sim (0, \sigma^2)_{fruto(parcela)}$  y  $\varepsilon_{ij}$  es el

error experimental con  $\varepsilon_{ij} \sim (0, \sigma^2)$ .

Para cubrir el objetivo dos del presente estudio se llevaron a cabo análisis físicos como color, textura y humedad, para los cuales se tomaron muestras de tres comunidades del municipio de Calchualco, Veracruz. Dichas muestras fueron tomadas de huertas de las comunidades de Excola, Cruz Verde y Terrero, en total se tomaron nueve muestras de cada parcela y se realizó por triplicado cada uno de los análisis.

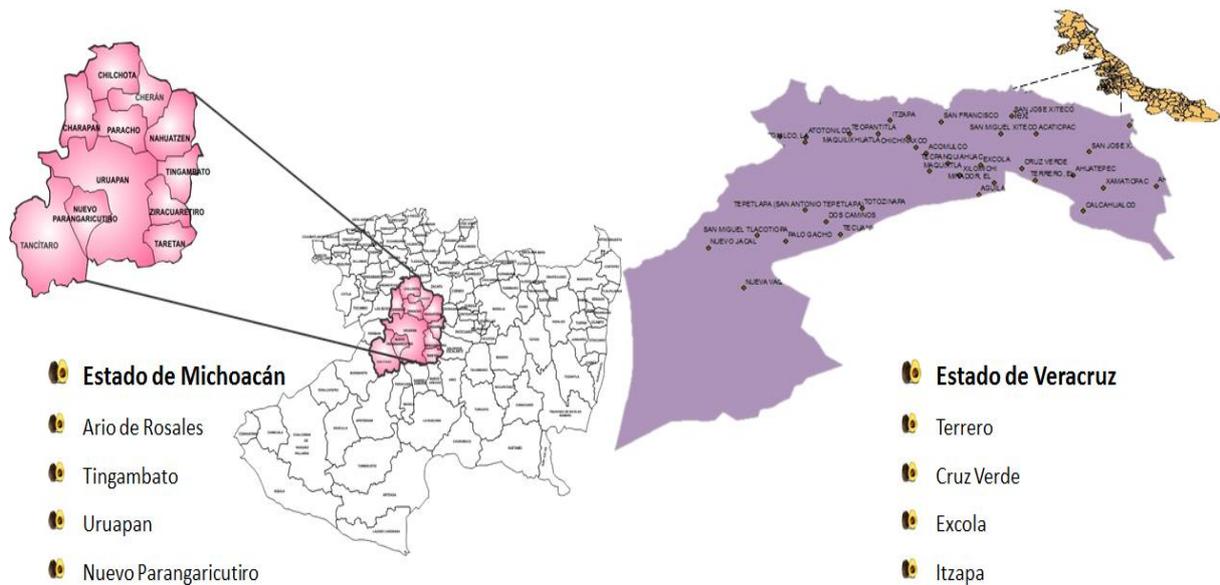


Figura 15 . Localización de municipios de Michoacán y Veracruz de donde se obtuvieron muestras de frutos de aguacate.

### 3.3 Análisis físicos

#### 3.3.1 Color

Para el análisis de color del fruto realizado en cáscara y pulpa en estado maduro y verde, se utilizó un Colorímetro Konica Minolta® (CR400, Minolta, fuente luminosa D65 (Figura 16). Para ello se utilizó la placa de calibración blanca para medir los ángulos de ligereza, croma y matiz en tres puntos alrededor del ecuador de la fruta entera. Para las secciones de cáscara y pulpa, ambos lados se midieron con el colorímetro inmediatamente después del corte esto para determinar la relación entre el color de la cáscara de aguacate Hass con características de calidad.

Se realizaron las mediciones en 3 lugares diferentes del área total a analizar de la zona ecuatorial del fruto con base en la escala CIELab (Figura 17).



Figura 16. Colorímetro Konica Minolta® CR-400

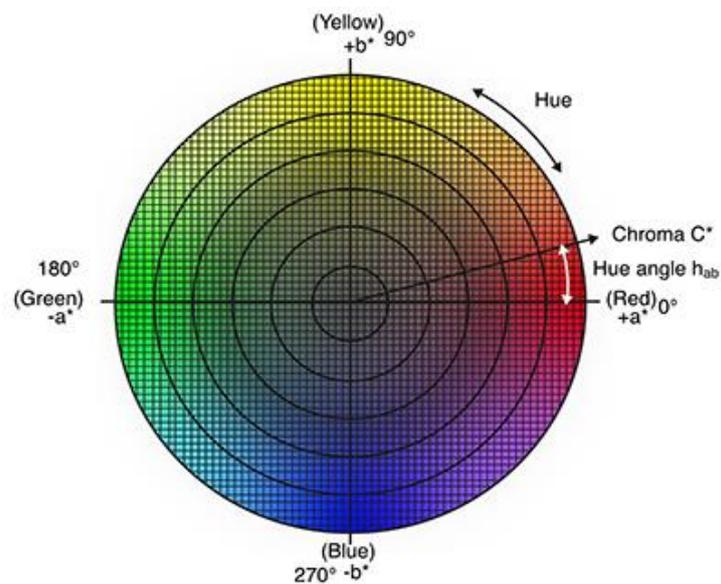


Figura 17. Escala CIELAB

### 3.3.2 Textura

Se utilizaron muestras de frutos de aguacate de 3 parcelas en la zona de Calchualco, de 3 comunidades diferentes: Cruz Verde, Terrero y Excola, así como 3 huertos de Michoacán como lo son: Huerto El Recuerdo de la comunidad de Tingambato, huerto La Colorada de Uruapan y huerto Panguaro de la comunidad de San Juan Nuevo, con grados de madurez inmaduro, utilizando Texturómetro EZ-5 500N Shimadzu® y parámetros de comparación (Pirovani *et al.*, 1994), entre mayor sea la resistencia a la penetración del fruto de aguacate, su grado de madurez es menor y cuando la resistencia a la penetración y punción es menor, el grado de madurez es mayor.

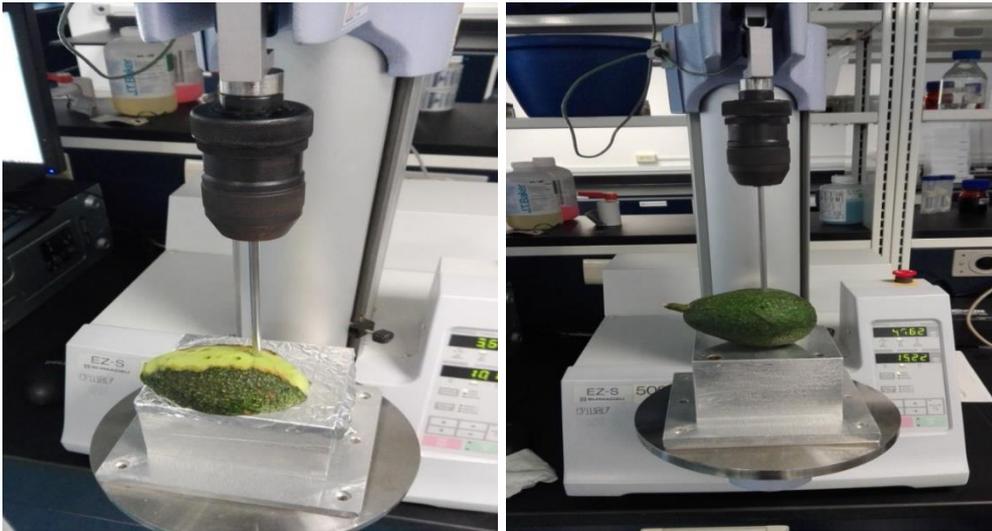


Figura 18. Análisis de textura de frutos de aguacates Hass en estado de maduración verdes.

### 3.3.3 Humedad

El contenido de humedad del fruto de aguacate se midió en la parte de pulpa del fruto mediante una termobalanza Ohaus® (Figura 19). Se tomó una proporción de 5 gramos de pulpa de aguacate para el secado de la muestra dentro de bandejas de aluminio, para la termobalanza de humedad Ohaus®, Serie MB, con la determinación simultánea de la pérdida de peso, bajo el programa recomendado: paso a paso (Manual y guía del usuario Ohaus®) (Figura 20).



Figura 19. Termobalanza Ohaus.

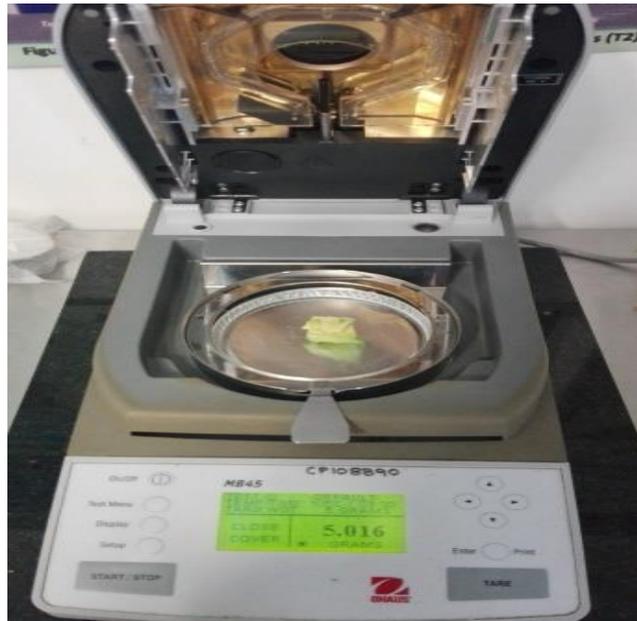


Figura 20. Colocación de la muestra sobre un plato de aluminio en la termobalanza, funcionamiento bajo el programa paso a paso.

### 3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.4.1 COLOR

El análisis de varianza (Tabla 5) mostró que el origen del fruto de aguacate Hass tiene un efecto significativo en los valores de  $a^*$  y  $b^*$  para las variables de cáscara verde, pulpa verde, maduro cáscara y maduro pulpa, y en los valores de  $L$  para las variables verde pulpa, maduro cáscara y maduro pulpa. En el rango  $a^*$  se muestra un color verde más intenso en las muestras de cáscara verde de Michoacán. Para pulpa verde, las muestras de Veracruz muestran un verde más intenso, demostró que las muestras tenían en un estado menor de madurez. Siguiendo en el rango de  $a^*$  las muestras analizadas de cáscara y pulpa en estado maduro, las muestras de Veracruz mostraron un estado de madurez significativamente mayor con respecto a las muestras de Michoacán. En el rango de  $b^*$  el color amarillo en las muestras de cáscara verde de Michoacán mostró valores estadísticamente diferentes a las muestras de Veracruz con valores promedio que van de 19.7613 a 12.8978, respectivamente. No así para el componente de pulpa verde en donde los valores de color amarillo de Veracruz son mayores (50.0264) que las muestras de Michoacán (44.3013). En el rango de  $L$  que es la luminosidad, los valores de  $L$  en cáscara y pulpa verde, así como cáscara y pulpa maduro mostraron diferencias significativas. La mayor diferencia se muestra en los

valores de pulpa verde en donde la luminosidad de las muestras de Veracruz fue mayor a los valores de las muestras de Michoacán. Esto significa que las muestras de Michoacán tenían un estado de madurez mayor con respecto a las muestras de frutos de aguacate Hass de Veracruz.

Tabla 5. Medición de color en rangos a\*, b\* y L de muestras de aguacate verdes y maduras en componentes de cáscara y pulpa. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ),  $\mu \pm$  error estándar

<b>Muestra</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Rango a*</b>	<b>Rango b*</b>	<b>Rango L</b>
Verde	<b>Michoacán</b>	-8.5193 <sup>B</sup> $\pm$ 0.4425	19.7613 <sup>A</sup> $\pm$ 0.9138	31.7047 <sup>A</sup> $\pm$ 0.4426
Cáscara	<b>Veracruz</b>	-5.2981 <sup>A</sup> $\pm$ 0.5712	12.8978 <sup>B</sup> $\pm$ 1.1797	30.6638 <sup>A</sup> $\pm$ 0.5715
Verde	<b>Michoacán</b>	-3.8947 <sup>A</sup> $\pm$ 0.2220	44.3013 <sup>B</sup> $\pm$ 0.7043	76.6207 <sup>B</sup> $\pm$ 0.5966
Pulpa	<b>Veracruz</b>	-9.6412 <sup>B</sup> $\pm$ 0.2866	50.0264 <sup>A</sup> $\pm$ 0.9093	80.0130 <sup>A</sup> $\pm$ 0.7701
Maduro	<b>Michoacán</b>	1.2353 <sup>B</sup> $\pm$ 0.3057	8.1947 <sup>A</sup> $\pm$ 0.5799	25.5980 <sup>B</sup> $\pm$ 0.4343
Cáscara	<b>Veracruz</b>	2.3500 <sup>A</sup> $\pm$ 0.3946	5.7811 <sup>B</sup> $\pm$ 0.7487	28.3033 <sup>A</sup> $\pm$ 0.5607
Maduro	<b>Michoacán</b>	-2.6640 <sup>A</sup> $\pm$ 0.3096	43.5487 <sup>A</sup> $\pm$ 0.8779	75.3220 <sup>B</sup> $\pm$ 0.5939
Pulpa	<b>Veracruz</b>	-7.8611 <sup>B</sup> $\pm$ 0.3996	39.0746 <sup>B</sup> $\pm$ 1.1334	78.3550 <sup>A</sup> $\pm$ 0.7667

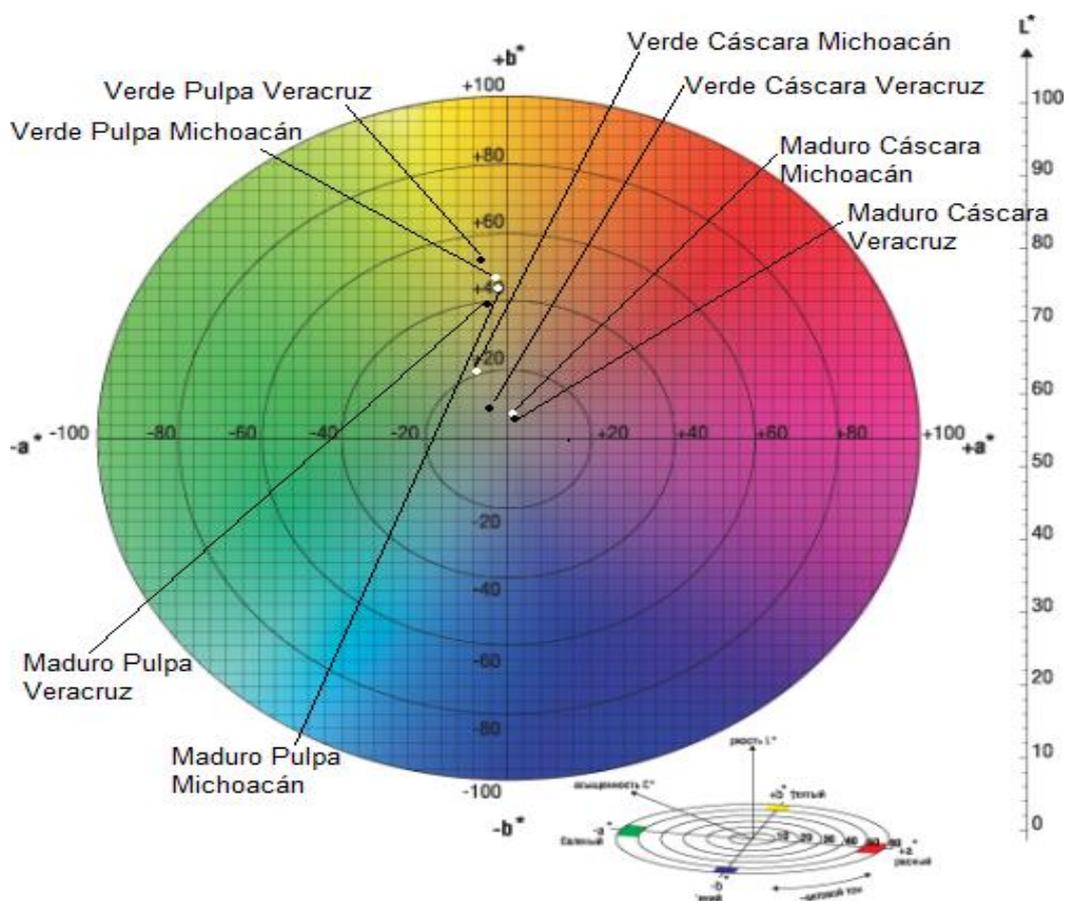


Figura 21. Localización de los puntos resultantes de las muestras de frutos de aguacate de Michoacán y Veracruz, de acuerdo con los análisis de color en el espacio CIEL\*A\*B\*

En la Figura 21 podemos observar que el color es afectado por muchos factores, tales como la iluminación, el observador, el espectro, la presencia de pigmentos o las propias características de superficie, tamaño, textura y brillo de la muestra analizada (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014). Estos valores variaron aun siendo muestras en el mismo rango de maduración. La radiación que sale del alimento (transmitida si es transparente o reflejada si es opaco) tiene una distribución distinta a la incidente, o lo que es lo mismo, un color diferente resultante. Para las muestras cáscara (epidermis) en estado de madurez fisiológica verde y maduro, en los datos de Veracruz se observaron valores similares a estudios realizados por Osuna-García *et al.*, (2011), en donde los valores resultantes estuvieron en un rango de -3 y -5 en el rango  $a^*$ , -11 y -12 en el rango de  $b^*$ , y siendo mayor en la luminosidad de los frutos.

Las frutas que mostraron los valores más altos en "a" (cerca de cero) significa que son frutos con madurez fisiológica menor que las que tienen valores "a" más negativos. Los valores de "b" más pequeños mostraron una madurez mayor (cerca de

a la madurez de consumo), lo que indicó que tenían menos color amarillo, mostrando este factor que se encuentran en estado verde de madurez.

Otro factor que se relaciona es la cinética del índice de madurez con respecto a cómo el color varía en la madurez de consumo de muestras de frutos de aguacate. En este estudio encontramos que mientras el color disminuye y se vuelve opaca la cáscara, la madurez del fruto en cáscara (verde a violeta oscuro) aumenta. Los cambios de color observados en la cáscara del fruto (epidermis) se debieron a cambios en las concentraciones de clorofila y antocianina como lo relacionaron Cox *et al.*, (2004) en su estudio. A medida que la madurez del fruto avanza, el color de la cáscara (epidermis) cambió de verde a violeta, finalmente a negro ocasionando una disminución en el valor de L, croma y tono ( $a^*$  y  $b^*$ ). Así como también las antocianinas totales tienden a aumentar en la cáscara durante la maduración, debido específicamente a la antocianina Cianidina 3-O-glucósido. La pulpa fue un componente que al igual que la cáscara mientras el color fue cambiando a opaco la madurez aumentó cambiando de tonalidades (amarillo crema a amarillo intenso) y fue aumentando, esto se muestra en la cinética elaborada por Henao-Rojas, (2016).

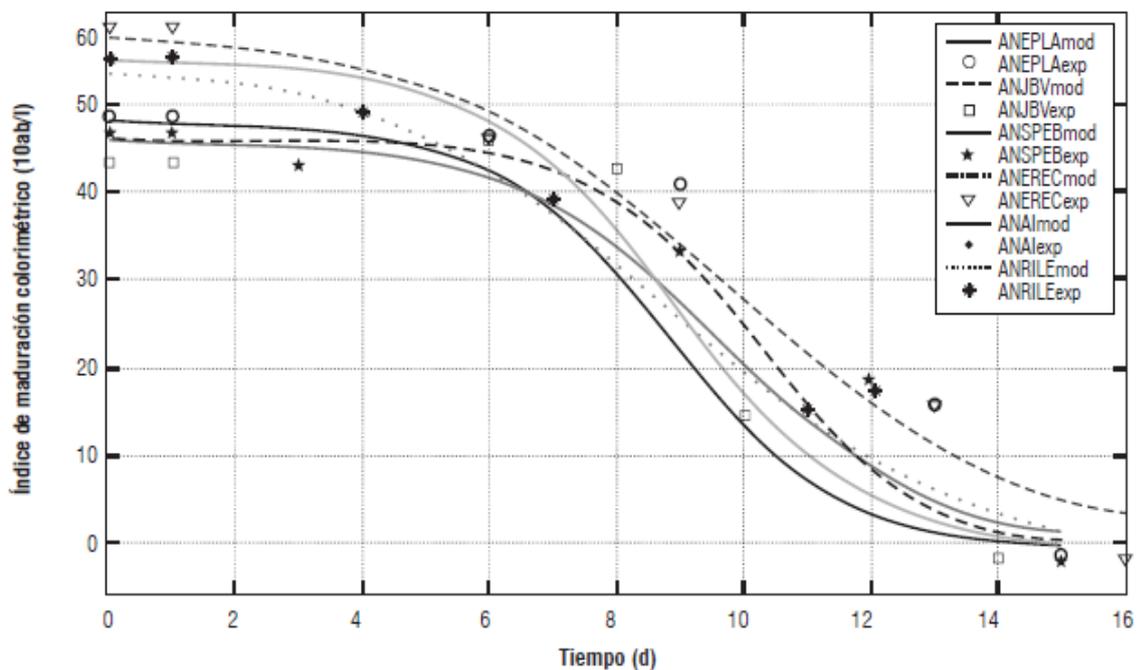


Figura 22. Cinética de IM (índice de madurez) para varias fincas de Antioquia durante madurez de consumo (MC) (Henao-Rojas, 2016).

### 3.4.2 TEXTURA

El análisis de los resultados mostró una fuerte correlación de la firmeza de la cáscara y pulpa. Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en la Tabla 6 y corresponden a los valores medios de veinte observaciones cada uno de los dos grupos de muestras de frutos de aguacate Hass.

Tabla 6. Textura de penetración y punción en muestras de aguacate Hass verde y maduro, en cáscara y pulpa. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ),  $\mu \pm$  error estándar

<b>Procedencia</b>	<b>kf Penetración</b>		<b>kf Punción</b>	
	<b>Verde Cáscara</b>	<b>Verde Pulpa</b>	<b>Maduro Cáscara</b>	<b>Maduro Pulpa</b>
<b>Michoacán</b>	8.7670 <sup>A</sup> $\pm$ 0.1111	8.1114 <sup>A</sup> $\pm$ 0.3556	1.3176 <sup>A</sup> $\pm$ 0.2071	0.6809 <sup>A</sup> $\pm$ 0.2091
<b>Veracruz</b>	8.5931 <sup>A</sup> $\pm$ 0.1435	7.2086 <sup>A</sup> $\pm$ 0.4591	1.2775 <sup>A</sup> $\pm$ 0.2674	0.1946 <sup>A</sup> $\pm$ 0.2700

En el análisis de varianza (Tabla 6) no se observó diferencias significativas en la fuerza, penetración a la cáscara en estado verde y estado maduro, así como la punción en pulpa en los mismos estados de madurez. El rango de variación mayor se encuentra en la punción de la pulpa en estado verde de madurez con valores de 8.1114 kf para las muestras de Michoacán y 7.2086 kf para las muestras de Veracruz. El intervalo de variación de penetración y punción fue muy marcado y coincide con lo reportado antes por Pirovani *et al.*, (1994), en donde de igual forma no se encontraron diferencias significativas.

Como podemos observar en la Tabla 6, los valores de penetración en cáscara y punción en pulpa van en descenso y concuerda con el aumento del grado de madurez de las muestras analizadas. La Tabla 7 se observa un estudio que confirma lo antes mencionado (mientras el fruto va madurando su resistencia se vuelve menor a la penetración y a la punción), así también como a la distancia total que alcanza al ser penetrada al final (Correa *et al.*, 1995).

Tabla 7. Fuerzas máximas de penetración y parámetros del impacto en frutos de aguacate variedad Hass (Correa *et al.*, 1995)

<b>DIAS</b>	<b>FMG</b>	<b>FMT</b>	<b>DUG</b>	<b>DUT</b>	<b>FTG</b>	<b>FTT</b>	<b>FGD</b>	<b>FDT</b>	<b>MEG</b>	<b>MET</b>	<b>DMG</b>	<b>DMT</b>
	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>kN/s</b>	<b>kN/s</b>	<b>N/mm</b>	<b>N/mm</b>	<b>MN/m<sup>2</sup></b>	<b>MN/m<sup>2</sup></b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
<b>0</b>	76.46	76.46	2.75	2.75	66.72	66.72	93.03	93.03	31.17	31.17	0.85	0.85
<b>5</b>	74.65	75.73	2.84	2.79	65.39	67.212	90.55	89.41	30.02	30.40	0.88	0.84

7	68.01	67.76	2.90	2.90	54.50	52.474	73.65	70.60	23.72	22.31	0.89	0.90
9	60.82	40.02	3.13	3.72	50.31	35.87	68.46	47.20	21.72	13.85	0.91	0.99
11	22.27	3.14	3.87	4.92	36.92	26.72	47.08	33.14	15.00	10.06	1.07	1.27

Las frutas de ambos orígenes analizadas mediante el análisis de textura muestran una relación muy alta con las variables de color puesto que muestran colores muy bajos, lo que indica que el color de la piel era más opaco. A medida que aumentaba el porcentaje de piel violeta oscuro, es decir, aumento de madurez, la firmeza de la cáscara y pulpa disminuía (Osuna-García *et al.*, 2011).

### 3.4.3 HUMEDAD

El método de termobalanza es un secado por radiación y al ser comparado con otros métodos, por ejemplo con la estufa por convección, muestra ser más eficiente, un ejemplo de ello se menciona por Yacanto *et al.*, (2018). Se realizó un estudio con muestras de *Cucurbita moschata Duch* o calabaza amarilla (muestra una consistencia similar al aguacate), los comportamientos en pérdida de humedad son mejores en termobalanza que en las muestras de estufa por convección. Observándose un ajuste en la variación lineal por medio de termobalanza mejor que mediante estufa.

El análisis de varianza (Tabla 8) mostró que el origen del fruto de aguacate Hass tiene un efecto significativo en los valores de porcentaje pérdida de humedad. El porcentaje promedio de pérdida de humedad mostró diferencias significativas para los valores de las muestras de frutos de Michoacán de 62.4854%, más del doble del valor correspondiente de pérdida para las muestras de frutos de Veracruz con valor de 31.1533%. Esto indica que las muestras analizadas de frutos de Michoacán se encontraban en un estado de madurez general menor con respecto a las muestras de frutos de aguacate Hass de Veracruz.

Tabla 8. Humedad perdida en muestras de aguacate de pulpa madura. Agrupación para Mínimos cuadrados ( $\alpha = 0.05$ ),  $\mu \pm$  error estándar

<b>Procedencia</b>	<b>% Humedad Perdida</b>
<b>Michoacán</b>	62.4854 <sup>A</sup> $\pm$ 1.2084
<b>Veracruz</b>	31.1533 <sup>B</sup> $\pm$ 1.5600

La fruta almacenada en condiciones de HR (humedad relativa) baja puede perder más peso fácilmente por la respiración, presentándose como marchitamiento. La pérdida de humedad causada por una HR baja acelera la maduración de muchas frutas, como el aguacate (Li *et al.*, 2010). Este problema de aceleración de la madurez es muy notable cuando a la fruta es manipulada incorrectamente y cuando se elimina el pedúnculo siendo este su última defensa, ya que esto contribuye al desarrollo de otros trastornos fisiológicos como la producción de etileno inducido por el estrés y en consecuencia la senescencia de la fruta es más rápida y se comienza a marchitar o podrir.

La pérdida de humedad es un factor relacionado con la cantidad de aceites y contenido de estos aumenta en forma paralela al incremento de peso durante el periodo de desarrollo del fruto (Cerdas-Araya *et al.*, 2014).

### **3.5 CONCLUSIÓN**

La calidad en los frutos de aguacate Hass es muy importante. La calidad es el parteaguas para que un fruto sea considerado para un mercado local, nacional o de exportación. La calidad en los frutos de aguacate Hass es lo que dicta y afianza las preferencias del consumidor ya que con ella el consumidor puede llegar a pagar un mejor precio.

Las mediciones de color de las muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán muestran colores más claros en comparación con las muestras de Veracruz. Las muestras de Veracruz, al presentar colores más opacos, indican que su índice de madurez es mayor a las muestras de Michoacán. Los análisis de textura no mostraron diferencias significativas entre sí, esto indica que los frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz maduraron de forma similar ya que los índices de penetración en la cáscara y punción en la pulpa en sus dos estados de maduración fueron estadísticamente iguales. La pérdida de humedad en el lote de muestras analizadas de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz es muy diferente entre ambas muestras, demostrando que el estado de maduración afecta directamente la cantidad de humedad en las muestras conforme aumenta el desarrollo del fruto.

### **3.6 LITERATURA CITADA CAPÍTULO III**

Cerdas-Araya, M. del M., Montero Calderón, M., Somarriba Jones, O., 2014. Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para

- aguacate (*Persea americana*) cultivar Hass en zona intermedia de producción de los Santos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 38, 207–214.
- Cerdas-Araya, M. del M., Montero-Calderón, M., Díaz-Cordero, E., 2006. Manual de manejo pre y poscosecha de Aguacate (*Persea americana*).
- Correa, P.C., de la Plaza-Pérez, J.L., Ruiz-Altisent, M., 1995. Ensayos no destructivos para la evaluación de la madurez post-recolección de aguacate. *Agro-ciencia* 11, 4.
- Cox, K.A., McGhie, T.K., White, A., Woolf, A.B., 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of 'Hass' avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31, 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.008>
- Henao-Rojas, J.C., 2016. Evaluación del color durante la maduración del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Agronomía Colombiana Suplemento*, S876-S879 1, 5. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58092>
- Juarez, B., 2013. Veracruz produce aguacate Hass de buena calidad; 22 municipios lo cultivan en 1500 hectáreas. *Al Calor Politico*. URL <https://www.alcalorpolitico.com/informacion/veracruz-produce-aguacate-hass-de-buena-calidad-22-municipios-lo-cultivan-en-1500-hectareas-120178.html> (accessed 10.15.18).
- Li, X., Xu, C., Korban, S.S., Chen, K., 2010. Regulatory Mechanisms of Textural Changes in Ripening Fruits. *Critical Reviews in Plant Sciences* 29, 222–243. <https://doi.org/10.1080/07352689.2010.487776>
- Mathias-Rettig, K., Ah-Hen, K., 2014. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Food and Technology Science* 42, 10. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Osuna-García, J.A., Doyon, G., Salazar-García, S., Goenaga, R., González-Durán, I.J., 2011. Relationship between skin color and some fruit quality characteristics of 'Hass' avocado. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 95, 15–23.
- Pirovani, M.E., Piagentini, A.M., Güemes, D.R., Di Pentima, J.H., 1994. Texture determination of avocado (*Persea americana* Mill.) by penetration tests. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 77–89.
- Villanueva, M., Verti, S., 2007. El aguacate: Oro verde de México, orgullo de Michoacán, in: *Proceedings VI World Avocado Congress*. Viña Del Mar, Chile, p. 7.
- Yacanto, P., Soteras, E.M., Gil, J., Míccolo, M.E., Abaca, C.R., 2018. COMPARATIVE PUMPKIN (*Cucurbita moschata* Duch.) DRYING STUDY VARYING. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 9, 33–39.

## **CAPÍTULO IV. ESPECTROS DE ABSORCIÓN ÓPTICOS RELACIONADOS CON LA MADUREZ DE LA CÁSCARA, PULPA Y SEMILLA DE AGUACATE HASS (Revista: FOOD BIOPHYSICS)**

Peralta-Hernández Rubén<sup>1</sup>, Cruz-Orea Alfredo<sup>2</sup>, Hernández-Rosas Francisco<sup>1</sup>, Salinas-Ruiz Josafhat<sup>1</sup>, Figueroa-Rodríguez Katia A.<sup>1</sup>

### **4.1 RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis mediante espectroscopia fotoacústica, una técnica no destructiva, de muestras de frutos de aguacate Hass de 2 diferentes lugares de México, Ario de Rosales en Michoacán y Calchahuaco en Veracruz, y comparar sus espectros de absorción ópticos, los cuales deberían ser semejantes ya que acuerdo con los parámetros edafoclimáticos son similares para ambos lugares. Se midieron los espectros de absorción ópticos en rangos de longitudes de onda de 250 nm a 850 nm, es decir desde el ultravioleta hasta infrarrojo cercano, pasando por todo el rango visible. Ambas muestras muestran similitudes en sus espectros de absorción ópticas de mayor amplitud, con algunas diferencias en intensidades, encontrándose mayores bandas de absorción ópticas en las muestras de Michoacán, en los componentes de cáscara y pulpa, no así para el componente de semilla, estas absorbancias resultantes corresponden a pigmentos naturales tales como la clorofila, carotenoides y vitaminas, todo esto esencial para el cuidado de la salud del ser humano.

**Palabras clave:** *Persea americana, espectroscopia fotoacústica, absorbancia óptica, fenol, antioxidante.*

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Km.348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Ver., 94946, México

<sup>2</sup> Departamento de Física, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Apartado Postal 14-740, México D.F., 07360, México

Autor de correspondencia: fhrosas@colpos.mx

### **4.2 INTRODUCCIÓN**

El aguacate Hass es una fruta oleaginosa, cultivada desde el año 500 A.C. Se consume por su sabor y su valor nutricional y beneficios para la salud [15-23]. Cuenta con un alto contenido de vitaminas liposolubles como las vitaminas A, D, E, K; y

vitaminas hidrosolubles como el complejo B y la vitamina C. México ocupa el primer lugar mundial en producción [35]. De las propiedades del fruto de aguacate Hass destaca la vitamina A y E, carotenos como la luteína, zeaxantina y criptoxantina, así como antioxidantes especialmente tocoferoles [32].

En el caso de la cáscara y semilla los estudios comienzan a tomar auge, por el alto contenido de antioxidante (provitamina A y la vitamina E) y fenólicos en las semillas. La cáscara y la semilla cuentan con cantidades altas de compuestos fenólicos como procianidinas, ácidos hidroxibenzoicos y ácidos hidroxicinámicos [26] con un alto potencial de uso como antioxidante en carne de cerdo. Estudios in vitro han observado el efecto antimicrobiano de la cáscara de aguacate Hass [27]. Además la semilla de aguacate Hass representa una fuente potencial de nuevos colorantes naturales como el color naranja y café rojizo para su uso en alimentos [13]. La detección de los colorantes de la semilla ha sido a través de métodos que permiten distinguir entre una molécula y otra mediante extracciones con solventes de la muestra original mediante HPLC, TBARS MC, MS (Cromatografía de gases y Espectroscopía de Masas), Total Phenolic Content (TPC), Accelerated Solvent Extraction (ASE), así como CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity), ABTS y DPHH (2,2- Difenil-1-picrilhidrazilo, D-9132), ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) [28]. Los métodos comunes para el análisis de muestras vegetales suelen ser destructivos, con el uso de solventes o enzimas líticas. Aunque se busca que con nuevas técnicas, se obtengan resultados similares y no se destruya la muestra biológica. Un ejemplo de ello es el uso de técnicas fototérmicas (PT) la espectroscopía fotoacústica utilizadas para estudiar propiedades térmicas y ópticas de muy diversos materiales desde semiconductores hasta muestras biológicas, que permite analizar compuestos mediante absorción la óptica en diferentes rangos de longitud de onda [3].

La espectroscopía fotoacústica (PAS por sus siglas en inglés) se basa en la conversión de la energía óptica absorbida por la muestra a calor, que presenta un cuerpo orgánico o inorgánico al incidir un haz de luz modulado, dicha conversión depende de la composición interna del material que está siendo irradiado [3]. El calentamiento periódico produce variaciones de temperatura en la muestra, que está en una cámara herméticamente sellada, produciendo una señal captada por un micrófono que puede ser cuantificada [9]. La PAS ha sido utilizada para obtener coeficientes de absorción óptica de semillas [18] y de la cutícula de chile pasilla en diferentes estados de madurez [9]. Incluso para la identificación de antioxidantes como

el  $\beta$ -caroteno mediante PAS [21]. Debido a los múltiples análisis que se pueden realizar mediante PAS, en el presente trabajo se utilizaron frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz para realizar mediciones térmicas y acústicas de cáscara, pulpa y semilla de tres estados de maduración: verde, sazón y maduros. Además de identificar los compuestos propios de las tres partes del frutos analizado y realizar una correlación de los compuestos presentes relacionados con la madurez del aguacate Hass.

#### 4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de frutos de aguacate Hass fueron colectadas de los municipios de Calcahualco, Veracruz y Ario de Rosales, Michoacán de calibre uniforme y de medida “super extra” de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-016-SCFI-2006, productos alimenticios no industrializados para uso humano - fruta fresca - aguacate (*Persea americana* Mill). En este estudio se utilizaron muestras con calibre en un rango mayor a 266 g, con un promedio en peso de 278 g para todas las muestras de frutos (Tabla 9).

Tabla 9. Calibre de aguacate Hass

<b>Calibre</b>	<b>Peso de la fruta (g)</b>
<i>Súper Extra</i>	Mayor a 266
<i>Extra</i>	211 a 265
<i>Primera</i>	171 a 210
<i>Mediano</i>	136 a 170
<i>Comercial</i>	85 a 135
<i>Canica</i>	Menor a 85

Calibre de aguacate Hass utilizado por los productores y empacadoras de México (NMX-FF-016-SCFI-2006).

Las muestras de frutos de aguacate Hass del municipio de Calcahualco fueron colectadas de cuatro comunidades con diferentes alturas sobre el nivel del mar (msnm): Terrero, Cruz Verde, Excola e Itzapa.

Tabla 10. Parámetros edafoclimáticos de Veracruz y Michoacán [36, 37]

Procedencia	Altura	T	Procedencia	Altura	T
-------------	--------	---	-------------	--------	---

		msnm	°C			msnm	°C
Michoacán	Ario de Rosales	1910	20.7 a 15.5	Calcahualco, Veracruz	Terrero	1880	19.3 a 13.8
					Cruz Verde	1960	19.1 a 12.8
					Excola	1980	18.2 a 12.9
					Itzapa	2100	17.2 a 12.4

Los frutos de aguacate Hass de Calcahualco, Veracruz, y Arios de Rosales, Michoacán, fueron transportados en hieleras y mantenidos durante un día con hielo a una temperatura promedio de 5 °C. En cambio, las muestras en el laboratorio fueron mantenidas en cuarto frío de 3 a 5°C y al momento de trabajar con las muestras de aguacate Hass en laboratorio se mantuvieron a 22 °C durante 1 hora, de estos frutos de aguacate Hass se analizó la cáscara, pulpa y semilla; es decir, epicarpio o cáscara en su parte interna, mesocarpio o pulpa y semilla con un corte interno (Fig. 23).

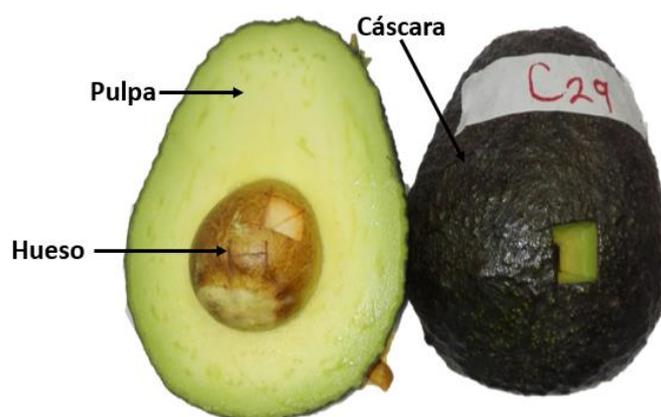


Figura 23. Fruto de aguacate Hass y las partes que lo componen de muestras de campo [imagen propia].

La toma de muestra se realizó utilizando bisturí, espátula y pinzas, cortando trozos de aguacate Hass de 5 mm de largo por 1 mm de ancho de cada una y posteriormente, fueron colocadas por separado en forma individual.

Se realizó una medición por cada parte del fruto: cáscara, pulpa y semilla; todas las muestras fueron tomadas de la parte ecuatorial del fruto y analizadas de forma alterna (Veracruz, Michoacán, Veracruz), día uno y día dos (Michoacán, Veracruz, Michoacán), y así sucesivamente.

Los espectros de absorción ópticos fueron obtenidos por espectroscopia fotoacústica, en rangos de longitudes de onda de 250 a 850 nm. La medición se realizó mediante

un espectrómetro fotoacústico que consiste en una lámpara de Xenón (marca Oriel®), un monocromador (marca Oriel®), un chopper (cortador de luz) ajustado a una frecuencia de 17 Hz, una fibra óptica que conduce la luz monocromática modulada a la celda fotoacústica con ventanas de cristal de cuarzo que fue sellada herméticamente con grasa de vacío. La señal acústica generada en la celda PA fue detectada por un micrófono de electreto a través de una abertura (diámetro de 1 mm) hecha en la pared de la celda y luego amplificada mediante un amplificador Lock-in (Stanford Research Systems, SR850), y que envía la señal a una computadora de escritorio Acer® [18]. La amplitud como la fase de la señal de PA se registraron como una función de la longitud de onda incidente.

Para cada una de las mediciones se utilizó el software LabVIEW® que registró los espectros y mediante el software OriginPro 9® se realizó el análisis de los espectros de absorción ópticos obtenidos en función de la longitud de onda ( $\lambda$ ), de 250 a 850 nm.

Para la medición de la difusividad térmica se obtuvieron muestras de cáscara y semilla de un grosor de 442 y 415.8  $\mu\text{m}$ , respectivamente con la ayuda de un micrómetro Mitutoyo® 1706. La difusividad térmica de las muestras de cáscara y semilla se obtuvieron mediante el método de la celda fotoacústica abierta [17]. Para una muestra térmicamente gruesa, (as  $l_s \gg 1$ ) donde as es el coeficiente de difusión térmica (ver ecuación 1) y  $l_s$  es el espesor de la muestra, el coeficiente de absorción óptica  $\beta$  satisface la relación dada por la teoría de Rosencwaig y Gersho (Ec. 2). Tanto la amplitud como la fase de la señal de PA se registraron como una función de la frecuencia de modulación de la luz incidente. Para esta medida se utilizó un láser de Argón con su principal línea de emisión en 488 nm y la señal fotoacústica se obtuvo en función de la frecuencia de modulación de la luz incidente, en un rango de 10 Hz a 20 Hz [18]. Se obtuvieron los valores de difusividad térmica siguientes:

Para cáscara fue  $1.34 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ , para pulpa  $2.03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  y para semilla  $0.41 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$$a_s = \left( \frac{\pi \cdot f}{\alpha} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\beta = \frac{(a_s) \cdot [q^2 + q(2 - q^2)^{1/2}]}{(1 - q^2)} \dots \dots \dots (2)$$

Donde q es la señal PA normalizada y as se definió en la Ec. 1.

Para observar de forma correcta las diferencias entre los espectros ópticos se aplicó la segunda derivada a los datos obtenidos de absorción óptica mediante el programa

OriginPro 8®, esto se realizó para observar de forma más precisa los máximos y mínimos en rangos de absorción de cada una de las partes analizadas de los frutos de aguacate Hass.

Los resultados de los espectros de absorción ópticos obtenidos de cáscara, pulpa y semilla de frutos verdes, sazones y maduros fueron analizados mediante el procedimiento de Glimmix del software SAS® (versión 9.4). De igual manera se realizó el análisis de los espectros de absorción obtenidos mediante el programa OriginPro 8®, para la normalización y agrupación de los datos resultantes, así como para obtener los coeficientes de absorción óptica de los componentes analizados.

#### 4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 11 se observan los promedios de absorción óptica de los frutos verdes de aguacate Hass analizados en sus tres distintas partes: cáscara, pulpa y semilla. Se observó que la absorción óptica de la cáscara de frutos verdes de Michoacán fue de 22.7527, un valor mayor a lo presentado en la cáscara de frutos verdes de aguacate Hass de Veracruz, cuyo promedio de absorción óptica fue de 14.2087. De la misma forma las muestras del pulpa de frutos de aguacate Hass de Michoacán cuentan con una mayor absorción óptica a las muestras de Veracruz en estado verde con promedio de 18.4909 y 11.0530, respectivamente. No así para la semilla de frutos verdes de Veracruz con un promedio mayor de absorción óptica que la semilla de aguacate Hass de Michoacán (8.0797 y 6.7620, respectivamente). Los resultados muestras diferencias significativas con un nivel de confiabilidad del 95%.

En el caso de los espectros de absorción ópticos de muestras de cáscara de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz, en tres estados de maduración diferente, se observó la presencia de contenido fenólico en rangos de absorbancia entre 300 a 340 nm, en cambio Palomino *et al.*, [5] encontró los fenoles en un rango más amplio desde 240 a 350 nm en cáscara de aguacate Hass (Fig. 24-a, Fig.25-a, Fig. 26-a). Por la alta concentración de compuestos fenólicos surge el interés de procesar este subproducto, generar recursos y reducir pérdidas postcosecha [30].

Tabla 11. Espectros de absorción ópticos de frutos verdes de aguacate Hass de cáscara, pulpa y semilla de Michoacán vs Veracruz

<b>MUESTRA</b>	<b>CME*</b>	<b>MICHOACÁN</b>	<b>VERACRUZ</b>
----------------	-------------	------------------	-----------------

<b>Verde Cáscara</b>	139.72	22.7527 <sup>A</sup>	14.2097 <sup>B</sup>
<b>Verde Pulpa</b>	165.24	18.4909 <sup>A</sup>	11.0530 <sup>B</sup>
<b>Verde Semilla</b>	29.23	6.7620 <sup>B</sup>	8.0797 <sup>A</sup>

\*CME = Cuadrado medio del error. Superíndices iguales entre Michoacán y Veracruz indican la ausencia de diferencias significativas con un nivel de confiabilidad del 95%.

Los frutos de Michoacán mostraron una mayor absorbancia en cáscara en sus distintos estados de madurez en el rango de 270 a 360 nm, rango de longitud de onda donde se ha reportado la absorbancia del contenido de fenoles [5, 19-20]. En la cáscara de aguacate Hass se reportan hasta 14 compuestos fenólico-principales: ácido 5-O-cafeoilquínico ( $\lambda_{\max}$ =324 nm), procianidina dimer B (I) ( $\lambda_{\max}$ =278 nm), procianidina dimer A ( $\lambda_{\max}$ =279 nm), catequina ( $\lambda_{\max}$ =278 nm), procianidina dimer B (II) ( $\lambda_{\max}$ =279 nm), quercetina-3,4-glucosida ( $\lambda_{\max}$ =356 nm), quercetina-3-O-rutinosida ( $\lambda_{\max}$ =354 nm), quercetina-3-O-arabinosil-glucosida ( $\lambda_{\max}$ =355 nm), quercetina-3-O-arabinosida ( $\lambda_{\max}$ =354 nm), quercetina-3-O-galactosida ( $\lambda_{\max}$ =354 nm), quercetina-3-O-glucosida ( $\lambda_{\max}$ =356 nm), quercetina derivada (I) y (II) ( $\lambda_{\max}$ =353 nm), quercetina derivada (III) ( $\lambda_{\max}$ =355 nm) [19-20]. En la figura 2-a se muestra la absorbancia de procianidina en los puntos más altos como son 281 nm en Michoacán y 278 nm en Veracruz, y donde también esta reportada la catequina para cáscara en los estados verde y sazón (Fig. 24-a y Fig. 25-a). Para la cáscara en el estado maduro se muestran absorbancias en el punto más alto, 277 nm. Se puede observar que en cáscara verde la absorbancia de ácido 5-O-cafeoilquínico en rangos de 325 nm en muestras de Michoacán y para las muestras de Veracruz en estados verde y maduro En estado sazón se mostró en 324 nm para ambas muestras de Michoacán y Veracruz [19] (Fig. 25-a). Para la quercetina se han encontrado en 353, 355 y 356 nm en muestras de Michoacán, a la quercetina-3,4'-diglucósido, quercetina-3-O-arabinosilo-glucósido, quercetina-3-O-glucósido y quercetina derivada (I), (II) y (III), para sus estados de maduración verde y sazón [20] (Fig. 24-a, Fig. 25-a). En cambio, para muestras de Michoacán en estado maduro solo se encontraron en 353 nm la quercetina derivada (I) y (II) (Fig. 26-a). Por otra parte, las muestras analizadas de cáscara de frutos de aguacate Hass de Veracruz en sus tres estados de maduración: verde, sazón y maduro se encontró en 353 nm la absorbancia a quercetina derivada (I) y (II).

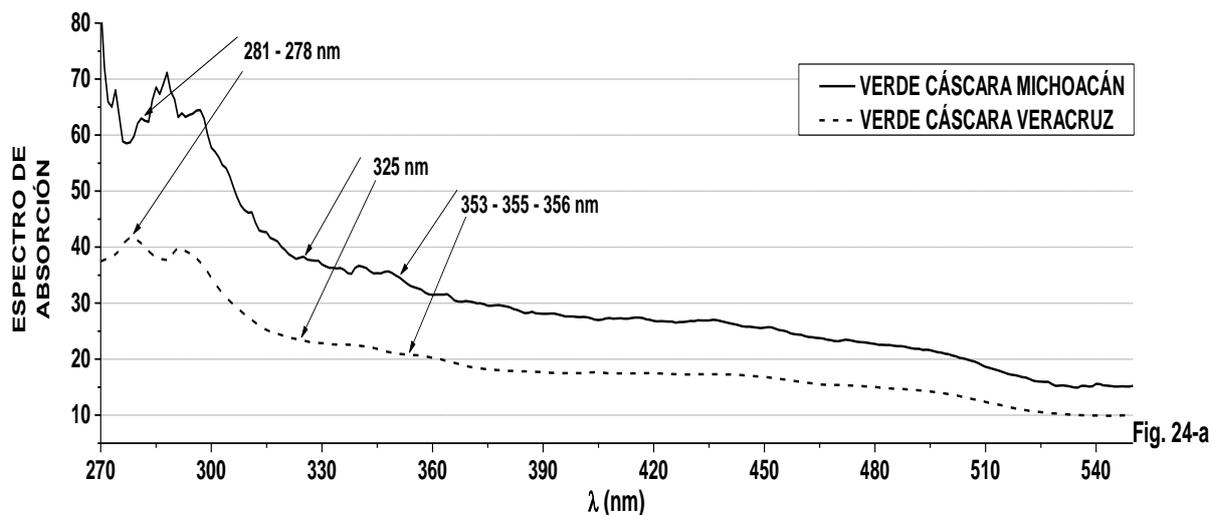


Fig. 24-a

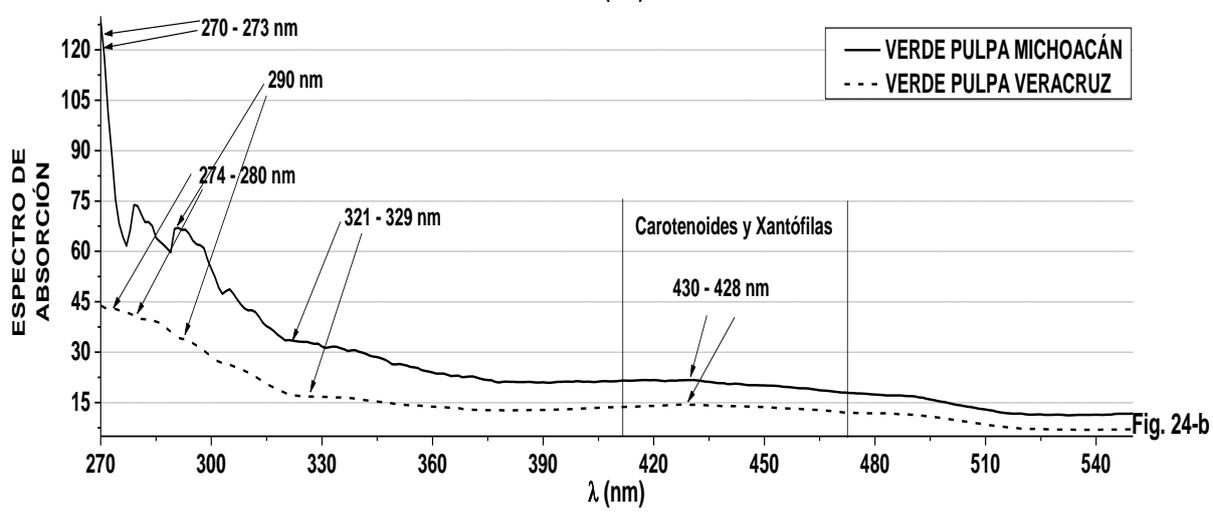


Fig. 24-b

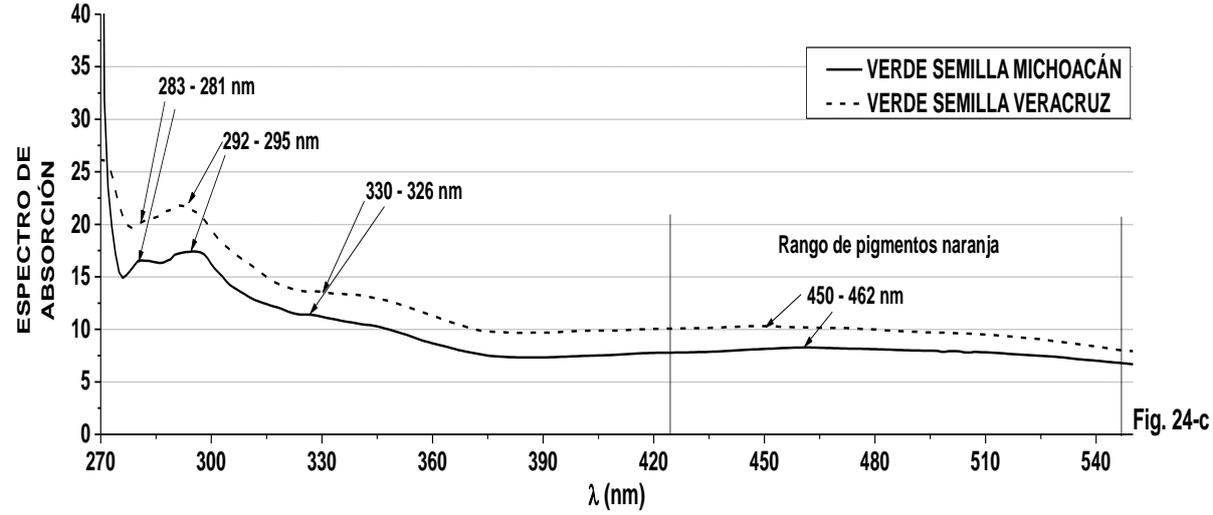


Fig. 24-c

Figura 24. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm

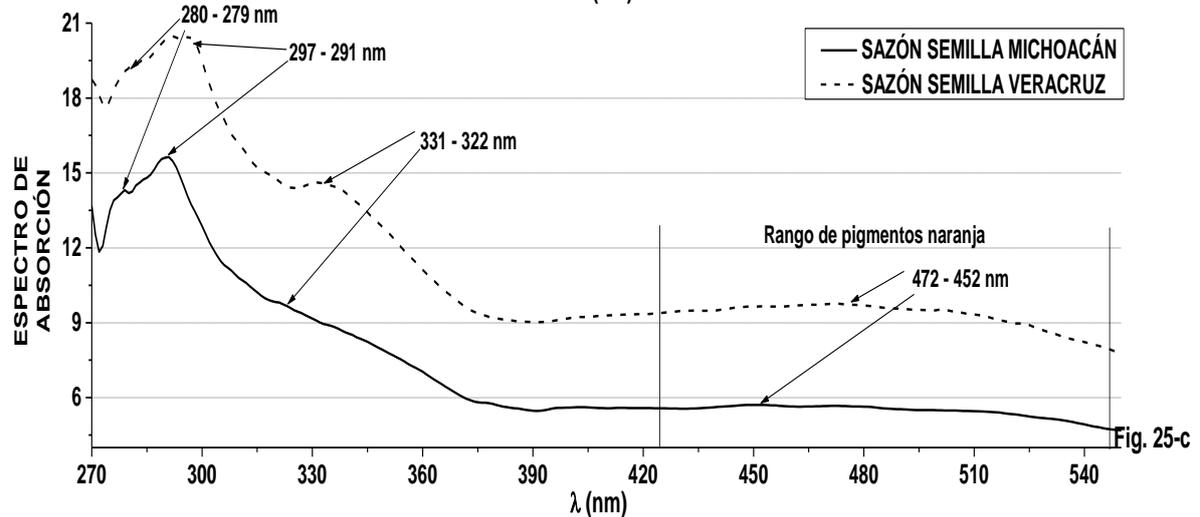
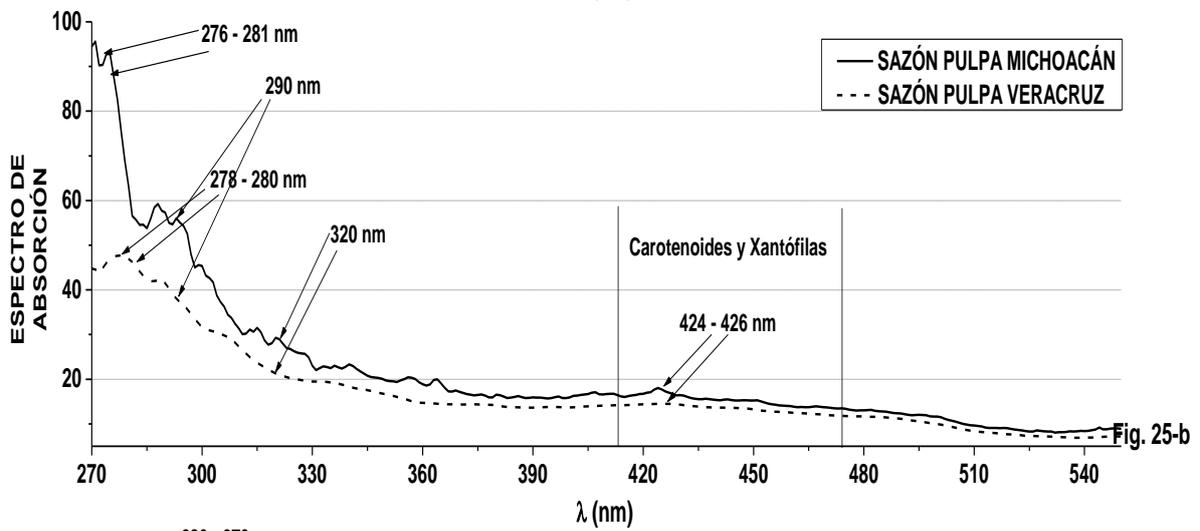
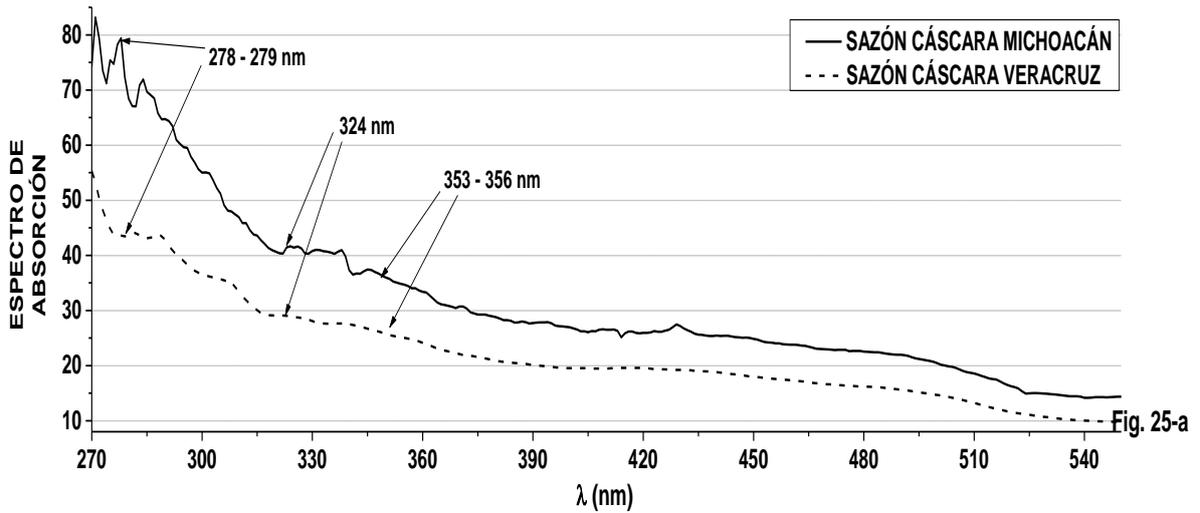


Figura 25. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos sazón de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm

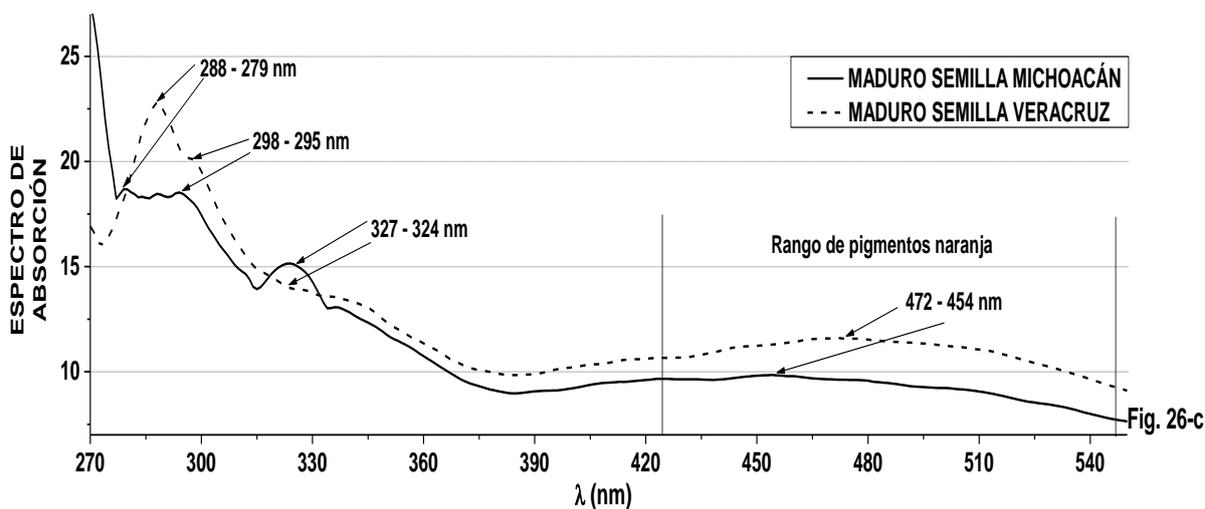
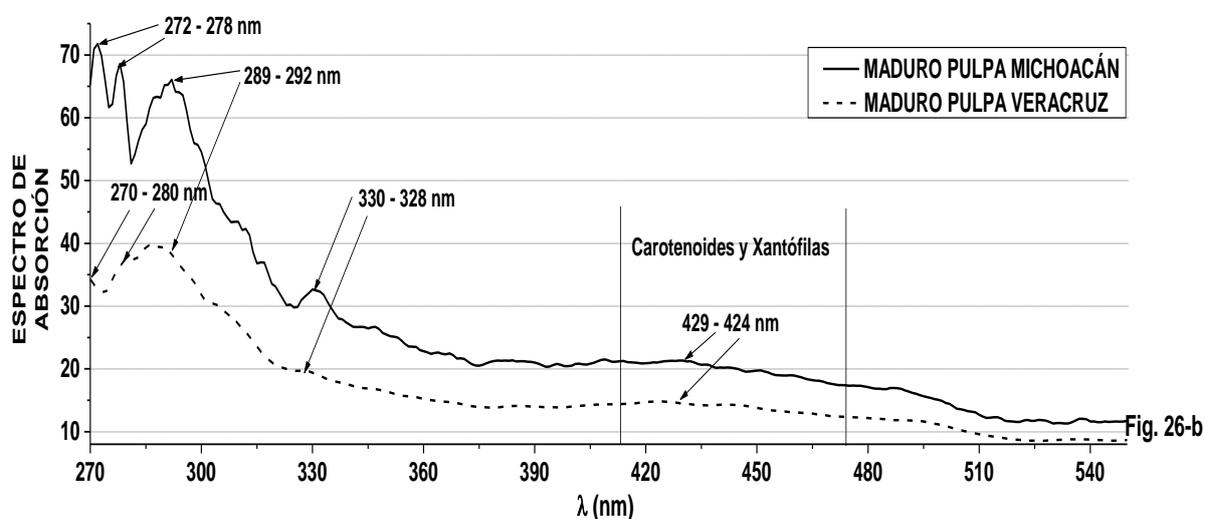
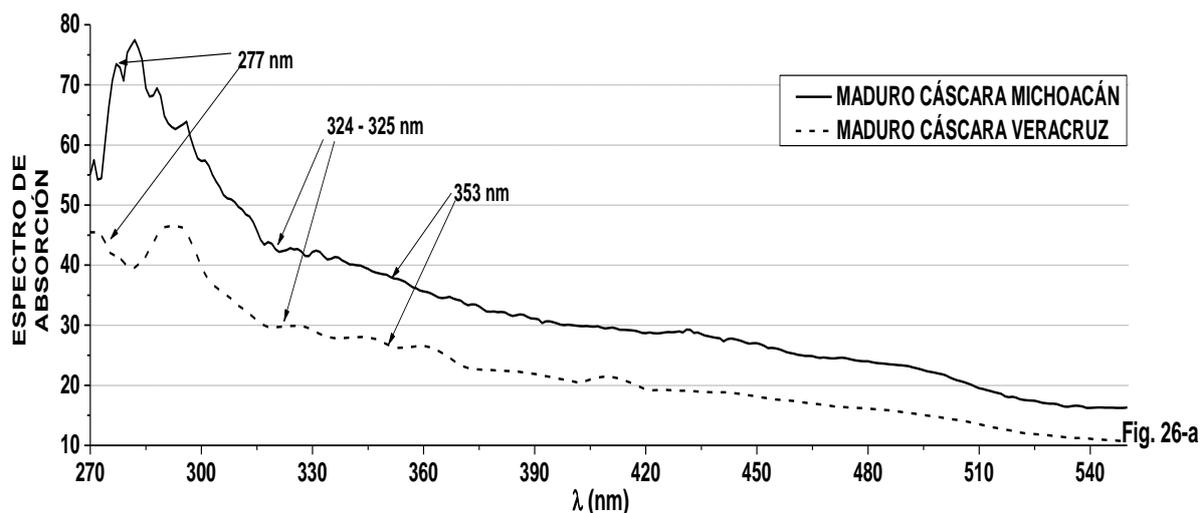


Figura 26. Espectros de absorción ópticos de cáscara, pulpa y semilla de frutos maduros aguacate Hass de Michoacán y Veracruz. Rango de longitud de onda: 270 a 550 nm

Dentro de los fenoles encontrados en la cáscara de aguacate Hass se encontraron los taninos, utilizados en la medicina por sus propiedades astringentes. La capa compleja

de proteína de tanino protege el estómago al promover una mayor resistencia a las lesiones mecánicas y químicas o a la irritación [14].

El uso de residuos de aguacate Hass, en este caso cáscara, cuentan con un potencial amplio como inhibidores eficientes de reacciones oxidativas y el deterioro de color durante el almacenamiento en carne de cerdo, no importando el estado de maduración de la cáscara [27]. Aunque los subproductos de aguacate Hass no pueden inhibir todos los cambios químicos inducidos por la oxidación de proteínas, los extractos de aguacate Hass ricos en fenólicos podrían recomendarse como ingredientes funcionales, al mejorar el valor nutricional de los productos cárnicos a través de su actividad antioxidante, así evitando pérdidas en la producción de dicha fruta [29]. Salmerón- Ruiz hace mención del contenido fenoles totales obtenidos mediante DPPH  $683.19 \pm 9.57$   $\mu$ moles ET/g ps, ABTS  $751.54 \pm 59.06$   $\mu$ moles ET/g ps y FRAP  $472.85 \pm 13.59$   $\mu$ moles ET/g ps (ET equivalentes Trolox y ps: peso seco) [33].

En el caso de los frutos de aguacate Hass en estado sazón de Michoacán y Veracruz en la Tabla 12 se muestran los promedios de absorción óptica analizados. En las muestras de Michoacán de cáscara en estado sazón se observó una absorción óptica mayor con respecto a las muestras de aguacate Hass de Veracruz analizadas con valores de 22.7411 a 15.7294. Para las muestras en estado sazón de pulpa se obtuvieron valores de 14.7798 para Michoacán y una absorción menor para Veracruz con un valor de 11.6889. En cambio, las muestras de Veracruz su absorción óptica de muestras de semilla se observó un aumento con respecto a las muestras analizadas de Michoacán con valores obtenidos de 7.8208 y 4.9785 respectivamente. Los resultados mostraron valores más altos de absorbancia en la cáscara y pulpa de Michoacán en estado sazón con respecto a Veracruz, no así para las muestras de semilla, todas las muestras analizadas muestras diferencias significativas.

Tabla 12. Espectros de absorción ópticos de frutos de aguacate Hass en estado de maduración sazón de Michoacán vs Veracruz.

<b>MUESTRA</b>	<b>CME*</b>	<b>MICHOACÁN</b>	<b>VERACRUZ</b>
<b>Sazón Cáscara</b>	168.42	22.7411 <sup>A</sup>	15.7294 <sup>B</sup>
<b>Sazón Pulpa</b>	152.77	14.7798 <sup>A</sup>	11.6889 <sup>B</sup>

<b>Sazón Semilla</b>	17.4	4.9785 <sup>B</sup>	7.8208 <sup>A</sup>
----------------------	------	---------------------	---------------------

\*CME = Cuadrado medio del error. Superíndices iguales entre Michoacán y Veracruz indican la ausencia de diferencias significativas a un nivel de confiabilidad del 95%.

El contenido de lípidos es uno de los factores más importantes obtenidos de la pulpa de aguacate Hass, ya que contiene una gran cantidad de aceite en comparación con otras frutas. El aceite de aguacate Hass tienen un perfil de lípidos muy similar a la aceituna y al aceite de oliva, este se encuentra constituido por 15 a 20% de grasas saturadas, 60 a 80% de monoinsaturadas y  $\cong$ 10% de poliinsaturadas, por lo tanto se pueden incluir en una dieta saludable [31].

Los frutos de aguacates Hass también contienen cantidades significativas de otros compuestos benéficos para la salud como las vitaminas, entre sus principales: A, E y B, entre otras.

Los espectros de absorción de muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz en estado de maduración sazón, se observó la absorbancia de diversos componentes como la vitamina B en rangos de longitud de onda de 270 a 280 nm [2]. Las muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán muestran los puntos más altos en 270 nm en pulpa en estado verde. Para las muestras de Veracruz, la absorbancia de vitamina B comparado con lo reportado por Dionex [2] muestra similitud en estados verde y maduro en donde se muestra su pico más alto en 270 nm. (Fig. 24-b) Para las muestras de Michoacán se mueve su rango de absorbancia a 276 nm en estado sazón. Sin embargo, las muestras de Veracruz en estado sazón reflejó un movimiento y su punto más alto se muestra en 278 nm. (Fig. 25-b). En estado maduro de nueva cuenta la absorbancia de la vitamina B se encuentra antes, 272 nm (Fig. 26-b). Con respecto a la vitamina D o calciferol, se ha reportado que los rangos máximos de absorbancia de 280 nm [7, 11, 16]. Se encontró en las muestras de Michoacán el punto más alto de absorbancia en estado verde en 280 nm (Fig. 24-b), moviéndose a la derecha a 281 nm para estado sazón y en estado maduro en las muestras de Michoacán, cerca del punto reportado, en 278 nm. Pero conforme fue madurando su absorbancia se acercó a lo reportado con 278 y 280 nm en estado sazón y maduro (Fig. 26-b), respectivamente con la absorbancia de vitamina D de 280 nm. A un lado de la absorbancia de la vitamina D se encuentra la vitamina E o

tocoferoles en un rango de absorbancia de 290 nm [12, 22]. Es decir, los tocoferoles son un antioxidantes por excelencia, con una mayor absorbancia en las muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán sobre las muestras de frutos de Veracruz. Para el estado verde y sazón, ambas muestras presentaron el pico más alto con una longitud de onda de 290 nm [12,22] (Fig. 24-b y Fig. 25-b). En muestras de frutos de Michoacán y Veracruz en estado maduro, la absorbancia se movió a 289 y 292 nm como su pico más alto de absorbancia óptica, respectivamente (Fig. 26-b). La vitamina A está relacionada de manera importante con el cuidado de la vista y se puede observar su espectro de absorbancia en rangos de 320 a 328 nm [24-34] Las muestras en estado verde, la absorbancia de los frutos de Michoacán estuvieron en un rango 321 nm, y con absorbancia mayor a la reportada por los frutos de Veracruz en 329 nm (Fig. 24-b). Caso contrario, para las muestras en estado sazón de ambos frutos que reflejaron su absorbancia más alta con 320 nm, Michoacán con mayor absorbancia respecto a las muestras de Veracruz (Fig. 25-b). Al final la pulpa madura, la absorbancia se movió a la derecha mostrando picos diferentes a los obtenidos en estado verde y sazón. Con las muestras de Michoacán se observó una absorbancia en 330 nm como su pico más alto, mientras que con la pulpa de frutos de Veracruz su mayor absorbancia reportada para la vitamina E se encontró en 328 nm (Fig. 26-b). La vitamina E constituye funciones importantes en frutas y verduras, esto para ayudar a la prevención de enfermedades debido a sus propiedades antioxidantes de los polifenoles que la constituyen como los carotenoides.

La principal actividad de los carotenoides, pigmentos liposolubles de las plantas es la fotoprotección del sistema fotosintético, y en el organismo humano destaca, entre otras, la actividad de provitamina A [10]. El aguacate Hass cuenta con una gran cantidad de carotenoides como  $\beta$ -caroteno, xantofilas como luteína, zeaxantina y criptoxantina, y que encontramos identificados en diferentes rangos de absorbancia [11-25]. La mayoría funciona como provitamina A, contribuye en el color característico de la pulpa de aguacate Hass, y es la fuente próxima de síntesis de vitamina A. Azevedo-Meleiro *et al.*, (2004) y Namitha (2010), hacen mención de diferentes carotenoides y sus puntos máximos de absorbancia de longitud de onda encontrados así como el color característico que presentan:  $\beta$ - caroteno, color amarillo y se presenta en 425, 449, 476a 427, 454, 480, 432, 454 y 480nm, criptoxantina, color amarillo-naranja y sus puntos máximos son 425, 449, 476, 428, 450 y 476 nm, luteína en color amarillo y longitud de onda de 421, 445, 474, 422, 445, 474, 426, 447 y 474

nm, por último la zeaxantina color naranja y 424, 449, 476, 428, 450, 478, 432, 454 y 480 nm como puntos máximos de absorbancia[8-25]. Se observa el rango de carotenoides y xantofilas presentes en las muestras analizadas de Michoacán y Veracruz. En estado verde se encontraron los picos más altos en las longitudes de onda de 430 y 428 nm para Michoacán y Veracruz, respectivamente (Fig. 24-b), esta absorbancia corresponde a Criptoxantina y Zeaxantina en 428 nm para Veracruz, muy cerca de 427 nm reportado para el  $\beta$ -caroteno y 426 nm para la luteína. Michoacán con su absorbancia de 430 nm se encuentra entre los valores de 427 y 432 para al  $\beta$ -caroteno y zeaxantina, así como muy cerca de la criptoxantina y luteína con 428 y 426 nm, respectivamente. La pulpa en estado sazón de frutos de Michoacán se encuentra próximo a lo reportado como  $\beta$ -caroteno y criptoxantina ambas con 425 nm, luteína con 426 nm y al final coincidiendo con el punto de 424 nm de la zeaxantina. La pulpa de frutos de Veracruz muestra su absorbancia entre 425 y 427 nm de  $\beta$ -caroteno, a un punto de la criptoxantina con 425 nm, coincidiendo con el punto de 426 nm de la luteína y un poco más alejado (dos puntos) con la xantofila y zeaxantina con 424 y 428 nm (Fig. 25-b).

En el estado maduro, la pulpa de los frutos muestra la presencia de estos carotenoides semejantes a los puntos de absorbancia más altos de 429 nm en muestras de Michoacán y 424 nm en muestras de Veracruz. De forma general los puntos más altos de Michoacán cuentan con absorbancia mayor a los picos de Veracruz mostrando que las prácticas agrícolas realizadas en la producción de frutos de aguacate Hass en el estado de Michoacán reflejan un producto con mayores propiedades nutricionales comparado con los frutos producidos en el estado de Veracruz (Fig. 26-b).

Por otra parte, las muestras analizadas de semilla de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz se muestran en general con una absorbancia óptica menor, en el rango de longitudes de onda estudiado, a la reportada en cáscara y pulpa en sus tres estados de maduración. Para Michoacán las muestras de semilla de aguacate Hass comienzan en estado verde con una absorbancia de 6.7620 (Tabla 11), al igual que en pulpa, la semilla tiene un declive en estado sazón y de nuevo un aumento en estado maduro (4.9785 y 7.8290, Tablas 12 y 13 respectivamente). Para las muestras analizadas de Veracruz tuvieron el mismo comportamiento que las muestras de aguacate Hass de Michoacán, un ligero declive (no tan drástico) de estado verde a sazón (8.0797 a 7.8208, Tablas 11 y 12, respectivamente) y de nuevo aumento en su estado maduro con una absorbancia óptica de 8.4876 (Tabla 13).

Tabla 13. Espectros de absorción ópticos de frutos de aguacate Hass en estado de maduración maduro de Michoacán vs Veracruz.

<i>MUESTRA</i>	<i>CME*</i>	<i>MICHOACÁN</i>	<i>VERACRUZ</i>
<b><i>Maduro Cáscara</i></b>	163.52	24.0949 <sup>A</sup>	16.1356 <sup>B</sup>
<b><i>Maduro Pulpa</i></b>	127.47	17.9569 <sup>A</sup>	12.0116 <sup>B</sup>
<b><i>Maduro Semilla</i></b>	23.16	7.8290 <sup>B</sup>	8.4876 <sup>A</sup>

\*CME = Cuadrado medio del error. Superíndices iguales entre Michoacán y Veracruz indican la ausencia de diferencias significativas a un nivel de confiabilidad del 95%.

La semilla de aguacate Hass tienen al igual que la cascara un alto contenido de fenoles y capacidad antioxidante [28], forman un color naranja estable cuando se trituran en presencia de oxígeno y representan una fuente potencial de nuevos colorantes naturales para su uso en alimentos.

Kosińska en 2012, analiza cinco compuestos fenólicos principales que se encuentran en la semilla de aguacate Hass, semejantes a los contenidos en la cáscara, así como su punto máximo de absorbancia. Acido 5-O-cafeoilquínico en 326 nm, acido 3-O-p-coumaroilquinico en 314 nm, procianidina trimer A (I) y (II) en 280 ambos compuestos y catequina/epicatequina gallate en 299 nm. [19-20].

Los espectros de absorción de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz en tres estados de maduración, midiendo el componente de semilla. Se puede observar una mayor absorción en la muestra de fruto de aguacate Hass de Veracruz que de Michoacán, ambas muestras muestran un alto contenido de fenólicos en los rangos que van de 270 a 350 nm [5]. Tomando en cuenta que la procianidina se encuentra reportada como punto más alto en 280 nm [19], y en el caso de las muestras verdes de aguacate Hass de Veracruz en su punto más alto están en 283 nm, y de Michoacán en 281 nm, esta última más cerca de coincidir con al compuesto fenólico procianidina. Para el caso de los fenoles catequina y epicatequina que están reportados en rangos de absorbancia de 299 nm, encontramos que las muestras de Veracruz están en 292 nm y Michoacán en 295 nm, siendo mayor la absorbancia de las muestras de Veracruz pero encontrándose más alejada del punto reportado para este compuesto fenólico

(Fig. 26-c). De la misma forma para el ácido 5-O-cafeoilquínico reportado a 326 nm su punto más alto [20], Veracruz tuvo una mayor absorbancia con 330 nm, en cambio, las muestras de Michoacán muestran el punto reportado para este compuesto fenólico en 326 nm (Fig. 26-c). Para las muestras de aguacate Hass en estado sazón, en general la absorbancia óptica de Veracruz fue mayor sobre las muestras de Michoacán. Los picos más altos, para el compuesto fenólico de procianidina, estuvieron en puntos de 280 y 279 nm para Veracruz y Michoacán, respetivamente. En el máximo de absorción óptico de la catequina y epicatequina reportados en 299 nm, encontramos a Veracruz en 297 nm y Michoacán en 291 nm. Por último, en el rango absorbancia de ácido 5-O-cafeoilquínico se ubica en 326 nm, Veracruz cuenta con un punto más alto en 331 nm, mientras que las muestras de Michoacán muestran su punto más alto de absorbancia en 322, siendo este el compuesto fenólico que representa una mayor diferencia entre las muestras analizadas (Fig. 25-c). Para finalizar, las muestras de aguacate Hass analizadas en estado maduro presentan una diferencia amplia para el fenólico procianidina, que se encuentran en la semilla del fruto de Veracruz en 288 nm y a Michoacán en 279 nm. Para el compuesto catequina y epicatequina las absorbancias en sus puntos más altos fueron muy similares, 298 y 295 nm en Veracruz y Michoacán, respectivamente. En el componente fenólico de ácido 5-O-cafeoilquínico es el único componente en donde la absorbancia óptica de Michoacán fue mayor a la absorbancia de las muestras de Veracruz, encontrando los puntos más altos de Veracruz en 324 nm y de Michoacán en 327 nm (Fig. 26-c).

Un componente más que se encuentra en la semilla de aguacate Hass es la aparición de colorante naranja en función del tiempo con un rango de absorción de 425 a 490 nm y un pico más alto en 480 nm [13] (fig. 27). Los puntos más altos encontrados de absorbancia óptica en las muestras de Veracruz fueron de 450 nm y de Michoacán en 462 nm para las muestras en estado verde (Fig. 24-c). Por otro lado, las muestras en estado sazón se encontraron en los puntos más altos en Veracruz con 472 nm y de Michoacán en 452 nm, mostrando puntos muy diferentes a las muestras en estado verde (Fig. 25-c). Sin embargo, las muestras en estado maduro se observaron muy similares a las muestras en estado sazón, teniendo puntos más altos de absorbancia en Veracruz, el mismo punto en 472 nm y para Michoacán en 454 nm, muy cercano al punto máximo en estado sazón (Fig. 26-c).

Las antocianinas sufren cambios estructurales reversibles a medida que se cambia el pH de la solución en la que se encuentra para la extracción del colorante, y que se

manifiesta por los cambios de color, tal como ocurre con el producto obtenido de la semilla del aguacate Hass. Una característica de estos compuestos mostró dos bandas de absorción, una en la región UV (260 – 280 nm) y otra en la región visible (450 a 550 nm) [1]. Otro aspecto para tomar en cuenta es la relación que existe ante la presencia de fenoles y flavonoides, estos con respecto a la relación que se tiene por la capacidad antioxidante de algunos productos, y cáscara de aguacate Hass y que coincide con lo encontrado por Valenzuela *et al.*, [6] en un estudio con semillas de calabaza.

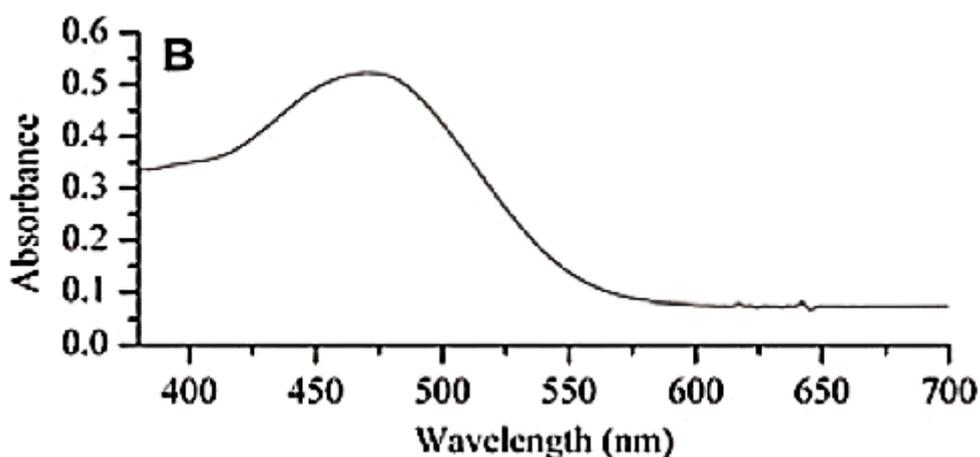


Figura 27. Cinética de la formación de color de semilla de aguacate. Análisis espectrofotométrico de semilla de aguacate Hass a una  $\lambda_{\text{máx}}$  a 480 nm [13]

#### 4.5 CONCLUSIONES

Las muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz analizados son diferentes entre sí respecto a la madurez presentada en los análisis. Se encuentra una mayor absorbancia en los frutos de Michoacán en los componentes de cáscara y pulpa con respecto a sus propiedades nutrimentales en sus tres estados de maduración. Veracruz cuenta con una mayor absorbancia en el componente de semilla presentando propiedades antioxidantes y contenido de colorantes naturales en sus tres estados de maduración, siendo la absorbancia en estado de maduración sazón la mayor de ellos. En los componentes de cáscara y semilla se encuentran compuestos fenólicos como lo son procianidinas, catequina, epicatequina y ácido 5-O-cafeoilquínico que pueden ser utilizados en la industria alimentaria por su capacidad antioxidativa. En el componente de pulpa analizado encontramos propiedades

importantes que ayudan a la salud del organismo y también pueden ser utilizados con otro propósito como vitaminas A, B, D y E entre otras. En la semilla se encuentran carotenoides y xantofilas como son  $\beta$ -caroteno, criptoxantina, luteína y zeaxantina, los cuales tienen función antioxidante, así como pigmentos que pueden ser utilizados como colorantes naturales en alimentos y la protección de carne de cerdo.

#### 4.6 AGRADECIMIENTOS

A Jorge Eduardo Almanza Reyes por facilitar las muestras de su huerta certificada en el municipio de Ario de Rosales Michoacán. A la Asociación Aguacateros del Citlaltepeltl S.P.R. de R.L. de C.V., a los señores Gabino, Agustín, Silvano y Adolfo, los cuales proporcionaron muestras de aguacate Hass del municipio de Calcahualco, Veracruz. A compañeros de laboratorio M. Macías, M. Alvarado, S. Olvera y L. Olvera por el gran apoyo en los análisis mediante Espectroscopia Fotoacústica en el Departamento de Física en el laboratorio de Técnicas Fototérmicas en el Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN) Unidad Zacatenco, Ciudad de México.

#### 4.7 LITERATURA CITADA CAPÍTULO IV

- [1] Devia, J.E., Saldarriaga. Universidad EAFIT 41, 36–43 (2005)
- [2] Dionex, (Informe Técnico No. 89). Dionex Corporation, 23 (2016)
- [3] García-Gómez, R.C., Conciencia Tecnológica 24, 7 (2004)
- [4] Marín, E., Latin-American Journal of Physics Education 2, 7 (2008).
- [5] Palomino, L.R., García, C.M., Gil, J.H., Rojano, B.A., Durango, D.L., Revista de la facultad de química farmacéutica 16, 388–395 (2009)
- [6] Valenzuela, G.M., Cravzov, A.L., Soro, A.S., Tauguinas, A.L., Giménez, M.C., Gruszycki, M.R., Dominguezia 30 (1), 19–24 (2014)
- [7] Alayo-Mendoza, W.E., Fiestas Jacinto, R., Ayala Jara, C.I., Castillo Saavedra, F., (2018) <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25107>
- [8] Araújo, R.G., Rodríguez-Jasso, R.M., Ruiz, H.A., Pintado, M.M.E., Aguilar, C.N., (2018) <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- [8] Azevedo-Meleiro, C.H., Rodríguez-Amaya, D.B., (2004) <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.02.004>
- [9] Barrientos-Sotelo, V.R., Cano-Casas, R., Cruz-Orea, A., Hernández-Rosas, F., Hernández-Rosas, J., (2015) <https://doi.org/10.1007/s11483-015-9415-2>
- [10] Beltrán, B., Estévez, R., Cuadrado, C., Jiménez, S., Begoña, A., (2012) <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5886>

- [11] Bourdillon, R.B., Fischmann, C., Jenkins, R.G.C., Webster, T.A., (1929) <https://doi.org/10.1098/rspb.1929.0025>
- [12] Brabcová, I., Kovářová, L., Šatínský, D., Havlíková, L., Solich, P., (2013) <https://doi.org/10.1007/s12161-012-9452-0>
- [13] Dabas, D., Elias, R.J., Lambert, J.D., Ziegler, G.R., (2011) <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02415.x>
- [14] de Jesús, N.Z.T., Falcão, H. de S., Gomes, I.F., Leite, T.J. de A., Lima, G.R. de M., Barbosa-Filho, J.M., Tavares, J.F., Silva, M.S. da, Athayde-Filho, P.F. de, Batista, L.M., (2012) <https://doi.org/10.3390/ijms13033203>
- [15] Dreher, M.L., Davenport, A.J., (2013) <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- [16] Escaffi, M.J., Miranda, M., Alonso, R., Cuevas, A., (2016) <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.06.012>
- [17] Garay-Ramírez, B., Cruz-Orea, A., San Martín-Martínez, E., (2015) <https://doi.org/10.1007/s10765-015-1837-z>
- [18] Hernández-Aguilar, C., Cruz-Orea, A., Ivanov, R., Dominguez, A., Carballo, A., Moreno, I., Rico, R., (2011) <https://doi.org/10.1007/s11483-011-9229-9>
- [19] Hirasawa, M., Shimura, K., Shimizu, A., Mura, K., Tokue, C., Arai, S., (2008) <https://doi.org/10.3136/nskkk.55.95>
- [20] Kosińska, A., Karamać, M., Estrella, I., Hernández, T., Bartolomé, B., Dykes, G.A., (2012) <https://doi.org/10.1021/jf300090p>
- [21] Lima, R.J.S., Vasconcelos, A.S., Suassuna, J.F., (2005) <https://doi.org/10.1051/jp4:2005125013>
- [22] Lu, Q.-Y., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, D., Lee, R., Gao, K., Byrns, R., Heber, D., (2009) <https://doi.org/10.1021/jf901839h>
- [23] Magwaza, L.S., Tesfay, S.Z., (2015) <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1568-y>
- [24] Morton, R.A., Heilbron, I.M., (1928) <https://doi.org/10.1042 / bj0220987>
- [25] Namitha, K.K., Negi, P.S., (2010) <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499811>
- [26] Rodríguez-Carpena, J.-G., Morcuende, D., Andrade, M.-J., Kylli, P., Estévez, M., (2011) <https://doi.org/10.1021/jf1048832>
- [27] Rodríguez-Carpena, J.G., Morcuende, D., Estévez, M., (2011) <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.013>
- [28] Soong, Y.-Y., Barlow, P.J., (2004) <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.003>
- [29] Utrera, M., Rodríguez-Carpena, J.-G., Morcuende, D., Estévez, M., (2012) <https://doi.org/10.1021/jf3001313>
- [30] Vargas-Ortiz, M., Servent, A., Rodríguez-Jimenes, G., Pallet, D., Salgado-Cervantes, M., (2017) <https://doi.org/10.1111/jfpp.13118>
- [31] Yahia, E.M., Woolf, A.B., (2011) <https://doi.org/10.1533/9780857092762.125>
- [32] Tovar, M.Á.O., Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial Del Aguacate). pp. 741–748 (2003)
- [33] Salmerón-Ruiz, M.L., Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo Sonora 79, (2014)
- [34] Tesque, N., Informe Técnico, Vitamin Analysis. Nacalai Tesque, Nijo Karasuma, Nakagyo-ku, Kyoto, JAPAN 4, (2016)

[35] SIAP, S. de I.A. y P., 2017. Atlas Agroalimentario, SIAP (Informe Técnico No. 1), Atlas Agroalimentario 2017. SAGARPA.

[36] Climate, 2017. Temperatura, Climograma y Tabla climática para Calchahualco - Climate-Data.org. URL <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/veracruz-de-ignacio-de-la-llave/calchahualco-344689/> Consultado el 14 de octubre de 2018.

[37] Climate, 2017. Temperatura, Climograma y Tabla climática para Ario de Rosales - Climate-Data.org. URL <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/michoacan-de-ocampo/ario-de-rosales-763021/> Consultado el 14 de octubre de 2018.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES**

### **1. CONCLUSIONES**

Las huertas de Calchahualco, Veracruz, distan mucho de las huertas de productores de Michoacán. La cantidad total de árboles sembrados y en producción, así como las buenas prácticas agrícolas que se tienen en Veracruz son menores con respecto a los productores de Michoacán. A pesar de mostrar calidad en los frutos de aguacate Hass producidos en el estado de Veracruz, un 70% de las personas no conoce donde se produce el aguacate en México, así como también no se conoce el fruto que se produce en el estado de Veracruz. A pesar de no conocer el origen de este fruto, un 57% cree que este producto puede ser mejor que el de otros estados productores. Empíricamente se tienen conocimiento que el color adecuado para comprar un aguacate, si el consumo pretende ser hasta dos días después debe ser de color moteado entre oscuro y verde, así como un color violeta oscuro para consumo de forma inmediata. Una característica importante que el consumidor toma en cuenta para comprar mayor o menor cantidad de producto es el precio, contrastando con estudios donde lo más importante es el sabor, atributos saludables y el valor agregado de una etiqueta que confirme una buena calidad.

Con base en las muestras analizadas para color de los municipios de Michoacán muestran colores más claros con referencia a las muestras de Veracruz. Un color opaco indica que su índice de madurez es mayor, por ellos se encuentran diferencias significativas. Las muestras en el análisis de textura no muestran diferencias significativas entre sí, maduraron de forma semejante. La pérdida de humedad es muy diferente entre ambas muestras, demostrando que el estado de maduración afecta

directamente la cantidad de humedad en las muestras conforme aumenta el desarrollo del fruto.

Las muestras de frutos de aguacate Hass de Michoacán y Veracruz analizados mediante espectroscopia fotoacústica son diferentes entre sí. Se encuentra una mayor absorbancia en los frutos de Michoacán en los componentes de cáscara y pulpa en sus tres estados de maduración. Veracruz cuenta con una mayor absorbancia en el componente de semilla en sus tres estados de maduración, siendo la absorbancia en estado de maduración sazón la mayor de ellos. En los componentes de cáscara y semilla podemos encontrar compuestos fenólicos utilizados en la industria alimentaria por su capacidad antioxidativa. En el componente de pulpa encontramos propiedades benéficas como vitaminas A, B, D y E entre otras. En la semilla se encuentran carotenoides y xantofilas, los cuales tienen función antioxidante, así como pigmentos que pueden ser utilizados como colorantes naturales en alimentos y la protección de carne de cerdo.

## **2. RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones generales, el producto que se encuentra en el estado de Veracruz al seleccionarlo de diferentes huertas se cuenta con frutos con buena calidad. Por lo anterior se les invita a los productores de la zona centro del estado de Veracruz, adoptar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPAs) y ser constante en su implementación. Siguiendo estas BPAs las huertas comenzarán a ser constantes en su producción, así como en estar libres de plagas y enfermedades en la mayor parte del periodo de producción. Tomar como modelo las prácticas que se realizan en las huertas del estado de Michoacán en donde los frutos cuentan con la calidad requerida para ser frutos de exportación. Así también se hace la recomendación de que los productores compartan las buenas experiencias entre sí, para que la zona productora de aguacate Hass del estado de Veracruz crezca, puedan organizarse y el beneficio sea para todos los involucrados.

## ANEXOS

### A1. Encuesta diagnóstico para productores de la Asociación Aguacateros del Citlaltepeli SPR de RL de CV

#### DIAGNOSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUACATE EN LA REGIÓN DE LAS ALTAS MONTAÑAS

Nombre de encuestador:				Fecha de aplicación:	
Nombre de productor:					
Nombre de esposa (o):					
Comunidad:		Municipio:			
Estado civil:		Hijos:		Otra actividad:	

Tiempo dedicado a la producción de aguacate (años)	Superficie total	Superficie sembrada de aguacate

Variedad de aguacate sembrado	
-------------------------------	--

Total de árboles sembrados	Injertados	Comprados

	Edad actual	Edad productiva
--	-------------	-----------------

Tipo de manejo de la huerta		
Poda, fertilizantes, malezas, etc.	Árboles en producción	Árboles en crecimiento

	Meses de cosecha	
	Meses más productivos	Meses menos productivos

Densidad de árboles (árboles por Ha, tarea)
---

Autoconsumo	Precio de venta	kg	Precio de venta	Precio de venta
Kg.	Kg.		Caja	Ton

Distancia entre árboles
-------------------------

Tipo de almacén	Tiempo de almacén (antes de entrega)
-----------------	--------------------------------------

Producción en Kg o Ton cosechada		
Ha	Tarea	Árbol (opcional)

Características de producto entregado (peso, color, tamaño, madurez)
--

Destino de producto
---------------------

¿Qué se hace con producto que no cumple la calidad?
---

<b>Cantidad de merma (aprox kg)</b>	<b>Venta individual o acopio</b>	<b>Donde se acopia</b>	<b>Pago de flete</b>

<b>Condiciones que afectan la producción (aire, heladas, exceso de agua, granizo, etc.)</b>

<b>Enfermedades observadas</b>	<b>Plagas observadas</b>

<b>Meses en que se presenta</b>	<b>Meses en que se presenta</b>
<b>Edad en que se presenta</b>	<b>Edad en que se presenta</b>

<b>Tratamiento enfermedades</b>	<b>Tratamiento plagas</b>

<b>Costo de insumos utilizados por ciclo</b>
--

<b>Abonos y fertilizantes</b>	<b>Herramientas</b>
<b>Fletes</b>	<b>Mano de obra (especificar tipo)</b>
<b>Cajas</b>	<b>Insumos para control plagas y enfermedades</b>

<b>¿Cuenta con registros productivos?</b>	<b>¿Qué tipo de registro?</b>
---	-------------------------------

sí      o      no	
¿Cuenta con algún subsidio para su producción?	¿Qué tipo de subsidios?
sí      o      no	

## A2. Instrumento de conocimiento y preferencias de aguacate en la zona centro del estado de Veracruz.

Hola, soy estudiante del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, mi nombre es Rubén Peralta Hernández y como parte de una materia para mi formación como Maestro en Ciencias, estamos llevando a cabo un breve estudio sobre el consumo de aguacate y los hábitos de consumo. Como parte de nuestra investigación, quisiera hacerle algunas preguntas acerca de la compra y consumo de aguacate en su hogar. Solo le tomará 5 minutos completarlo. Completamente anónimo.

Edad:		Lugar de Residencia:		Sexo:
-------	--	----------------------	--	-------

Marcar con una "X" del lado izquierdo la respuesta correcta	¿Compra y consume Aguacate?		¿Con qué frecuencia compra?		¿Cuántos aguacates compra?	¿Dónde los compra?	¿Precio que usted paga en promedio?
		Sí		Semanalmente	Solo 1	Mercado	Menos de \$25
				Más de 1 vez semana	De 2 a 4	Supermercado	De \$26 a \$50
		No		Cada 15 días o más	De 5 a 7	Verdulería	De \$51 a \$75
			Diario	Más de 7	Otro	Más de \$75	

**¿Conoce usted donde se produce el aguacate en México?**

Sí

No

**¿Conoce usted el aguacate que se produce en el estado de Veracruz?**

Sí

No

**¿Cree usted que el aguacate de Veracruz sea de mejor o de menor calidad que el de otro estado?**

Menor

Mejor

**De acuerdo con la calidad que presente el aguacate, ¿Estaría usted dispuesto a pagar más por el aguacate de Veracruz?**

Sí

No

**¿Qué color es el que usted busca en un aguacate al comprarlo?**

Verde	Moteado entre verde y violeta	No importa	Violeta oscuro	Completamente oscuro
-------	-------------------------------	------------	----------------	----------------------

**En cuanto al grado de madurez, ¿Qué tan maduro o blando compra usted el aguacate?**

Duro	Medio duro	No importa	Blando	Completamente blando
------	------------	------------	--------	----------------------

De las siguientes características, enumere del 1 al 6, siendo el número **1 el más importante** y el **6 el menos importante**, lo que usted considera al comprar aguacate

<i>Precio</i>	<i>Color</i>	<i>Fresco</i>	<i>Madurez</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Libre de imperfecciones</i>
---------------	--------------	---------------	----------------	---------------	--------------------------------