

**COMPARACIÓN DE TRES VARIEDADES DE AGUACATE (*Persea americana* Miller)
EN EL NOROESTE DE PUERTO RICO: MORFOLOGÍA, PRODUCTIVIDAD, CALIDAD
DE FRUTA, ACEPTACIÓN SENSORIAL Y POBLACIONES DE DOS PLAGAS.**

por

Laura Viviana Vásquez Rojas

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS

en

PROTECCIÓN DE CULTIVOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2017

Aprobada por:

José Pablo Morales Payán, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Rodolfo Romañach Suárez, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Irma Cabrera Asencio, M. Sc.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

José A. Martínez Cruzado, Ph.D.
Representante de la Oficina de Estudios Graduados

Fecha

Elvin Román Paoli, Ph.D.
Director, Departamento de Ciencias Agroambientales

Fecha

RESUMEN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un cultivo frutícola de importancia mundial. En Puerto Rico la variedad de aguacate más sembrada es 'Butler'. Esta investigación tuvo como objetivo comparar con 'Butler' morfológica, hortícola, sensorial y quimiométricamente las variedades 'Don Ramón' y 'Mejía', que tienen tiempo de cosecha similar a 'Butler'. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Agrícola en Isabela del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (18°30'00" LN y 67°00'00" LO, a 128 metros sobre el nivel del mar), de febrero 2015 a diciembre 2016 (dos ciclos de cosecha). El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los datos fueron sometidos a la comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad. Cuando se detectaron diferencias estadísticas se realizó la prueba de Tukey (p -valor <0.05). Para la caracterización morfológica se utilizaron descriptores internacionales para aguacate, determinándose que la forma del fruto fue esferoide en 'Mejía', claviforme en 'Don Ramón' y obovada en 'Butler'. La forma de la semilla fue esferoide en 'Mejía', cordiforme en 'Butler' y algo cónica en 'Don Ramón' (base aplanada con el ápice cónico). Las hojas de todas las variedades tuvieron un ápice intermedio, haz y envés con escasa pubescencia y con pecíolo acanalado. La floración fue más temprana en 'Don Ramón' y 'Butler' (febrero) que en 'Mejía' (marzo). La cosecha fue más temprana en 'Don Ramón' (junio a agosto), seguido de 'Mejía' (agosto a septiembre) y 'Butler' (agosto a octubre). La variedad más productiva fue 'Don Ramón'. El trípido *Frankiniella bruneri* Watson atacó las flores en las tres variedades. El chinche *Pseudacysta perseae* Heidemann atacó las hojas en las tres variedades, sobre todo en 'Butler' y menos en 'Don Ramón'. En paneles sensoriales se encontró que la variedad con mayor atractivo para consumo fue 'Don Ramón', seguido por 'Mejía' y finalmente 'Butler', y que la disposición a pagar fue igual por 'Don Ramón' y 'Mejía', pero 25 % menor por 'Butler'. Con la técnica de espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIR) se detectaron ácidos grasos en las tres variedades en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , observándose diferencias de los espectros en el mesocarpo en diferentes estados de maduración.

ABSTRACT

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a fruit of global importance. In Puerto Rico, the main commercial avocado variety is 'Butler'. This objective this research was to evaluate in comparison to 'Butler' the morphological, horticultural, sensorial, and chemometric attributes of two varieties of similar harvesting time. The research was conducted at the Isabela Agricultural Experimental Station of the University of Puerto Rico-Mayagüez Campus (18°30'00" NL and 67°00'00" W, 128 meters above sea level), from February 2015 to December 2016 (two harvesting seasons). A randomized complete block design with four replicates was used. The data were subjected to the verification of normality and homogeneity assumptions. When statistical differences were detected, Tukey's test (p -value >0.05) was used. International descriptors for avocado were used for the morphological characterization; it was determined that fruit shape was spheroid in 'Mejía', clavate in 'Don Ramón' and obovate in 'Butler'. Seed shape was spheroid in 'Mejía', cordiform in 'Butler', and somewhat conical in 'Don Ramón' (base flattened with the conical apex). The leaves of all the varieties had an intermediate apex, little pubescence, and grooved petiole. Flowering was earlier in 'Don Ramón' and 'Butler' (February) than in 'Mejía' (March). Harvesting was earlier in 'Don Ramón' (June to August) than in 'Butler' (August to October) and 'Mejía' (August to September). The fruits of 'Don Ramón' were the heaviest and those of 'Mejía' were the lightest. Marketable fruit weight per tree was greater in 'Don Ramón'. The thrips *Franklinella bruneri* Watson attacked the flowers of the three varieties. The lacewing bug *Pseudacysta perseae* Heidemann was also found in the three varieties, with the greatest populations being found in 'Butler' and the lowest in 'Don Ramón'. A majority of sensory panelists indicated their first choice for pulp appearance and taste was 'Don Ramón', followed by 'Mejía' and then 'Butler', and were willing to pay the same for 'Don Ramón' or 'Mejía', but 25% less for 'Butler'. In the three varieties, near-infrared (NIR) spectroscopy detected fatty acids in the spectral region from 6141 to 5462 cm^{-1} , and differences in spectra in the mesocarp and different stages of fruit maturation. The results of this research may allow farmers decide what varieties to choose according to their needs.

DEDICATORIA

A mis padres, Blanca Esthela y Marco Antonio, que durante toda mi vida han dejado a un lado sus sueños, por los míos y los de mis hermanos. Por ser el mejor ejemplo de amor, dedicación, esfuerzo y perseverancia.

A mis pequeños: Fausto, Emilie, Maximiliano y Camila, mis niños, ustedes son mis grandes estrellas y uno de mis deseos para regresar a casa.

Los amo muchísimo.

Como dice Albert Einstein, el **amor como fuerza todo poderosa:**

“Hay una fuerza extremadamente poderosa para la que hasta ahora la ciencia no ha encontrado una explicación formal. Es una fuerza que incluye y gobierna a todas las otras, y que incluso está detrás de cualquier fenómeno que opera en el universo y aún no ha sido identificado por nosotros. Esta fuerza universal es el AMOR.

El amor es luz, dado que ilumina a quien lo da y lo recibe. **El amor es Dios, y Dios es amor.**”

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, por otorgarme la ayudantía para que curse estudios de posgrado y pueda adquirir nuevos conocimientos en la fascinante ciencia de la agricultura. Al Fondo de Innovación para el Desarrollo Agrícola, con el proyecto FIDA-30 por el suministro económico para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Pablo Morales Payán, por haberme dado una oportunidad en formar parte de su equipo de trabajo, brindándome su confianza para finalizar con éxito esta investigación. Lo que resalto de mi mentor, es su calidez, paciencia y respeto hacia cada una de las personas que colaboramos con él, además por sacar tiempo que le pertenecía a su familia.

A los miembros del comité graduado, M.Sc. Irma Cabrera y Dr. Rodolfo Romañach, quienes me han ayudado en cada momento de la investigación, facilitándome equipos y extendiendo su conocimiento. Al Dr. José Martínez, quien me colaboró con sugerencias para el documento.

A la Dra. Rebecca Tirado Corbalá, quien, durante estos dos años, ha sido una gran amiga y apoyo, mostrándome siempre su amabilidad, porque en todo momento ha estado pendiente de mi avance durante la investigación y mi permanencia en Puerto Rico. Gracias por su fantástica amistad.

Al Dr. Elvin Román Paoli, por estar siempre colaborándome en todo lo que le ha sido posible y velar que todos los estudiantes graduados logren a cabalidad sus investigaciones.

A mis hermanos Lesly Carolina, Ivonne Elizabeth y Fausto René, por apoyarme y animarme a continuar mi preparación a pesar de la distancia. A mis tíos René, Lucía, Cecilia, por su cariño incondicional y a mis primos, compañeros constantes en cada momento de mi vida.

A mi princesa, Emilie Carolina, por qué a su corta edad me ha enseñado que es una guerrera en la vida y por regalarme su hermosa sonrisa. Te amo con todo mi ser.

A Mauricio, quien durante este tiempo se ha convertido en parte de mi familia. Por haber dado un cambio de 360° en su vida, para caminar juntos un sueño compartido “nuestra pequeña familia”.

A los técnicos de laboratorio Víctor González y Luis Collazo por ser personas comprometidas en ayudar en todo lo necesario a los estudiantes. A Rocío Suárez, quien me ha dado muestras de afecto en toda esta travesía y por su amistad.

A mis amigos y compañeros de maestría: Evelyn, Héctor, Diego, Juan Carlos, Laura B, Zuleyka, Mayra C, Karla, Damaris, Pedro, Francisca, Edward, Carlos, Adriluz, Josseant y Wilson B.

A mis profesores de la Universidad Central del Ecuador: Ing. Aníbal Pozo, M.Sc. Hugo Orellana, M.Sc. Manuel Suquilanda, M.Sc. Juan León y Dr. Venancio Arahana, quienes me ayudaron con las recomendaciones y por estar pendiente del progreso de mi preparación.

A Dios, porque sin su presencia en este trayecto nada se hubiese cristalizado, sin su bendición nada sería posible.

*“Vengo del ombligo del planeta, donde nunca falta el sol. Tan variada y rica es su belleza.
Que cualquiera se enamora. Ecuador”. Alex Alvear.*

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO		PÁGINA
	Resumen	II
	Abstract	III
	Dedicatoria	IV
	Agradecimientos	V
1.	Justificación	1
2.	Objetivos	3
3.	Revisión de literatura	4
3.1.	Taxonomía	4
3.2.	Centro de origen del aguacate	4
3.3.	Caracterización de aguacate	5
3.3.1.	Caracterización agro-morfológica	6
3.3.2.	Caracterización sensorial	7
3.4.	Espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS)	8
3.5.	Plagas	9
3.5.1.	Chinche del encaje (<i>Pseudacysta perseae</i> Heidemann)	9
3.5.2.	Trípidos	11
4.	Materiales y métodos	13
4.1.	Localización	13
4.2.	Variables y métodos de evaluación	14
4.2.1.	Morfología de las variedades	14
4.2.1.1.	Forma del árbol	14
4.2.1.2.	Patrón de ramificación	15

CAPÍTULO	PÁGINA
4.2.1.3. Distribución de las ramas	16
4.2.1.4. Ángulo de inserción de las ramas principales	16
4.2.1.5. Color de la rama joven	17
4.2.1.6. Forma de la hoja	17
4.2.1.7. Color de las hojas maduras y hojas jóvenes	18
4.2.1.8. Largo y ancho de hojas maduras	19
4.2.1.9. Longitud de pecíolo en hojas maduras	20
4.2.1.10. Forma del fruto	21
4.2.1.11. Forma de la base del fruto	23
4.2.1.12. Forma del ápice del fruto	23
4.2.1.13. Posición del ápice en el fruto	24
4.2.1.14. Aristas en el fruto	24
4.2.1.15. Posición del pedicelo en el fruto	25
4.2.1.16. Forma del pedicelo en el fruto	26
4.2.1.17. Pedicelo con forma de “cabeza de clavo”	26
4.2.1.18. Longitud y diámetro del pedúnculo	27
4.2.1.19. Diámetro del pedicelo	27
4.2.1.20. Forma de la semilla	27
4.2.2. Floración y fructificación	28
4.2.2.1. Número de ramificaciones y flores por inflorescencia	28
4.2.2.2. Duración de floración	29

CAPÍTULO		PÁGINA
4.2.2.3.	Porcentaje de frutos retenidos	30
4.2.3.	Producción	30
4.2.3.1.	Distribución temporal de cosechas	30
4.2.3.2.	Número, peso de frutos comerciales y no comerciales	31
4.2.3.3.	Número de frutos cosechados por variedad	31
4.2.3.4.	Rendimiento comercial	32
4.2.4.	Características del fruto en madurez fisiológica	32
4.2.4.1.	Peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto	32
4.2.4.2.	Color del exocarpo (cáscara)	33
4.2.5.	Características del fruto en madurez de consumo	34
4.2.5.1.	Color del exocarpo (cáscara) y mesocarpo (pulpa)	34
4.2.5.2.	Firmeza	34
4.2.5.3.	Tiempo de cosecha a madurez de consumo	35
4.2.5.4.	Peso del fruto, mesocarpo (pulpa), exocarpo (cáscara) y semilla	35
4.2.5.5.	Porcentaje del exocarpo, mesocarpo y semilla	35
4.2.5.6.	Longitud y diámetro de la cavidad de semilla	36
4.2.5.7.	Grosor del exocarpo y mesocarpo	36
4.2.5.8.	Porcentaje de pérdida de peso	37
4.2.5.9.	Adherencia del exocarpo y mesocarpo	37
4.2.6.	Correlación entre variables de producción	37
4.2.7.	Presencia de plagas	37

CAPÍTULO		PÁGINA
4.2.7.1.	Fluctuación poblacional de trípodos en época de floración	37
4.2.7.2.	Dinámica poblacional del chinche del encaje	39
4.2.7.3.	Frecuencia de aparición y abundancia relativa del chinche del encaje	41
4.2.8.	Análisis sensorial	43
4.2.8.1.	Tamaño de muestra	43
4.2.8.2.	Documentos para participar en la degustación	43
4.2.8.3.	Día del panel sensorial	44
4.2.8.4.	Procesamiento de la información	47
4.3.	Determinación de presencia de ácidos grasos en diferentes partes del fruto y en fruto intacto de aguacate en dos estados de maduración por la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)	48
4.4.	Análisis estadísticos	51
5.	Resultados y discusión	53
5.1.	Morfología de las variedades	53
5.1.1.	Color de hojas jóvenes y maduras	58
5.1.2.	Longitud y ancho de hojas maduras	59
5.1.3.	Longitud del pecíolo	59
5.1.4.	Longitud y diámetro de pedúnculo	60
5.1.5.	Diámetro de pedicelo	60
5.2.	Características de la floración y fructificación	60
5.2.1.	Número de ramificaciones y flores por inflorescencia	60

CAPÍTULO		PÁGINA
5.2.2.	Duración de floración	61
5.2.3.	Porcentaje de frutos retenidos	61
5.3.	Producción	64
5.3.1.	Fechas de cosecha	64
5.3.2.	Número, peso de frutos comerciales y no comerciales	65
5.3.3.	Número de frutos cosechados por variedad	68
5.3.4.	Rendimiento comercial	70
5.4.	Características del fruto en madurez comercial	70
5.4.1.	Peso del fruto	70
5.4.2.	Diámetro polar y ecuatorial del fruto	71
5.4.3.	Color del exocarpo	73
5.5.	Características del fruto en madurez de consumo	74
5.5.1.	Color del exocarpo y mesocarpo	74
5.5.2.	Firmeza	77
5.5.3.	Tiempo a madurez de consumo	78
5.5.4.	Peso del fruto, exocarpo, mesocarpo y semilla	80
5.5.5.	Diámetro ecuatorial y polar de la semilla	82
5.5.6.	Longitud y diámetro de la cavidad de semilla	82
5.5.7.	Grosor del exocarpo y mesocarpo	83
5.5.8.	Porcentaje de mesocarpo, exocarpo y semilla	84
5.5.9.	Porcentaje de pérdida de peso	87
5.5.10.	Adherencia del exocarpo al mesocarpo	87

CAPÍTULO		PÁGINA
5.6.	Correlación entre las variables de producción	88
5.7.	Presencia de plagas	90
5.7.1.	Dinámica poblacional de trípodos	90
5.7.2.	Fluctuación poblacional del chinche del encaje	94
5.7.2.1.	Frecuencia de aparición y abundancia relativa del chinche del encaje	95
5.8.	Análisis sensorial	97
5.9.	Determinación de presencia de ácidos grasos en diferentes partes del fruto y en fruto intacto de aguacate en dos estados de maduración por la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)	101
6.	Conclusiones	124
7.	Recomendaciones	126
8.	Literatura citada	128
9.	Apéndices	149

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Escala e interpretación para lecturas con el uso del colorímetro marca ColorFlex EZ modelo 450 spectrocólorimeter Hunter Lab.	19
2	Escala hedónica para procesamiento de información.	48
3	Análisis del color de hojas jóvenes en tres variedades de aguacate, raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	59
4	Análisis del color de hojas maduras en tres variedades de aguacate, raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	59
5	Tiempo de duración de la cosecha en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	66
6	Promedio de número y peso de frutos no comerciales por árbol en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	67
7	Promedio de número y peso de frutos comerciales por árbol en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	68
8	Promedio de peso de frutos en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	72
9	Promedio de luminosidad (*L), cromaticidad (*C) y tono (*H) en mesocarpo en exocarpo y mesocarpo en diferentes estados de madurez en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	77
10	Promedio de longitud, diámetro y relaciones de cavidad de semilla en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	84
11	Relación de población de trípodos con la temperatura en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	93
12	Número de insectos por hoja en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	96
13	Promedios de atributos sensoriales en trozos de aguacate de tres variedades. Puerto Rico, 2016.	101
14	Promedios de atributos sensoriales en trozos de aguacate de tres variedades. Puerto Rico, 2016.	101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Forma del árbol.	15
2	Forma del patrón de ramificación.	15
3	Distribución de ramas.	16
4	Vista del ángulo de inserción de las ramas principales.	16
5	Forma de la hoja.	18
6	Medición de longitud y ancho de hojas de aguacate. Isabela, puerto rico, 2016.	20
7	Medición de longitud de pecíolo de hoja. Isabela, Puerto Rico, 2016.	21
8	Forma del fruto.	22
9	Partes de un fruto de aguacate: a) fruto entero, b) corte transversal. Isabela, Puerto Rico, 2016.	22
10	Forma de la base del fruto.	23
11	Forma del ápice del fruto.	24
12	Posición del ápice del fruto.	24
13	Aristas en el fruto.	25
14	Posición del pedicelo en el fruto.	25
15	Forma del pedicelo.	26
16	Pedicelo con forma de “cabeza de clavo”.	27
17	Forma de la semilla.	28
18	A) árbol con 90% de inflorescencias, b) ramificación, c) flor abierta en una ramificación de inflorescencia. Isabela, Puerto Rico, 2016.	29
19	Yema floral en etapa fenológica C de floración: considerado inicio de floración en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	30
20	Medición del diámetro polar, ecuatorial en frutos de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	33
21	Medición del diámetro polar y ecuatorial en semilla de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.	36

FIGURA		PÁGINA
22	A) ramificación de inflorescencia seleccionada, b) frascos con muestras, c) conteo de trípodos y, d) trípodos observados en flores de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	39
23	Escala de grado de infestación de chinche de ala de encaje (<i>Pseudacysta persea</i>) y nivel aparente de daño foliar visible según el número de insectos presentes en hojas maduras de aguacate. Hojas tomadas en Isabela, Puerto Rico, 2016	42
24	Vistas de donde se realizaron los trabajos del panel sensorial de variedades de aguacate: a) Rincón, Puerto Rico, b) edificio Piñero, RUM, c) edificio de Química, RUM, d) vista de compartimento individual usado en Rincón y en los dos lugares del RUM–UPR. 2016.	45
25	Rebanadas de aguacate para la primera sección de la encuesta realizada para al análisis sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.	46
26	Ejemplo de las frutas de aguacate presentadas a los panelistas en la segunda sección de la encuesta realizada para al análisis sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.	47
27	Regiones evaluadas en aguacate utilizando la técnica de NIR. Puerto Rico, 2016.	49
28	Escaneo de muestras con NIR, fruto entero: a) madurez fisiológica: cosecha, b) madurez de consumo; partes de fruto maduro: c) mesocarpo, d) semilla y e) exocarpo. Puerto Rico, 2016.	50
29	Escaneo de ácidos grasos estándares de aguacate con NIR: a) linoleico, b) oleico, c) esteárico y d) palmítico. Puerto Rico. 2016.	51
30	Caracteres de base y posición del pedicelo del fruto, forma y posición del ápice de tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	54
31	Caracteres vegetativos del árbol en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	55
32	Caracteres morfológicos de fruto y semilla en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	56

FIGURA		PÁGINA
33	Caracteres morfológicos de hojas maduras en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	57
34	Promedio de frutos caídos por árbol semanal durante la etapa de cuajado en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	63
35	Promedio de porcentaje frutos comerciales y no comerciales por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	67
36	Frutos comerciales y no comerciales de tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	69
37	Promedio de diámetro polar por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	72
38	Color del exocarpo en frutos en madurez de cosecha en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	75
39	Color del exocarpo en frutos en madurez de consumo en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	75
40	Promedio de firmeza por región y variedad de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.	78
41	Promedio de días a la maduración por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	80
42	Promedio de peso de exocarpo, mesocarpo y semilla por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 20015 - 2016.	81
43	Porcentaje de exocarpo, mesocarpo y semilla de por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	85
44	Grosor de exocarpo y mesocarpo en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.	86
45	Dinámica poblacional de trípodos en época de floración en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	91
46	A) Hembra de <i>Frankliniella bruneri</i> Watson (10X), B) VIII segmentos antenales (40X) y C) setas ocelares (40X) colectados en inflorescencias de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	93

FIGURA		PÁGINA
47	<i>Frankliniella bruneri</i> Watson colectados en inflorescencias de aguacate: a) cuatro pares de setas posteroangulares en el pronoto y b) setas en el abdomen y X segmento abdominal cónico. Isabela, Puerto Rico, 2016.	93
48	Fluctuación poblacional mensual de adultos, ninfas y adultos de p. <i>Perseae</i> en la variedad 'Butler'. Isabela, Puerto Rico, 2016.	96
49	Fluctuación poblacional mensual de adultos, ninfas y adultos de <i>P. perseae</i> en las variedades de aguacate: 'Don Ramón' y 'Mejía'. Isabela. Puerto rico, 2016.	97
50	Porcentajes de preferencia para comprar frutos enteros de tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.	99
51	Espectro original de frutos de aguacate distinción de picos de absorción. Puerto Rico, 2017.	102
52	Espectro sin pre-tratamiento del fruto entero en dos estados de madurez: cosecha y consumo, variedad: 'Mejía', exocarpo, mesocarpo y semilla en madurez de consumo de aguacate. Puerto Rico. 2017.	103
53	Espectros sin pre-tratamiento de fruto entero y mesocarpo en aguacate: variedad: 'Mejía'. Puerto Rico, 2017.	104
54	Segunda derivada (pre-tratamiento) de espectros de ácidos grasos estándares. Puerto Rico, 2017.	106
55	Región espectral de ácidos grasos con segunda derivada para fruto entero en cosecha y mesocarpo en consumo, variedad: 'Mejía'. Puerto Rico, 2017.	107
56	Análisis de componentes principales en dos estados de madurez del fruto en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.	109
57	Análisis de componentes principales del exocarpo en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.	110

FIGURA		PÁGINA
58	Análisis de componentes principales del mesocarpo de tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.	111
59	Análisis de componentes principales de semilla en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.	112
60	Análisis de componentes principales en diferentes secciones de fruto entero en madurez de cosecha: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	114
61	Nálisis de componentes principales en diferentes secciones del exocarpo: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía' en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	114
62	Análisis de componentes principales en diferentes secciones del mesocarpo: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	115
63	Análisis de componentes principales en diferentes secciones de la semilla: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	115
64	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo en la variedad 'Butler', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	116
65	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo en la variedad 'Don Ramón', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	117

FIGURA		PÁGINA
66	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo de la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	117
67	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Butler', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	118
68	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Don Ramón', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	119
69	Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	119
70	Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Butler' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo en tres variedades de aguacate en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	121
71	Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Don Ramón' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo, en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	122
72	Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Mejía' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo, en la región espectral de 6141 a 5462 cm ⁻¹ , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.	123

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE		PÁGINA
1	Mapa de suelos del área de estudio de la EEA Isabela, Puerto Rico, 2016.	149
2	temperatura y precipitación pluvial promedio mensual en Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.	150
3	Disposición de las tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	151
4	Esquema del análisis de varianza para las variables cuantitativas en tres variedades de aguacate en dos ciclos productivos 2015 -2016.	152
5	esquema del análisis de varianza para las variables cuantitativas en tres variedades de aguacate en un solo ciclo productivo.	152
6	Autorización por parte del comité de investigaciones con seres humanos para realizar panel sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.	153
7	Consentimiento de participantes para utilizar la información del panel sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.	154
8	Encuesta en panel sensorial de tres variedades de aguacate (idioma: castellano). Puerto Rico, 2016.	155
9	Encuesta en panel sensorial de tres variedades de aguacate (idioma: inglés). Puerto Rico, 2016.	156
10	caracteres vegetativos de árbol, hoja, fruto y semilla en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.	157
11	Análisis de varianza para ocho variables evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez fisiológica del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.	158
12	Análisis de varianza para siete variables evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.	159

APÉNDICE		PÁGINA
13	Análisis de varianza para variables colorimétricas evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.	160
14	Análisis de varianza para variables colorimétricas evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.	161
15	Correlación entre ácidos grasos puros con segunda derivada, 19 puntos, polinomial orden cuadrática en la región 6141 a 5462 cm ⁻¹ . Puerto Rico, 2017.	162

1. JUSTIFICACIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es un cultivo de importancia mundial debido a su aceptación para consumo, sus características nutricionales y su uso multipropósito en la industria. Las estadísticas para el año 2014 de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) indican que la producción mundial fue de aproximadamente 5.2 millones de toneladas métricas (TM) con una área sembrada de 565 mil hectáreas del cultivo, siendo el mayor productor México con 1.5 millones de TM, seguido por República Dominicana con 428 mil TM, Perú con 350 mil TM, Indonesia con 307 mil TM, Colombia con 289 mil TM, Kenia con 219 mil TM, Estados Unidos con 179 mil TM, y otros países que produjeron cantidades menores (FAOSTAT, 2017).

En Puerto Rico, en el 2013 el aguacate fue el cuarto cultivo frutal en importancia económica, luego de las cítricas (*Citrus spp*), el mango (*Mangifera indica*) y la piña (*Ananas comosus*). En el año fiscal 2013-2014, el valor de las ventas de aguacate en finca en Puerto Rico fue de \$2.2 millones (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2016).

Núñez y Hodai (2013) mencionan que por tradición los consumidores en las islas del Caribe prefieren frutas de variedades de aguacate tipo antillano en comparación con las de tipo mexicano y guatemalteco. Las variedades de tipo antillano son más tolerantes a temperaturas altas y a sales en el agua o el suelo. Los frutos del tipo antillano contienen menos ácidos grasos en la pulpa y suelen estar listos para cosecha más temprano en la temporada. Aunque existen numerosas variedades de tipo antillano, pocas han sido

caracterizadas morfológicamente según descriptores internacionales. Además, rara vez se han comparado en términos de productividad en experimentos replicados, y la información sobre su aceptación sensorial y su aparente susceptibilidad o tolerancia relativa a plagas y enfermedades es también principalmente anecdótica.

En Puerto Rico, la variedad líder en área de huertos organizados en 'Butler', que típicamente se cosecha en la isla en los meses de septiembre y octubre. Existen otras variedades ya tradicionales (como 'Mejía') o de disponibilidad reciente para los agricultores (como 'Don Ramón') cuyas temporadas de cosecha son cercanas a la de 'Butler', compitiendo con esta variedad por el mercado. Sin embargo, no se conocen estudios científicos en los que se comparen las ventajas y desventajas de esas variedades con el referente 'Butler'.

2. OBJETIVOS

1. Caracterizar morfológica y hortícola de tres variedades de aguacate (*P. americana* Mill.): 'Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía'.
2. Cuantificar la productividad de frutas comerciales de las tres variedades.
3. Establecer la presencia y fluctuación poblacional de trips y chinches plaga en las tres variedades.
4. Determinar el grado de aceptación de los consumidores para las tres variedades, mediante caracteres sensoriales.
5. Determinación de presencia de ácidos grasos en las tres variedades de aguacate mediante espectrometría de infrarrojo cercano (NIR).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Taxonomía

El aguacate es un miembro de la familia Laurácea, que está constituida por 52 géneros y cerca de 3500 especies (Sánchez, 1999). Es una de las familias botánicas más primitivas por los restos fósiles encontrados en México (López et al., 2015). El aguacate pertenece al género *Persea*, en el cual se conocen 150 especies (Bernal et al., 2008). En este género hay tres especies de importancia económica: *P. americana* Mill., *P. schiedeana* Neens y *P. parvifolia* Williams (Williams, 1977; Chávez et al., 2011).

3.2. Centro de origen del aguacate

Rodríguez et al. (2015), indican que el centro de origen del aguacate fue en América y que el nombre aguacate deriva del náhuatl *Ahuaca Cuahuitl*, en el que *ahuacatl* significa testículo y *cuahuitl* significa árbol. Es decir, era conocido por los pueblos precolombinos como el árbol de testículos. El mismo autor sugiere que el nombre en inglés *avocado* deriva de la palabra abogado en español, siendo una adaptación de la palabra azteca *ahuacatl*.

Barrientos y López (1992) indican que al menos hubo tres tipos de aguacates comestibles conocidos por los pueblos precolombinos de América Central. De acuerdo con restos arqueológicos encontrados en Tehuacán y Oaxaca, México, parece que desde 4,000 a 2,800 años antes de Cristo los seres humanos de esa región ya seleccionaban

aguacate para consumo (Galindo et al., 2007). Ben-Ya`acov et al. (1992) sustentan que desde inicios de la domesticación del aguacate se ha dado una selección de aquellas plantas que lograron adaptarse a las regiones donde se les cultivó. Conforme a la evidencia arqueológica de 8,000 a 7,000 años antes de Cristo encontrada en el valle de Tehuacán, Puebla, México, Ben-Ya`acov et al. (1992) destacan que el más antiguo de los aguacates seleccionados fue un aguacate de fruto pequeño, denominado tipo mexicano (*P. americana* var *drymifolia* Schlecht. y Cham.).

En adición al aguacate de tipo mexicano, otros dos tipos de aguacate fueron seleccionados y cultivados en zonas de altura intermedia en Guatemala y en zonas costeras y de poca altitud en México y Centroamérica. Se llama aguacate tipo guatemalteco (*P. americana* var. *guatemalensis* Williams) al que desarrolló en Guatemala (Piñero et al., 2009) y aguacate antillano (*P. americana* var. *americana* Mill.) al que desarrolló en zonas de poca altitud. Williams (1977) propuso que el aguacate de la raza antillana fue seleccionado del aguacate mexicano en localidades de poca altura del centro y este de México. Sin embargo, Chen et al. (2003) y Ashworth y Clegg (2003), sostienen que el aguacate antillano deriva de un aguacate de raza guatemalteca. Desde América tropical y subtropical, a partir del siglo XVI D.C., el aguacate se dispersó por todo el mundo, sobre todo en ambientes subtropicales y cálidos (Bernal et al., 2008)

3.3. Caracterización del aguacate

Cuando se inician estudios de caracterización de recursos vegetales es imprescindible considerar acciones vinculadas que permitan la identificación de especies,

mediante el uso de descriptores cuantitativos y cualitativos. De este modo se documentan aspectos relevantes de las poblaciones de plantas estudiadas, ecosistemas donde se desarrollan y sus sistemas de producción (Macas et al., 2013).

Igualmente, es importante identificar plagas y enfermedades que afectan a las plantas y el nivel de daño que causan a los cultivos, para determinar el potencial que pudiesen tener para fines de selección de caracteres para programas de mejoramiento vegetal (Vallejo y Estrada, 2002). Por ejemplo, en México, que es uno de los centros de origen del aguacate, existe un plan de conservación genética de materiales silvestres que cuentan con características únicas para asegurar la transferencia genética a variedades mejoradas mediante caracterización fenotípica (Gutiérrez et al., 2006).

3.3.1. Caracterización agro-morfológica

Uno de los aportes de la descripción morfológica es caracterizar variedades identificando atributos apreciados por consumidores, agricultores y agroindustriales, es decir, que satisfagan las necesidades de los actores de la cadena productiva (Arpaia y Menge, 2004; Micke, 2008). A nivel mundial se utilizan mayormente descriptores morfológicos propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI 1995), en donde se homogenizan criterios sobre caracteres cuantitativos como crecimiento del árbol, ramas, posición de hojas, forma de fruto y semilla (Gutiérrez et al., 2006).

Así mismo, la caracterización se utiliza para los atributos cuantitativos de productividad, como número de frutos, peso, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso,

diámetro polar y ecuatorial de semilla (Arpaia et al., 2007). Finalmente, considera aspectos fenológicos del cultivo en referencia a diferentes etapas de desarrollo del cultivo como floración, fructificación, y flujo de follaje (Escribano, 2010). Como complemento a los aspectos cualitativos y cuantitativos del descriptor de IPGRI (1995) para aguacate, es necesario utilizar otras herramientas como la aceptación de las variedades a nivel de consumidor.

3.3.2. Caracterización sensorial

Biao y Ying (2014), Sabbe et al. (2009) y Hu et al. (2007) sustentan que un estudio sensorial permite conocer las expectativas del consumidor en cuanto a selección de alimento, aceptación general, e intención de compra. Esta información es clave para el mercadeo (Gallardo et al., 2011; Deliza y Macfie, 1996).

La apariencia del fruto de aguacate está definida por el conjunto de los atributos de tamaño, forma, color del exocarpo, textura, firmeza y frescura; las diferencias de estos atributos entre variedades hacen que sean aceptadas en mayor o menor medida por el consumidor (Kader, 2007; CTAHR 2009). Por tanto, es necesario realizar análisis sensoriales que indiquen el grado de la aceptación o rechazo de un alimento en particular (Alvis et al., 2008). Estos estudios proveen información real del nicho donde se pretende distribuir el alimento, porque evalúa la percepción del consumidor (Viera, 2005).

3.4. Espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS)

La espectrometría de infrarrojo cercano (NIR) ha demostrado ser una técnica prometedora como herramienta rápida, fácil de usar y no destructiva para evaluar diversos atributos de calidad interna de frutas en comparación con métodos tradicionales, siendo extensamente estudiada durante la última década (Aris et al., 2013). La técnica de espectrometría de infrarrojo, sea medio o cercano, se ha visto como un método utilizado para obtener información cualitativa y cuantitativa sobre la química o bioquímica de antioxidantes en varias matrices orgánicas de productos agrícolas, alimentos y plantas (Cozzolino, 2015).

Campos et al. (2011), Olaeta et al. (2007), Ozdemir y Topuz (2003) y Martínez et al. (1992), quienes trabajaron con las variedades 'Hass', 'Fuerte', 'Méndez', e 'Isabel', reportaron que los ácidos grasos más abundantes en el mesocarpo (pulpa) de frutos de aguacate son oleico, linoleico, palmitoleico, esteárico, linolénico y palmítico. Según esos autores, de una variedad a otra puede variar la proporción en que se presentan esos ácidos grasos en el mesocarpo. Igualmente, suele variar la concentración de esos ácidos grasos según la fase de desarrollo de la fruta, siendo en general alta en las frutas recién cuajadas, decreciendo en el período de crecimiento de la fruta y volviendo a aumentar en fase de maduración de la fruta.

Según estudios realizados por Romero et al. (2012) en Colombia, en aguacates de raza antillana, las concentraciones de ácidos grasos difirieron dependiendo del grado de madurez. Estos investigadores observaron que la concentración de ácido oleico fue

baja (13.22%) durante el crecimiento del fruto, pero al llegar a su fase final de crecimiento aumentó a 43.37%, contrario a lo que ocurrió con los ácidos linoleico y linolénico.

En Japón, Teng et al. (2016) observaron que los niveles de ácidos grasos en el exocarpo cambiaron a lo largo de su maduración. En esa investigación los ácidos oleico y palmítico tuvieron concentraciones altas para posteriormente disminuir durante el tiempo de cosecha.

Castorena et al. (2011) identificaron los componentes de la pulpa y aceite del aguacate 'Hass' (variedad considerada híbrido de guatemalteco x mexicano) mediante espectrometría infrarroja (NIR). Estos investigadores compararon los valores obtenidos por NIR con los valores obtenidos con técnicas tradicionales de análisis químico destructivo, obteniendo resultados similares con ambos métodos. No se conocen estudios comparativos similares en aguacates de tipo antillano.

3.5. Plagas

3.5.1. Chinche del encaje (*Pseudacysta perseae* Heidemann)

El chinche del encaje fue descubierto en el año de 1908 en Florida y en esa época fue nombrado *Acysta perseae* (Heteroptera: Tingidae), siendo considerada en ese entonces una especie de menor impacto. Durante una centuria estaba limitado a Estados Unidos y México, pero a partir de 1990 se dispersó hacia el Caribe y el norte de Suramérica (Peña et al., 2007).

Morales y Grillo (2000) mencionan que el ciclo biológico de *P. perseae* se acorta a medida que aumenta la temperatura. Así, a una temperatura de 30°C el ciclo de vida es

de 21 días desde huevo a adulto, alcanzando a tener cerca de 11 generaciones al año. Se determinó también que, al menos bajo las condiciones ambientales de Cuba, las poblaciones se observaban mayormente en la etapa de cuajado y desarrollo de frutos. Igualmente, estos autores aseveran que a temperaturas inferiores a 10.4°C el ciclo de vida del insecto no se completa. Del mismo modo, Méndez y Arenciba (2013) revelan que el aumento de la población de esta plaga en Cuba estuvo correlacionado con altas temperaturas, escasa o moderada humedad y bajas o nulas precipitaciones.

El daño que ocasiona este insecto al aguacate va desde etapas fenológicas muy tempranas hasta la etapa adulta. En vivero, poblaciones altas de *P. perseae* causan defoliación rápida. En cambio, en plantas adultas se observan áreas cloróticas en las hojas debido a la formación de las colonias del insecto en el envés, lo que resulta en una disminución de la capacidad fotosintética de las hojas afectadas (Almaguel et al., 1997; De la Torre et al., 1997).

Los síntomas del daño se observan luego de 24 horas de que se hayan establecido los adultos en el envés de las hojas. Inicialmente se observa decoloración debido a que pican el parénquima foliar y extraen la savia. Al avanzar el daño aparecen zonas necróticas marrones donde estaban las colonias del insecto. Cuando las poblaciones son grandes, las hojas caen aceleradamente (Sandoval y Cermeli, 2005).

La presencia de *P. perseae* en Puerto Rico fue confirmada en el año de 1991 (Medina-Gaud et al., 1991). Actualmente se encuentra distribuida en toda la isla, Cabrera y Martínez (2001) determinaron una correlación inversa entre el número de hojas del árbol con el número de hojas infestadas. Es decir, a mayor número de hojas menor

porcentaje de infestación, debido a que el insecto tuvo mayor área para dispersarse en las variedades 'Pollock', 'Candelaria' y 'Semil 43'.

3.5.2. Trípidos

Existen especies de trípidos (Thysanoptera) que infestan al aguacate en diferentes regiones del mundo. Algunas de las más comunes son *Frankliniella* spp, *Heliothrips haemorrhoidalis*, *Liothrips perseae*, *Selenothrips aceri*, *S. rubrocinctus* y *Scirtothrips perseae* (Ascención et al., 1999). El daño económico causado por el grupo de los trípidos a la industria del aguacate, ha ido en aumento desde finales del siglo XX, atribuyéndose esto a la aparición de nuevas especies como *Scirtothrips perseae* Nakahara, en el sureste de California y *Chaetanaphothrips orchidii* Moulton en Israel (Peña et al., 2013).

Los trípidos son pequeños (0.5 a 5.0 mm de longitud) y delgados, con cuerpo blando. Los huevos son depositados bajo la cutícula de las nuevas hojas, tallos y fruto, de donde se alimentarán las larvas. En muchas especies, una hembra puede poner hasta 250 huevos durante su fase reproductiva. Los ciclos de vida de huevo a adulto se pueden completar en períodos tan cortos como dos semanas, cuando las condiciones ambientales son óptimas alcanzando varias generaciones por año (Zahn et al., 2011).

Esta plaga ocasiona daño tanto en hojas como en frutos. Sin embargo, el principal daño se produce cuando se alimenta de los frutos en crecimiento, induciendo a que el pericarpio presente protuberancias y áreas pálidas o de color café, causadas por el daño a las células de la epidermis. Este daño a la epidermis afecta la estética y el valor de

venta del aguacate como fruta sin procesar. Además, las heridas que provocan pueden ser zonas de ingreso para posibles patógenos (Castañeda et al. 2003, Valle et al. 2003).

En estudios realizados por Ascención et al. (1999) en México, se registró mayor nivel de daño en las frutas de la parte baja del árbol. Esto fue asociado a la cercanía de malezas hospederas de trípodos debajo de las ramas de los árboles de aguacate.

Huerta et al. (2014) y Urias et al. (2007) publicaron que el aumento de la temperatura y la falta de precipitación pueden ser factores que determinen el incremento de la población de trípodos. En Costa Rica, Vargas y colaboradores (2011) encontraron que con precipitaciones pluviales bajas (2 a 10 mm por día) la población aumentaba, mientras que con precipitaciones más altas (sobre 10 mm por día) las poblaciones de trípodos disminuyeron, lo que ratifica lo señalado por Huertas et al. (2014) y Urias et al. (2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

La investigación de campo se desarrolló en la Estación Experimental Agrícola (EEA)-Isabela, ubicada al noroeste de Puerto Rico en las coordenadas 18°30'00" latitud norte y 67°00'00" latitud oeste, a una altura de 128 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). En esta localidad la temperatura promedio anual es de 25°C, con fluctuaciones durante el año entre los 20°C y 31°C, una precipitación promedio anual de 1,592 mm y una humedad relativa promedio anual de 70%. Según publicaciones de Beinroth et al. (2002) y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA. 2015), los suelos de la EEA-Isabela son del orden Oxisol y de la serie Coto (muy fino, caolinítico, isohipertérmico Eustrustox Típico) (Apéndice 1). La temperatura y precipitación promedio durante la investigación de campo, entre febrero 2015 y diciembre 2016. Fueron adecuadas para el cultivo de aguacate y se presentan en el Apéndice 2, fueron medidas mediante una estación meteorológica ubicada en el sitio experimental.

El huerto donde se realizó la investigación de campo fue establecido en el año 2009 (comunicación personal de José Zamora, Especialista de Frutales del Servicio de Extensión Agrícola, y Félix Román, Catedrático retirado, Colegio de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico). Los árboles fueron plantados en marco real a 7.5 m de distancia, constando de 124 árboles adultos de 16 variedades de aguacate. Para esta investigación se consideraron como tratamientos tres

variedades: 'Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía'. 'Butler' es la variedad desarrollada en el estado de la Florida y es la que cuenta con la mayor área de siembra comercial en Puerto Rico, 'Mejía' es una variedad tradicional seleccionada en Puerto Rico pero que ha sido poco estudiada, y 'Don Ramón' es una variedad también seleccionada en Puerto Rico, pero relativamente nueva y muy poco estudiada.

Los árboles usados en la investigación están dispuestos en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro bloques. En cada bloque había 2 árboles de aguacate de la misma variedad, que constituyeron la unidad experimental. Es decir, se evaluó en total 8 árboles por cada variedad (Apéndice 3).

4.2. Variables y métodos de evaluación

4.2.1. Morfología de las variedades

La morfología de las variables, se realizó una sola vez, para determinar las características del árbol de cada variedad, para lo cual se observó cada unidad experimental bajo la escala propuesta por el Instituto Internacional del Recursos Filogenéticos (IPGRI, por sus siglas en inglés; 1995), para aguacate.

4.2.1.1. Forma del árbol

1: Columnar

2: Piramidal

3: Obovado

4: Rectangular

5: Circular

6: Semicircular

7: Semi-elíptico

8: Irregular

9: Otro (especificar en descripción)

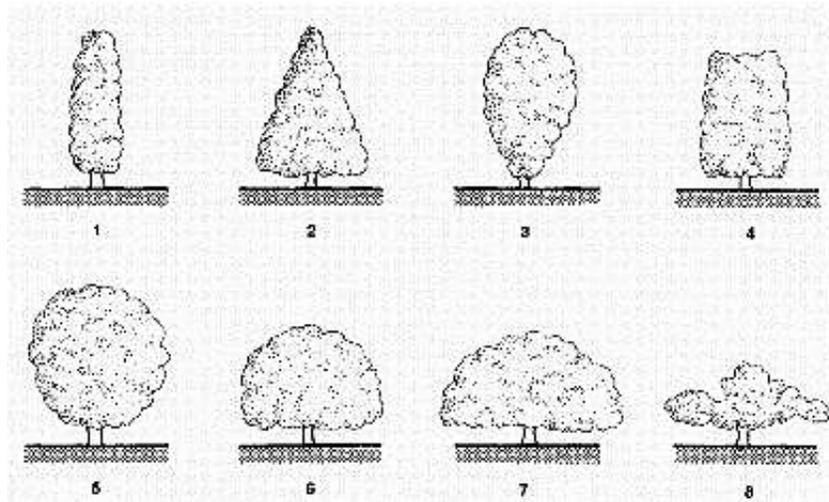


Figura 1. Forma del árbol.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995

4.2.1.2. Patrón de ramificación

- 1: Extensivo Las ramas se extienden hacia arriba, iniciando su crecimiento desde abajo de cada ápice de un vástago.
- 2: Intensivo Las ramas se extienden hacia los lados, donde cada rama sale debajo de cada sitio de crecimiento en cada vástago.
- 3: Ambos Se registró el tipo de crecimiento predominante.

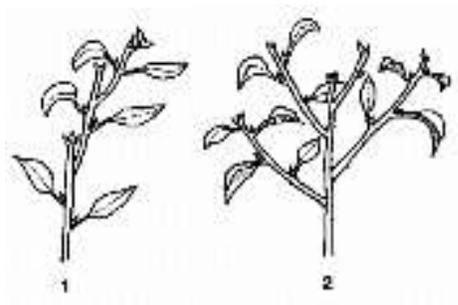


Figura 2. Forma del patrón de ramificación.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IPGRI, 1995.

4.2.1.3. Distribución de las ramas

- 1: Ascendente
- 2: Irregular
- 3: Verticilada
- 4: Axial
- 5: Horizontal

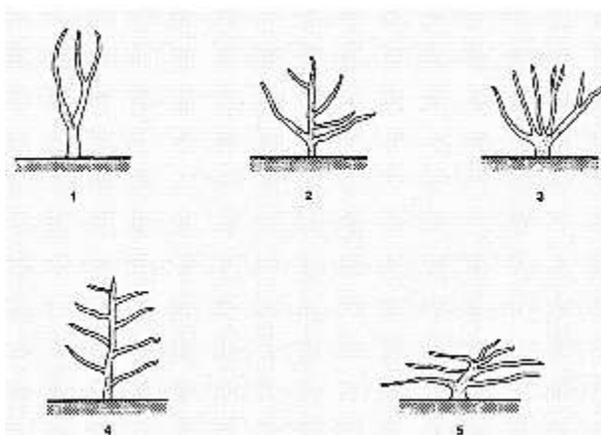


Figura 3. Distribución de ramas.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IPGRI, 1995.

4.2.1.4. Ángulo de inserción de las ramas principales

- 1: Agudo (90°)
- 2: Obtuso ($>90^\circ$)

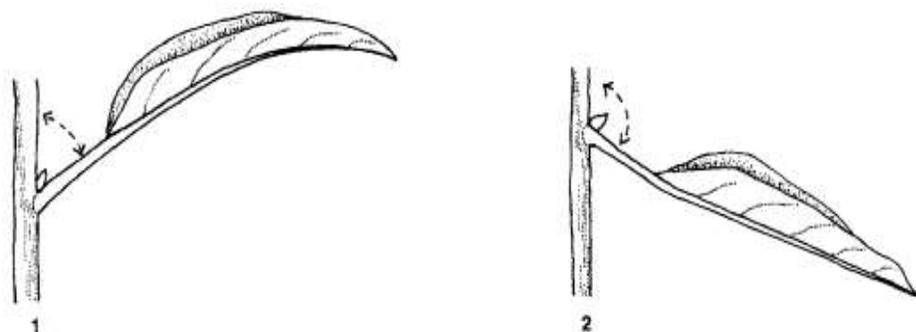


Figura 4. Vista del ángulo de inserción de las ramas principales.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IPGRI, 1995.

4.2.1.5. Color de la rama joven

- 1: Amarillo (grupo amarillo anaranjado 14D)

- 2: Verde (grupo verde 141A)
- 3: Rojo (grupo naranja grisáceo 166A)
- 4: Otro

4.2.1.6. Forma de la hoja

La forma de hoja, se realizó una única observación por cada variedad, para lo cual se colectaron 10 hojas por cada unidad experimental bajo la escala propuesta por Reyes et al (2011) y IPGRI (1995), en donde:

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1: Ovada | 6: Cordiforme |
| 2: Obovada-angosta | 7: Lanceolada |
| 3: Obovada | 8: Oblonga |
| 4: Oval | 9: Oblonga-lanceolada |
| 5: Redondeada | 10: Otra |

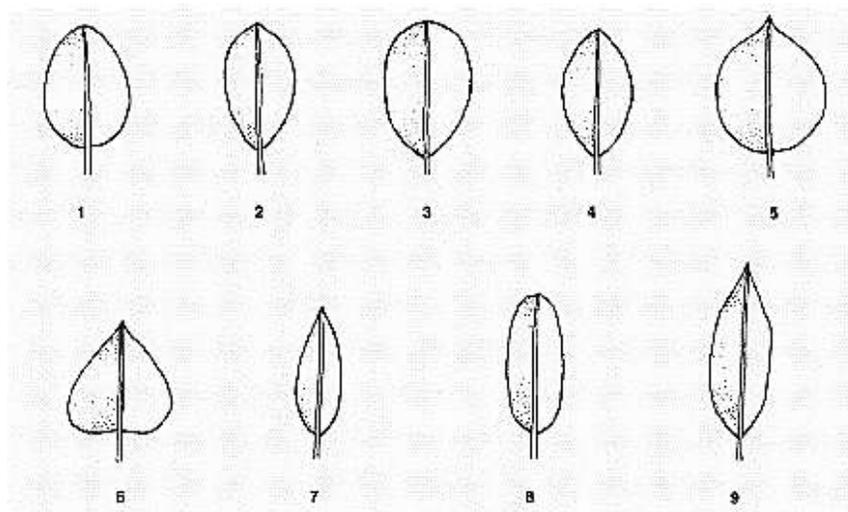


Figura 5. Forma de la hoja.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IPGRI. 1995.

4.2.1.7. Color de hojas maduras y hojas jóvenes

Modernamente, para determinar el color se prefiere que no se haga solamente una descripción visual subjetiva. Es necesario hacer uso de herramientas que permitan tener una representación más objetiva y precisa, para lo cual Padilla et al. (2009), Casassa y Sari (2006) y Cabrera et al. (2000) aluden que el registro de absorbancia espectrofotométrica permite conocer el espacio tridimensional. Dicho sistema es conocido como CIE-Lab, que es un parámetro más objetivo para establecer el color de una muestra de acuerdo a la Comisión Internacional de l'Eclariage (Terrasa et al. 2012), en donde cada color está situado en coordenadas denominadas L^* (luminosidad), C^* (saturación o croma métrico) y H^* (tonalidad o tono) que se calculan con b^* y a^* .

Se utilizaron 5 hojas maduras por cada árbol de cada variedad. La determinación de color, se tomó con un colorímetro (ColorFlez EZ, Modelo CFLX-45 Spectrocolorimeter Hunter Lab, Virginia, USA), el funcionamiento de este dispositivo se basa en la comparación de los parámetros de la muestra con los estándares del mismo. Para lo cual se calibró el equipo, con un disco estándar blanco (L^* : 93.50; a^* : -1.01 y b^* : 1.57) y otro negro (L^* : 79.94; a^* : 84.81 y b^* : 87.60). Todas las determinaciones se realizaron a una temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$.

Ortiz et al. (2003) indican que el colorímetro aplica cuatro escalas de color (XYZ, YXY, Hunter LAB, L^*a^*b) y cuatro clases de iluminación (incandescente, luz de día promedio, luz de día y blanco frío fluorescente). Estos autores recomiendan que se utilice la siguiente escala de color debido a su fácil interpretación:

Cuadro 1. Escala e interpretación para lecturas con el uso del colorímetro marca ColorFlex EZ modelo 450 Spectrocolorimeter Hunter Lab.

Parámetro	Interpretación	Escala
L*	Indica cuanto brillo o luminosidad tiene la muestra	100 = blanco 0 = negro
a*	Indica que tan roja o verde es la muestra	Positivo = rojo Negativo = verde
b*	Indica que tan amarilla o azul es la muestra	Positivo = amarillo Negativo = azul

Luego se procedió a determinar el tono (*H) y croma (*C) con las siguientes ecuaciones utilizadas por Cajamar ADN Agro (2014) y Terrasa et al. (2012):

$$H^* = \arctg \frac{b}{a} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

4.2.1.8. Largo y ancho de hojas maduras

El largo y ancho de hojas maduras, se evaluó por una única ocasión. Donde se colectaron 10 hojas por cada unidad experimental, entonces para medir la longitud (desde el ápice hasta la base de la hoja) y el ancho (en la región central). Para esto se utilizó una regla graduada en centímetros.

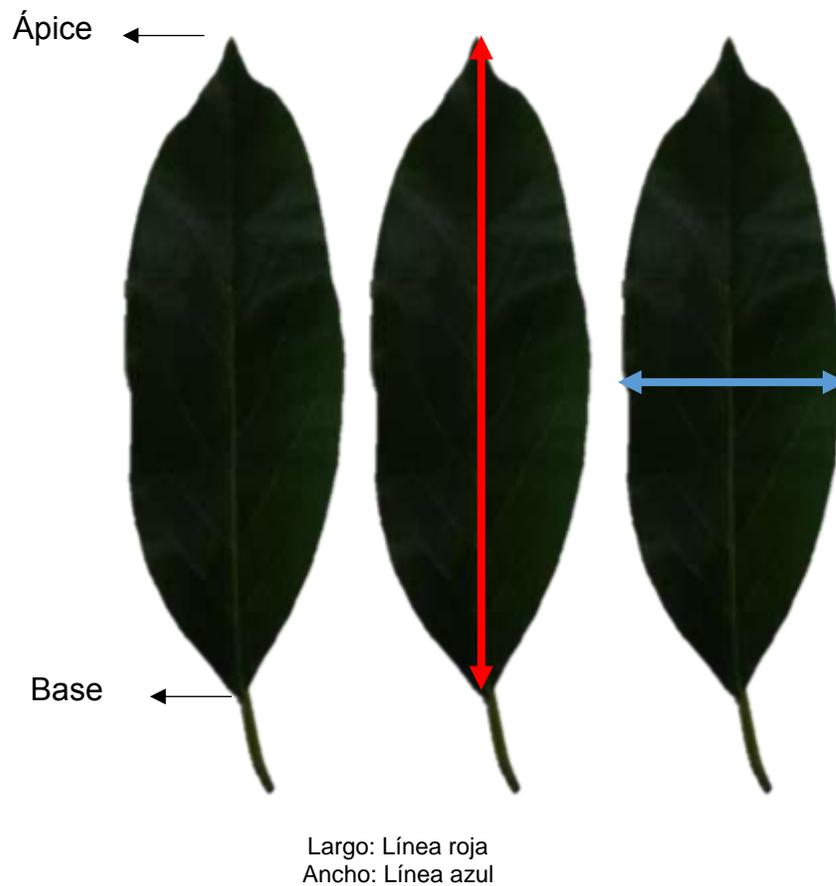


Figura 6. Medición de longitud y ancho de hojas de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.1.9. Longitud de pecíolo en hojas maduras

Para esta variable se midieron por una única ocasión las mismas hojas usadas en la anterior variable (4.2.1.8. Largo y ancho de hojas maduras).



Longitud: Línea roja

Figura 7. Medición de longitud de pecíolo de hoja. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.1.10. Forma del fruto

La forma del fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad por cada ciclo productivo 2015 y 2016.

- | | |
|--------------------|---|
| 1: Oblata | 6: Obovado |
| 2: Esferoide | 7: Piriforme |
| 3: Esferoide alto | 8: Romboidal |
| 4: Elipsoide | 9: Otro (se especificará y se fotografiará) |
| 5: Obovado-angosto | |

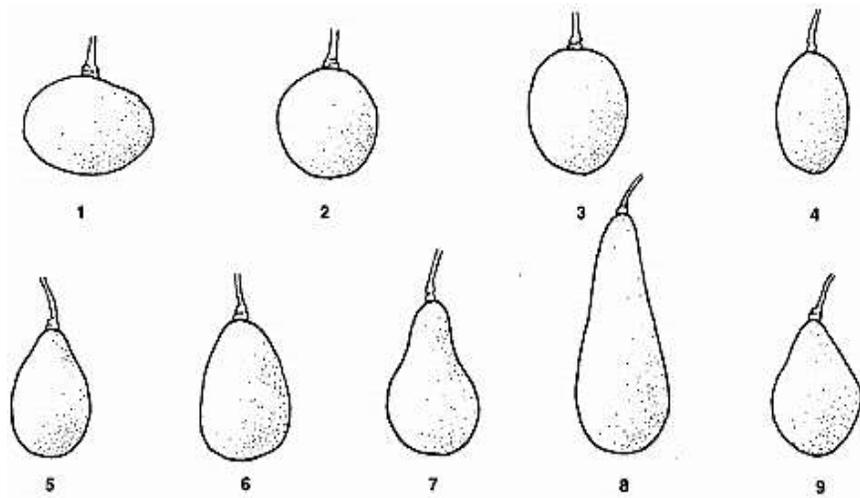


Figura 8. Forma del fruto.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

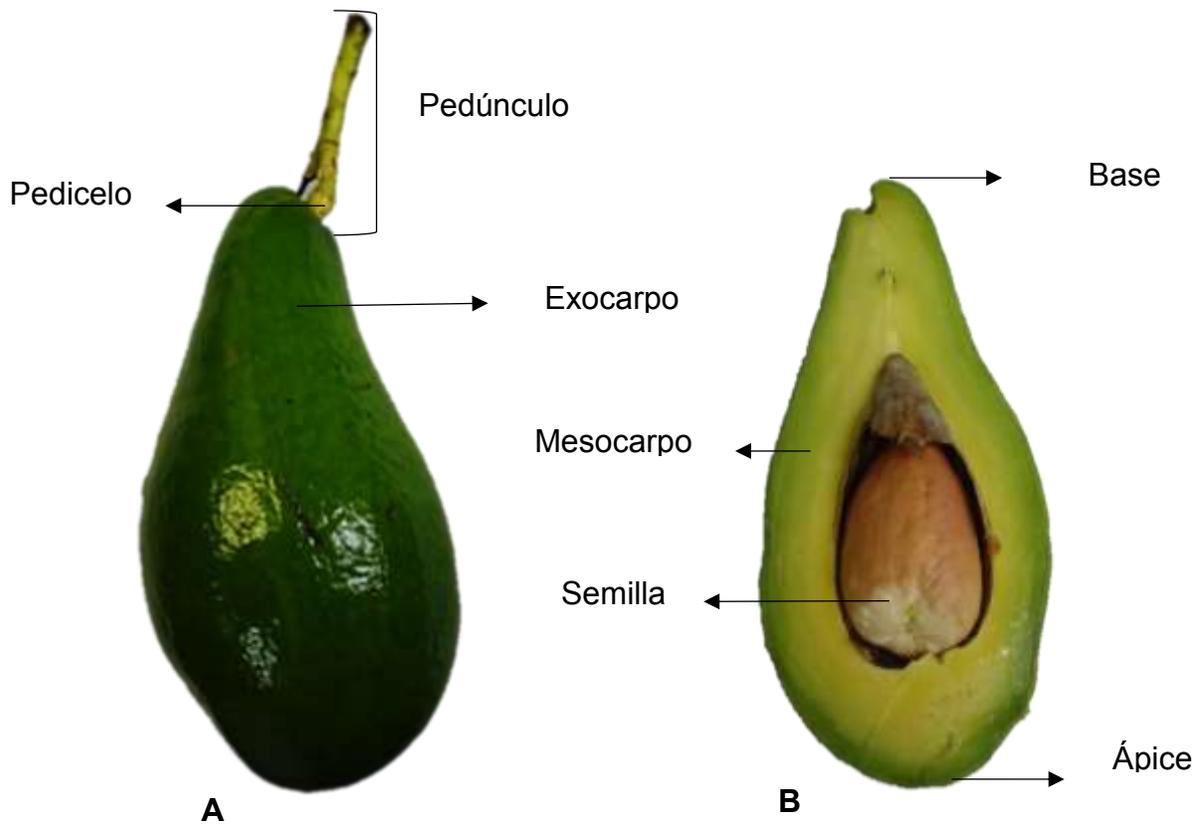


Figura 9. Partes de un fruto de aguacate: A) fruto entero, B) Corte transversal. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.1.11. Forma de la base del fruto

La forma de la base del fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 1: Hundida
- 2: Aplanada
- 3: Inflada
- 4: Puntiaguda

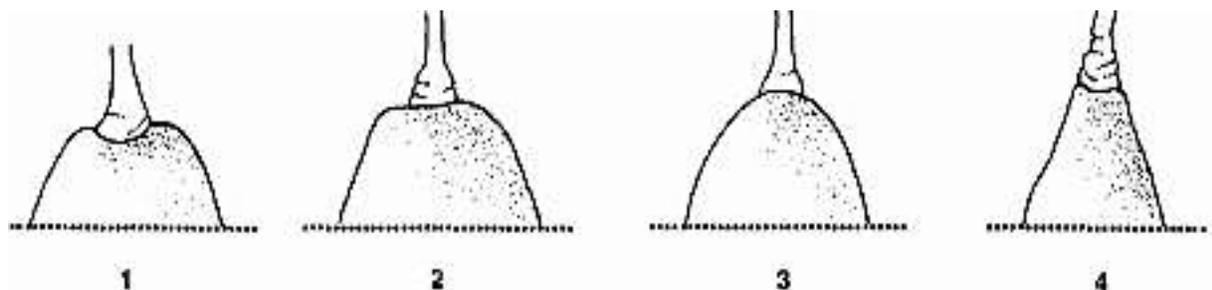


Figura 10. Forma de la base del fruto.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.12. Forma del ápice del fruto

La forma del ápice del fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad, durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 1: Profundamente hundido
- 2: Ligeramente hundido

3: Aplanado

4: Redondeado

5: Puntiagudo

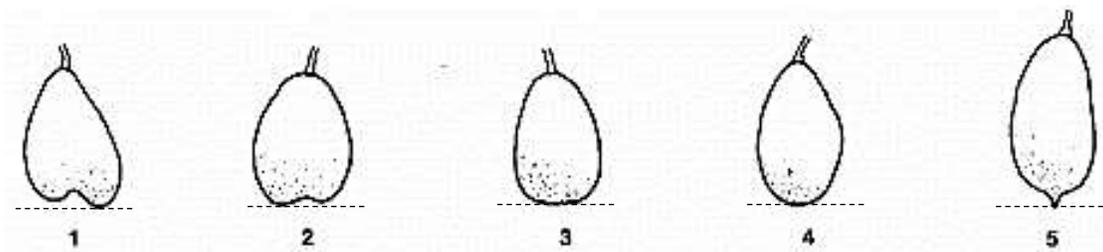


Figura 11. Forma del ápice del fruto.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.13. Posición del ápice en el fruto

La posición del ápice en el fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad por cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

1: Central

2: Asimétrico

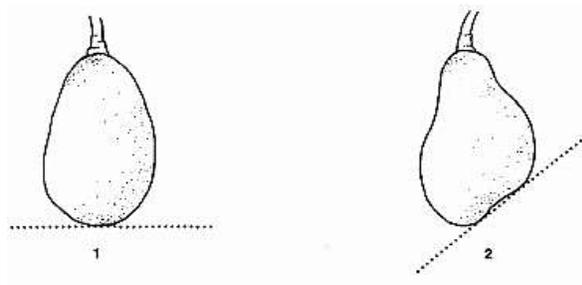


Figura 12. Posición del ápice del fruto.

Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995

4.2.1.14. Aristas en el fruto

Las aristas en el fruto, se determinaron observando 90 frutos típicos de cada variedad, durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 1: Ninguno
- 2: Parcial
- 3: Enteras

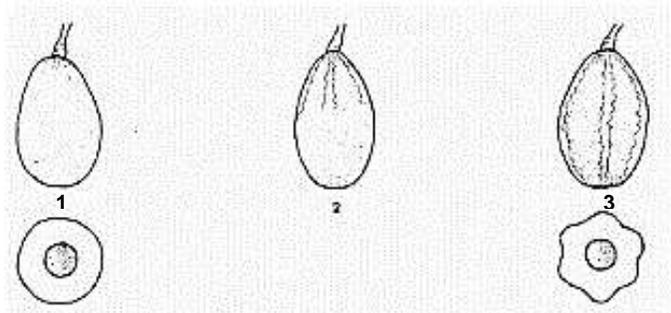


Figura 13. Crestas en el fruto.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.15. Posición del pedicelo en el fruto

La posición del pedicelo en el fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad, durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 1: Central
- 2: Asimétrico
- 3: Muy asimétrico
- 4: Extremadamente asimétrico

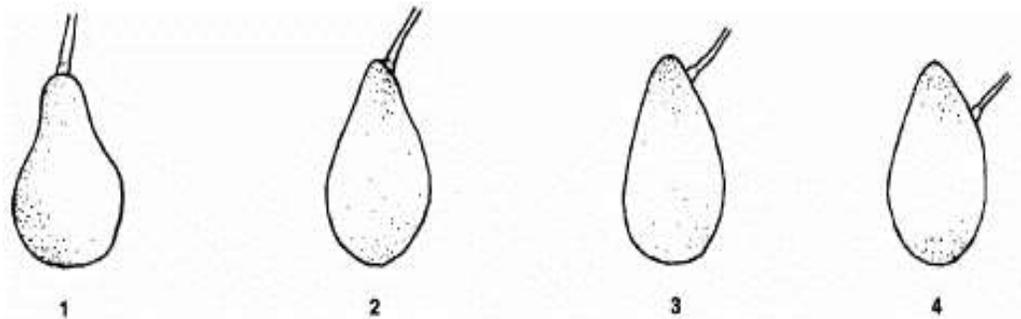


Figura 14. Posición del pedicelo en el fruto.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.16. Forma del pedicelo en el fruto

La forma del pedicelo en el fruto, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad, durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 1: Cilíndrico
- 2: Cónico
- 3: Redondeado
- 4: Otro (especificar)

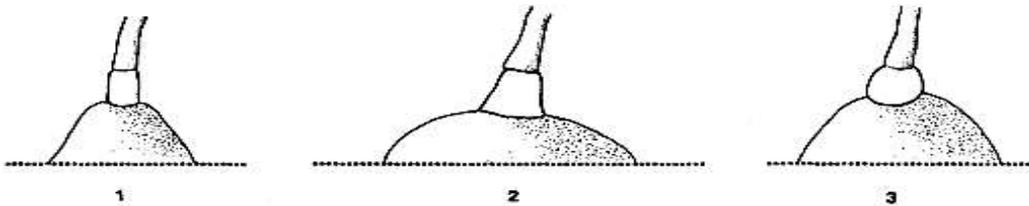


Figura 15. Forma del pedicelo.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.17. Pedicelo con forma de “cabeza de clavo”

El pedicelo con forma de “cabeza de clavo”, se determinó observando 90 frutos típicos de cada variedad, durante cada ciclo productivo, 2015 y 2016.

- 0: Ausente
- 1: Presente

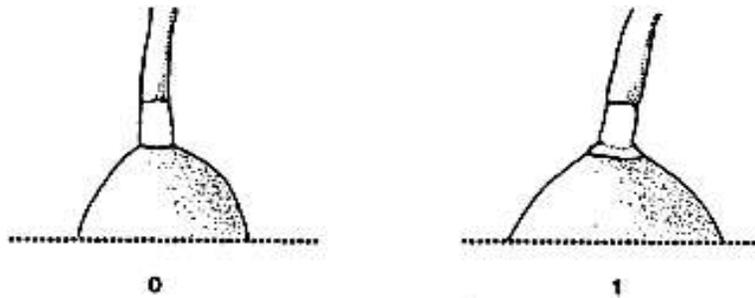


Figura 16. Pedicelo con forma de “cabeza de clavo”.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.1.18. Longitud y diámetro del pedúnculo

Para la longitud se consideró incluyendo el pedicelo, de acuerdo con lo indicado por IPGRI (1995). Se midieron los pedúnculos de 90 frutos típicos de cada variedad durante cada ciclo productivo 2015 y 2016, con el uso de un calibrador pie de rey (Electronic Digital Caliper, Neiko S014080A, China).

4.2.1.19. Diámetro del pedicelo

El diámetro del pedicelo, se midió en 90 frutos típicos de la cada una de las variedades en estudio por cada año de producción (2015 y 2016).

4.2.1.20. Forma de la semilla

- | | |
|----------------|------------------------------|
| 1: Oblata | 6: Cordiforme |
| 2: Esferoide | 7: Base plana, ápice redondo |
| 3: Elipsoide | 8: Base plana, ápice cónico |
| 4: Ovada | 9: Otro (a especificar) |
| 5: Ovada ancha | |

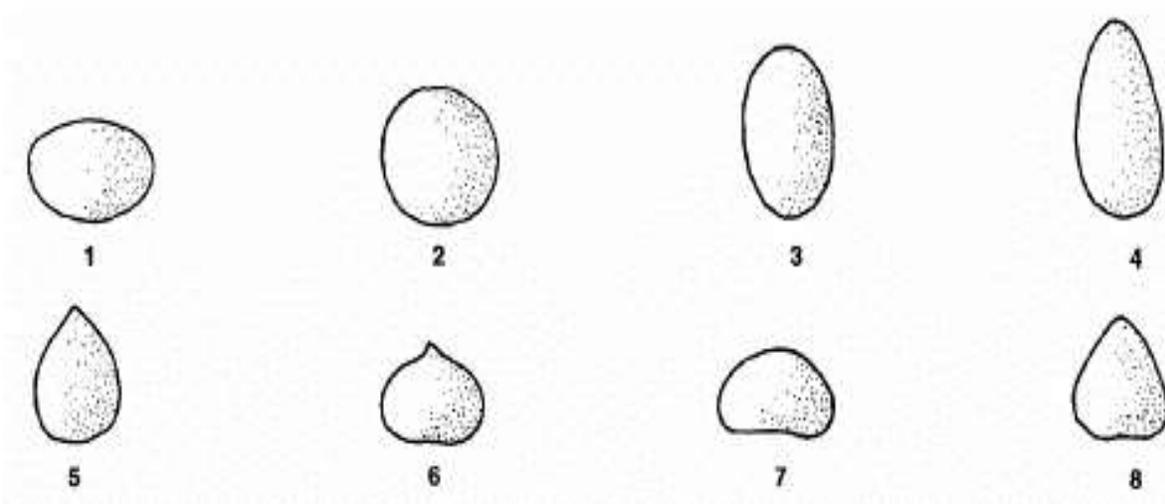


Figura 17. Forma de la semilla.
Tomado de Descriptors for avocado (*Persea* spp.). IGPRI. 1995.

4.2.2. Floración y fructificación

4.2.2.1. Número de ramificaciones y flores por inflorescencia

Se marcaron cuatro ramas conforme a los cuatro puntos cardinales a una altura de 2.00 metros desde el nivel del suelo. A partir de esa señalización se contaron las inflorescencias de las ramas seleccionadas de cada árbol. Posteriormente se contó el número de ramificaciones en cada inflorescencia y finalmente se registró el número de flores abiertas en cada inflorescencia una vez que alcanzaron al menos un 50% de flores abiertas y cuando el árbol estaba 90% cubierto por inflorescencias de acuerdo a Flores et al. (2013) (Figura 18).

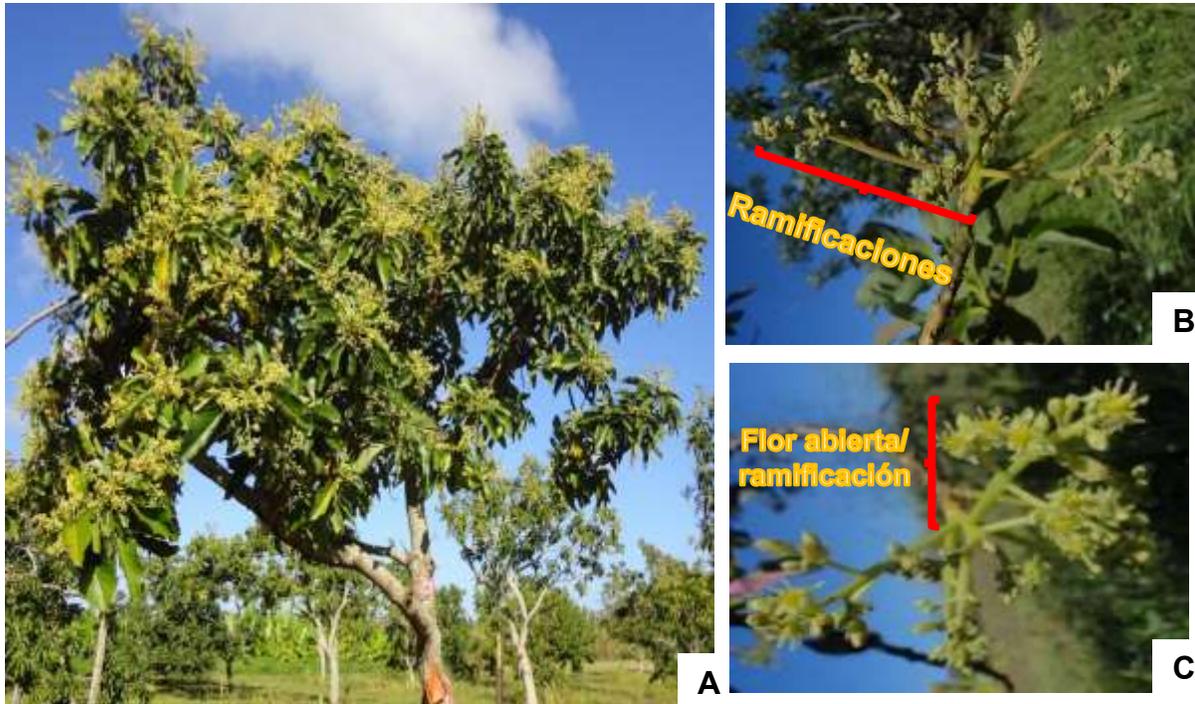


Figura 18. A) Árbol con 90% de inflorescencias, B) ramificación, C) flor abierta en una ramificación de inflorescencia. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.2.2. Duración de floración

Se consideró que un árbol inició la floración al observarse por primera vez el primer brote floral (Amórtegui et al., 2001). Se consideró que un árbol estaba plenamente florecido cuando el árbol alcanzó alrededor del 90% de las ramas con inflorescencias (Figura 18.A y Figura 19).



Figura 19. Yema floral en etapa fenológica C de floración: considerado inicio de floración en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.2.3. Porcentaje de frutos retenidos.

A partir de la floración, cada semana se contaban debajo de cada árbol los frutos caídos. Al inicio de la cosecha de frutos mercadeables se detuvo el conteo de frutos caídos. Se sumaron todos los frutos caídos desde la floración y se contaron los frutos retenidos en el árbol para el cálculo del porcentaje de frutos retenidos o porcentaje de retención de frutas, según publicado por Ruffiños et al. (2012):

$$\text{Porcentaje de frutos retenidos} = \frac{\text{Frutos retenidos}}{\text{Total de frutos (caídos + retenidos)}} \times 100 \quad (3)$$

4.2.3. Producción

4.2.3.1. Distribución temporal de cosechas

La distribución temporal de las cosechas, se registró desde cuando se cosecharon los primeros frutos en madurez fisiológica hasta cuando se terminó de cosechar el último

fruto de cada variedad. Con la cantidad de frutas colectadas por semana en cada variedad, se determinó la distribución de cosecha en el tiempo, información útil para determinar las semanas y meses en donde se concentró la mayor cantidad de fruta cosecha de cada variedad.

4.2.3.2. Número, peso de frutos comerciales y no comerciales

Se determinó en base a las normas establecidas por la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés; 2013) para la raza antillana, en donde incluyen características mínimas de calidad, así como también un peso superior a 170 gramos al momento de la cosecha. Se pesaron y contaron aquellos frutos que cumplieron con estos parámetros (deformes, daño mecánico, daño por enfermedades y plagas) para ser considerados frutos comerciales. De la misma forma se pesaron y contaron aquellos frutos que no cumplían con las características señaladas por FAO (2013) para la raza antillana. Los desperfectos que descalifican a una fruta para el mercado incluyen daño producido por trípidos, ácaros, antracnosis, deformación o daño mecánico ocasionado por rozamiento de las ramas o un peso inferior a 170 gramos (Figura 36).

4.2.3.3. Número de frutos cosechados por variedad

El número de frutos cosechados por cada variedad, se registró a lo largo de todo el período de cosecha durante los dos ciclos productivos 2015 y 2016, tanto frutos comerciales como no comerciales. La cosecha se realizaba una sola vez por semana.

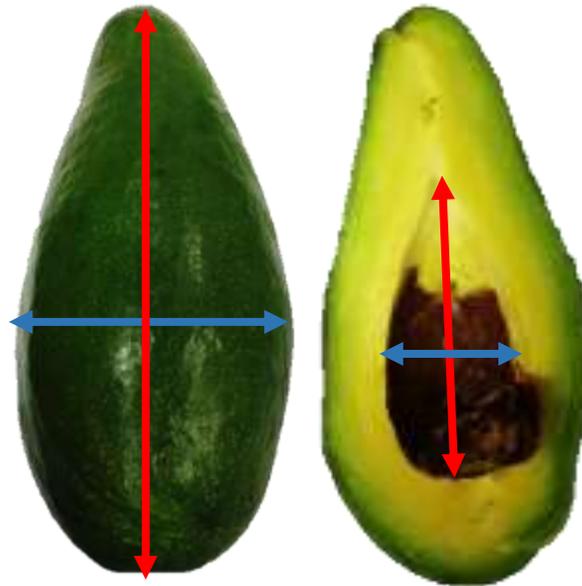
4.2.3.4. Rendimiento comercial

El rendimiento de frutos comerciales se calculó con la ecuación $R = N \times P$ (Rufiños et al. 2012), en la cual R es el rendimiento comercial, N es el número promedio de frutos mercadeables, y P es el peso promedio del fruto mercadeable en madurez fisiológica de aquellos frutos que cumplieron con los parámetros establecidos por FAO (2013).

4.2.4. Características del fruto en madurez fisiológica

4.2.4.1. Peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto

Se pesó el fruto en una balanza, para luego medir el diámetro polar y ecuatorial con un calibrador pie de rey (Electronic Digital Caliper, Neiko S014080A, China) cuando los frutos estuvieron en madurez fisiológica, es decir, el día de la cosecha. Para determinar el diámetro polar, se colocó el calibrador en la región central más larga (extremos polares), mientras que para el diámetro ecuatorial se ubicó el calibrador en la región central más ancha, para cada año de estudio (2015 y 2016) se evaluaron 270 frutos (Figura 20).



Diámetro polar Línea roja
Diámetro ecuatorial: Línea azul

Figura 20. Medición del diámetro polar y ecuatorial en frutos de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.

Se procedió a calcular la relación de longitud (valor del diámetro polar dividido entre el valor diámetro ecuatorial) y la relación de redondez (valor del diámetro ecuatorial entre el valor del diámetro polar). Estas relaciones permitieron validar la variable forma del fruto de manera cuantitativa.

4.2.4.2. Color del exocarpo (cáscara)

Se determinó para todas las muestras de cada árbol correspondiente a cada cosecha, en la cual se utilizó un colorímetro (ColorFlez EZ, Modelo CFLX-45 Spectrocolorimeter Hunter Lab, Virginia, USA) con los mismos estándares que la variable color de hojas. Se midió en un solo punto que fue en la zona ecuatorial del fruto, para lo cual el equipo fue calibrado cada vez que se realizaban las lecturas con un disco estándar blanco (L^* : 93.50; a^* : -1.01 y b^* : 1.57) y otro negro (L^* : 79.94; a^* : 84.81 y b^* : 87.60). Esta

variable fue medida antes de realizar el registro de las variables destructivas y a una temperatura de $19\pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.2.5. Características del fruto en madurez de consumo

4.2.5.1. Color del exocarpo (cáscara) y mesocarpo (pulpa)

Se registró para todas las muestras de cada árbol correspondiente a cada cosecha una vez hubieran alcanzado la madurez comercial. Se utilizó el mismo colorímetro que en las anteriores variables de color, al igual con los mismos estándares. Se midió en un solo punto que fue en la zona ecuatorial del fruto, de manera similar que las anteriores variables de color.

4.2.5.2. Firmeza

Después de la cosecha, los frutos se mantuvieron con temperatura $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $78\pm 5\%$ HR en el Laboratorio de Frutales, de la Universidad de Puerto Rico (UPR), en el Recinto de Mayagüez. Para lo cual se utilizó lo reportado por López y Cajuste (1999) que un fruto de aguacate puede alcanzar la madurez (y firmeza) de consumo alrededor de 7 días después de la cosecha. Por tanto, para las frutas que se usaron para la investigación se procedió a tomar la firmeza a los 7 días de la cosecha, con un penetrómetro manual (GY series fruit penetrometer, modelo GY-3, Taiwán), con el émbolo de 8 mm y sin retirar el exocarpo. La firmeza se registró en kilogramos fuerza por cm^2 .

4.2.5.3. Tiempo de cosecha a madurez de consumo

Para obtener esta información se colocaron los aguacates cosechados sobre una mesa a una altura de 70 cm sobre el piso, con temperatura de $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $78\pm 5\%$. Ferreyra et al. (2012) indicaron que este atributo no es considerado por el comerciante. Sin embargo, para el consumidor es un elemento determinante al momento de preferir una variedad u otra, y se refiere al tiempo en el que la fruta se demora en ablandarse después de la cosecha hasta estar lista para el consumo.

4.2.5.4. Peso del fruto, mesocarpo (pulpa), exocarpo (cáscara) y semilla

Se pesó el fruto (P_f) cuando alcanzó la madurez de consumo, que esto se determinó de acuerdo a lo mencionado por López y Cajuste (1999). De ahí se procedió a partir la fruta en secciones iguales, para extraer la semilla y pesarla (P_s), El peso de mesocarpo (P_p) y el peso de exocarpo (P_e) resultaron de separar y pesar la pulpa y la cáscara.

4.2.5.5. Porcentaje de exocarpo, mesocarpo y semilla

Para la cuantificación de utilizó las fórmulas propuestas por Macas et al. (2013).

$$\% \text{ Mesocarpo} = \frac{P_p}{P_f} \times 100 \quad (4) \qquad \qquad \qquad \% \text{ Exocarpo} = \frac{P_e}{P_f} \times 100 \quad (5)$$

$$(6) \quad \% \text{ Semilla} = \frac{P_s}{P_f} \times 100$$

4.2.5.6 Diámetro ecuatorial y polar de la semilla

Para esta variable se consideró el procedimiento realizado para fruto, tanto para el diámetro polar y ecuatorial, así como también para las relaciones de elongez y redondez, que permitió conocer qué relación fue más predominante y que se asoció a la forma del fruto (Figura 21).



Diámetro polar Línea roja
Diámetro ecuatorial: Línea amarilla

Figura 21. Medición del diámetro polar y ecuatorial en semilla de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.

4.2.5.7. Longitud y diámetro de la cavidad de semilla

Una vez que se separó la semilla de las demás partes del fruto, se midió la cavidad donde se encontraba la semilla, tomando la longitud y diámetros polar y ecuatorial de la misma, con la finalidad de determinar la magnitud del espacio libre (si lo hubiera) entre la semilla y el mesocarpo.

4.2.5.8. Grosor del exocarpo y mesocarpo

La fruta fue cortada en dos partes iguales y se midió con un calibrador tipo pie de rey digital (Electronic Digital Caliper, Neiko S014080A, Stainless Steel, Neiko Tools, Taiwan), una vez se procedió a partir el fruto por partes iguales y se anotó en milímetros.

4.2.5.9. Porcentaje de pérdida de peso

Se determinó esta variable por cada año de estudio (2015 y 2016) y se evaluaron en total 270 frutos, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Nardos y Wakgari (2016), siendo Pi peso inicial con que se cosecha la fruta y Pf el peso final en estado de consumo del aguacate:

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = \frac{P_i (g) - P_f (g)}{P_f (g)} \times 100 \quad (7)$$

4.2.5.10. Adherencia del exocarpo y mesocarpo

Se procedió a sacar el exocarpo del mesocarpo una vez la fruta estuvo en estado de madurez de consumo. El grado de adherencia fue clasificado según los niveles relativos y subjetivos propuestos por el IPGRI (1995) para aguacate: 1 (ninguna), 3 (ligera), 5 (intermedia) y 7 (fuerte).

4.2.6. Correlación entre variables de producción

Para determinar la dependencia que existió entre variables morfológicas se utilizó la correlación de Pearson, que establece el grado de relación lineal entre las variables estudiadas.

4.2.7. Presencia de plagas

4.2.7.1. Fluctuación poblacional de trípodos en época de floración

A partir del inicio de la floración de los árboles se seleccionaron y marcaron cuatro ramas por árbol, una por punto cardinal, a una altura de aproximadamente de 2.00 m

desde la base del árbol. Los muestreos de las ramas se efectuaron cada siete días mientras los árboles tuvieron flores, de acuerdo con la metodología propuesta por Santos et al. (2010), cortando una ramificación de una inflorescencia en cada rama. Este muestreo resultaba en una muestra de cuatro ramificaciones florales por árbol. Inmediatamente luego de su colecta, cada ramificación fue sumergida en un frasco de cristal de 25 mL (Fisher Scientific, USA) con 10 mL de alcohol etílico al 70%. Los frascos fueron depositados en una nevera portátil con hielo, para evitar el deterioro de la muestra por calor excesivo.

Las muestras florales se llevaron al Laboratorio de Frutales del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (RUM) de la UPR. Ahí, se colocaron en cajas Petri individuales los contenidos (alcohol y rama floral) de cada frasco y se examinaron con un estereoscopio (Leica®, Leica Zoom 2000, Modelo Z45V, USA) para determinar la cantidad de trípodos presentes en cada muestra de cada árbol (Figura 22).

De estas muestras, se colocaron los trípodos en frascos de cristal de 10 mL (Fisher, USA) con alcohol etílico 70%, para ser llevados al Laboratorio de Entomología de la Estación Experimental Agrícola (EEA), del RUM, en Juana Díaz, para su montaje y observación bajo microscopio electrónico (Olympus BX40F4, Olympus Optical Co., Japan). Este procedimiento permitió la identificación a nivel de género y especie, basado en la morfología con el uso de claves taxonómicas (Moritz et al. 2001., Mound y Marullo. 1996., Martorell 1975). Este proceso de montaje e identificación fue dirigido por la profesora Irma Cabrera, entomóloga con especialidad en trípodos.

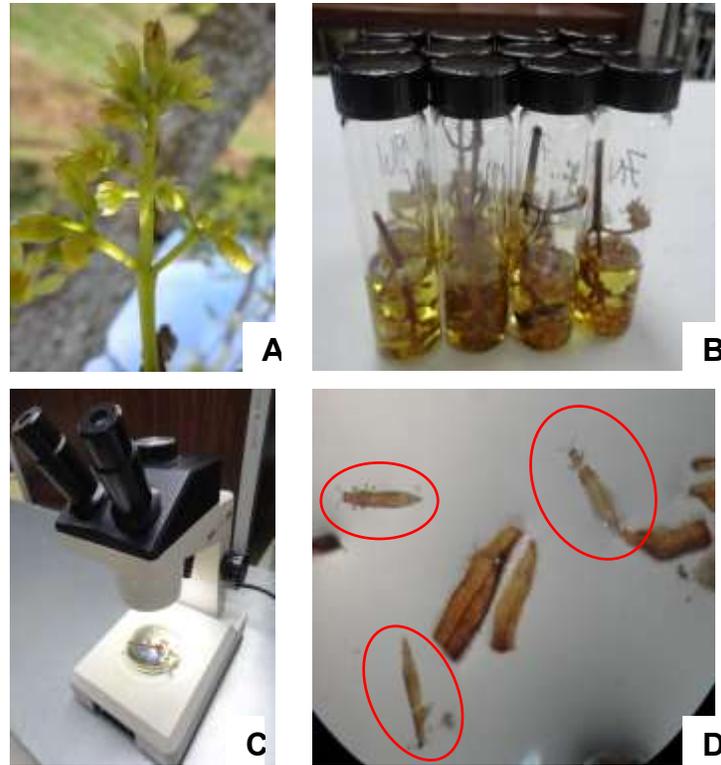


Figura 22. A) Ramificación de inflorescencia seleccionada, B) frascos con muestras, C) conteo de trípodos y, D) trípodos observados en flores de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.7.2. Dinámica poblacional del chinche del encaje

Siguiendo la metodología modificada de Méndez y Arencibia (2013) y De la Torre et al. (1997), cada quince días se tomaron de cada árbol cuatro hojas maduras con amarillamiento. Cada una de las hojas provenían de una rama en un punto cardinal, a una altura aproximada de 2 m sobre el suelo. Las hojas se pusieron individualmente en bolsas plásticas separadas inmediatamente después de despegarlas de las plantas. Las bolsas fueron colocadas en una nevera portátil con hielo para su mejor preservación.

. Las muestras de hojas fueron llevadas al Laboratorio de Frutales en el RUM, donde se contaron los adultos, ninfas y huevos de chinche, observados con ayuda de un estereoscopio (Leica® Zoom 2000, Modelo Z45V, USA). Para la identificación y

clasificación de estadios de desarrollo del insecto, se utilizó la descripción de características morfológicas indicadas por Medina-Gaud et al. (1991) y Mead y Peña (1991) con la dirección de la profesora Irma Cabrera. El grado o magnitud de la infestación de chinche fue descrito según la siguiente escala (Figura 23):

Grado	N° individuos por hoja (huevos, ninfas y adultos)
0:	Hoja sana (0 insectos)
1:	Hoja con 1 a 20 insectos
2:	Hoja con 21 a 40 insectos
3:	Hoja con 41 a 60 insectos
4:	Hoja con 61 a 80 insectos
5:	Hoja con 81 a 100 insectos
6:	Hoja con más de 100 insectos

Esta variable se evaluó durante un período de 10 meses, comenzando el mes de marzo hasta diciembre 2016. Para determinar el promedio de la población se utilizó la fórmula dada por De la Torre et al. (1997), en donde n es el número de hojas por escala, V es la escala de población por hoja y N es el total de hojas muestreadas:

$$GMP = \frac{\sum n \times V}{N} \quad (8)$$

4.2.7.3. Frecuencia de aparición y abundancia relativa del chinche del encaje

Para determinar la frecuencia de aparición (FA) y la abundancia relativa (AR) se utilizaron las ecuaciones usadas por Méndez y Arencibia (2013), Carbonell et al. (2013), y Méndez y González (2014):

$$FA = \frac{Ma}{Mt} \times 100 \quad (9)$$

$$AR = \frac{Ni}{N} \times 100 \quad (10)$$

En esas ecuaciones, Mt es el número total de muestreos realizados, Ma es el número de muestreos en que apareció la especie o estadio del insecto evaluado, Ni es el número de individuos de cada especie o estadio y N es total de individuos de todas las especies o estadios.

Para describir la frecuencia y abundancia relativa de cada estadio se utilizó la escala de Masson y Bryant (1974):

Frecuencia de aparición (FA)		Abundancia relativa (AR)	
Muy frecuente	FA > 29	Muy abundante	AR > 29
Frecuente	≥ 10 FA ≤ 29	Abundante	≥ 10 AR ≤ 29
Poco frecuente	FA < 10	Poco abundante	AR < 10

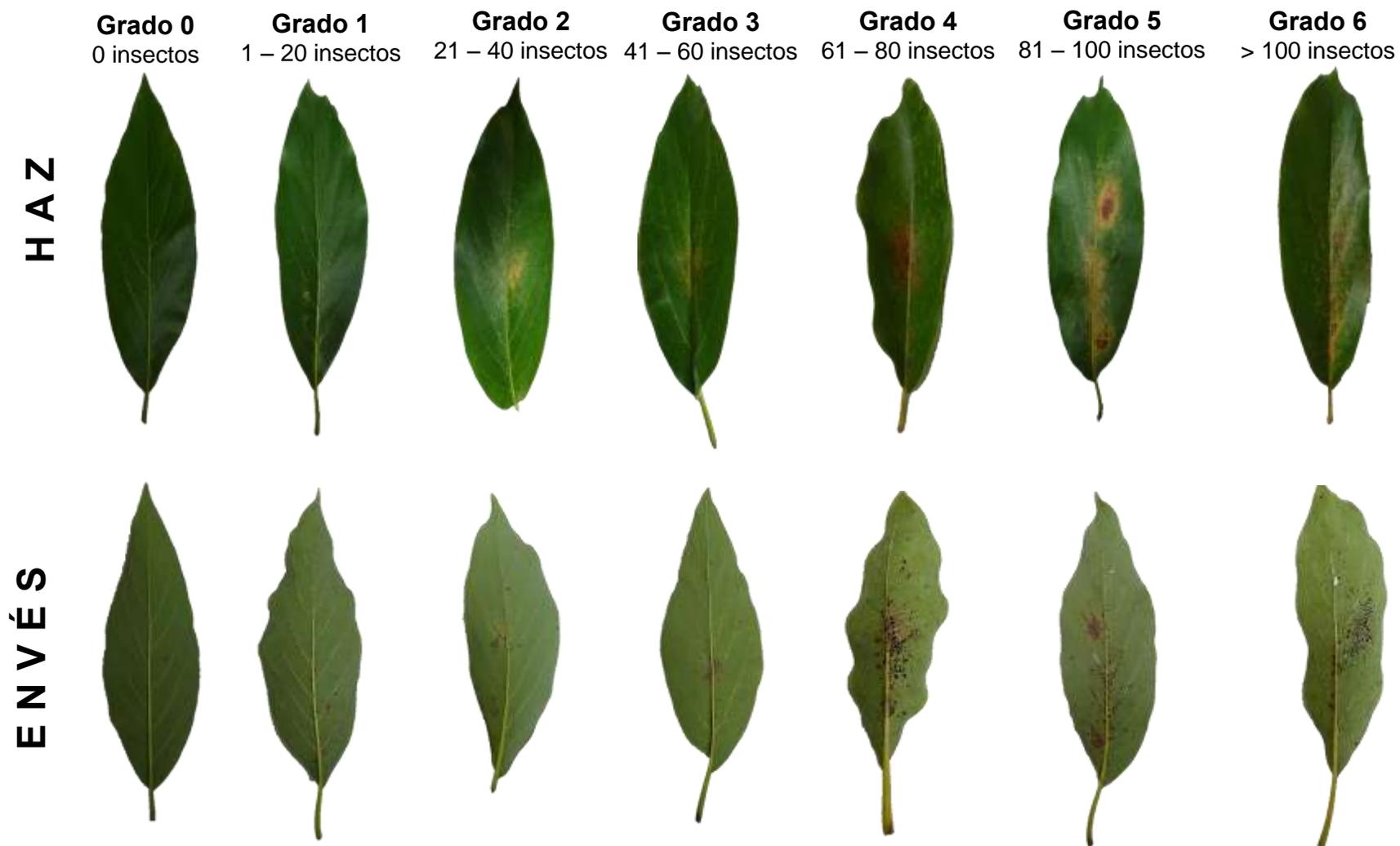


Figura 23. Escala de grado de infestación de chinche de ala de encaje (*Pseudacysta perseae*) y nivel aparente de daño foliar visible según el número de insectos presentes en hojas maduras de aguacate. Hojas tomadas en Isabela, Puerto Rico, 2016.

4.2.8. Análisis sensorial

4.2.8.1. Tamaño de muestra

Para determinar el número del tamaño de muestra se utilizó la fórmula de población finita (< 100,000) descrita por Tubello y López (2004), en la cual; n es el número del tamaño de la muestra, N es el tamaño de la población, Z_{α} es 1.96 al cuadrado (con una confianza del 95%), p es el nivel de aceptación (0.05), q es el nivel de rechazo (0.95) y d es la precisión (5%).

$$n = \frac{p q N Z_{\alpha}^2}{d^2 (N - 1) + p q Z_{\alpha}^2} \quad (11)$$

Se decidió hacer la evaluación sensorial con alrededor de 100 panelistas, tomando como referencia estudios similares realizados por Acevedo et al. (2009), Cornejo et al. (2010) y Santos et al. (2014), en los cuales los autores trabajaron con poblaciones de menos de 50 panelistas por estudio.

4.2.8.2. Documentos para participar en la degustación

Los panelistas recibieron una hoja de consentimiento en español y en inglés, con información de los propósitos del estudio para su participación informada, y cómo se iba a manejar la información una vez se obtuviera la misma, cuando cada participante estaba de acuerdo lo firmaba (Apéndice 7). Una vez obtenido el consentimiento del panelista, se le entregaba un formulario para registrar sus opiniones e información demográfica. Estos documentos estaban revisados y aprobados por el Comité para Investigaciones con Seres Humanos del RUM, de la UPR (Apéndice 8 y Apéndice 9).

Se diseñó el formulario con dos secciones. En la primera los panelistas registraban sus opiniones según degustaban rebanadas de pulpa de las tres variedades de aguacate. Le seguía la segunda sección, mostrando a los panelistas frutos enteros con características propias de fruta mercadeable y representativos de cada variedad de aguacate, codificados con letras del alfabeto. Se planificó que las preguntas en el formulario fueran cerradas y que no ocasionaran confusión a los panelistas. Para verificar el grado de claridad de las preguntas, antes de administrar las dos secciones del formulario se le pidió que las leyera a 10 personas que eran ajenas a la investigación.

4.2.8.3. Día del panel sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo en compartimientos individuales para cada panelista, con el propósito que no hubiera influencia en las contestaciones de un panelista sobre las de otros panelistas que estuvieran realizando la evaluación en el mismo momento. De esta manera se seleccionaron para la evaluación espacios tranquilos, libres de olores extraños y sin ruido que pudieran perturbar a los panelistas, a la par que presentasen buena aireación e iluminación (Figura 24).



Figura 24. Vistas de donde se realizaron los trabajos del panel sensorial de variedades de aguacate:
 A) Rincón, Puerto Rico.
 B) Edificio Piñero, RUM.
 C) Edificio de Química, RUM.
 D) Vista de compartimento individual usado en Rincón y en los dos lugares del RUM–UPR. 2016.

En la primera sección de la encuesta a cada panelista se le ofrecieron tres rebanadas de pulpa de aguacate de aproximadamente 6.25 cm^2 cada una. Las rebanadas estaban identificadas con letras diferentes del alfabeto, letras que el panelista usaba para registrar sus opiniones en el formulario. Se ofreció a cada panelista un vaso con agua y una galleta de soda sin sal, y se explicó que una vez que degustara la primera rebanada de aguacate era necesario que tomara un sorbo de agua y comiera parte de la galleta para eliminar rastros de sabor de la rebanada de aguacate que acababa de

degustar. Una vez que había bebido agua y comido galleta, se le instruía a registrar sus opiniones sobre esa rebanada que había comido. Se procedía entonces a degustar la segunda rebanada de aguacate de su elección, luego de lo cual se repetía el proceso de tomar agua y comer galleta para finalmente degustar la tercera y última rebanada de aguacate (Figura 24.D y Figura 25).

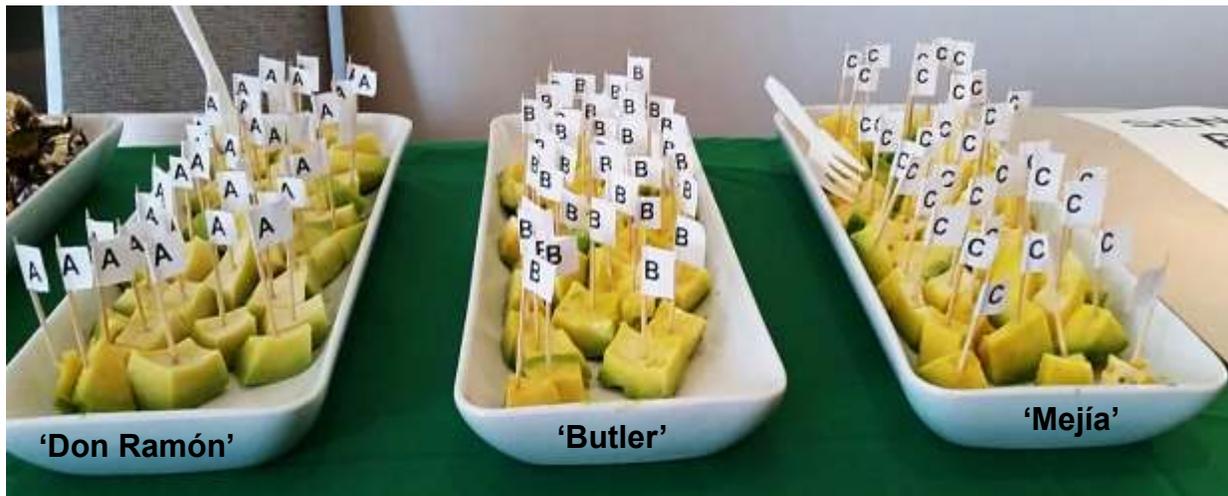


Figura 25. Rebanadas de aguacate para la primera sección de la encuesta realizada para el análisis sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.

Aunque aparecen en la foto, los nombres de las variedades no estaban en las bandejas durante la degustación.

En la segunda sección de la encuesta se le mostraron al panelista tres frutos enteros de aguacate (uno por variedad), de apariencia mercadeable y en madurez comercial, codificados con letras. Se instruyó a los panelistas que eligieran el orden de preferencia que le darían a las frutas en caso de que se les ofrecieran las tres para su compra; además les preguntamos cuánto estarían dispuestos a pagar por cada una de las variedades estudiadas (Figura 26, Apéndice 8 y Apéndice 9).

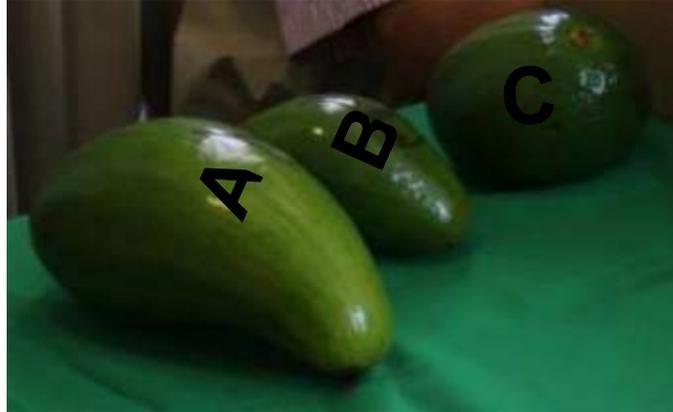


Figura 26. Ejemplo de las frutas de aguacate presentadas a los panelistas en la segunda sección de la encuesta realizada para el análisis sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.

4.2.8.4. Procesamiento de la información

La información registrada en las encuestas se procesó utilizando una escala hedónica de preferencia de 5 puntos similar a las usadas por Dickson y Temu (2013), Ramírez-Navas (2012), Acevedo et al. (2009) y Vignoni et al. (2003). La primera sección de la encuesta se manejó con la siguiente calificación:

Cuadro 2. Escala hedónica para procesamiento de información.

Puntaje	Escala de medición
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Indiferente
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

En cambio, para la segunda sección de la encuesta, se utilizaron preguntas de cerradas. Estas preguntas fueron de carácter informativo, que permitan conocer la preferencia, frecuencia y lugar de compra de aguacate por los panelistas.

4.3. Determinación de presencia de ácidos grasos en diferentes partes del fruto y en fruto intacto de aguacate en dos estados de maduración por la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés)

Antes de determinar el conjunto de espectros de cada muestra fue necesaria la calibración del equipo, para lo cual se realizaron 256 escaneos con una resolución de 8 cm^{-1} en el modo de reflectancia difusa. Con la finalidad de mantener la precisión de la longitud de onda, la relación señal-ruido y respuesta fotométrica, se calibró antes de iniciar cada sesión de toma de los espectros en los diferentes días de lectura.

Para establecer los espectros de absorción de reflectancia difusa, los espectros fueron adquiridos en tres regiones diferentes en las frutas de las tres variedades de aguacate. De ese modo, se tomaron dos espectros por cada región con una sonda de fibra óptica que se colocó directamente en estas tres regiones: apical, ecuatorial y basal (Figura 27) con el uso de un espectrofotómetro FT- NIR (MPA, Bruker Optics, USA), manejando los datos espectrales con el software Opus versión 6.5 entre el rango de 12500 a 4000 cm^{-1} (780 a 2500 nm), del Laboratorio de Analítica y Farmacéutica, en el Departamento de Química de la UPR, Recinto de Mayagüez.

De ahí para la obtención de cada espectro NIR de las muestras estudiadas, se realizaron 16 escaneos a una resolución de 8 cm^{-1} . Se efectuaron dos lecturas en dos etapas de madurez del fruto, Adicionalmente, se separó el exocarpo, mesocarpo y semilla del fruto maduro, para escanear cada parte seis ocasiones (Figura 28).

Se trabajó con un total de 27 aguacates en todo este estudio, es decir, 9 aguacates por cada variedad ('Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía'). Por cada aguacate se hicieron 30 determinaciones, que correspondieron a las diferentes partes y regiones analizadas

(Partes: fruto entero en madurez de cosecha, fruto entero en madurez de consumo, exocarpo, mesocarpo y semilla. Regiones: apical, ecuatorial y basal) (Figura 27). Cuando el fruto estuvo en madurez de cosecha las mediciones se realizaron el mismo día, mientras que para evaluar el fruto en madurez de consumo se revisó frecuentemente el avance de la maduración y en promedio fue luego de 6 ± 1 días de haber registrado las lecturas en el anterior estado de madurez de cosecha.

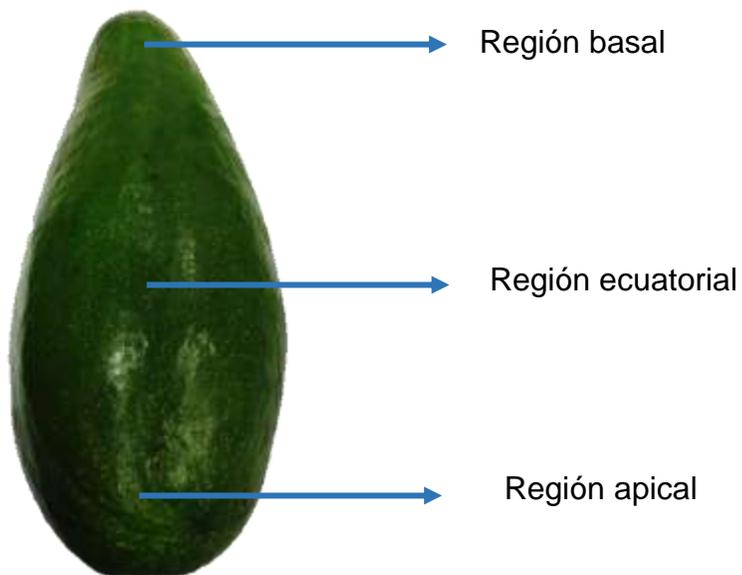


Figura 27. Regiones evaluadas en aguacate utilizando la técnica de NIR. Puerto Rico, 2016.



Figura 28. Escaneo de muestras con NIR, fruto entero: A) madurez fisiológica: cosecha, B) madurez de consumo; partes de fruto maduro: C) mesocarpio, D) semilla y E) exocarpo. Mayagüez, Puerto Rico, 2016.

Se escanearon con una sonda de fibra óptica los estándares de los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico, linoleico con pureza mayor de 90% (obtenidos de Fisher Scientific, USA). Estos fueron ácidos grasos más abundantes identificados en aguacate de la raza antillana en los estudios de Martínez et al. (1992), Romero et al. (2012) y Soto (1995). Para obtener el espectro, se escaneó por tres ocasiones cada muestra estándar y se determinaron los picos de absorbancia principal para cada ácido graso estándar (Figura 29).

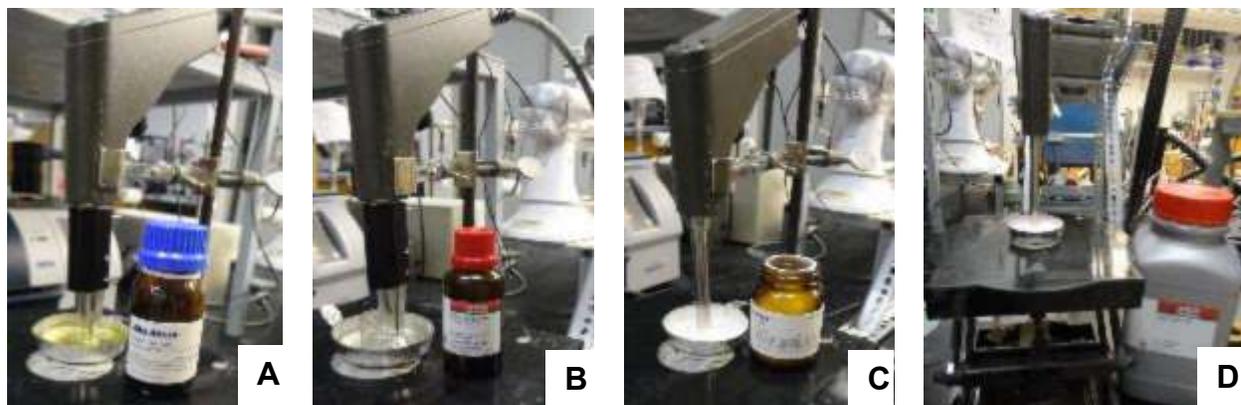


Figura 29. Escaneo de ácidos grasos estándares de aguacate con NIR: A) linoleico, B) oleico, C) esteárico y D) palmítico. Puerto Rico. 2016.

4.4. Análisis estadísticos

Los datos resultantes fueron sometidos a análisis estadísticos para verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad. Para las variables de conteo y donde había valores de cero (0) se realizó una transformación inversa, mientras en aquellas que resultaron de datos extremos (bajos y altos) la transformación usada fue logaritmo base 10. Una vez las variables que cumplieran los supuestos de normalidad de error y homogeneidad de varianzas, se continuó con un análisis de varianza (p -valor <0.05) para datos paramétricos.

Cuando se tuvieron variables cuantitativas en dos ciclos consecutivos de producción (2015 y 2016) se utilizó un diseño de parcela dividida (DPD), en donde se consideró los años para la parcela grande y las variedades para la parcela pequeña. En aquellas variables que fueron solo registradas en un año productivo, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 4 repeticiones por cada variedad, considerando que dentro de cada unidad experimental se muestrearon 2 frutos al azar para las variables de producción (

Apéndice 4 y Apéndice 5). Para las variables cualitativas en el análisis sensorial, se efectuó DBCA con 147 repeticiones por cada variedad y se realizó un análisis de varianza de Friedman (p -valor <0.05) para datos no paramétricos, esto en el caso del análisis sensorial. Los tratamientos que presentaron diferencias estadísticas significativas, los datos se analizaron con una prueba de medias de Tukey con un rango de confiabilidad del 95%. Para realizar estas pruebas de significación se utilizó el software estadístico Infostat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2011).

Cuando se trabajó con los datos del espectro NIR, se representó con un análisis de los componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés). Esto se hizo para visualizar desde sitios de vista ortogonales y disminuir cualquier correlación distinta entre la mezcla analizada y la sustancia a detectar (Díaz et al., 2013). Se utilizó el software SIMCA versión 14.1 para el procesamiento de los datos espectrales.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Morfología de las variedades

Las características morfológicas evaluadas del árbol en general y de hoja, fruto y semilla en particular presentados a continuación se basaron en los descriptores para aguacate establecidos por el IPGRI (1995) (Figura 30 - 33 y Apéndice 10).

- ‘Butler’: Árbol con copa de crecimiento semicircular, con un patrón de ramificación verticilado de manera intensiva y extensiva. Las ramas principales presentan una inserción aguda con respecto al tronco y las ramas jóvenes tienen una tonalidad verde (grupo verde 141 A). Las hojas son oblongo-lanceoladas, onduladas, con ápice intermedio, de base aguda, escasa pubescencia en el haz y con un pecíolo acanalado. La forma del fruto es obovada, sin crestas, hundido en la base, ápice central y redondo, pedicelo central y cónico, en forma de clavo. La semilla es cordiforme.
- ‘Don Ramón’: Árbol con copa de crecimiento columnar poco ramificado cuyas ramas se encuentran distribuidas ascendentemente de forma extensiva. Las ramas principales presentan una inserción aguda con respecto al tronco y las ramas jóvenes presentan una tonalidad verde (grupo verde 141 A). Las hojas son oblongo-lanceoladas, onduladas, con ápice intermedio, con base aguda, escasa pubescencia en el haz y pedicelo acanalado. El fruto es claviforme, sin crestas,

hundido en la base, ápice asimétrico y redondo, pedicelo asimétrico, cónico, en forma de clavo y la semilla muestra una base aplanada con ápice cónico.

- ‘Mejía’: Árbol con copa de crecimiento semielíptico. Las ramas se encuentran distribuidas horizontalmente de manera intensiva. Las ramas principales presentan una inserción aguda con respecto al tronco y las ramas jóvenes tienen una tonalidad roja (grupo naranja grisáceo 166A). Las hojas son oblongo-lanceoladas, onduladas, con ápice intermedio, base aguda, escasa pubescencia en el haz y pedicelo acanalado. La forma del fruto es esférica, sin crestas, hundido en la base, ápice central y redondo, pedicelo central, cónico, en forma de clavo y la semilla presenta una base plana con ápice redondeado.



Figura 30. Caracteres de base y posición del pedicelo del fruto, forma y posición del ápice de tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.



'Butler'
crecimiento semicircular (6).



'Don Ramón'
crecimiento columnar (1).



'Mejía'
crecimiento semielíptico (7).

Figura 31. Caracteres vegetativos del árbol en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.

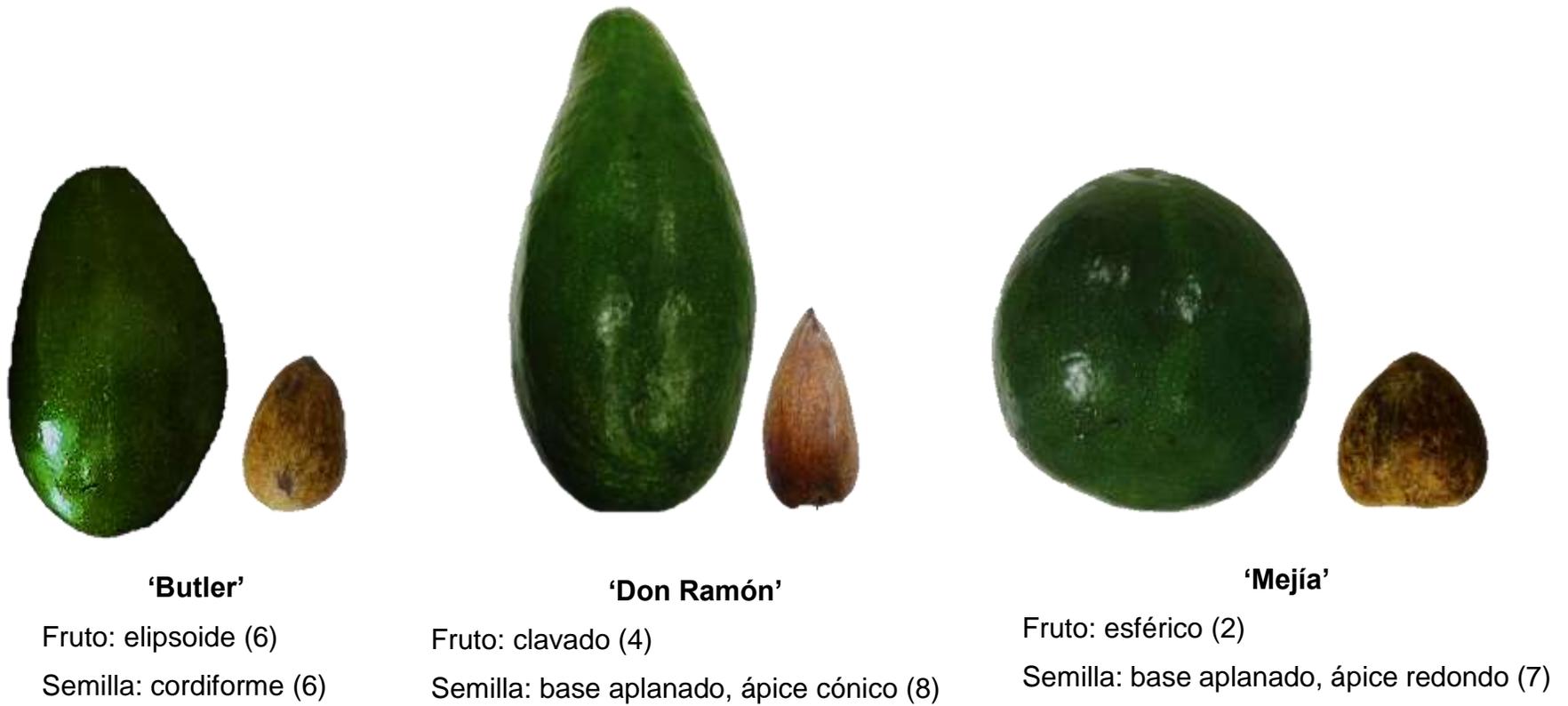


Figura 32. Caracteres morfológicos de fruto y semilla en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.



'Butler'

'Don Ramón'

'Mejía'

Lanceolada (7), ondulada (2), aguda (1) y aristada (3)

Figura 33. Caracteres morfológicos de hojas maduras en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.

5.1.1. Color de hojas jóvenes y maduras

Con respecto al color de hojas jóvenes, en las variedades ‘Don Ramón’ y ‘Mejía’ fueron más claras (L^*) que las de ‘Butler’. De igual manera ‘Don Ramón’ presentó hojas con mayor tonalidad (C^*), mientras que ‘Mejía’ presentó, un color de hojas con menor saturación (h^*) que las otras dos variedades (Cuadro 3). En contraste, en las hojas maduras de aguacate de las variedades ‘Don Ramón’ y ‘Mejía’ presentaron mayor claridad (L^*), mayor saturación (C^*) y menor tonalidad (h^*) que las hojas de Butler Cuadro 4).

Cuadro 3. Análisis del color de hojas jóvenes en tres variedades de aguacate, raza antillana. Isabela, Puerto Rico. 2016.

Variedades	Hojas jóvenes				
	L^*	b^*	a^*	C^*	h^*
‘Don Ramón’	40.07±1.04a	26.08±1.23a	-8.24±1.92a	27.27±1.49a	0.31±0.08ab
‘Butler’	33.10±1.63b	14.03±2.24b	-6.42±0.68a	15.86±1.83c	-0.44±0.04b
‘Mejía’	37.69±2.26a	22.19±3.37a	-5.41±3.25a	22.95±1.61b	-0.24±0.14a

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) en la última fecha, determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Cuadro 4. Análisis del color de hojas maduras en tres variedades de aguacate, raza antillana. Isabela, Puerto Rico. 2016

Variedades	Hojas maduras				
	L^*	b^*	a^*	C^*	h^*
‘Don Ramón’	35.16±0.42a	16.71±1.15a	-7.20±0.52b	18.22±1.22a	-0.42±0.02a
‘Butler’	31.12±0.84b	11.48±0.75b	-5.78±0.26a	12.87±0.76b	-0.47±0.02b
‘Mejía’	34.34±1.53a	16.11±2.61a	-6.34±0.71ab	17.36±2.63a	-0.38±0.04a

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) en la última fecha, determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

5.1.2. Longitud y ancho de hojas maduras

Se encontraron diferencias significativas entre variedades en el ancho de la hoja. 'Don Ramón' tuvo un promedio de 8.54 ± 0.32 cm (superior a 'Butler' en aproximadamente 10%) y 'Mejía' (en aproximadamente 13%). Estos resultados tienen similitud a lo obtenido por Flores et al. (2011), en El Salvador, para ocho variedades consideradas híbridas de los tipos guatemalteco y antillano, donde el ancho de la hoja fue de 8.37 cm en promedio.

Mientras que, para la longitud de hoja, no se encontraron diferencias significativas estadísticas entre las tres variedades estudiadas teniendo un promedio similar de 18.77 ± 1.28 cm. Estos valores se encuentran en el rango de 16.49 cm a 19.57 cm como lo obtenido por Méndez et al. (2013) en México y Rodríguez et al. (2012) en El Salvador en variedades criollas (raza antillana). De la misma manera, Crane et al. (2005) reportaron en huertos en Florida, la longitud de hoja en cultivares antillanos fue 15.2 cm.

Al determinar la relación matemática de longitud de hoja entre ancho de hoja de las tres variedades, el resultado coincidió con el de la forma lanceolada (más larga que ancha) descrita por el IPGRI (1995).

5.1.3. Longitud del pecíolo

No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las tres variedades para longitud de pecíolo, es decir las tres variedades presentaron similitud en esta medida. Posteriormente, se determinó la relación de la longitud de la hoja con respecto a la longitud del pecíolo y se observó que presentó diferencias estadísticas, donde la variedad 'Don Ramón' 8.39 ± 0.91 tuvo la mayor relación en comparación con las otras 'Butler' 7.43 ± 0.43 y 'Mejía' 6.50 ± 0.41 .

5.1.4. Longitud y diámetro de pedúnculo

No se detectaron diferencias estadísticas significativas para longitud ni para diámetro del pedúnculo en las tres variedades, donde la longitud estuvo en el rango de 7.23 a 8.55 cm, mientras que el diámetro del pedúnculo estuvo entre 0.54 a 0.58 cm.

5.1.5. Diámetro de pedicelo

No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las tres variedades; el intervalo de diámetro estuvo entre 0.92 a 0.97 cm. Al asociar con el diámetro del pedúnculo, confirma la clasificación que se le atribuyó en cuanto a la forma de la cabeza del pedicelo, según IPGRI (1995), que para estas variedades fue “cabeza en forma de clavo”, debido a que el pedicelo presentó mayor diámetro que el pedúnculo.

5.2. Características de la floración y fructificación

5.2.1. Número de ramificaciones y flores por inflorescencia

No presentaron diferencias significativas tanto para número de ramificaciones como número de flores por inflorescencia entre las variedades. En general, promediaron entre 184 a 302 flores y de 11 a 16 ramificaciones por inflorescencia. Flores et al. (2011) señalan que la variedad ‘A07’ (raza guatemalteca-antillana) tuvo un rango de 10 a 12 ramificaciones por inflorescencia en El Salvador. Romero et al. (2012) reportaron que en Colombia la variedad ‘Lorena’ (raza antillana) promedió 231 flores por inflorescencia. Rebolledo y Romero (2011) mencionan que el aguacate puede alcanzar hasta 450 flores por inflorescencia, de este modo las tres variedades presentaron promedios dentro de lo

reportado en la literatura, en el cual 'Butler' fue superior en 40% a 'Don Ramón' y 'Mejía' en número de flores por inflorescencia.

5.2.2. Duración de floración

En las variedades 'Don Ramón' y 'Butler' la fecha de inicio de floración fue 22 de febrero en 2016, mientras que para 'Mejía' fue 7 de marzo de 2016. Al realizar el análisis estadístico, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades, estando en un rango promedio de 42 ± 2 días a 48 ± 2 días. Estos resultados coinciden a lo manifestado por Crane et al. (2006) para variedades pertenecientes a la raza antillana en Florida, durante los meses de febrero a marzo. De igual forma, Rufiños et al. (2012) en Perú y Alcaraz y Hormaza (2009) en España para la variedad 'Hass' (raza guatemalteca) indican que la floración duró 45 y 30 días respectivamente. En cambio, en Venezuela, en los árboles de raza antillana: 'Simmonds', 'Waldin', 'Catalina', 'Barker', 'Marty', 'Wilson Popenoe', 'Araira-2', la duración de la floración fue muy variable entre 77 a 133 días (Avilán et al., 2009).

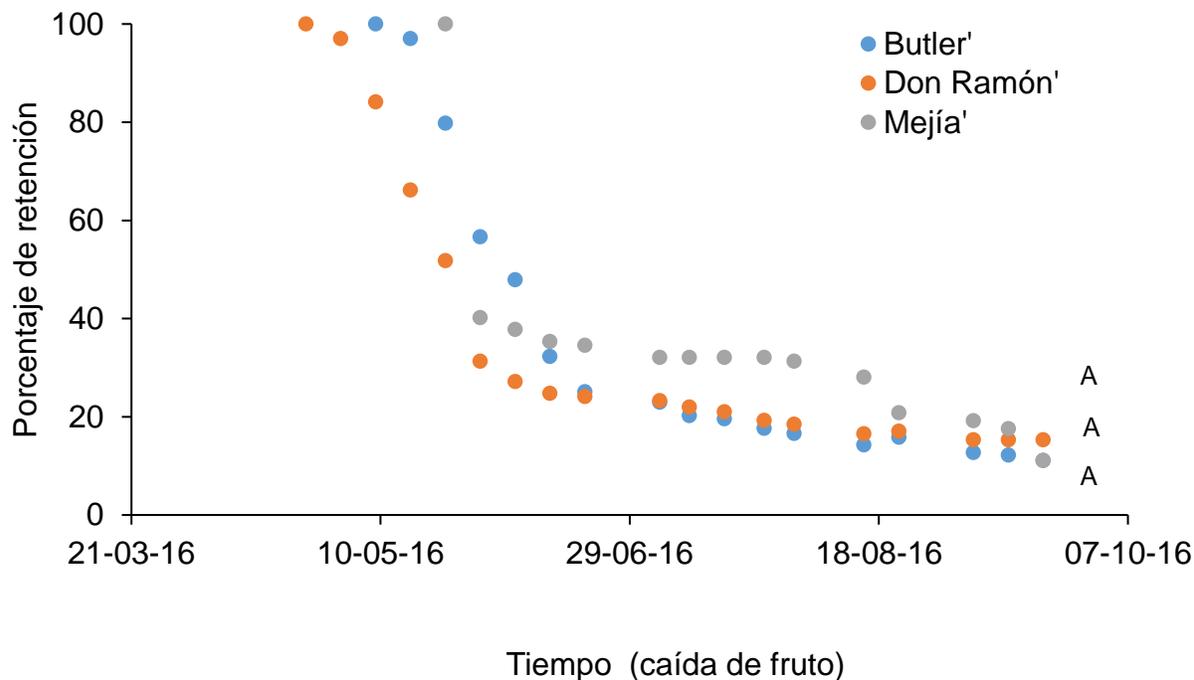
Asimismo, la floración ocurrió una sola vez en el año para las tres variedades evaluadas. Esto concuerda con Lestari et al. (2016) en Indonesia y Avilán et al. (2009) en Venezuela en variedades antillanas y con Avilán et al. (2005) para variedades guatemalteca-antillanas, como también ocurrió en la variedad 'Hass' en Chile (Mena 2005) y Nueva Zelanda (Thorp, 1995).

5.2.3. Porcentaje de frutos retenidos.

Rebolledo (2000) y Gravina et al. (1997) señalan que los árboles frutales por lo general pueden producir muchas flores, pero su fisiología calibra para que solo cuaje un

número determinado y lleguen a la etapa de cosecha. Además, que los frutos con escasa velocidad de desarrollo presentarán mayor probabilidad de caer. Sin embargo, el aguacate tiene una excesiva floración, pero escasa retención de frutos. La baja tasa de retención de frutos está asociada a factores ambientales, genéticos, nutricionales, efecto de polinizadores y la transición de los órganos demandantes a órganos de reserva (Garner et al., 2008, Wolstenhome y Whiley. 1995).

Para las variedades 'Don Ramón' y 'Butler' durante las primeras tres semanas de formación de frutos, se observó mayor promedio semanal de frutos caídos, mientras que para 'Mejía' la primera semana tuvo el mayor número promedio semanal de frutos caídos por árbol, y en comparación con el resto de semanas permaneció constante (Figura 34). En general en las tres variedades, se notó que la caída de los frutos recién formados se mantuvo continuo desde la primera hasta la cuarta semana de desarrollo de los frutos, coincidiendo con lo señalado por Rufiños et al. (2012). También, Alcaraz y Hormaza (2009) en su estudio con árboles de aguacate manifestaron que durante dos meses después de la floración hubo una acelerada caída de flores y de frutos recién formados, registrando únicamente 3.35 % de cuaje de frutos. Esto se atribuye a la competencia por reservas nutricias como los carbohidratos, no solo entre frutos sino también entre las partes vegetativas de la planta (Rufiños et al., 2012), ya que el óvulo requiere una alta cantidad de carbohidratos para el éxito de la fecundación y posterior formación del fruto (Lebon et al., 2005).



Letras distintas en las curvas indican significancia ($p < 0.05$) en la última fecha, determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Figura 34. Promedio semanal de frutos caídos por árbol durante la etapa de cuajado en tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico. 2016.

Otro factor importante a considerar para la retención y amarre de frutos, son las condiciones ambientales. Raval (2004) se encontró que las temperaturas bajas fueron una limitante para el cuajado del fruto en Chile en el año 2003 debido a que en los meses de floración y cuajado (septiembre a diciembre) las temperaturas fueron inferiores a 15°C , ocasionando un bajo potencial productivo. Por otro lado, Garner y Lovatt (2008) sustentan que temperaturas altas ($>30^{\circ}\text{C}$) pueden ocasionar estrés lo que produciría disminución en la capacidad de retención de frutos. Del mismo modo, Ebadi et al. (1995) en Australia, encontraron que temperaturas bajas ($<13^{\circ}\text{C}$) durante el período de floración afectaron el desarrollo del óvulo y del tubo polínico en uva, igualmente Zinn et al. (2010) recalcan que

los cambios bruscos de temperatura son perjudiciales para que el proceso reproductivo tenga éxito. Estudios de Garner y Lovatt (2008) demostraron que la cosecha del año anterior no influye en la abscisión de la flor o fruto, esto se evidenció en este estudio durante los dos años de cosecha.

Al considerar el coeficiente de correlación de Pearson entre frutos caídos y retenidos, se observó que éste fue de 0.30 con una probabilidad de 0.16 superior a $\alpha_{0.05}$. Esto revela que existe una relación directa, pero baja, entre estas dos variables, pudiendo estar asociado la caída de los frutos a factores como la genética o la fisiología de los árboles. En México, Castillo et al. (1995) analizaron el contenido de carbohidratos en inflorescencias y hojas en aguacate, en donde observaron que la mayor cantidad de carbohidratos se encontraban en inflorescencias en la zona apical (56.85 mg gpf^{-1}) deduciendo que esta región presenta mayores fotosintatos para el amarre del fruto. Sin embargo, al analizar la presencia de carbohidratos en hojas se notó alto contenido de carbohidratos (12.038 mg gpf^{-1}) debido a que simultáneamente existió desarrollo vegetativo y floral. Por lo que, dedujeron que el traslape entre diferentes etapas fenológicas es un factor limitante para la retención de frutos.

5.3. Producción

5.3.1. Fechas de cosecha

Al comparar los períodos de cosecha entre 2015 y 2016, la variedad más temprana en cosecharse fue 'Don Ramón', mientras que la variedad más tardía fue 'Mejía' para ambos ciclos de producción (Cuadro 5). Las tres variedades se encontraron en el período de cosecha indicado por Lebari et al. (2016), Nesbitt et al. (2015) y Crane et al. (2005)

para variedades antillanas. En el año 2016, la variedad ‘Don Ramón’ se cosechó 34 días antes que en el año 2015; en el caso de la variedad ‘Butler’ la duración de este período fue similar entre los dos años (49 y 43 días) concordando la fecha de cosecha con la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Puerto Rico para esta variedad que se encuentra entre los meses de septiembre a noviembre. Por ello contrario, para la variedad ‘Mejía’ la duración para 2016 fue 39 días inferior al año 2015 (78 días).

Cuadro 5. Tiempo de duración de la cosecha en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Año	Variedades	Cosecha		
		Inicio	Finalización	Duración (días)
2015	‘Butler’	17 agosto	5 octubre	49
	‘Don Ramón’	10 agosto	5 octubre	56
	‘Mejía’	24 agosto	9 noviembre	78
2016	‘Butler’	23 agosto	27 septiembre	43
	‘Don Ramón’	11 julio	13 septiembre	65
	‘Mejía’	23 agosto	20 septiembre	36

5.3.2. Número, peso de frutos comerciales y no comerciales

Durante los ciclos de producción 2015 y 2016, en ninguna variedad se descartó frutos por presentar peso inferior acorde a los estándares indicados por la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés; 2013) en el CODEX STAN 97 – 1995. En el momento de la cosecha, se procedió a clasificar aquellos frutos que presentaban daños mecánicos (heridas por rozamiento entre ramas) y enfermedades (antracnosis o lesiones necróticas, lesiones suberosas comúnmente llamado “roña” superior al 25% del área total), los cuales se colocaron como frutos no comerciales (Figura 36). Al sumar todos los frutos que no cumplieron con estos estándares de calidad anteriormente mencionados y al realizar el análisis estadístico para

porcentaje de frutos no comerciales, el año 2016 presentó el mayor porcentaje de frutos no comerciales con 25.28% a la vez que el mayor número promedio de frutos no comerciales por árbol (Cuadro 6).

En el año 2016 en particular se observó que gran parte de los frutos presentaban lesiones suberosas de color café a negro corchoso e irregulares, durante el desarrollo vegetativo (noviembre – febrero) permitiendo el ingreso de patógenos. En la literatura se menciona que uno de los causantes a este daño está asociado a la herida mecánica que ocasionan trípodos durante su alimentación (Everett et al. 2010). Es importante considerar la cantidad de frutos atacados por esta plaga y realizar una aplicación de insecticida en los meses críticos para optimizar la rentabilidad del cultivo.

Cuadro 6. Promedio de número y peso de frutos no comerciales por árbol en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Año	Variedad	Número	Frutos no comerciales	
			Peso/cosecha g	Peso/fruto g
2015	'Butler'	4.63 b	2043.34 a	217.24 a
	'Don Ramón'	2.88 b	1884.67 a	631.72 a
	'Mejía'	11.38 ab	7372.21 a	323.57 a
	Total		11300,22	
2016	'Butler'	35.50 a	10575.46 a	325.12 a
	'Don Ramón'	16.88 ab	9530.99 a	616.63 a
	'Mejía'	36.63 a	12262.74 a	255.93 a
	Total		32369,19	

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

De manera general entre los dos años de estudio, 2015 y 2016, existió mayor número de frutos comerciales que no comerciales. En donde el año 2015 mostró mayor porcentaje de frutos comerciales (90.49%) y menor porcentaje de frutos no comerciales

(9.51%) (Figura 35). En el año 2016, el porcentaje de frutos comerciales fue de 77.66%, inferior en 14% al año 2015 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de número y peso de frutos comerciales por árbol en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Año	Variedad	Número	Frutos comerciales	
			Peso/cosecha (g)	Peso/fruto (g)
2015	'Butler'	41.63 a	22472.53 a	552.57 a
	'Don Ramón'	24.50 a	13548.71 a	553.26 a
	'Mejía'	46.50 a	28592.54 a	551.48 a
	Total		64613.78	
2016	'Butler'	28.75 a	15110.17 a	444.40 a
	'Don Ramón'	45.13 a	30105.22 a	470.18 a
	'Mejía'	13.75 a	8496.76 a	429.90 a
	Total		53712,15	

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

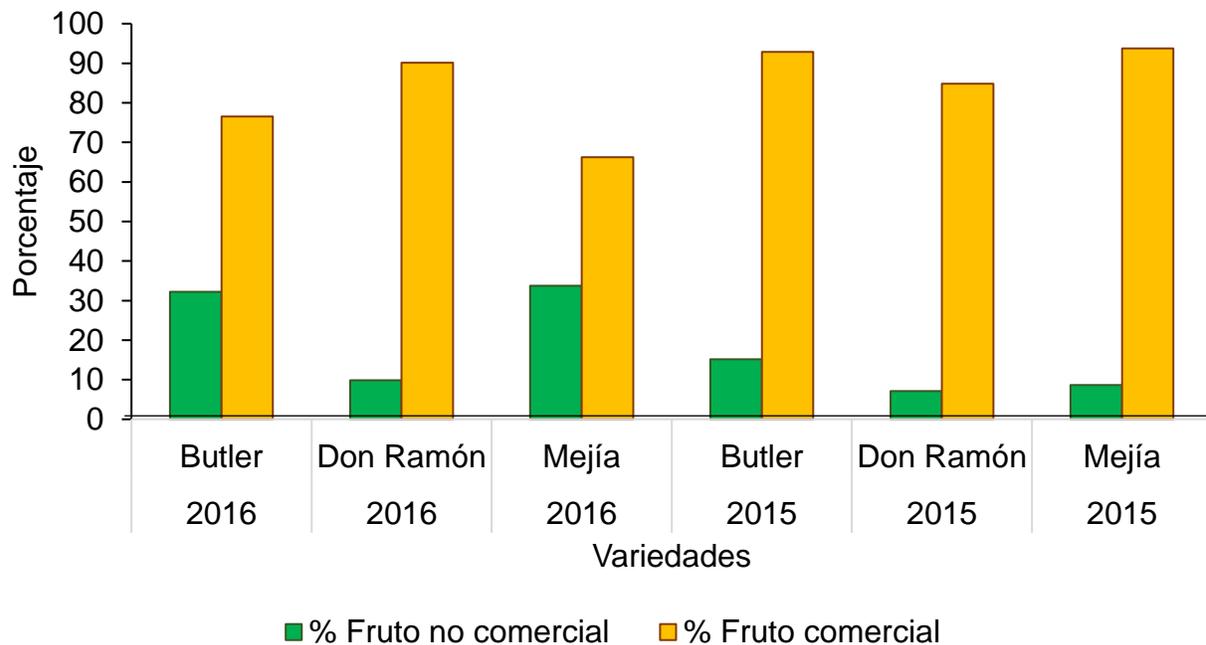


Figura 35. Promedio de porcentaje de frutos comerciales y no comerciales para tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

5.3.3. Número de frutos cosechados por variedad

Whiley (1990) alude que algunas plantas dan preferencia al crecimiento vegetativo que a la producción de frutos. Este comportamiento depende de la genética de la variedad y especie de planta, además de las condiciones ambientales que les predispongan así también del manejo del cultivo. Al analizar los años 2015 y 2016, no existieron diferencias estadísticas significativas para esta variable.

Frutos no comerciales



Daño mecánico



Formación de costras



Deformación

Frutos comerciales



'Butler'



'Don Ramón'



'Mejía'

Figura 36. Frutos comerciales y no comerciales de tres variedades de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.

5.3.4. Rendimiento comercial

En esta investigación, en el año 2016 la variedad 'Don Ramón' produjo 64.09% más que 'Butler' y 71.50% más que 'Mejía', también al analizar el rendimiento entre años esta variedad produjo 66.62% más que el año 2015. Durante el año 2015, la variedad 'Mejía' obtuvo un promedio mayor de rendimiento por árbol (28,243.43 g) siendo superior en 19.02% a 'Butler' y 52.63% a 'Don Ramón'. Jiménez et al. (2015) estudiaron la variedad de aguacate 'Cristian-Vanessa' (raza antillana x guatemalteca) en Cuba en donde durante tres años consecutivos observaron efecto de bienalidad (8.51 kg – 59.90 kg – 11.04 kg totales), porque el rendimiento puede estar asociado a este efecto en ciertos árboles frutales entre ellos el aguacate. Por esto al analizar las variedades se observó un año tuvo un mayor rendimiento en diferencia con el otro año, esto no asociado al año de cosecha.

5.4. Características del fruto en madurez comercial

5.4.1. Peso del fruto

En este estudio, frutos de 'Don Ramón' tuvieron el mayor peso promedio con 649.19 ± 143.73 g, superando aproximadamente por 14% a 'Butler' (557.58 ± 49.78 g) y 'Mejía' (551.95 ± 63.77 g). Zamora (2007) reportó pesos máximos de 800 g para 'Don Ramón' en árboles creciendo en fincas comerciales en Puerto Rico. Bernal et al. (2008), al examinar la variedad 'Butler' en Colombia, revelaron que el peso promedio del fruto fue de 400 gramos; mientras que en Isabela (Puerto Rico) el peso promedio de 'Butler' fue 557.58 ± 49.78 g en 2015 y 2016 superando en 39.40% al peso sugerido en esa región. Así también, López (1998) menciona que existe una relación entre el peso del fruto y su madurez de cosecha, existiendo un peso mínimo para iniciar la cosecha, dependiendo

de la variedad, localidad y deben ser actualizados cada ciclo productivo. En general, las tres variedades concuerdan con la característica de peso establecidos por Crane et al. (2005) y Sánchez (1999) para la raza antillana en condiciones de trópico (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio de peso de frutos comerciales en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Año	Variedad	Peso (g)	Promedio por variedad (g)
2015	'Butler'	587.80 ± 35.49 a	557.58 ± 49.78
2016	'Butler'	527.36 ± 45.68 a	
2015	'Don Ramón'	677.02 ± 130.13 a	649.19 ± 143.73
2016	'Don Ramón'	621.36 ± 170.89 a	
2015	'Mejía'	586.68 ± 49.62 a	551.95 ± 63.77
2016	'Mejía'	505.66 ± 53.68 a	

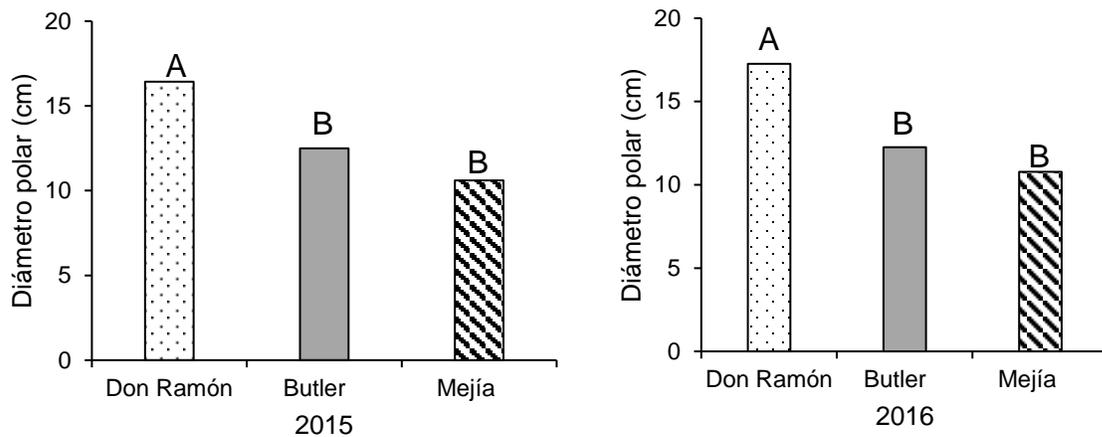
Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

5.4.2. Diámetro polar y ecuatorial del fruto

El diámetro polar y ecuatorial del fruto, resulta de ayuda al momento de iniciar la cosecha de un fruto en diferentes cultivos permitiendo asociar con la madurez fisiológica (López, 1998). En alusión a esto López et al. (2012) reportaron que existe relación entre el peso y el diámetro polar y ecuatorial de frutos de guayaba silvestre en Colombia. Macas et al. (2013) en su estudio realizado en Ecuador en zonas templado cálidas, notaron que el incremento del peso de los frutos de aguacate variedad 'Fuerte' (250.50 g) estuvo relacionado con el aumento del diámetro polar y ecuatorial, y al incremento de lípidos (7.8%), lo que produjo el aumento de peso.

En promedio los frutos de 'Don Ramón' presentaron mayor diámetro polar en los dos años 2015 y 2016: 17.26 cm y 16.43 cm respectivamente, por lo que esta variedad fue 26.53% mayor que 'Butler' y 36.60% que 'Mejía' (Figura 34). Relacionado a esto,

Gómez (2000) en su estudio indicó que la variedad 'Wilson Popenoe' tuvo un diámetro polar de 17.82 ± 1.75 cm, semejante a lo medido durante esta investigación para la variedad 'Don Ramón'. En lo que respecta el diámetro ecuatorial, no se registraron diferencias estadísticas significativas entre variedades ni entre los dos años de estudio (2015 y 2016).



Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Figura 37. Promedio de diámetro polar por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Al determinar la relación entre el diámetro polar y diámetro ecuatorial, que existió en cada una de las variedades investigadas, coincide con lo explicado anteriormente que 'Don Ramón' registró el mayor promedio de diámetro polar haciendo que la variedad sea la más alargada (1.96), superior en 42 % a 'Mejía' y 34% a 'Butler'. En contraste con la relación del diámetro ecuatorial respecto al diámetro polar, siendo mayor para 'Mejía' con 0.90 en comparación con las otras dos variedades. Estas relaciones coincidieron con la ubicación en la característica de forma del fruto descrita por IPGRI (1995), en que 'Don Ramón' fue un fruto claviforme (4) por la predominancia del diámetro polar, 'Mejía' fue

considerado esférico (2) por la semejanza entre el diámetro ecuatorial y polar. En cambio, 'Butler' fue ubicado como elipsoide (6) porque la relación de diámetro polar/diámetro ecuatorial fue de 1.77 y la relación de diámetro ecuatorial/diámetro polar (o redondez) fue 0.77.

5.4.3. Color del exocarpo

En el color del exocarpo de los frutos en las variedades: 'Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía' son menos claras (valores cercanos al límite inferior de L) y más verdes (valor negativo de a) al momento de la cosecha comparado con el fruto de consumo, otorgándoles mayor intensidad de verdor. Destacándose que las variedades 'Butler' y 'Don Ramón' fueron 34% más amarillas que 'Mejía' y con el mismo modelo para saturación de color (*C) en donde 'Butler' y 'Don Ramón' fueron 29% más saturado que 'Mejía' (Cuadro 9).

Castaño y Reyes (2003), Donetti y Terry (2011) y McGuire (1992), afirman que el análisis de color es una variable a considerar para determinar diferencias entre variedades o tratamientos luego de la cosecha. Tanto al importador como al consumidor el color del exocarpo les permite seleccionar fácilmente un vegetal o una fruta. En el caso del aguacate, colores verdes amarillentos, verdosos brillantes son preferidos, al igual que escasa contenido de fibra y buen contenido de aceite, así también un indicativo para la conservación o almacenamiento de los frutos luego de la cosecha (Bill et al., 2012).

5.5. Características del fruto en madurez de consumo

5.5.1. Color del exocarpo y mesocarpo

Al comparar estos parámetros, se evidenció una variación entre exocarpo en madurez comercial respecto a la de consumo, en donde hubo un incremento de la cromaticidad (*C) en las tres variedades analizadas, reflejando la existencia del cambio de color a medida que el fruto va madurando, donde 'Mejía' superó en 9% a 'Butler' y en 4% a 'Don Ramón'. La misma tendencia ocurrió con la luminosidad (*L) y amarillamiento (*b), en donde los frutos en madurez de cosecha (madurez comercial) son menos claros y amarillos que los frutos en madurez de consumo. De ahí que las variedades 'Don Ramón' y 'Butler' son superiores en luminosidad a 'Mejía' en 16% y 28% respectivamente, concordando con lo reportado por Márquez et al. (2014) en Colombia para la variedad 'Hass'.

Al contrastar el exocarpo con el mesocarpo en madurez de consumo, la claridad (L) fue aumentando a medida que el fruto maduró. De manera general, se puede decir que existe una relación directa entre cambio de color y la maduración del fruto, coincidiendo con lo manifestado por Larios et al. (2011) en su estudio con aguacates de la raza antillana que presentaron tonalidades amarillentas, sustentando que existe diferencias entre razas y dentro de una misma raza (Cuadro 9, Figura 39 y 39). Roa y Meneses (2014) resaltan que el color puede ser utilizado como un indicador de madurez, por ejemplo, la variedad 'Hass' y 'Gem' el color del exocarpo se vuelve violáceo oscuro a medida que maduran, concordando con el estudio de Jeong et al. (2002) en donde se evidenció que los frutos de la variedad 'Simmonds' cambiaron de verde a amarillo. En complemento, Donetti y Terry (2011) mencionan que las temperaturas de

almacenamiento del fruto influyen en el cambio de color asociados a una modificación en saturación (*C) y tonalidad (*H).



Figura 38. Color del exocarpo en frutos en madurez de cosecha en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

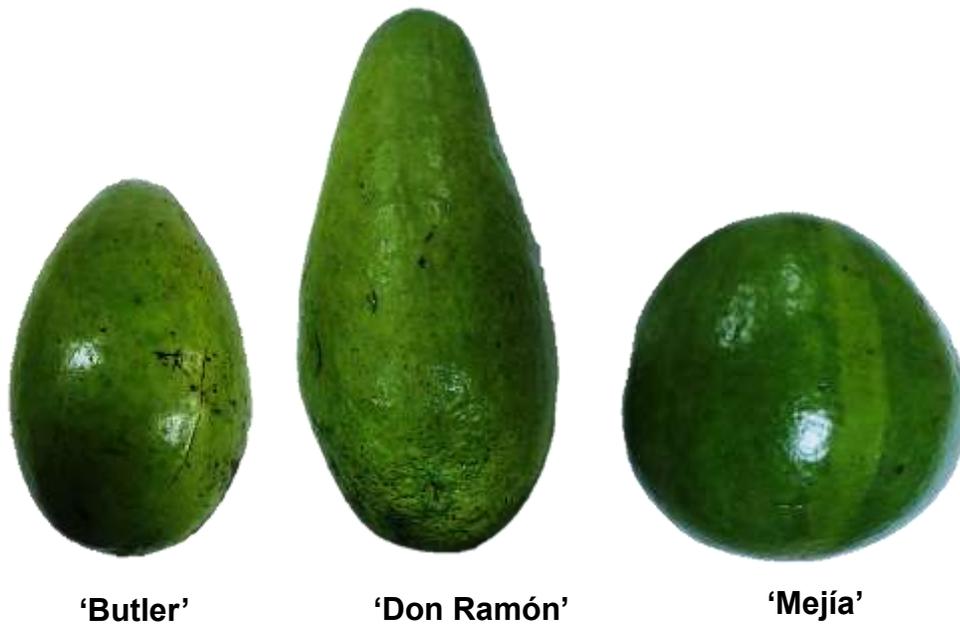


Figura 39. Color del exocarpo en frutos en madurez de consumo en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

Cuadro 9. Promedio de luminosidad (*L), cromaticidad (*C) y tono (*H) en mesocarpo en exocarpo y mesocarpo en diferentes estados de madurez en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016.

Parámetros	Exocarpo (cáscara)					
	Madurez comercial			Madurez de consumo		
	'Butler'	'Don Ramón'	'Mejía'	'Butler'	'Don Ramón'	'Mejía'
L	48.90±12.91 a	44.12±4.76 a	41.25±2.99 a	52.11±3.19 a	49.73±6.17 a	44.11±2.97 b
a	-9.04±1.33 a	-7.11±7.26 a	-5.83±5.44 a	-5.50±1.28 a	-5.07±6.33 a	-4.36±5.27 a
b	31.48±3.53 a	31.69±7.29 a	23.65±4.36 b	41.94±4.80 a	40.35±9.80 a	32.07±6.71 b
*H	-1.29± 0.04a	-0.98±0.80 a	-1.02±0.57 a	-1.23± 0.18 a	-1.23±0.37 a	-1.12±0.32 a
*C	32.81±3.58 a	33.40±6.73 a	25.64±3.40 b	42.52±4.63 a	43.57±4.01 a	34.98±3.71 b

Parámetros	Mesocarpo (pulpa)		
	'Butler'	'Don Ramón'	'Mejía'
L	63.34±7.45 a	61.17±3.32 a	59.99±6.32 a
a	-9.60±2.13 a	-10.33±2.86 a	-10.36±1.53 a
b	39.21±1.98 a	39.69±2.69 a	38.07±2.14 a
*H	-1.16± 0.23 a	-1.21±0.14 a	-1.18±0.14 a
*C	40.64±1.83 a	41.29±2.70 a	39.83±1.92 a

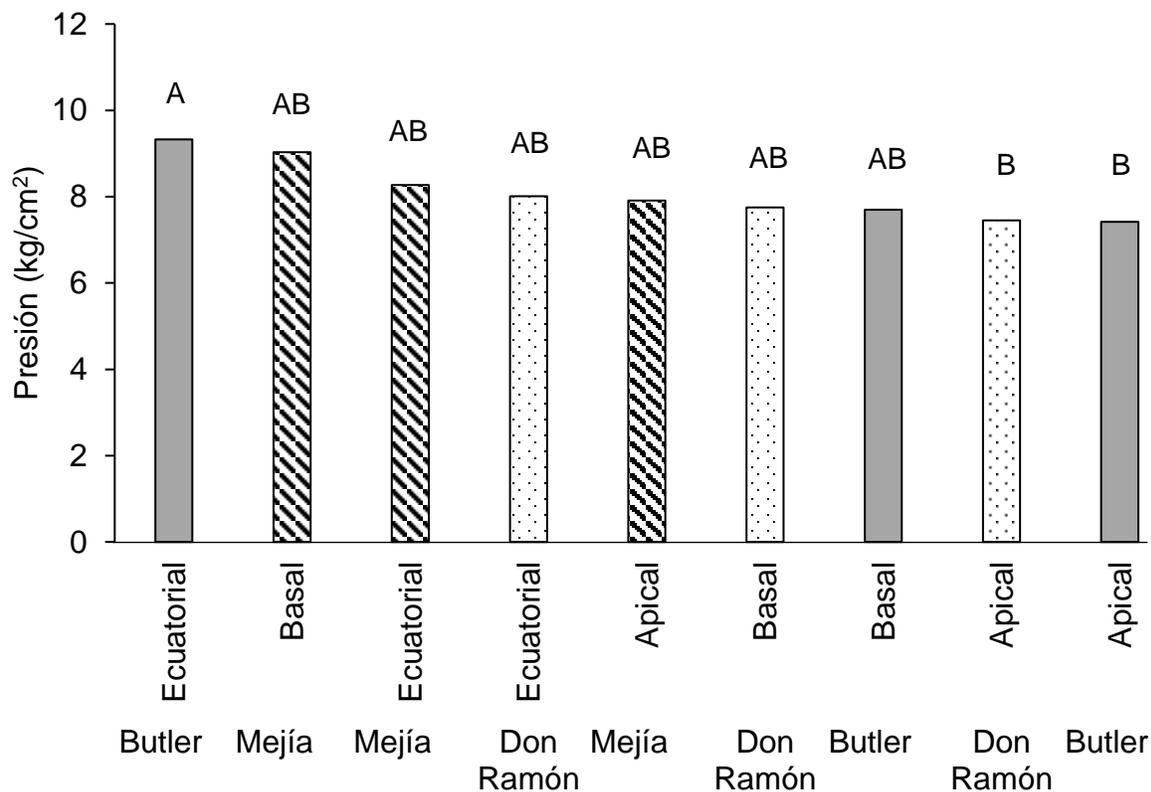
Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

5.5.2. Firmeza

Un indicador de madurez en el aguacate es la firmeza. Este es un atributo sensorial apreciado en la industria por la confiabilidad que ofrece, permite conocer si el fruto está inmaduro o maduro (listo para consumir), y es considerado un factor importante para la aceptación de los frutos (Bedier et al., 2014; Donetti y Terry et al., 2011; Flitsanov et al., 2000; White et al., 1999).

En el presente estudio, es importante notar que la firmeza difirió significativamente dependiendo de la parte del fruto de aguacate. La región ecuatorial presentó mayor firmeza ($8.56 \pm 1.05 \text{ kg/cm}^2$) en comparación con la zona apical ($7.56 \pm 0.70 \text{ kg/cm}^2$). También es necesario mencionar que las tres variedades estudiadas tuvieron similitud en firmeza, presentando un valor promedio de 8.15 kg/cm^2 al momento donde se efectuó con el registro de las demás variables (Figura 40).

De manera similar, Márquez et al. (2014), Henríquez et al. (2012) en Colombia, Espinosa et al. (2014) en México con la variedad 'Hass' y Ahmed et al. (2010) en Egipto con la variedad 'Fuerte' observaron que la firmeza decreció a medida que la madurez aumentó al pasar el tiempo de almacenamiento. Así también, en el caso de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* L.), Ruíz et al. (2010) observaron que la firmeza decreció a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento en dos atmósferas controladas.



Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Figura 40. Promedio de firmeza por región y variedad de aguacate raza antillana. Isabela, Puerto Rico, 2016.

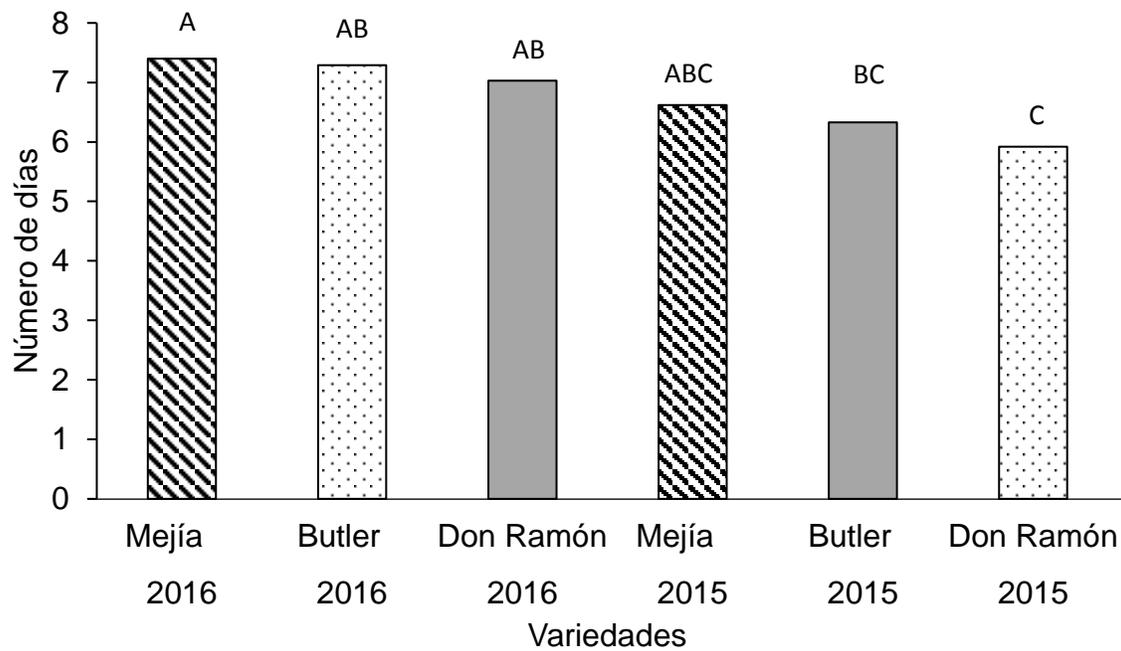
5.5.3. Tiempo a madurez de consumo

El aguacate es un fruto climatérico, altamente perecedero después de cosechado (CTAHR, 2009). Este parámetro resulta de importancia porque mientras más largo sea el tiempo desde madurez comercial a madurez de consumo, mayor será el tiempo de vida en anaquel, favoreciendo esto a la comercialización (Ayala et al., 2007). Jeong et al. (2002) señalan que el tiempo promedio a maduración dependerá de la variedad y las condiciones de almacenamiento.

En ese sentido, Marques et al. (2009) afirman que temperaturas de 5°C disminuyen el ablandamiento al igual que la oxidación del mesocarpo, lo que mejora la

aparición y aceptación del fruto en comparación con temperaturas inferiores o superiores. De ahí que, un factor a considerar es la relación entre temperatura y humedad relativa (HR), Lallum et al. (2004) comprobaron que en frutos almacenados a 20°C y 95% HR, el tiempo de maduración aumenta.

En nuestro estudio, el tiempo a maduración después de cosechadas las variedades de aguacate, difirió dependiendo el año. De ahí que en el año 2016 mostró mayor número de días para la madurez a consumo (7.22 ± 0.43 días) con respecto al año 2015 (6.29 ± 0.44 días). Estos resultados concuerdan con Acosta et al. (2012) en México, con intervalo de 4.2 a 6.9 días a una temperatura de 20°C en variedades criollas de aguacate (raza mexicana). De forma similar, Dixon et al. (2003) observaron que frutos de aguacate almacenados inmediatamente luego de la cosecha, el tiempo a maduración fue 6 días a 20°C y 60% HR. El tiempo de madurez de años y variedades durante los dos años de estudio (2015 y 2016), mostró una tendencia lineal con la ecuación $y = -0.3054x + 7.834$, es decir por cada 7°C que incrementa la temperatura existe una disminución de 0.30 días de maduración. Además, el coeficiente de determinación fue de $R^2 = 0.9756$, lo que concuerda con los resultados de esta investigación.



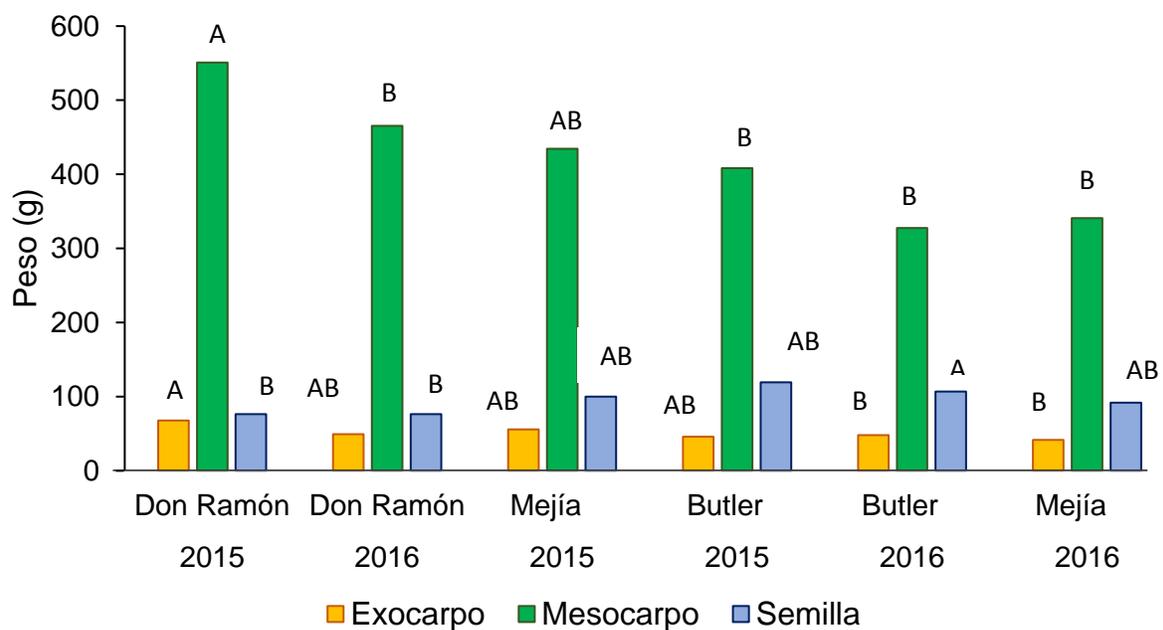
Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Figura 41. Promedio de días a la maduración por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

5.5.4. Peso del fruto, exocarpo, mesocarpo y semilla

En este estudio, los pesos de exocarpo, mesocarpo y semilla, presentaron diferencias significativas. Frutos de 'Don Ramón' tuvieron el mayor peso de mesocarpo y exocarpo con relación a las otras variedades, lo cual coincidió con el hecho que 'Don Ramón' tuvo el mayor peso de fruto en madurez de consumo con 632.26 ± 129.25 g, y más elongado en contraste con 'Butler' y 'Mejía'. Además, en todas las variedades, el peso del mesocarpo fue mayor al peso de exocarpo y semilla, concordando con los resultados de Acosta et al. (2012) en México en 17 variedades criollas (raza mexicana). Gómez (2000) en Venezuela encontró la misma similitud en variedades antillanas como 'Lawthon', 'Waldin' y 'Wilson Popenoe'.

En cuanto al peso de semilla, la variedad 'Butler' arrojó el mayor peso promedio para los años 2015 y 2016, superando en 44% y 56%, respectivamente, a 'Don Ramón' (Figura 42). A diferencia de lo reportado por Zamora (2007) el peso de la semilla de 'Don Ramón' oscila entre 85 gramos, en este estudio fue 14% inferior (Figura 42). Milbert et al. (1996) explican que los factores ambientales, tales como temperatura, velocidad del viento, luminosidad, disponibilidad de agua y nutrientes, afectan y causan variación en diferentes órganos de las plantas que resultan en diferencias en tamaño y peso de frutos y semillas a pesar que se desarrollen en un mismo sitio.



Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Figura 42. Promedio de peso de exocarpo, mesocarpo y semilla por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

5.5.5. Diámetro ecuatorial y polar de la semilla

Para las variables diámetro ecuatorial y polar de la semilla, se hallaron diferencias estadísticas significativas para años de cosecha y variedades. En el 2016 hubo mayor diámetro polar (6.47 ± 1.01 cm) y ecuatorial (5.48 ± 0.58 cm) de los frutos cosechados, en contraste con el año 2015 en que fueron 5.70 ± 0.61 cm y 5.00 ± 0.51 cm respectivamente. Al analizar lo que sucedió para las variedades, los frutos de la variedad 'Don Ramón' tuvieron el mayor diámetro polar en los dos años de muestreo (2015 y 2016) superior en 12.91% a 'Butler' y 26.55% a 'Mejía'. En cuanto, el mayor diámetro ecuatorial fue para 'Butler' de 5.57 ± 0.52 cm superior en 3.07% a 'Mejía' y 14.35% a 'Don Ramón'.

En referencia a la relación entre el diámetro polar respecto al diámetro ecuatorial, el mayor promedio exhibido fue para 'Don Ramón' con a 1.87 ± 0.15 cm en comparación con las otras variedades. La relación entre el diámetro ecuatorial en contraste con el diámetro polar, 'Mejía' tuvo el mayor promedio 0.88 ± 0.09 cm siendo mayor en 6.82% a 'Butler' y 49.15% a 'Don Ramón'. Por lo tanto, estas relaciones concordaron con la codificación realizada en base a las características de forma de la semilla, descrita por IPGRI (1995), en donde 'Don Ramón' tiene la semilla más alargada en los polos, a diferencia de 'Mejía' que tiene la semilla más ensanchada en la zona ecuatorial.

5.5.6. Longitud y diámetro de la cavidad de semilla

Se encontraron diferencias estadísticas significativas, en la longitud de la cavidad de la semilla, siendo la variedad 'Don Ramón' mayor en 25% a 'Butler' y 35% a 'Mejía'. En cuanto a la relación longitud de cavidad/longitud de semilla, en frutos de 'Don Ramón' hubo mayor espacio libre longitudinal entre la semilla y el mesocarpo en comparación con 'Butler' y 'Mejía' (Cuadro 10). Se han reportado casos de variedades con espacio

libre en la cavidad de la semilla, tales como la variedad ‘Cristian-Vanesa’ (antillano x guatemalteco) en Cuba (Jiménez et al. (2015) y las variedades ‘Zumpahuacan 2’ y ‘Cántaro’ (raza mexicana) en México (Flores et al., 2014). Asimismo, ‘Don Ramón’ mostró la mayor relación de la longitud/diámetro de cavidad al igual que la relación longitud de cavidad/semilla en contraste con las otras variedades, esta tendencia es similar a los resultados de Rodríguez et al. (2003) en la variedad ‘Moros’ (antillano) en Cuba (Figura 44).

Cuadro 10. Promedio de longitud, diámetro y relaciones de cavidad de semilla en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

Variabes	‘Butler’	‘Don Ramón’	‘Mejía’
Longitud cavidad semilla (cm)	6.23±0.20 b	8.48±0.67 a	5.52±0.32 b
Diámetro cavidad semilla (cm)	6.00±0.19 a	5.39±0.57 a	5.46±0.73 a
Relación longitud cavidad /longitud semilla	1.02±0.02 b	1.18±0.03 a	1.03±0.03 b
Relación diámetro cavidad/longitud semilla	1.00±0.00 a	1.08±0.10 a	1.00±0.00 a
Relación longitud/diámetro cavidad de semilla	1.08±0.03 b	1.60±0.13 a	1.03±0.09 b

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

5.5.7. Grosor del exocarpo y mesocarpo

Las variables grosor del exocarpo y mesocarpo no presentaron diferencias estadísticas significativas entre variedades. La única diferencia estadística significativa, se evidenció en que el grosor de mesocarpo en el año 2015 (1.82 ± 0.27 cm) fue mayor que en el 2016 (1.57 ± 0.19 cm). Flores et al. (2011) en El Salvador evaluaron cinco variedades guatemalteca-antillanas nativas, y encontraron que todas tuvieron un grosor de mesocarpo grueso (superior a 1.2 cm). Comparativamente, en nuestra investigación en los dos años de estudio las variedades estudiadas superaron ese valor. En cuanto al

grosor del exocarpo, las tres variedades estudiadas en la EEA de Isabela tuvieron un promedio de 0.12 ± 0.02 cm. Este valor es similar con el informado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2015) y Sandoval et al. (2010) en Colombia para el grosor de exocarpo para variedades provenientes de la raza antillana, de 0.15 a 0.20 cm de grosor (Figura 44).

5.5.8. Porcentaje de mesocarpo, exocarpo y semilla

En general, el porcentaje de mesocarpo en el fruto en los dos años de estudio (2015 y 2016) representó el mayor porcentaje del peso total del fruto en las tres variedades; 'Don Ramón' tuvo el mayor porcentaje de mesocarpo ($78.98 \pm 4.12\%$) debido al peso total de esta variedad y por tener el menor peso de semilla (76.46 ± 12.25 g) de las tres variedades (Figura 43 y Figura 44). Romero et al. (2012) reportaron que la variedad 'Lorena' (raza antillana) en Colombia, el mesocarpo tuvo mayor porcentaje del peso total del fruto. Similar a los resultados presentados por Hermoso y Farré (2003) en 12 variedades durante seis años consecutivos de investigación. Asimismo, Bressani et al. (2009) en México, en variedades 'Hass', 'Booth' y 'Panchoy' observaron que el mesocarpo representó el 70% en relación al peso del fruto.

Por el contrario, en el año 2016, los frutos de aguacate 'Butler' tuvieron el mayor porcentaje de semilla (14.45%) en relación al peso total del fruto. Este atributo está relacionado con el hecho de que 'Butler' tuvo el mayor peso de semilla (113.13 ± 12.98 g) en relación a las otras variedades estudiadas (Figura 43). El porcentaje de semilla en nuestra investigación tiene similitud con lo reportado en la literatura por Jiménez et al. (2015) en Cuba, con la variedad 'Cristian-Vanessa' (raza antillana x guatemalteca) de 17%; Solís (1999) en Costa Rica, para trece variedades para zonas bajas de 15%; García

et al. (1999) en México, para la variedad ‘Hass’ donde mostró alrededor del 15% al 16% y Parra et al. (2005) en Chile, en híbridos de ‘Hass x Bacón’ de 11.8% a 27.5% del peso total del fruto.

De manera general, Sandoval et al. (2010) sostienen que para selección de los mejores materiales en aguacate es importante que el porcentaje de mesocarpo sea superior a 70%. Mientras que Ríos y Tafur (2003) señalan que porcentajes cercanos o superiores a 15% de semilla se considera valores altos en relación al peso en las variedades ‘Booth 8’, ‘Choquette’, ‘Collinred’, ‘Fuerte’, ‘Gwen’, ‘Hass’, ‘Lorena’, ‘Reed’, ‘Trapica’ y ‘Trinidad’. Con esa afirmación, en un estudio por Undurraga et al. (2007) en Chile, reportaron valores de 19.62% de semilla, lo cual consideraron altos en la variedad ‘Isabel’.

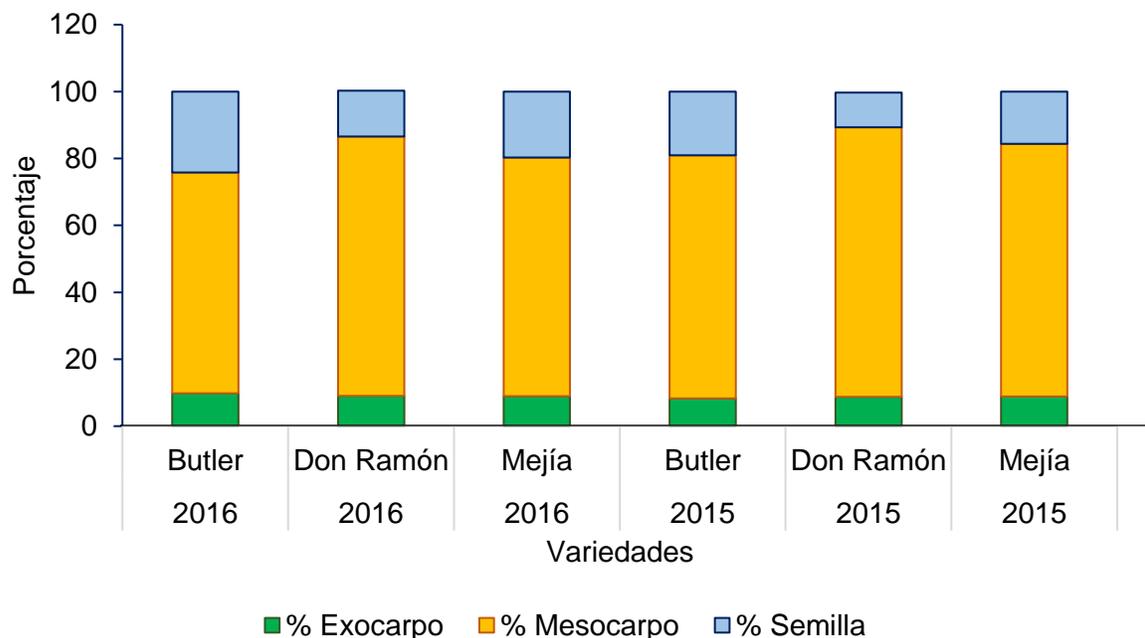


Figura 43. Porcentaje de exocarpo, mesocarpo y semilla de por tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.



Figura 44. Grosor de exocarpo y mesocarpo en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2015 - 2016

5.5.9. Porcentaje de pérdida de peso

Fernández y Ruíz (1983) explican que la pérdida de peso del fruto cosechado de aguacate se debe a la maduración del fruto, debido a la deshidratación durante este período. Márquez et al. (2014) y Rosas et al. (2015) reportaron mayores pérdidas de peso a medida que incrementaba el tiempo de almacenamiento (hasta 12 días), a una temperatura de 23°C y 65% de HR. En cambio, Lallum et al. (2014) encontraron pérdidas de peso de 6.7% en frutos almacenados a 20°C y <20% de HR y Elmsly et al. (2007) de 3.5% en la variedad 'Hass' en frutos almacenados a 20°C y 65% de HR. Esto indica que la temperatura y humedad relativa de almacenamiento son factores importantes a considerar en relación a la pérdida de peso del aguacate durante el almacenamiento.

En general, los valores obtenidos con las tres variedades de aguacate estudiadas resultaron aceptables, del modo que 'Butler' perdió $5.04 \pm 0.71\%$, 'Don Ramón' $5.06 \pm 2.02\%$ y 'Mejía' $4.98 \pm 0.66\%$ del peso total del fruto a una temperatura de $19 \pm 1^\circ\text{C}$ y $79 \pm 5\%$ HR, similar a lo encontrado en las variedades 'Aries' y 'Ariete' (Cajuste et al., 2001). Es importante notar, que existió una tendencia lineal entre las tres variedades en los dos años de estudio, en un período a maduración de 7 días en promedio. Esto concuerda con el estudio de Pérez et al. (2004) donde encontraron una relación directamente proporcional de temperatura respecto a la pérdida de peso en la variedad 'Hass', es decir, que a mayor temperatura de almacenamiento mayor pérdida de peso.

5.5.10. Adherencia del exocarpo al mesocarpo

En lo que respecta a la adherencia del exocarpo al mesocarpo en estado de madurez de consumo, las variedades 'Butler' y 'Don Ramón' no tuvieron adherencia

alguna, es decir, el exocarpo se desprendió fácilmente sin dejar residuos en el mesocarpo, 'Mejía' tuvo ligera adherencia, de acuerdo a la escala propuesta por IPGRI (1995).

Ayala et al. (2007) evaluaron las variedades 'Aycock red', 'Cellon's Hawai' y 'Wilson Popenoe' (raza antillana), y encontraron que en ninguna de ellas el exocarpo estuvo adherido al mesocarpo. En estudios realizados con variedades de aguacate guatemalteca-antillana, nativas de El Salvador, Flores et al. (2011) encontraron que en cinco de estas variedades el 100% tuvieron ligera adherencia del exocarpo al mesocarpo; mientras que Rodríguez et al. (2012), en trece de estas variedades, observaron que sólo el 62% mostraron esta condición.

5.6. Correlación entre variables de producción

Al correlacionar el peso del fruto (cosecha) con el diámetro polar (0.72), diámetro ecuatorial (0.42), peso del mesocarpo (0.90), grosor del mesocarpo (0.68) y grosor del exocarpo (0.36) para las tres variedades, presentaron una correlación positiva. Esto significa que, al aumentar el diámetro polar, ecuatorial se verá un aumento en el peso del fruto, así también en lo que se refiere al aumento del peso de mesocarpo tendrá influencia en el peso del fruto. Estos resultados son similares a los obtenidos por Caro et al. (1998) donde hubo una alta correlación entre peso y diámetro ecuatorial (0.88) y polar (0.91). Esta misma observación fue hecha por Jaque y Undurraga (2015), Rodríguez et al. (2012), Olaeta et al. (2007) y López et al. (1998); es decir que el aumento o disminución en un carácter influirá en el otro (Correa et al., 2011). Esta tendencia también fue observada en guayaba (*Psidium guajava* L.) (Gutiérrez et al., 2013 y Jiménez et al., 2009), en yacón (*Smallanthus sonchifolius* Pope. y Endl), en Colombia (Polanco et al., 2011), en

jobo (*Spondias purpurea* L.), en Guatemala (Álvarez et al., 2010) y en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en México (Estrada et al., 2012). Estos autores, conjuntamente con López et al. (2015) y Sánchez (1999), manifiestan que estas características pueden ayudar a la selección de variedades con fines comerciales o de mejoramiento.

Al comparar el peso del fruto con el peso de la semilla, donde hubo una correlación negativa (-0.18), esto concuerda con el hecho que en las tres variedades el mesocarpo fue más abundante en comparación con las otras partes que conforman el fruto, contrario a lo observado por Gálvez et al. (2016) donde tuvieron una correlación positiva en dos años (2009 y 2013), Acotando, Jaque y Undurraga (2015) señalan que el peso del fruto no puede ser considerado como el único factor para determinar madurez de cosecha en aguacate.

El peso del mesocarpo tuvo una correlación positiva con grosor del mesocarpo de (0.74), las variedades con mayor espesor del mesocarpo presentaron mayor peso del mismo. Esto se valida con la correlación negativa entre peso de la semilla con grosor del mesocarpo (-0.52) y peso del fruto (-0.18), lo que no ocurrió con el estudio de Gálvez et al. (2016) donde esta relación fue inversa en aguacate. De acuerdo a Schaffer et al. (2013) esto se debe por la influencia de factores ambientales y genéticos en cada etapa de desarrollo de la planta.

Se encontró una correlación lineal positiva entre la luminosidad (L^*) con b^* y C^* (cromaticidad); a^* con H^* (tonalidad), b^* con C^* (cromaticidad) en el exocarpo en madurez de cosecha y de consumo como también en el mesocarpo cuando el fruto estuvo en madurez de consumo; mientras que a^* con b^* fue una correlación negativa para los estados fisiológicos anteriormente indicados. Vázquez et al. (2008) encontraron

correlación entre sí con los parámetros L^*a^*b con referencia a la maduración de aguacate variedad 'Hass'.

5.7. Presencia de plagas

5.7.1. Dinámica poblacional de trípidos

Al relacionar la población de trípidos y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en etapa de floración durante seis fechas de muestreo, aumentaron gradualmente los individuos por inflorescencia, asociando el aumento poblacional con el aumento del número de flores por árbol. Vincini et al. (2014), sostienen que los adultos se ven atraídos por las flores como fuente de alimento, al igual que por tejido tierno, en donde consiguen polen y ovopositan. Además, Feliciano et al. (2007) indicaron que el aumento del número de trípidos depende de la etapa de desarrollo, disminuyendo a medida que envejece el cultivo. Esto también fue evidenciado por Salazar, et al. (2012) en mango (*Mangifera indica*) donde observaron que los trípidos aumentaban a medida que incrementaban los tejidos jóvenes y descendían drásticamente cuando el tejido dejaba de existir.

Durante las fechas de muestreo (seis semanas: febrero – marzo, 2016), las temperaturas máximas estuvieron en un rango de 28.76 a 29.52 $^{\circ}\text{C}$, las mínimas de 19.87 a 21.19 $^{\circ}\text{C}$ y sin presencia de precipitaciones (0 mm) (Apéndice 2). A partir del cuarto muestreo hasta el sexto muestreo la población de trípidos incrementó debido al aumento de temperatura y la ausencia de precipitaciones, en comparación a las anteriores fechas; lo que corrobora Turcios et al. (2013), Atencio et al. (2007), Wainajo et al. (2008), Feliciano et al. (2007) y Urias et al. (2007) que en ausencia o disminución de

precipitaciones e incremento de temperatura la población de trípidos se amplifica (Figura 45).

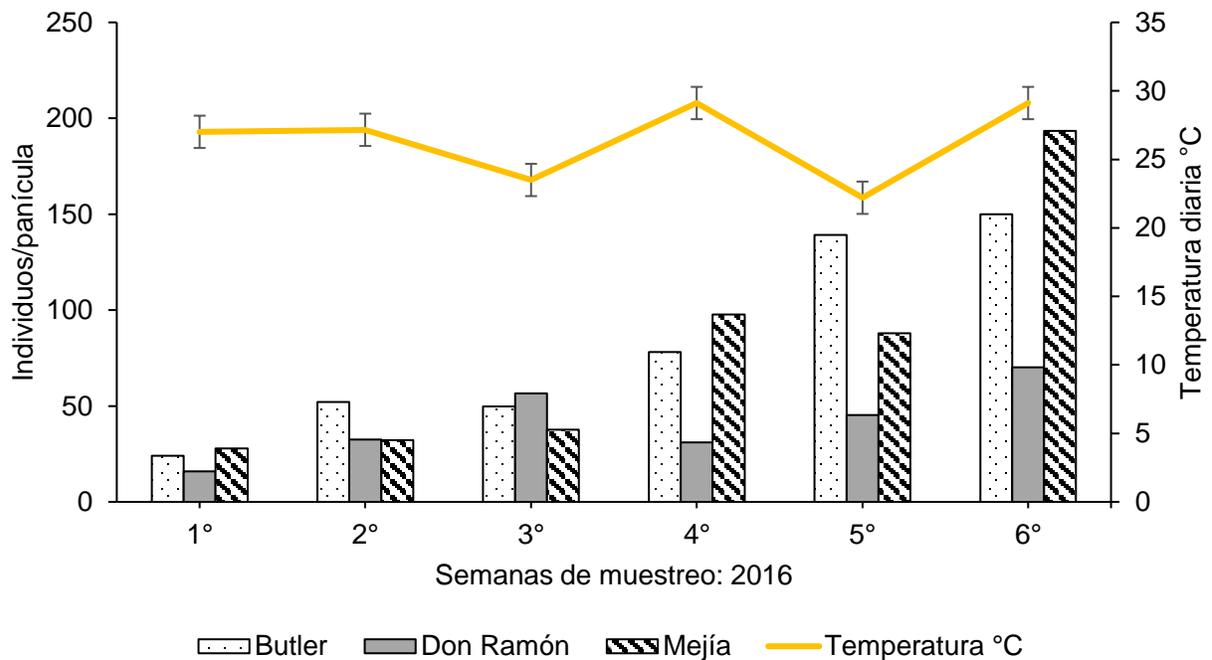


Figura 45. Dinámica poblacional de trípidos en época de floración en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

El coeficiente de correlación de Pearson fue positivo para las tres variedades de aguacate en contraste con la temperatura. Al realizar el análisis estadístico ‘Don Ramón’, ‘Butler’ y ‘Mejía’ no presentaron significancia estadística, lo que se confirma con lo mencionado por Ascención et al. (1999) sobre la influencia de la temperatura en la población de trípidos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Relación de población de trípidos con la temperatura en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

Variedades	R ²	GL	F	p-valor	Ecuaciones
'Don Ramón'	0.5165	1.1	0.20	0.7321	$y = 0.0419x^4 - 3.1897x^3 + 80.452x^2 - 670.04x$
'Butler'	0.7565	1.3	9.30	0.0544	$y = 8.855x^2 - 456.51x + 5901.2$
'Mejía'	0.7672	1.3	7.69	0.0694	$y = 9.7368x^2 - 492.09x + 6217.9$

También, se identificó a nivel de género y especie los trípidos colectados, en donde la mayoría de los especímenes correspondieron a la familia Thripidae (Thysanoptera), al género *Frankliniella*, de ahí la mayor especie presente fue *F. bruneri* Watson. Se utilizó claves taxonómicas para la identificación de Cavalleri y Mound 2012., Moritz et al., 2001., Mound y Marullo. 1996., Martorell 1975. Donde su descripción morfológica fue color del cuerpo fue de color amarillo, cabeza no reticulada, setas ocelares presentes y más largo que la distancia entre los ocelos, ocho segmentos antenales donde los segmentos I-II son dos veces más anchos que el resto de segmentos, cuatro pares de setas posteroangulares en el pronoto, sencillas campiformes en el metanoto, setas en el abdomen y X segmento abdominal cónico (Figura 46 y Figura 47).



Figura 46. A) Hembra de *Frankliniella bruneri* Watson (10X), B) VIII segmentos antenales (40X) y C) setas ocelares (40X) colectados en inflorescencias de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

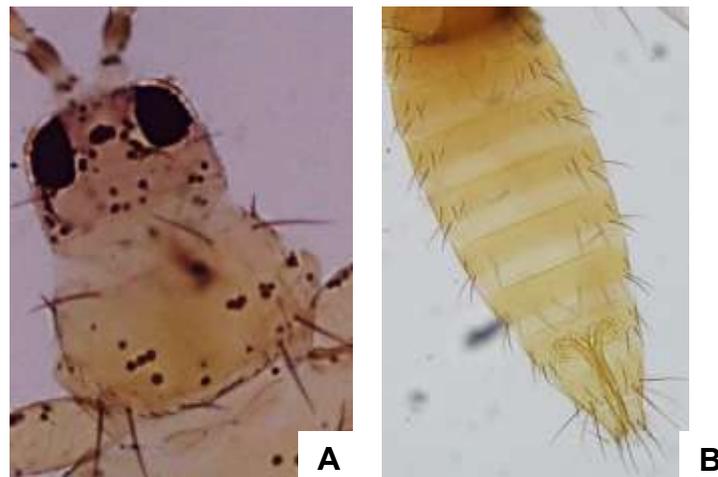


Figura 47. *Frankliniella bruneri* Watson colectados en inflorescencias de aguacate: A) cuatro pares de setas posteroangulares en el pronoto y B) setas en el abdomen y X segmento abdominal cónico. Isabela, Puerto Rico, 2016.

De acuerdo con Sakimura (1981), *F. bruneri* se alimenta de flores de varias especies de plantas y está distribuido en la región del Caribe. Hoddle et al. (2002) reportaron en aguacate presencia de *F. bruneri* en México, Guatemala y República

Dominicana. De ahí que Webster et al. (2013), en Puerto Rico, encontraron esta especie asociada a cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimienta (*Piper nigrum*) y hierba Jimson (*Datura stramonium*). Suris y González (2008), en Cuba, reportaron *F. bruneri* en cultivos de cítricos, que fueron atraídos por el aroma de sus flores. Johansen et al (1999) y Sánchez et al. (2001) mencionan que *F. bruneri* se encuentra en la lista de las seis especies fitófagas primarias de hojas y frutos jóvenes en aguacate además de otros cultivos en México.

Durante este estudio no se encontró en las inflorescencias las otras especies de trips asociados al cultivo de aguacate como *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouché), *Scirtothrips perseae* Nakara, *S. aguacatae* Johansen y Mojica (Urias et al. 2007., Johansen et al.,1999).

5.7.2. Fluctuación poblacional del chinche del encaje

Se realizaron 21 muestreos de hojas cada 15 días entre los meses de marzo a diciembre de 2016 con un total de 672 hojas por variedad. En las tres variedades de aguacate estudiadas las poblaciones de *P. perseae* tuvieron grado 3 (41-60 insectos/hoja) y 4 (61-80 insectos/hoja), coincidiendo con los resultados de Méndez y Arencibia (2013) en cuanto al grado 3 en la variedad 'Catalina' en Cuba. Para número de insectos por hoja, se observó que el estadio de huevo y población total (adultos, ninfas y huevos) presentaron diferencias significativas, siendo la variedad 'Butler' superior a las demás variedades (Cuadro 12). Estos valores son inferiores a los indicados por Cabrera y Martínez (2001) en Juana Díaz (Costa Sur de Puerto Rico), donde está región se

caracteriza porque prevalece un clima seco y árido, diferente a la zona de este estudio (Isabela, Noroeste de Puerto Rico).

Cuadro 12. Número de insectos del chinche del encaje por hoja en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

Variedad	Adultos	Ninfas	Huevos	Población total
'Butler'	10.69 ± 4.81 a	33.81 ± 12.04 a	74.89 ± 10.84 a	119.39 ± 27.31 a
'Don Ramón'	4.61 ± 1.62 a	18.64 ± 2.96 a	45.25 ± 6.69 b	68.50 ± 2.17 b
'Mejía'	7.24 ± 1.25 a	24.99 ± 5.53 a	53.85 ± 12.10 b	86.08 ± 17.55 ab

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

En lo que respecta, al grado medio poblacional (GMP) se encontró diferencias significativas para variedades donde 'Butler' presentó mayor GMP (1.70 ± 0.18) en comparación con 'Mejía' (1.45 ± 0.22) y 'Don Ramón' (1.26 ± 0.13). Estos resultados tienen similitud con lo reportado por De la Torre et al. (1997), en Cuba, para variedades antillanas 'Wilson Popenoe', 'José Antonio', 'Casimiro Soledad'.

5.7.2.1. Frecuencia de aparición y abundancia relativa del chinche del encaje

La frecuencia de aparición del chinche del encaje alcanzó 100% en todos los estadios del insecto en todos los muestreos (21) (Figura 49), lo que confirma que *Pseudacysta perseae* Heidemann se encuentra frecuentemente en los aguacateros en Cuba (Morales et al. 2012, De la Torre et al. 1997), Puerto Rico (Medina-Gaud et al., 1991), Venezuela (Salazar y Cermeli. 2005., Hernández et al., 2004), México (Peña et al. 1998), Estados Unidos (Florida) (Peña y Carrillo, 2012), República Dominicana, Jamaica y Guyana Francesa (Humeres et al., 2009). El insecto ocasiona reducción de la

actividad fotosintética debido al daño en las hojas y, en casos severos, la defoliación de las plantas (Morales y Grillo, 2011., Hoddle et al. 2007., Marrero et al., 2006), convirtiéndose en una plaga de importancia económica para las tres razas de aguacate (mexicano, guatemalteca y antillano). Se ha observado que los híbridos antillano x guatemalteco son ligeramente afectados (Peña, 2003).

La abundancia relativa calculada (AR) para *P. perseae* mostró los mayores valores para huevos (64.04) y ninfas (27.96) ubicándose en la escala de “muy abundante” y “abundante”, seguido de adultos (8.00) “poco abundante” para las tres variedades analizadas. Esto se evidencia al considerar el comportamiento de los insectos con respecto a los meses de evaluación. Por otro lado, durante los meses de marzo a junio presentaron menor número de huevos debido a que en estos meses las plantas se encuentran en fase de crecimiento del fruto. De ahí, para los meses de junio a agosto (verano) se incrementó la población de trípidos en las tres variedades, porque en estos meses la planta está produciendo nuevo follaje (Figura 48 y Figura 49).

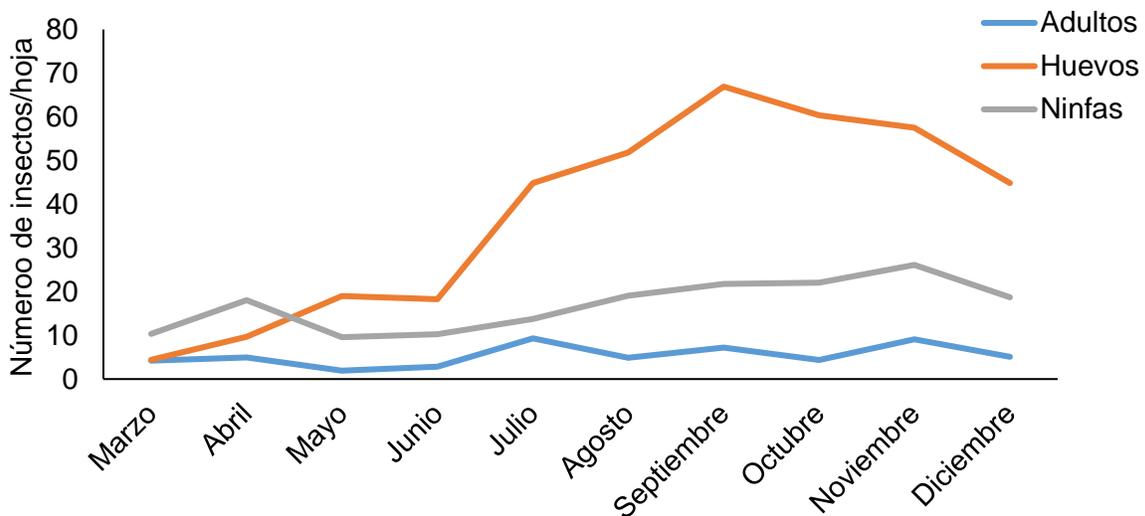


Figura 48. Fluctuación poblacional mensual de adultos, ninfas y adultos de *P. perseae* en la variedad ‘Butler’. Isabela. Puerto Rico, 2016.

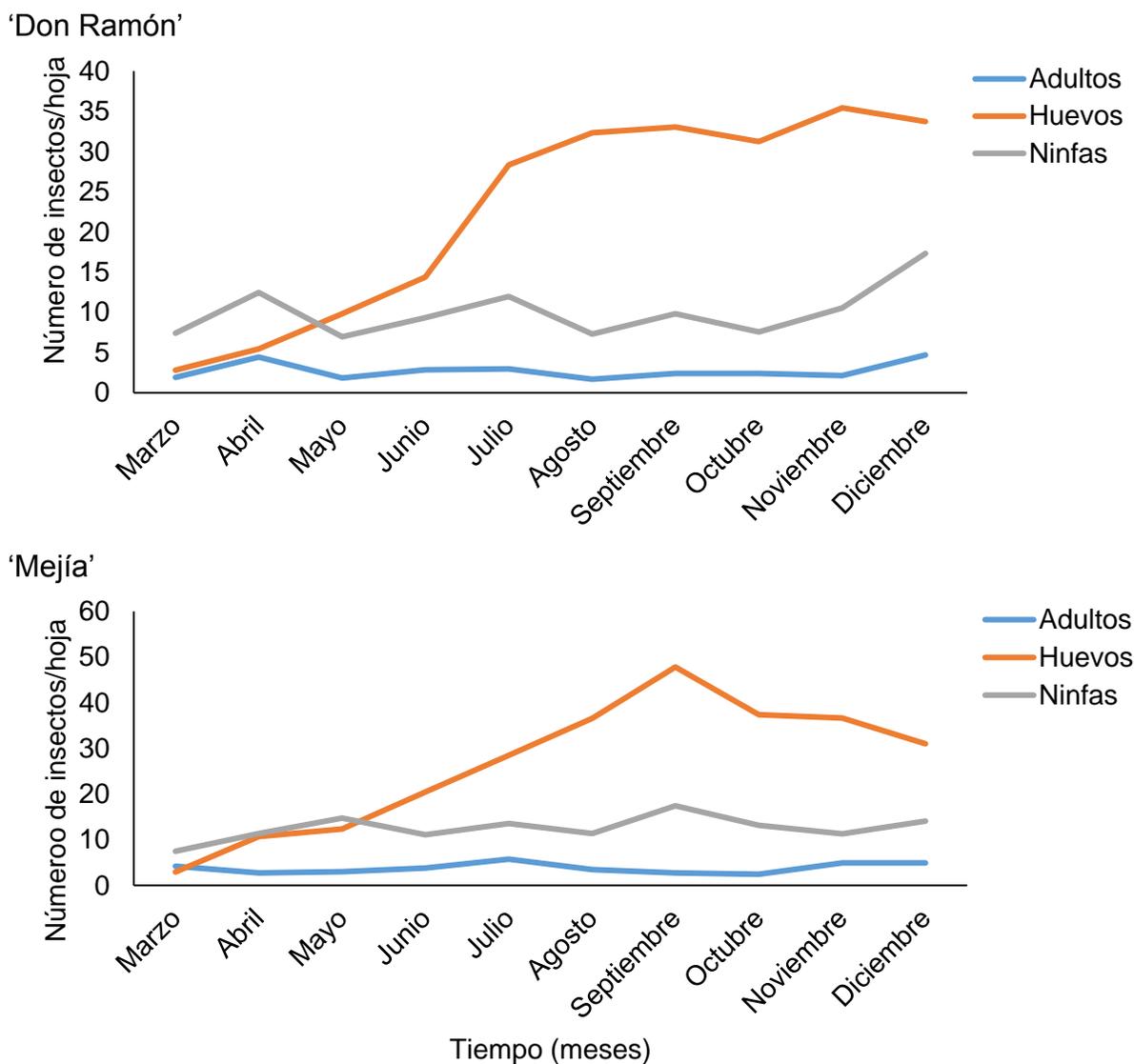


Figura 49. Fluctuación poblacional mensual de adultos, ninfas y adultos de *P. perseae* en las variedades de aguacate: 'Don Ramón' y 'Mejía'. Isabela. Puerto Rico, 2016.

5.8. Análisis sensorial

Esta variable estuvo conformada por 147 personas (bloques), en edades comprendidas entre 21 a 71 años de edad, la proporción fue 56% hombres y 44% mujeres. A su vez, constituido por catorce nacionalidades: puertorriqueños (95), mexicanos (15), colombianos (13), ecuatorianos (5), dominicanos (4), guatemaltecos (3),

hondureños (2), salvadoreños (2), brasileños (2), estadounidenses (2), haitianos (1), cubanos (1), indios (1) y peruanos (1), de los cuales el 65 % correspondió a personas entre 21 a 30 años. Las evaluaciones de todos los panelistas consideraron a las tres variedades de aguacate en las categorías más altas: '5: me gusta mucho' y '4: me gusta'.

En el análisis de fruto entero, para la variable frecuencia de consumo, lugar y parámetros de compra, la mayoría de los participantes coincidieron que consumen aguacate dos veces por semana (36%); prefieren comprar en plazas de mercado (28%) y supermercados (26%) similar a lo reportado por Tubello y López (2004). Mientras al momento de adquirirlo, los atributos principalmente apreciados fueron calidad (25%), precio (21%) y sabor (21%), esta última cuando conocen su procedencia o anteriormente habían adquirido frutos de la misma variedad.

En lo que respecta la preferencia al momento de comprar un fruto entero de aguacate, el 'grupo total' y 'puertorriqueños' prefirieron en primer lugar comprar 'Don Ramón' con 40.51% y en último lugar comprarían 'Butler' con 25.91%, en cuanto a 'Mejía' lo comprarían en segundo lugar, con 33.54% (Figura 50).

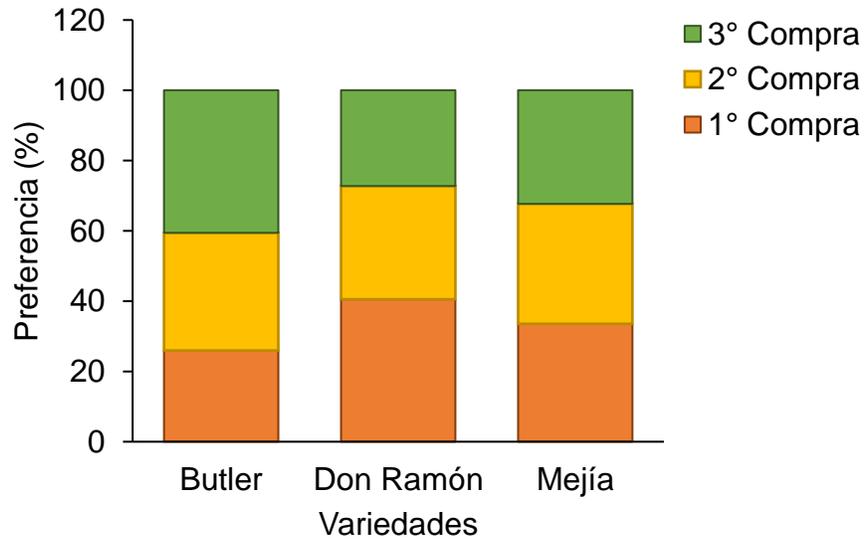


Figura 50. Porcentajes de preferencia para comprar frutos enteros de tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.

La evaluación sensorial de los trozos de aguacate reveló diferencias significativas en ‘grupo total’, así como ‘puertorriqueños’, de tal manera que para apariencia ‘Butler’ y ‘Don Ramón’ estuvieron representados por opiniones de “me gusta mucho”, y para aroma por opiniones de “me gusta” (Cuadro 13). Para lo que concierne a color, a los panelistas les pareció que las tres variedades no variaban en su tonalidad, esto se asocia con la variable color del mesocarpo medido con el colorímetro, en donde no se evidenció diferencias estadísticas significativas entre las tres variedades.

En cuanto a sabor, ‘Don Ramón’ y ‘Mejía’ tuvieron mayor aceptación “muy agradable”. Canto et al. (2010), Furtado y André (2014) y Vignoni et al. (2003) indican que la preferencia del sabor no solo depende de la variedad sino también del tratamiento pos cosecha, factores externos como manejo del cultivo, además de la edad del consumidor.

Cuadro 13. Promedios de atributos sensoriales en trozos de aguacate de tres variedades. Puerto Rico. 2016.

Característica	Variedad	Grupo total	Puertorriqueños	Extranjeros
Color	'Butler'	4.02±0.90 a	4.04±0.91 a	4.00±0.88 a
	'Don Ramón'	3.93±0.95 a	4.05±0.92 a	3.68±0.96 a
	'Mejía'	3.91±0.96 a	3.89±1.00 a	3.94±0.89 a
Olor	'Butler'	3.76±0.95 a	3.77±0.99 a	3.72±0.86 a
	'Don Ramón'	3.85±0.94 a	3.95±0.94 a	3.64±0.92 a
	'Mejía'	3.57±0.84 b	3.57±0.87 b	3.57±0.77 a
Sabor	'Butler'	3.86±0.98 b	3.84±1.01 b	3.88±0.92 a
	'Don Ramón'	4.08±0.87 ab	4.11±0.86 ab	4.02±0.90 a
	'Mejía'	4.20±0.84 a	4.23±0.86 a	4.13±0.82 a
Apariencia	'Butler'	4.04±0.89 a	4.12±0.89 a	3.89±0.89 a
	'Don Ramón'	4.17±0.85 a	4.23±0.81 a	4.04±0.92 a
	'Mejía'	3.87±0.91 b	3.93±0.90 b	3.75±0.94 a

Las letras distintas en cada columna indican significancia ($p < 0.05$) determinado con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas de Tukey.

Al consultar a los panelistas cuánto estarían dispuestos a pagar por cada una de las variedades presentadas, indicaron que podrían pagar igual valor por 'Don Ramón' y 'Mejía', mientras que por 'Butler' pagarían 25% menos. A partir de esta información, se generó una tabla que permitió conocer el ingreso bruto en caso de vender todos los frutos, con el rendimiento del año 2016 y se extrapoló por árbol para posteriormente hacerlo por superficie (distancia entre árboles: 7.5m, una cuerda: 3,937 m²) (Cuadro 14).

Cuadro 14. Ingreso bruto por cuerda en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.

Variedad	Precio mediana (\$)	Rendimiento/árbol (mediana)	Ingreso por árbol (\$)	Ingreso bruto/cuerda (\$)
'Butler'	1.5	155	232.5	16,275
'Don Ramón'	2.0	204	408.0	28,560
'Mejía'	2.0	71	142.0	9,940

5.9. Determinación de presencia de ácidos grasos en diferentes partes del fruto y en fruto intacto de aguacate en dos estados de maduración por la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)

Se obtuvieron los espectros de cada uno de los frutos de aguacate, notándose que existieron diferentes picos de absorción conocidos como sobre tonos (estiramiento del espectro) y regiones combinadas. De acuerdo a Matejka (2011) y Cozzolino (1998) estas longitudes de onda corresponden a enlaces del tipo C-H (4672.70 , 4347.83 cm^{-1}), C=H (5556 a 5263 cm^{-1}), O-H (7092.20 , 6896.55 y 5154.64 cm^{-1}), C-H+C-H (4545 a 4348 cm^{-1}), N-H+O-H (4762 a 4545 cm^{-1}), $-\text{CH}_2$ (5797.10 cm^{-1}), los cuales se encuentran en las moléculas de agua, proteínas y lípidos. Arévalo (2013) señala que el principal componente en frutos frescos es el agua con alrededor de 80-90% (p/p), por lo que las bandas de absorción están influenciadas por la molécula de agua (Figura 51). Estos picos de absorción presentan similitud a los encontrados en otros frutos como naranja (Magwaza et al., 2011), mandarina (Gómez et al., 2006, Guthrie et al., 2005), mango (Guthrie y Walsh 1997), pero la posición y magnitud de las bandas de absorción de radiación infrarroja son específicos para cada fruto (Arévalo, 2013).

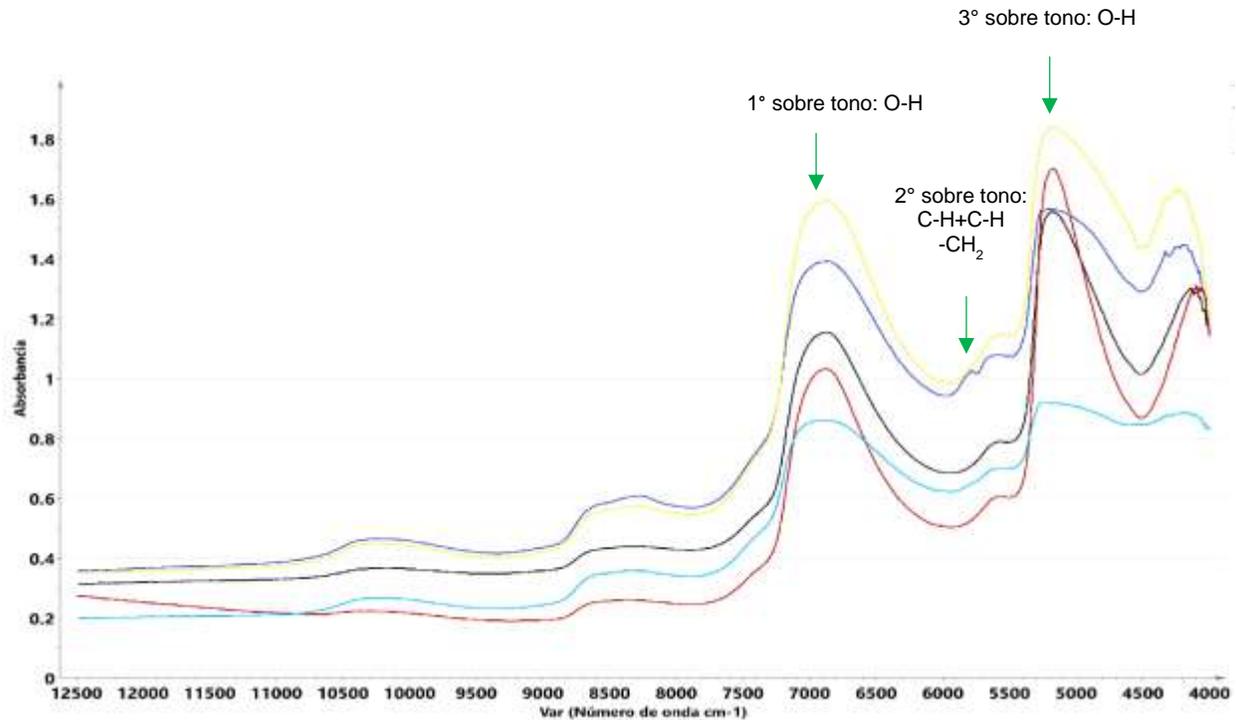


Figura 51. Espectro original de frutos de aguacate mostrando los diferentes picos de absorción. Puerto Rico, 2017.

Travers et al. (2013), Wedding et al. (2010), Walsh et al (2004) y Clark et al. (2003) analizaron mesocarpo y fruto entero de aguacate, variedad 'Hass', en estado de madurez de consumo, y reportaron que la región espectral promedio de aceites estuvo comprendida entre 4567 a 4167 cm^{-1} . Estos autores señalaron que existió variación de los resultados, dependiendo del tipo de fruto, variedad dentro de la misma especie, tamaño, estado de maduración y sección dentro del fruto. Campos et al. (2011) observaron que la acumulación total de aceites estuvo relacionada con el peso, tamaño y contenido de aceite.

En el presente trabajo se determinó evaluar la región comprendida entre 6141 a 5462 cm^{-1} , donde se diferenció una ligera variación con el espectro total (Figura 52),

ajustándose a los resultados de Travers et al. (2013), Wedding et al. (2010), Walsh et al (2004) y Clark et al. (2003).

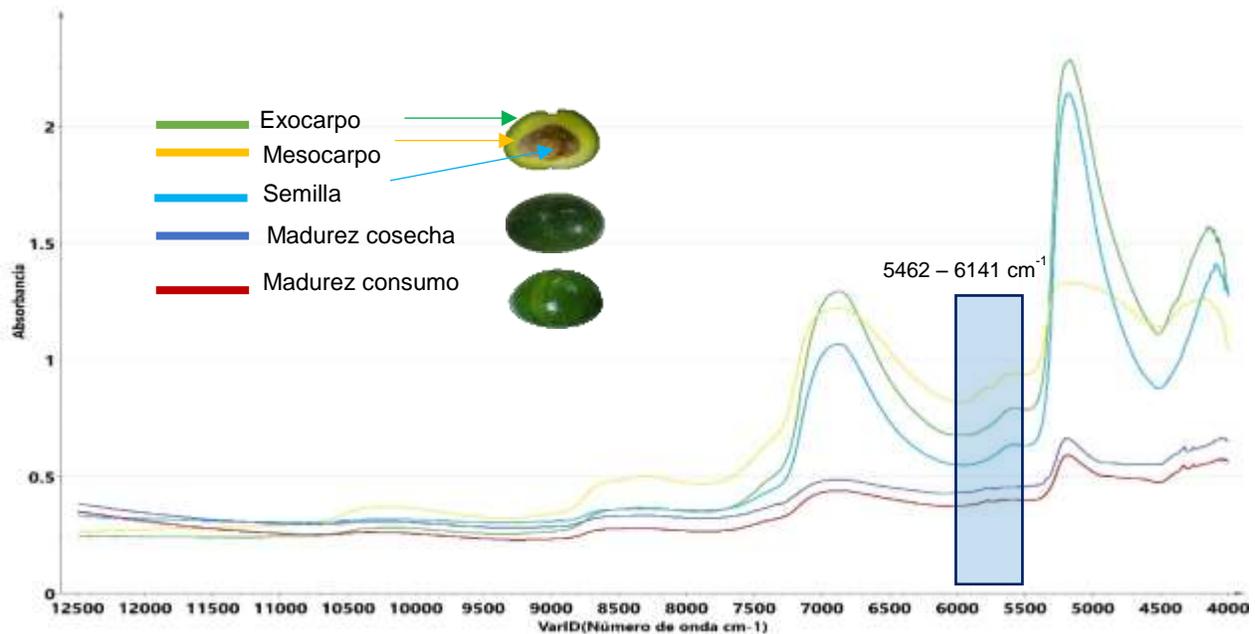


Figura 52. Espectro sin pre-tratamiento del fruto entero en dos estados de madurez: cosecha y consumo, variedad: 'Mejía', exocarpo, mesocarpo y semilla en madurez de consumo de aguacate. Puerto Rico. 2017.

En esta investigación se comparó los frutos de aguacate, en diferentes posiciones y estados de maduración con los ácidos grasos estándares comerciales de alta pureza (esteárico, linoleico, palmítico y oleico). Determinando la región espectral entre 6141 a 5462 cm^{-1} debido a la variación con respecto a todo el espectro y a trabajos en aguacate con la tecnología NIR. Estos resultados revelaron que las muestras evaluadas tuvieron presencia de aceites (ácidos grasos) en las dos etapas de maduración y en cada parte analizada (Figura 53).

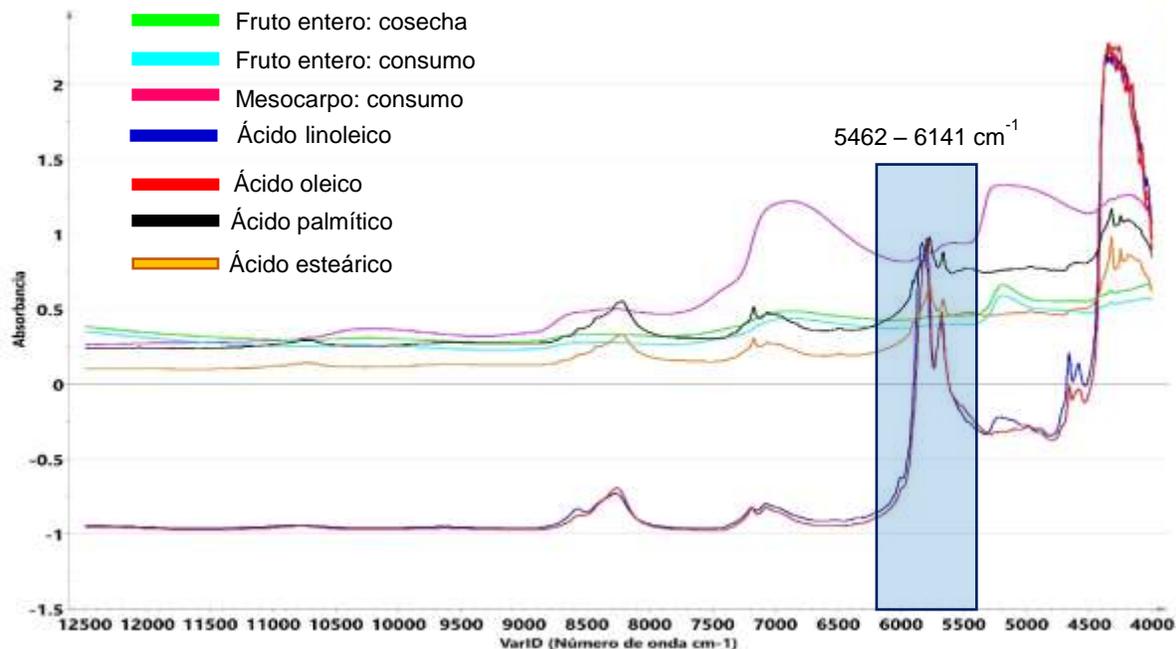


Figura 53. Espectros sin pre-tratamiento de fruto entero y mesocarpo en aguacate: variedad: 'Mejía'. Puerto Rico, 2017.

a. Pretratamientos espectrales

Resultó necesario realizar pretratamientos (cálculos matemáticos) que permitieron homologar los espectros originales y para tener condiciones similares para el análisis numérico en el software SIMCA 14.1, con la finalidad de que todos los espectros presenten el mismo nivel de la línea base, así como disminuir el ruido (Bolaños, 2016). Se verificó diferentes regiones espectrales y la región entre 6141 a 5462 cm^{-1} presentó los mejores resultados aplicando segunda derivada, cabe mencionar que ningún otro pretratamiento recogió resultados tan sustanciales (SNV: normalización y primera derivada).

Entonces se procedió a observar los picos de absorción en los espectros estándares de los ácidos grasos. Según Díaz et al. (2013) y Westad et al. (2008) esto permite conocer las bandas fuertes de absorción de la sustancia pura y sirve como

instrumento para el análisis quimiométrico cuando estos se presenten en mezcla. Se encontró que los ácidos grasos linoleico y oleico presentaron semejanza del espectro en varias regiones de sobre tonos de los enlaces C-H (5627.63 cm^{-1}) y CH_2 (5743.34 cm^{-1}) y bandas combinadas de enlaces CH_3 (5970.92 a 5901.49 cm^{-1}), en ajustándose con lo manifestado por Travers et al. (2013) y Matejka (2011). Del mismo modo, al observar los espectros de los ácidos grasos palmítico y esteárico presentaron similitud en la tendencia de los espectros: sobre tono de enlaces C-H (5627.63 cm^{-1}) (Westag et al. 2008), C-H (5700.91 cm^{-1} entre 5739.49 cm^{-1}) (Matejka 2011) y $\text{CH}_2+\text{CH}_3+\text{CH}$ (5805.06 cm^{-1} a 5850.00 cm^{-1}) (Travers et al. 2013). Westag et al. (2008) y Hourrant et al. (2000) mencionan que estas bandas corresponden a presencia de enlaces $-\text{CH}_2$, $-\text{CH}_3$ y $-\text{CH}=\text{CH}-$, que concuerda con la estructura química de los ácidos grasos (Rengifo et al., 2014, Berasategi et al., 2012).

Además, se confirmó con un análisis de correlación entre estos compuestos la relación entre el ácido palmítico con el ácido esteárico, así como también del ácido linoleico con el ácido oleico (Figura 54 y Apéndice 15). En esta última relación valida lo indicado por Mancheño et al. (2016), los cuales señalan que existe saturación del ácido oleico a linoleico en el retículo endoplásmico en las plantas por lo que se explica la correlación alta entre estos dos compuestos (1.00). Lo mismo ocurre con la relación entre el ácido palmítico con el esteárico, debido a que el primero resulta ser precursor del segundo y de otros ácidos grasos monoinsaturados.

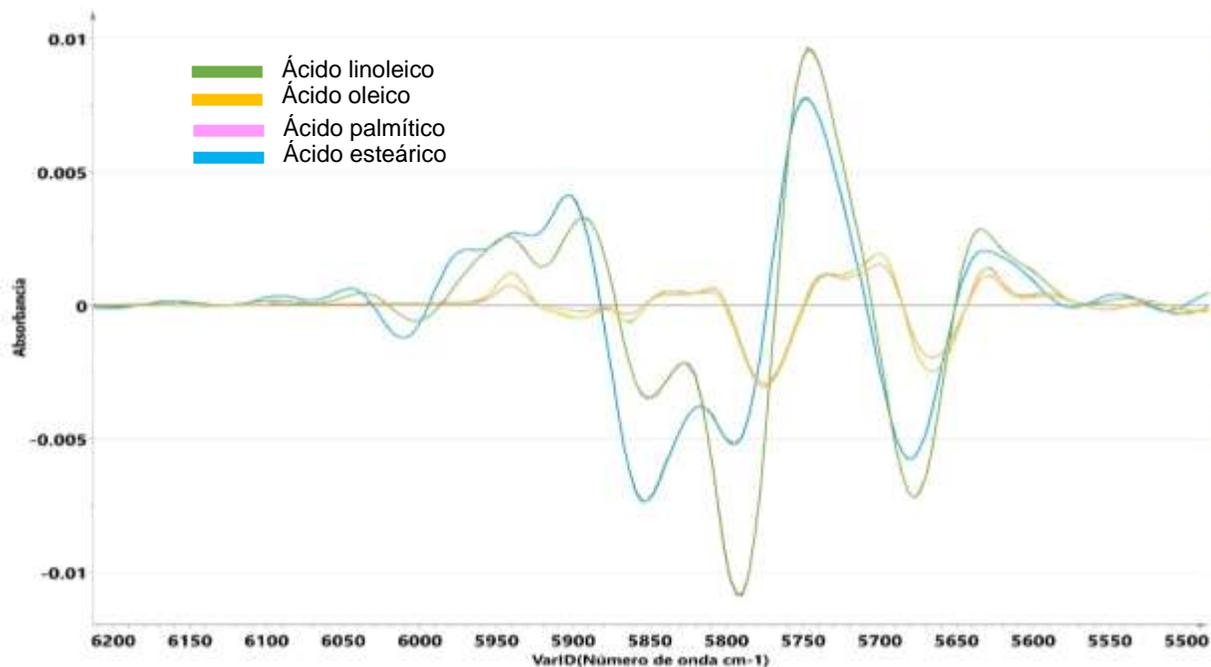


Figura 54. Segunda derivada (pre-tratamiento) de espectros de ácidos grasos estándares. Puerto Rico, 2017.

Para los espectros en la región comprendida entre 6141 a 5462 cm^{-1} , se realizó segunda derivada (pre-tratamiento) y posteriormente se analizó mediante el análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) cada sección y estado de madurez del fruto de aguacate. Este análisis reveló una diferencia en las tres variedades comparadas entre el mesocarpo en estado de consumo y el fruto entero en madurez de cosecha y consumo (Figura 55). Estos resultados concuerdan con los presentados por Mancheño et al. (2016), Lallum et al. (2014), Cayuela et al. (2010), Marques et al. (2009) y Jeong et al. (2002) quienes reportaron que estado de maduración, variedad, manejo del cultivo y las condiciones ambientales donde se desarrolla el cultivo, además determinan el contenido de compuestos de importancia (ácidos grasos, agua, minerales y vitaminas).

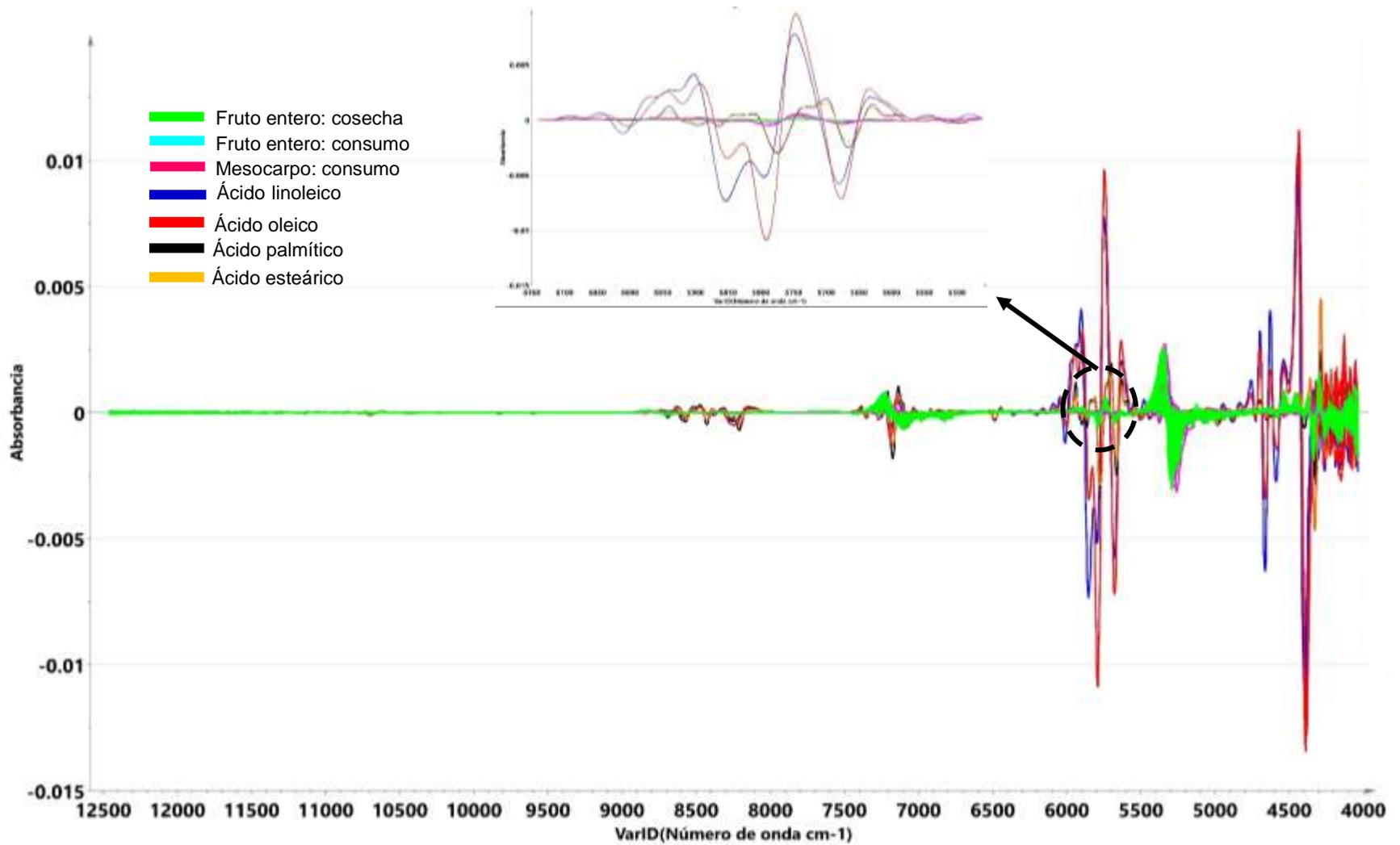


Figura 55. Región espectral de ácidos grasos con segunda derivada para fruto entero en cosecha y mesocarpo en consumo, variedad: 'Mejía'. Puerto Rico, 2017.

b. Análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés)

Una vez se determinó el pretratamiento que dio diferencias sustanciales y reducción del ruido de los espectros (segunda derivada), se realizó el análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) para visualizar la dispersión de los datos y verificar la existencia de agrupamientos de acuerdo a secciones o partes del fruto en los diferentes estados de maduración.

En este estudio se observó que se formaron tres grupos de dispersión para las tres variedades de aguacate analizadas ('Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía') en diferentes estados de madurez (Figura 56), exocarpo (Figura 57), mesocarpo (Figura 58) y semilla (Figura 59) comparadas con los ácidos grasos estándares. Se ubicó en el primer grupo los frutos de aguacate, en el segundo grupo los ácidos grasos oleico y linoleico y el tercero grupo los ácidos grasos palmítico y esteárico. Este agrupamiento distante de los ácidos grasos estándares con alto grado de pureza (>90%) con respecto a los frutos de aguacate, se puede atribuir a lo explicado por Theng et al. (2016) y Bressani et al. (2009) donde el porcentaje de ácidos grasos varió dependiendo de la parte del fruto que se analizó. Estos autores reportaron que el mesocarpo presentó mayor contenido de lípidos, alrededor de 15%, mientras que en la semilla fue de 2%. Según Martínez et al. (1992) este porcentaje de lípidos corresponde a varios ácidos grasos en diferentes proporciones: oleico, palmítico, linoleico, linolénico, esteárico, araquidónico entre otros. Romero et al. (2012) señalan que el contenido de ácidos grasos varía dependiendo del grado de madurez del fruto y la variedad de aguacate.

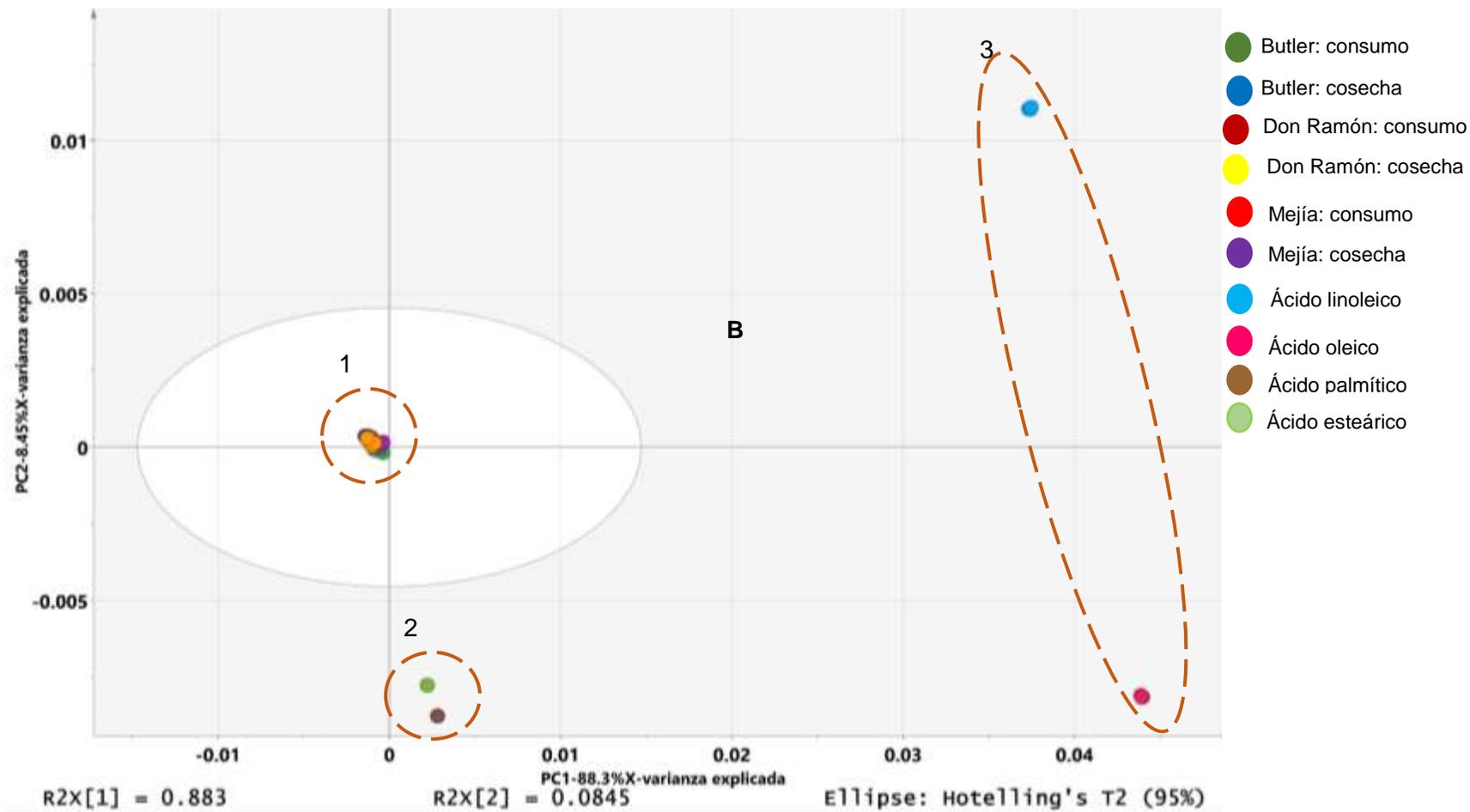


Figura 56. Análisis de componentes principales en dos estados de madurez del fruto en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.

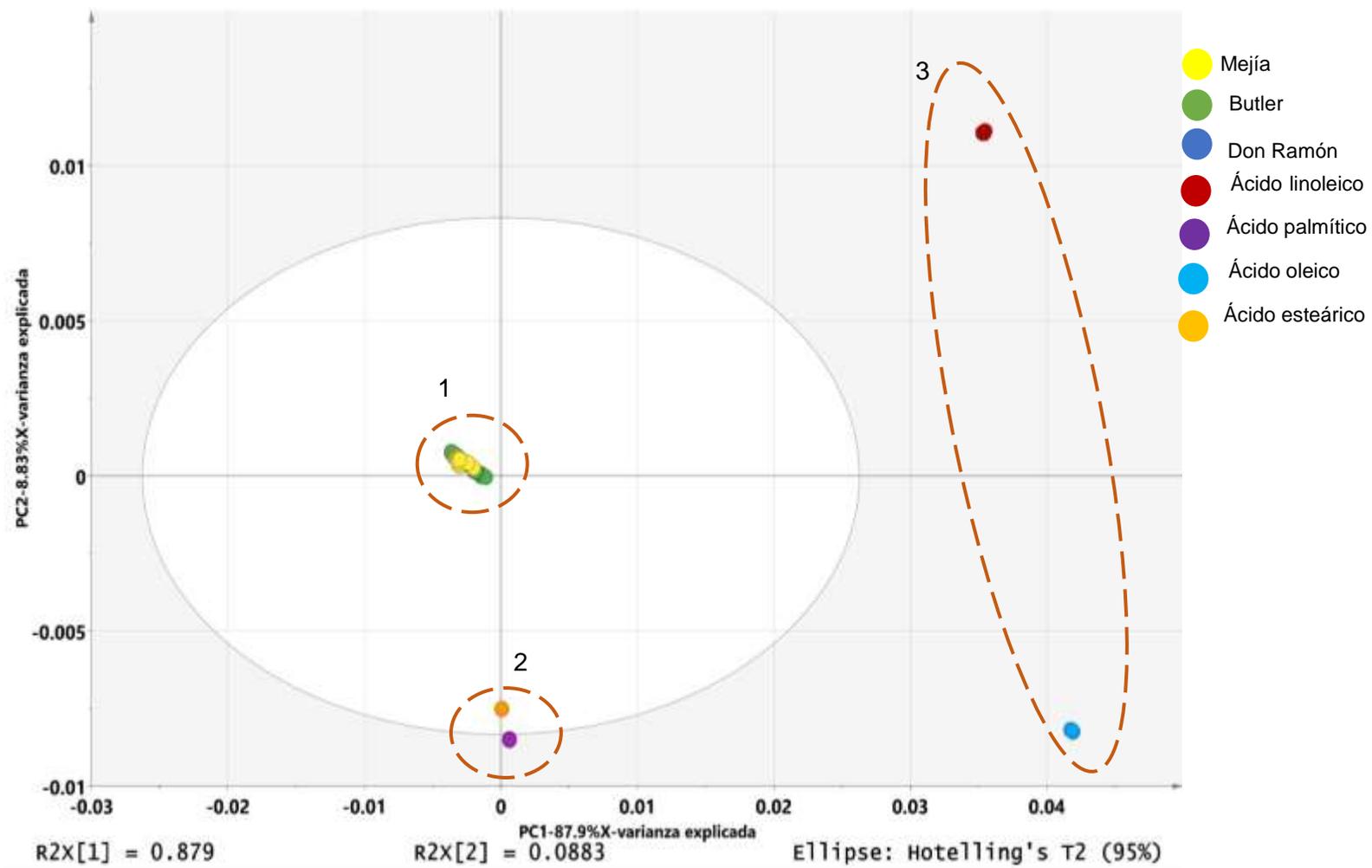


Figura 57. Análisis de componentes principales del exocarpo en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.

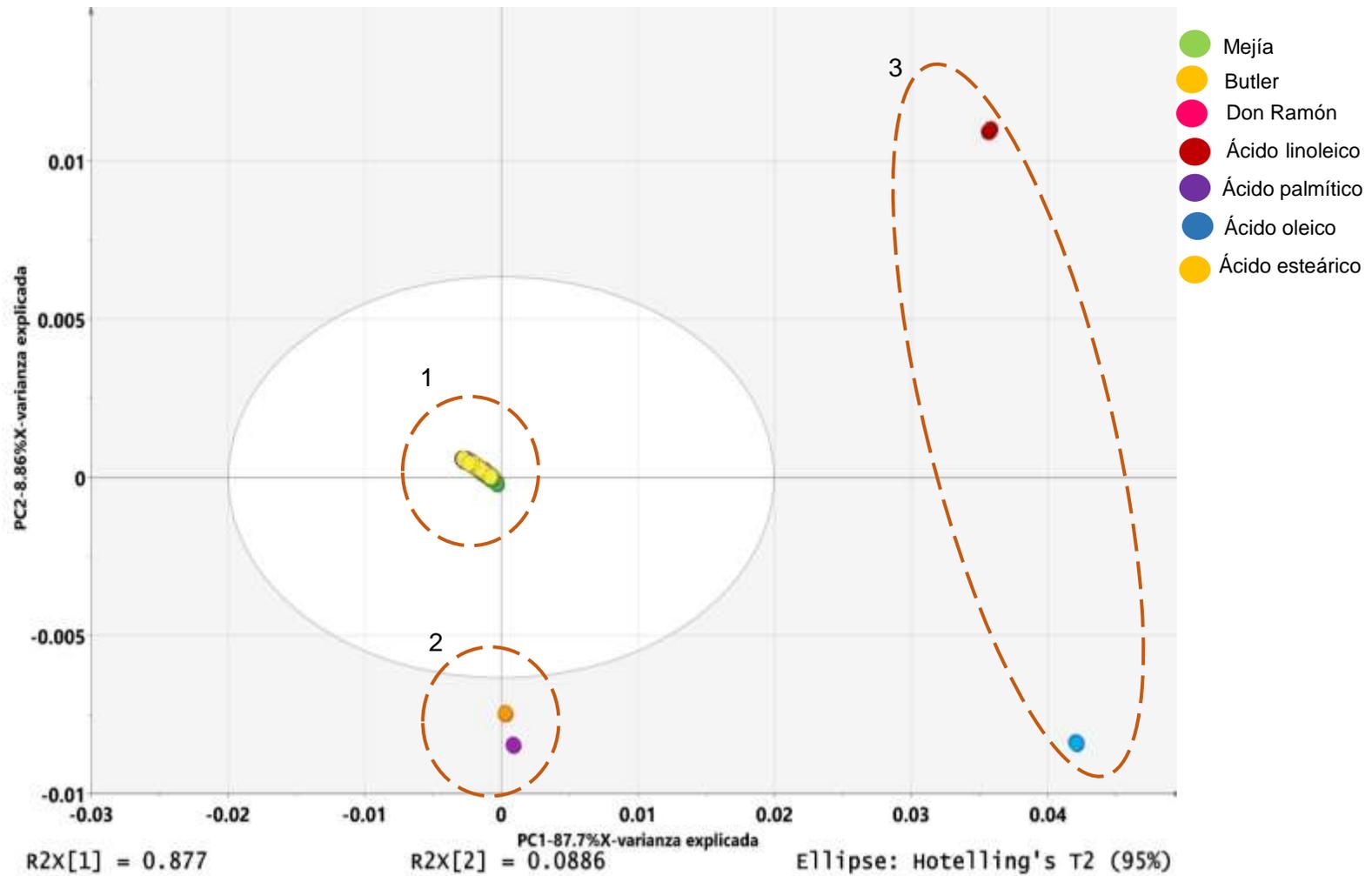


Figura 58. Análisis de componentes principales del mesocarpio de tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.

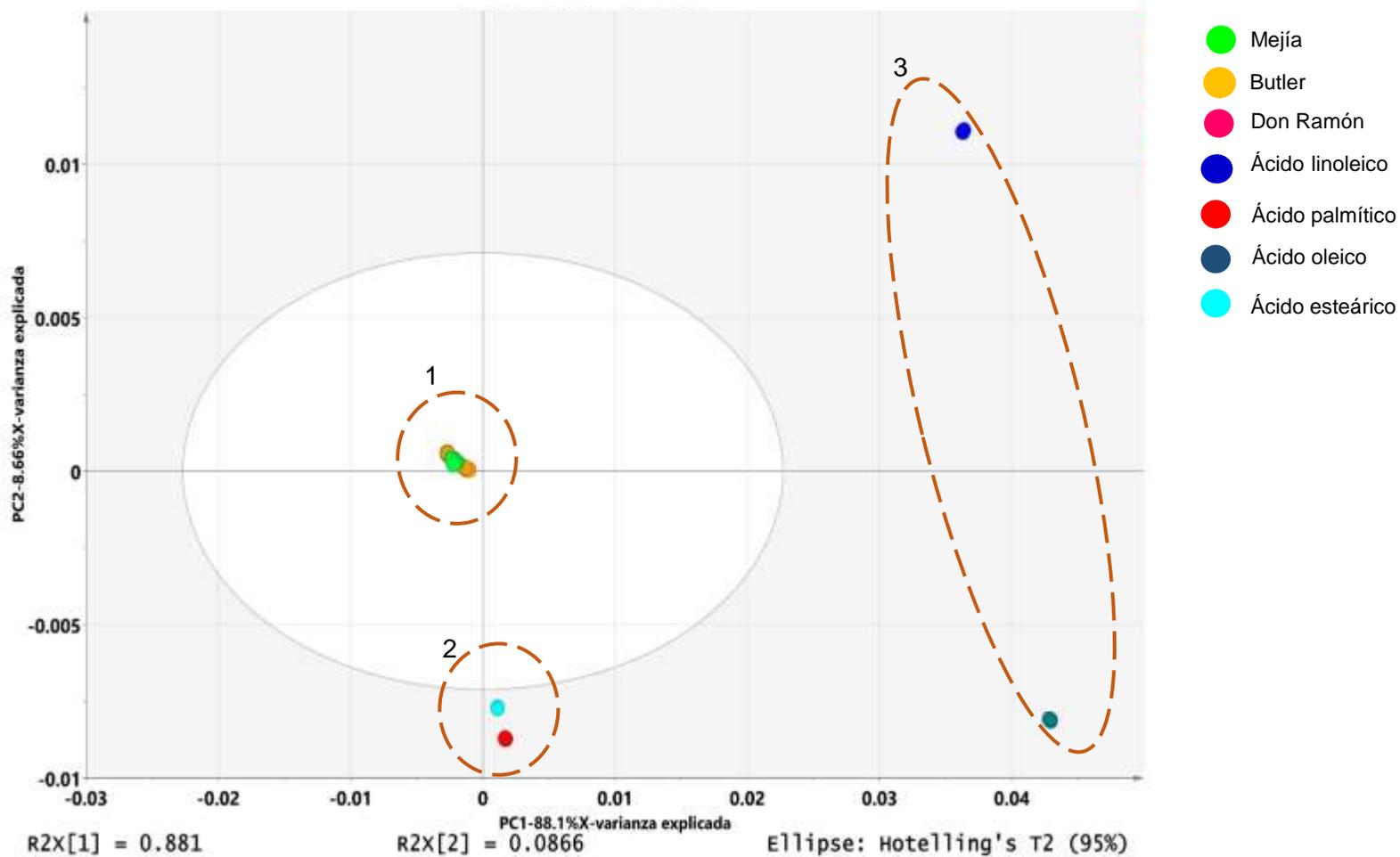


Figura 59. Análisis de componentes principales de semilla en tres variedades de aguacate y ácidos grasos estándares en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). 1,2 y 3: grupos de agrupamiento. Puerto Rico, 2017.

Con esta diferencia marcada del contenido de ácidos grasos presente en un fruto y los estándares, se procedió a evaluar únicamente los frutos de aguacate, todas las partes del fruto mostraron presencia de lípidos debido a la generación de bandas espectrales correspondientes a los enlaces C-H: 5627.63 cm^{-1} , C=O+C-H: 5700.91 cm^{-1} - 5739.49 cm^{-1} y $\text{CH}_2+\text{CH}_3+\text{CH}$: 5805.06 cm^{-1} - 5850.00 cm^{-1} (Matejka, 2011). Al analizar mediante PCA cada una de las partes y estados de maduración del fruto en las secciones: apical, ecuatorial y basal no se obtuvieron agrupamientos claros para las tres variedades. Bolaños (2016), manifiesta que al no existir separaciones entre productos analizados se asocia el parecido en compuestos químicos y posiblemente propiedades físicas. Para las tres variedades 'Butler', 'Don Ramón' y 'Mejía' ocurrió lo mismo en cuanto a los dos estados de estado de madurez del fruto (Figura 60) y en cada una de las partes del fruto: exocarpo (Figura 61), mesocarpo (Figura 62) y semilla (Figura 63).

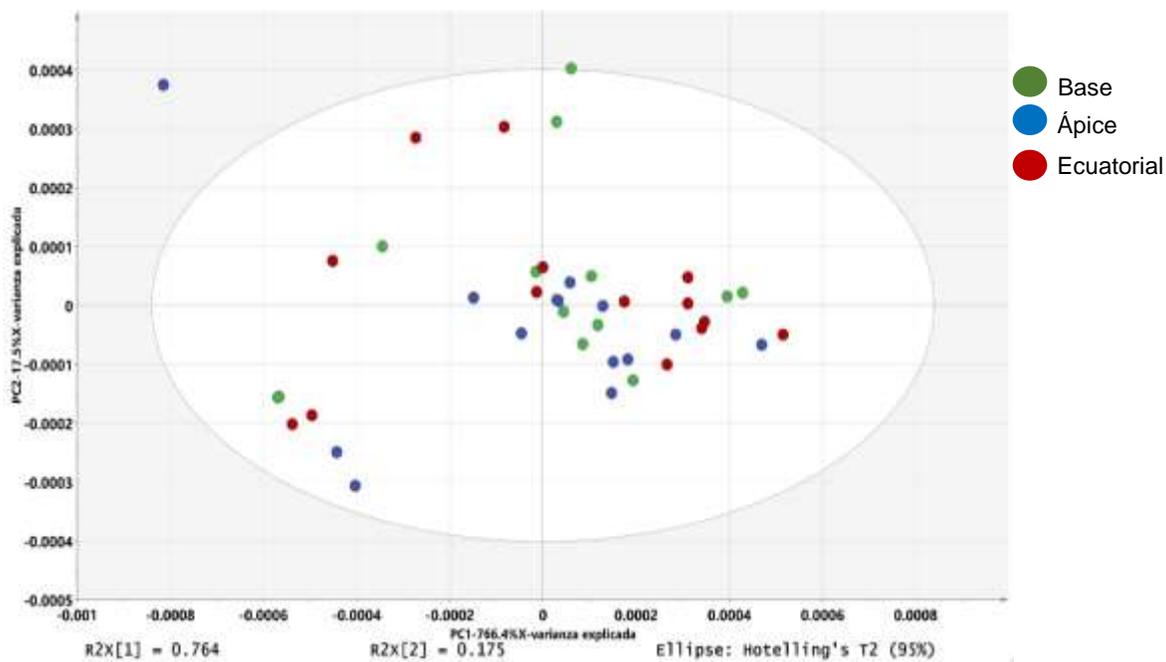


Figura 60. Análisis de componentes principales en diferentes secciones de fruto entero en madurez de cosecha: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

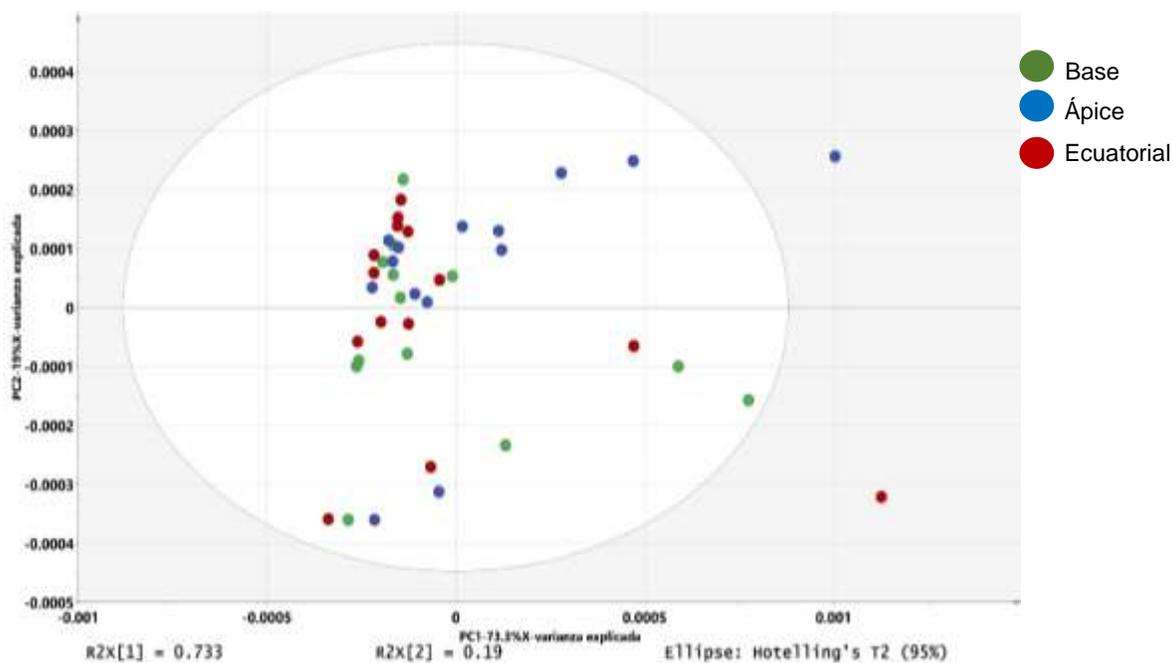


Figura 61. Análisis de componentes principales en diferentes secciones del exocarpo: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía' en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

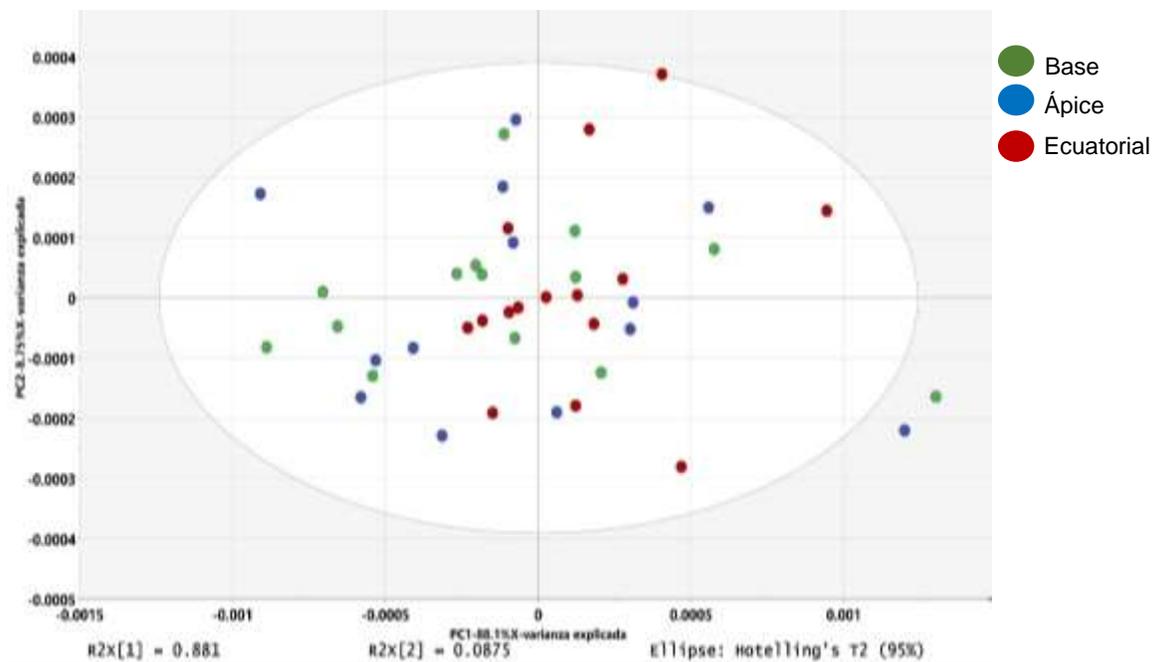


Figura 62. Análisis de componentes principales en diferentes secciones del mesocarpo: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

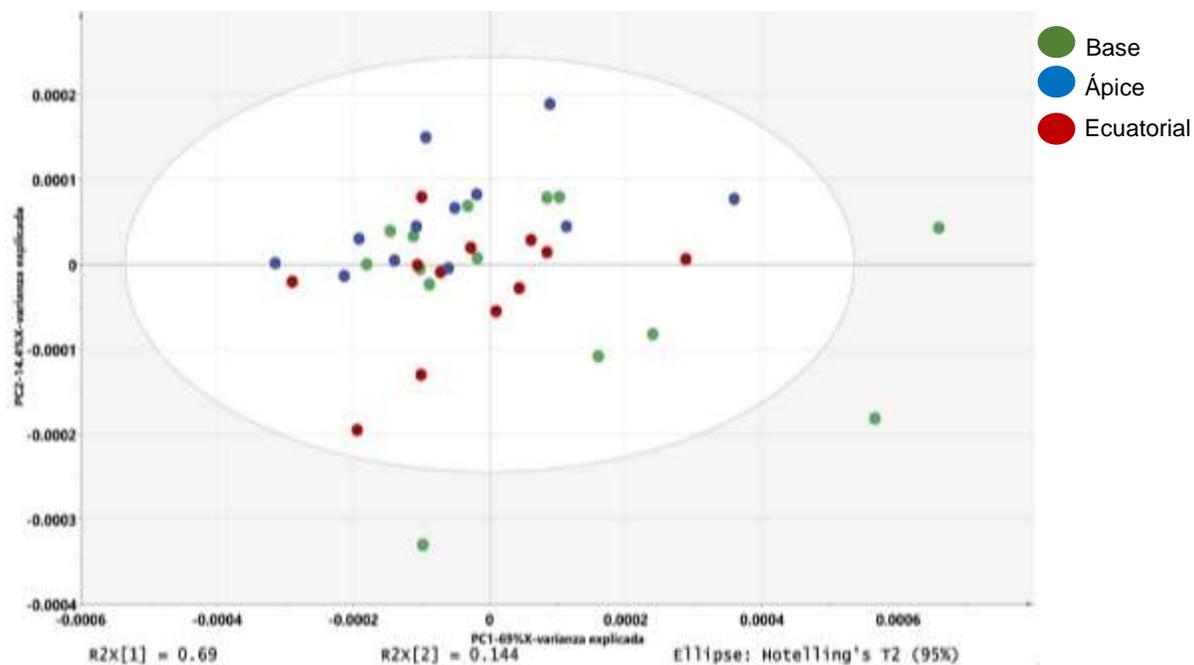


Figura 63. Análisis de componentes principales en diferentes secciones de la semilla: apical, ecuatorial y basal en la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

Extendiendo el análisis se comparó cada una de las partes y estados de madurez de los frutos de aguacate en cada variedad, y se observó el agrupamiento por cada parte examinada, donde el mayor distanciamiento se dio con relación del mesocarpo al exocarpo, semilla y estados de madurez (cosecha y consumo) en las tres variedades 'Butler' (Figura 64), 'Don Ramón' (Figura 65) y 'Mejía' (Figura 66). Bressani et al. (2009) en su estudio en aguacate variedad 'Hass', encontraron que el mayor porcentaje de ácidos grasos se dio en el mesocarpo (15%), y no en la semilla (2%).

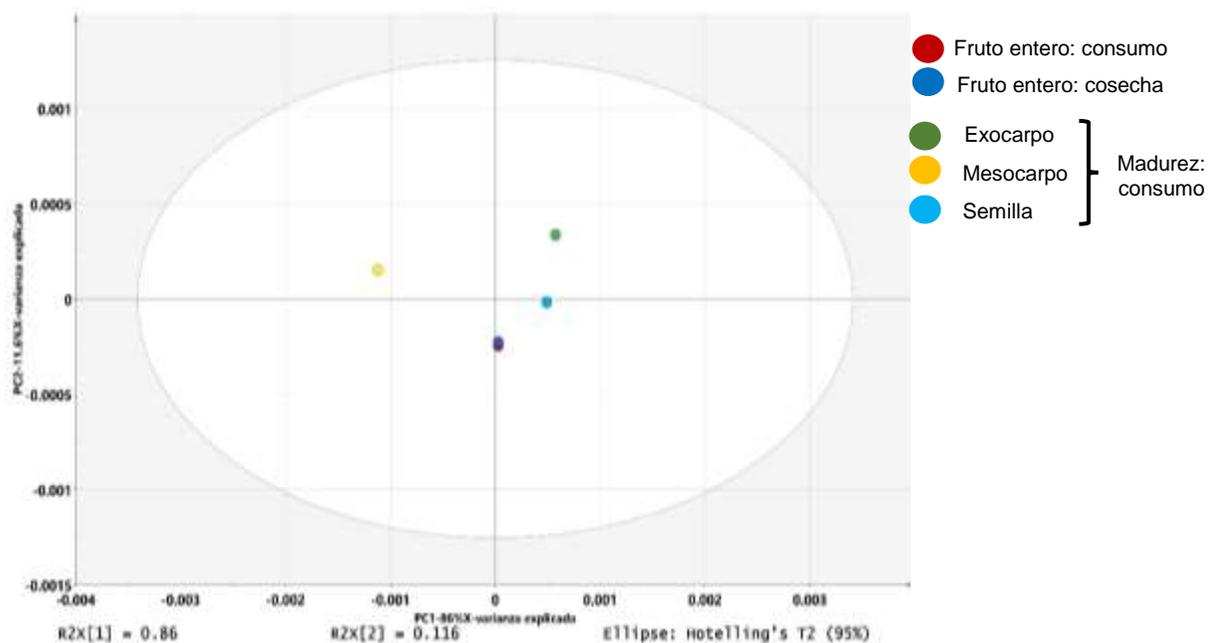


Figura 64. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo en la variedad 'Butler', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

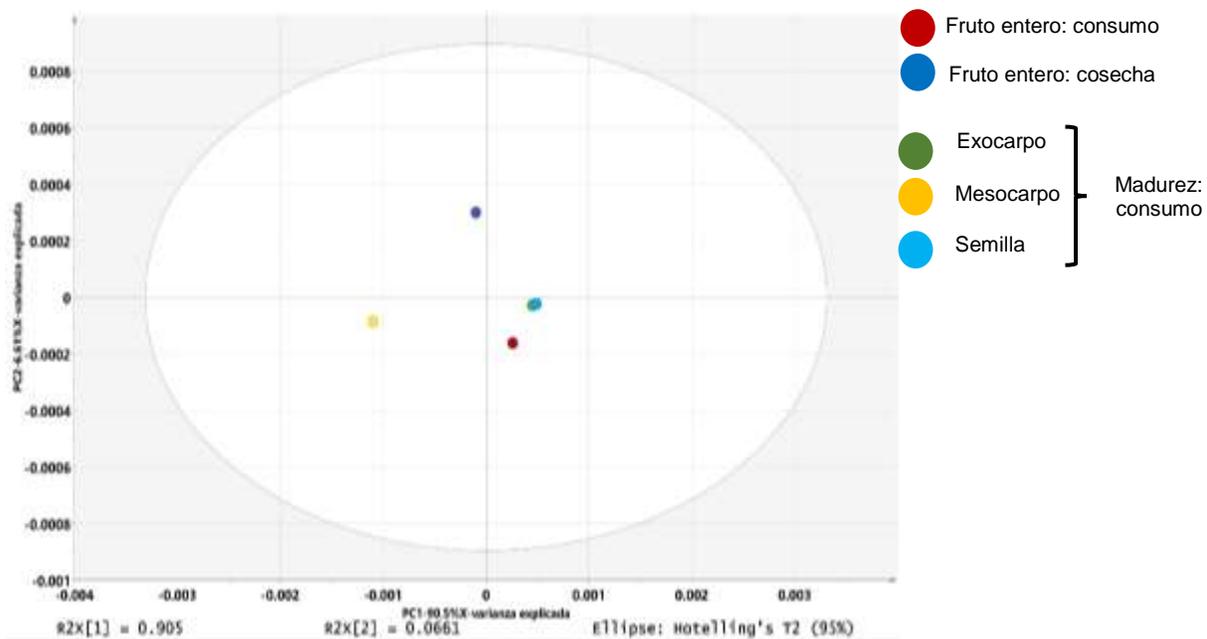


Figura 65. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo en la variedad 'Don Ramón', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

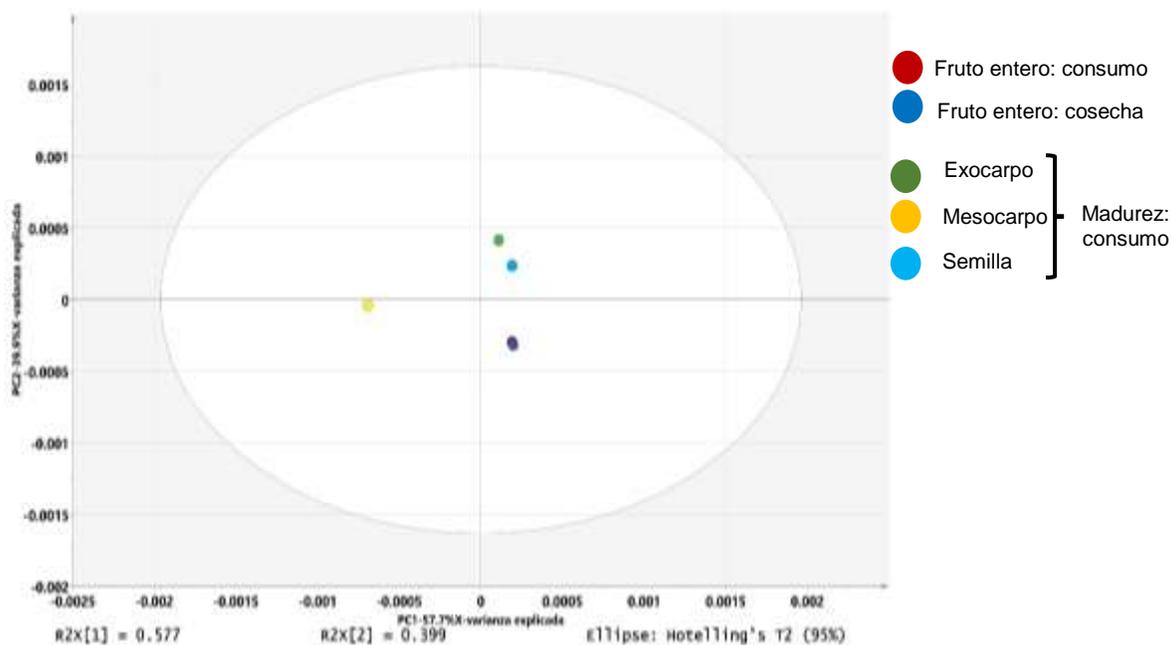


Figura 66. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo, semilla, madurez de cosecha y consumo de la variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

De igual manera, se analizaron las diferentes partes del fruto en estado de madurez de consumo, en donde se observó dos agrupamientos, el primero conformado por el exocarpo y la semilla, mientras que el segundo grupo fue el mesocarpo en las tres variedades 'Butler' (Figura 67), 'Don Ramón' (Figura 68) y 'Mejía' (Figura 69). Estos resultados se asemejan a lo reportado por Bressani et al. (2009), al evaluar el porcentaje de ácidos grasos en mesocarpo y semilla de frutos de aguacate variedad 'Hass', encontrando que el mesocarpo tuvo mayor porcentaje (13%) respecto a la semilla (2%). También, Theng et al. (2016) sostienen que la concentración de ácidos grasos puede variar dependiendo de las partes del fruto.

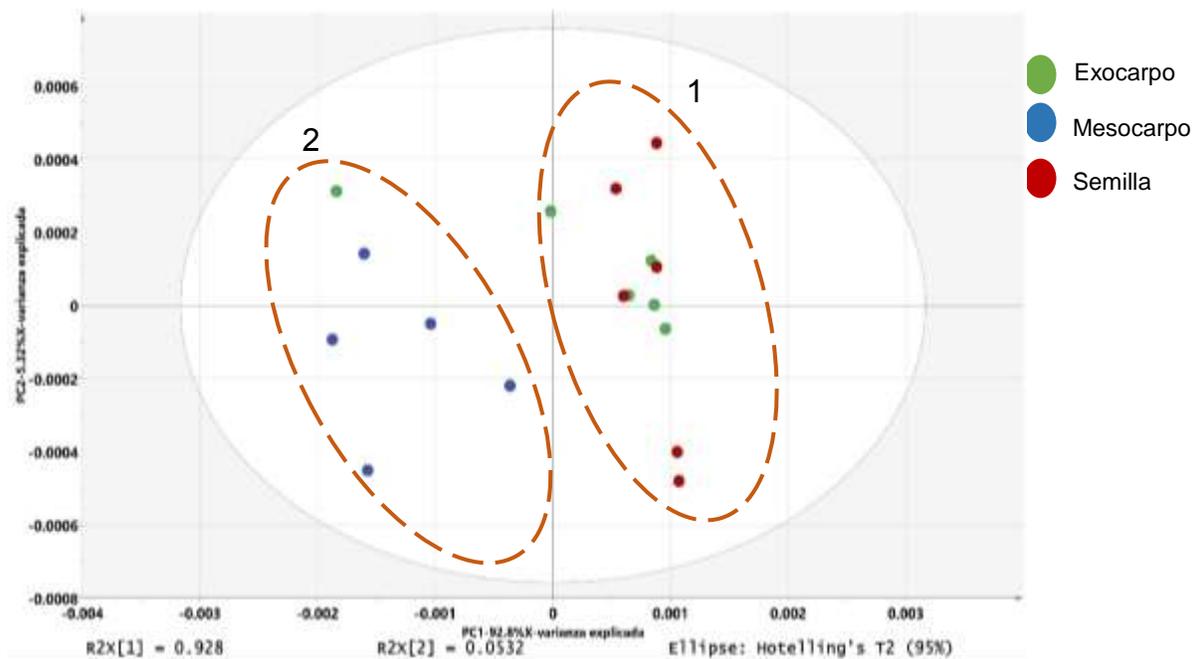


Figura 67. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Butler', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

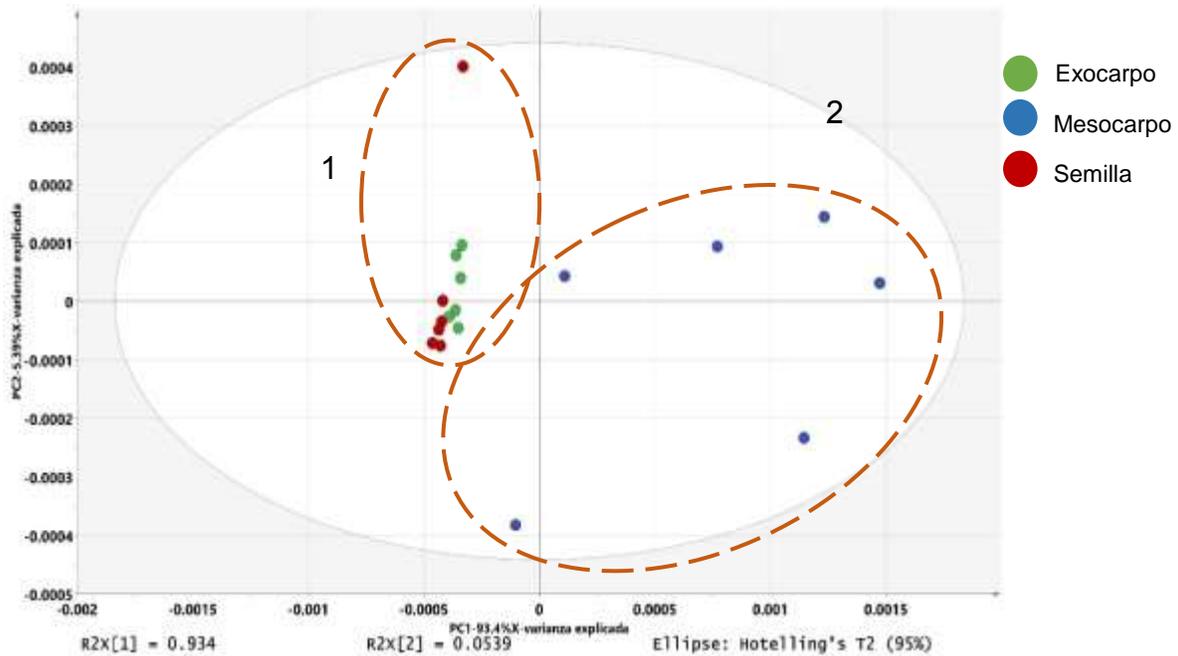


Figura 68. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Don Ramón', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

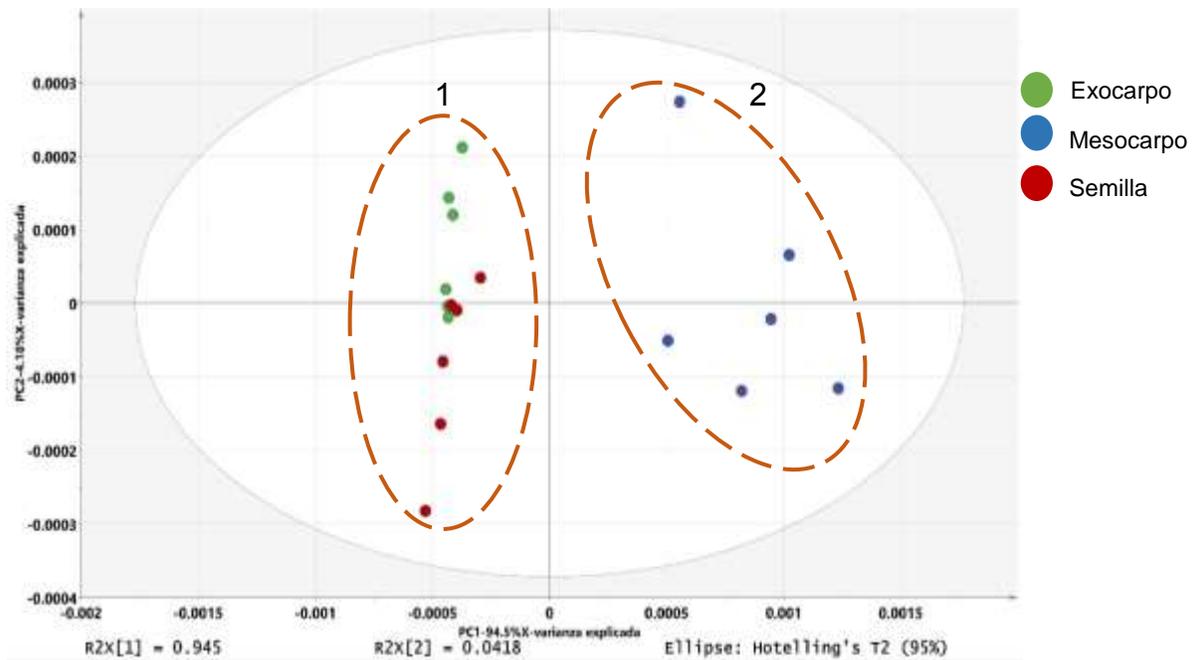


Figura 69. Análisis de componentes principales del exocarpo, mesocarpo y semilla variedad 'Mejía', en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

En base al distanciamiento entre el mesocarpo y las otras partes del fruto expuesto anteriormente, se comparó el fruto entero en estado de madurez de cosecha, consumo y mesocarpo. Del análisis de componentes principales, se observó que el fruto entero en madurez de cosecha y de consumo fueron similares debido a la formación de un solo grupo (1) para las tres variedades 'Butler' (Figura 70), 'Don Ramón' (Figura 71) y 'Mejía' (Figura 72). Esto podría deberse a la condición física que ejerce el grosor del exocarpo oscilando en promedio en las tres variedades de 0.12 ± 0.02 cm y la distancia de la fibra óptica con respecto al fruto fue alrededor fue de 0.01-0.02 cm. Según Bolaños (2016) tanto las condiciones físicas y separación de la fibra con respecto a la muestra, afecta a la cuantificación de absorbancia por lo que causa variación entre los mismos grupos de aceites.

Entonces, en el otro grupo (2) correspondió al mesocarpo en estado de madurez de consumo, esta tendencia se mostró en las tres variedades evaluadas, de ahí que, Campos et al. (2011), Olaeta et al. (2007) y Ozdemir y Topuz (2003) señalan que depende de la fase de desarrollo del aguacate para la mayor o menor concentración de ácidos grasos, además que el mesocarpo es la región con mayor abundancia de los mismos (Bressani et al., 2009).

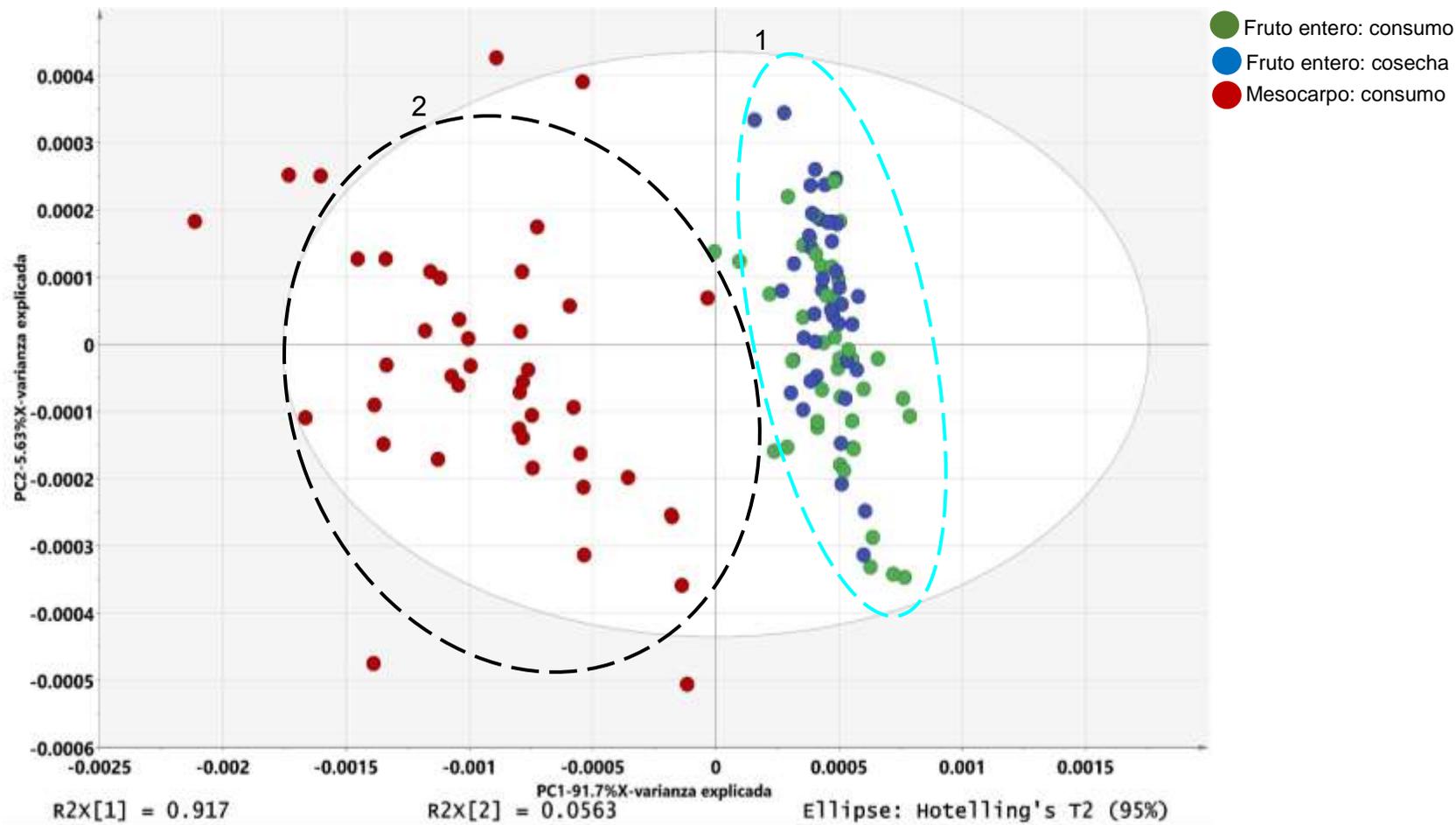


Figura 70. Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Butler' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo en tres variedades de aguacate en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

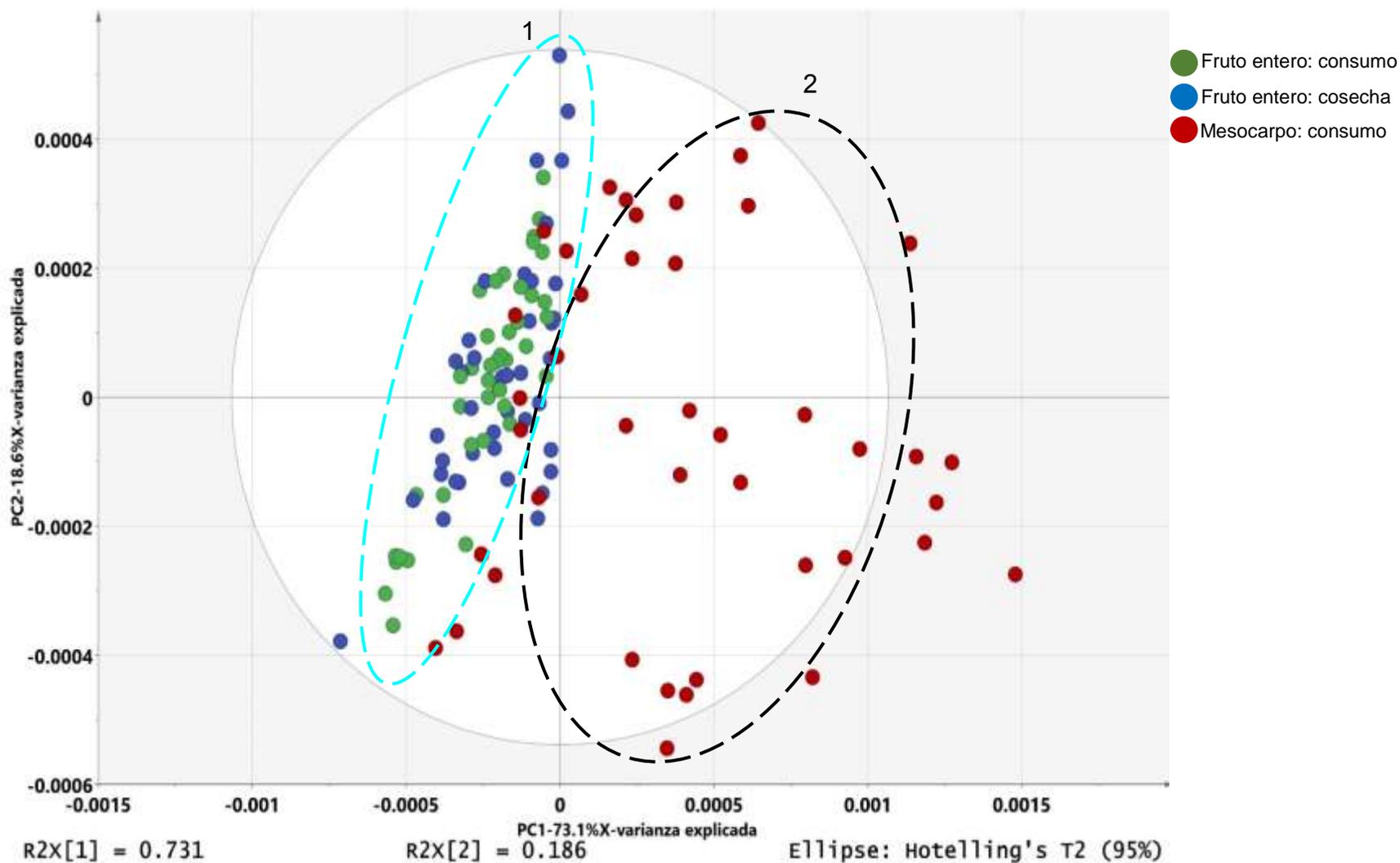


Figura 71. Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Don Ramón' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo, en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

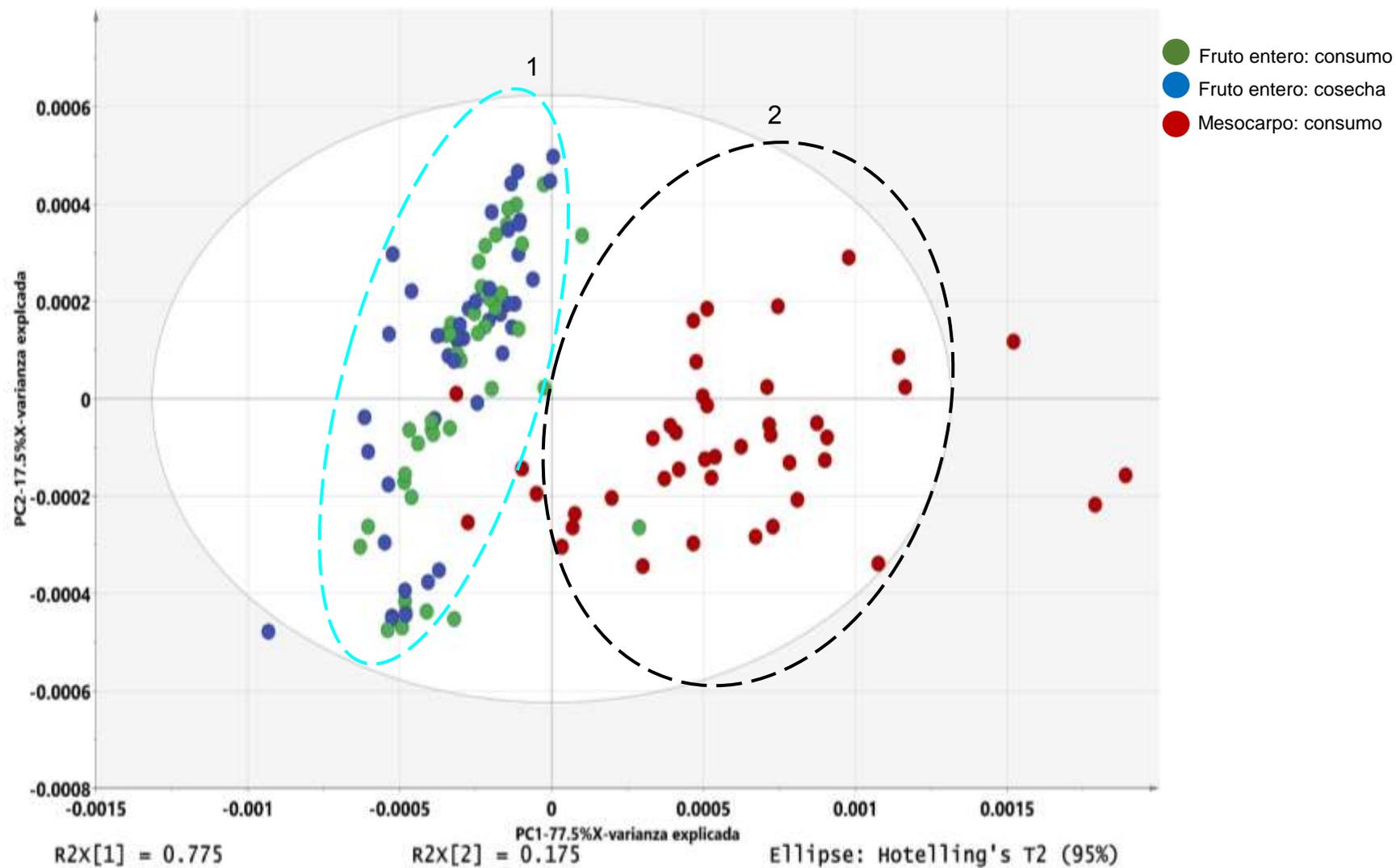


Figura 72. Análisis de componentes principales mostrando diferente agrupamiento entre el fruto entero variedad 'Mejía' en madurez de cosecha, consumo y mesocarpo, en la región espectral de 6141 a 5462 cm^{-1} , con segunda derivada 19 puntos (pre-tratamiento). Puerto Rico, 2017.

6. CONCLUSIONES

- 6.1. La variedad 'Don Ramón' tuvo la época más temprana de cosecha en los dos años de estudio (2015 y 2016) que fue de junio a agosto. 'Don Ramón' también fue la primera variedad en presentar flores (febrero), seguido de 'Butler' (cosechado durante los meses de agosto a octubre) y finalmente 'Mejía' (que se cosechó entre los meses de agosto a septiembre). 'Don Ramón' produjo los frutos más grandes y pesados, y tuvo la mayor productividad mercadeable.
- 6.2. En las tres variedades, a medida que aumentó el número de flores en el árbol, aumentó la población de trípodos.
- 6.3. La mayoría de trípodos colectados de acuerdo a la identificación morfológica fueron del género *Frankiniella* y de la especie *bruneri*. Este insecto ha sido reportado alimentándose de las flores de varios cultivos en El Caribe, incluyendo Puerto Rico.
- 6.4. *Pseudacysta perseae* ataco las hojas de las tres variedades, siendo la variedad 'Butler' la que tuvo el mayor número de individuos por hoja.
- 6.5. Los panelistas indicaron mayor aceptación (apariencia general y aroma) por 'Don Ramón' y 'Butler', pero al saborear la pulpa les pareció que 'Don Ramón' y 'Mejía' tenían mejor sabor que 'Butler'.

- 6.6.** Los panelistas estarían dispuestos a pagar el mismo valor por 'Don Ramón' y 'Mejía' superando en 25% a 'Butler'. La mayoría de los panelistas expresaron que basados en la apariencia del fruto entero, 'Don Ramón' era su primera opción de compra.
- 6.7.** Se verificó la capacidad de la técnica de espectrometría de infrarrojo cercano (NIR) para identificar la región de los ácidos grasos en las tres variedades de aguacate sin extracción por técnicas tradicionales. Un análisis de componentes principales reflejó diferencias entre los espectros de ácidos grasos del mesocarpo en madurez de consumo comparado con el fruto entero en madurez de cosecha.

7. RECOMENDACIONES

- 7.1. Determinar parámetros como contenido de aceite, materia seca y firmeza en el momento de la cosecha y correlacionarlas con atributos de calidad, para establecer un momento adecuado de recolección del fruto en los huertos.
- 7.2. Identificar los trípidos en el follaje de cada variedad, para analizar la frecuencia de aparición en cada una de ellas y diseñar estrategias para su manejo.
- 7.3. Estudiar la relación que pudiera existir entre la presencia en el follaje de trípidos y *Pseudacysta perseae* Heidemann. Establecer además del nivel de daño que ocasiona cada plaga a las diferentes variedades.
- 7.4. Conducir paneles sensoriales en las diferentes zonas de Puerto Rico, con un número grande de consumidores, que permita estimar el grado de aceptación de cada variedad comercial disponible en Puerto Rico. Adicionalmente, efectuar un panel sensorial con panelistas entrenados en características específicas en aguacate.
- 7.5. Para cada variedad de aguacate cuantificar los ácidos grasos mediante otro método analítico, con el propósito de conocer con precisión el porcentaje de los mismos. Esto permitiría, validar la técnica de infrarrojo cercano.

- 7.6.** Continuar con esta investigación en términos de caracterización molecular, para asociar la descripción fenológica y genética a fin de ubicarlas en el clado correspondiente a cada variedad estudiada.

8. LITERATURA CITADA

- Acevedo, I., García, O., Contreras, J, Acevedo, I. 2009. Elaboración y evaluación de las características sensoriales de un yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña. *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 442 -448. p. 442 – 448.
- Acosta, E., Hernández, I., Almeyda, I. 2012. Evaluation of Creole avocados in Nuevo León, Mexico: southern región. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.3 Núm.2, 1 de marzo - 30 de abril, 2012 p. 245-257.
- Ahmed, D., Yousef, A., Hassan, H. 2010. Relationship between electrical conductivity, softening and color of Fuerte avocado fruits during ripening. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2010, 1(5): 878-885
- Alcaraz, M., Hormaza, J. 2009. Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill.) Implicaciones para la optimización del cuajado. Tesis Doctoral de la Universidad de Málaga. Es. p. 1-263.
- Almaguel, L., Blanco, E., Suárez, P., De la Torre, P., Cáceres, I., Nieves, C., Márquez, M., Blanco, L. 1997. Control de la chinche del aguacate (*Pseudocysta perseae* (Heidemann)) en ciudad de La Habana. *Fitosanidad*. No. 3194. p. 69 – 74.
- Álvarez, O., Estrada, D., Sagüi, J., Ayala, G. 2010. Caracterización morfológica de flor y fruto de los cultivares de jocote *Spondias purpurea* L. presentes en el Departamento de Chiquimula. Tesis para optar po el grado de Ingeniero agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 1 – 166.
- Alvis, A., Villada, H., Villada, D. 2008. Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del ñame (*Dioscorea alata*). *Información tecnológica* 19, 19-26.
- Amórtegui, I., Capera, Edgar., Godoy, J. 2001. El cultivo de aguacate. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Prohaciendo. Siembran la semilla del desarrollo. Colombia. p. 1-49.
- Ascención, G., Bravo, H., González, H., Johansen, R., Becerril, E. 1999. Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate cv. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 291 – 296.
- Ashworth, V., Clegg, M. 2003. Microsatellite Markers in Avocado (*Persea americana* Mill.): Genealogical Relationships Among Cultivated Avocado Genotypes. *J Hered* 2003; 94 (5): 407-415. doi: 10.1093/jhered/esg076
- Atencio, R., Quiroz, D., Medianero, E. 2007. Análisis de comunidades del orden Thysanoptera en plantas cucurbitáceas de Panamá. Universidad de Panamá. Tesis sometida para el grado de Maestro en Ciencias en Entomología. p. 1-121.

- Arévalo, M. 2013. Determinaciones cuantitativas en naranja mediante tecnologías NIRS. Tesis presentada por el grado de Máster en Tecnología y calidad en las industrias alimentarias. Universidad Pública de Navarra. España. p. 1-67.
- Aris, Y., Wulandari, P., Ahmad, U., Mardjan, S., Makino, Y., Oshita, S., Kawage, Y., Kuroki, S. 2013. Non-Destructive Prediction of pH in Mango Fruits cv. Gedong Gincu Using NIR Spectroscopy. International Journal of Engineering and Technology IJET-IJENS Vol:13 No:03. 70 – 73.
- Arpaia, M., Focht, E., Crowley, M., Bates, L., Manor, W., Clegg, M. 2007. Enhancement of Avocado Productivity. Plant Improvement: Selection and Evaluation of Improved Varieties and Rootstocks. Breddigs, Varieties and genetics. California Avocado Commission. Produccion Research Report. p. 1-9.
- Arpaia, M., Menge, J. 2004. Mejoramiento de la productividad de palto. Mejoramiento de plantas: selección y evaluación de variedades y portainjertos mejorados. 2° seminario internacional de paltos. 29 septiembre – 1 octubre, 2004. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda.Quillota, Chile. p. 1-8.
- Avilán, L., Soto, E., Pérez, M., Marín, C., Rodríguez, M., Ruíz, J. 2009. Behavior phenological of the antillean race of avocado in coastal region Centro-Norte of Venezuela. Agronomía Trop. 59(1): 5-14.
- Avilán, L., Soto, E., Pérez, M., Marín, C., Rodríguez, M., Ruíz, J. 2005. Comportamiento fenológico híbridos guatemalteca por antillana de aguacate en la región centro-norte costera de Venezuela. Agronomía Trop. 55(4): 535-551.
- Ayala, T., Schnell, R., Winterstein, M. 2007. Phenotypic characterization of commercial and rootstock avocado varieties. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Barrientos, A., López, L. 1992. Study of avocado history and genetic. IV. findings in the Mexican Gulf region. Proc. of Second World Avocado Congress II: 100 - 121.
- Bedier, A., Matyssek, R., Treutter, D., Meyer, J., Knoche, M. 2014. Studies on Non-destructive Detection of Fruit Maturity and on Postharvest Physiology of European Plum (*Prunus domestica* L.). Tesis sometida para la obtención del grado de Doctor en Filosofía. Universidad de Tecnología de Múnich. p. 1-157.
- Beinroth, F., R. Engel, J. Lugo, C. Santiago, S. Ríos, and G. Brannon. 2002. Updated taxonomic classification of the soils of Puerto Rico. Bulletin 303. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. College of Agricultural Sciences Agricultural Experiment Station. San Juan, Puerto Rico. 38 p

- Ben-Ya`acov, A., Buffler G., Barrientos, A., De la Cruz, E., López, I. 1992. A study of avocado germoplasm resources. 1988-1990. I. General description of the international project and its findings. Proc. of Second World Avocado Congress. 535-541.
- Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., Astiasarán, I. 2012. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. Food Chemistry 132: 439–446.
- Bernal, J., Díaz, C., Tamayo, A., Córdoba, O., Londoño, M., Londoño, M. 2008. Tecnología para el Cultivo del Aguacate. CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 5. 242 p.
- Biao, L., Ying, H. 2014. The experimental analysis of how the consumer value formed. Studies in Sociology of Science. Vol. 5, No. 4, 2014, pp. 33-37. DOI:10.3968/5916
- Bill, M., Steyn, W., Theron, K., Ungerer, F. 2012. Advancing harvest maturity and improving storability of 'Triumph' Persimmons. Tesis sometida para la obtención del grado de Maestro en Ciencias. Universidad de Stellenbosh. p. 1 – 128.
- Bolaños, J. 2016. El método NIR combinado con el análisis quimiométrico PLS-da para determinar la adulteración del aceite de oliva con aceite de girasol. Revista Pensamiento Actual - Vol 16 - No. 26, 163-172.
- Bressani, R., Rodas, B., Silvia, A. 2009. La composición química, capacidad antioxidativa y valor nutritivo de la semilla de variedades de aguacate. Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad del Valle de Guatemala. p. 1-61.
- Cabrera, I., Martínez, S. 2001. Susceptibilidad a insectos en selecciones y variedades de *Annona muricata* y *Persea americana* M en Puerto Rico. Agronomía Mesoamericana. v 12 (1): 99 – 103.
- Cabrera, C., Olivero, S., Delgado, M., González, J., Pérez, J. 2000. Determinación de las coordenadas CIELab y otros parámetros influyentes en el color en vinos tintos de las Islas Canarias. Jornadas Técnicas Vitivinícolas Canarias. Es. p. 1-9.
- Cajamar ADN Agro. 2014. Parámetros de calidad externa en la industria agroalimentaria. Fichas de transferencia. N° 3. p. 1 -12. Disponible en: <http://www.fundacioncajamar.es/pdf/bd/comun/transferencia/003-calidad-externa-1401191044.pdf>
- Cajuste, J., López, L., Meza, J. 2001. Fruit quality evolution of two avocado selections (Aries and Ariete) through their physical attributes. Disponible en: http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_044-054.pdf
- Campos, E., SantaCruz, U., Florez, M., Rivera, G., Rodríguez, J. 2011. Dinámica de la acumulación de ácidos grasos en aguacate (*Persea americana* Mill.) selección

'Méndez'. Proceedings VII World Avocado Congress 2011 (Actas VII Congreso Mundial del Aguacate 2011). Cairns, Australia. 5 – 9 September 2011.

Canto, M. Sargent, S., Huber, D., Brecht, J., Sims, C., Crane, J., Moretti, C. 2010. Ripening, volatiles and sensory attributes of West Indian and Guatemalan-West indian hybrid avocados as affected by 1-methylcyclopropene and ethylene. Tesis sometida para la obtención del grado de Doctor en Filosofía Universidad de Florida. p. 1 -213.

Carbonell, E., Méndez, A., Alarcón, L. 2013. Entomofauna fitófaga asociada seis gramíneas pratenses en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Las Tunas. Tesis sometida para la obtención de Máster en Pastos y forrajes. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". p. 1-70.

Caro, N. 1998. Estudios de índices de madurez en frutos de palto (*Persea americana* Mill.) var. Hass en distintas localidades de Chile. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 58p.

Casassa, F., Sari, S. 2006. Aplicación del Sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales (*). Revista Enología N°III. Noviembre-diciembre. p.1-10.

Castañeda, E., González, H., Johansen, R., Ochoa, L., Bravo, H., Solís, J. 2003. Control químico de trips en aguacate cv Hass en Coatepec Harinas, Estado de México. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del aguacate). pp. 473 – 475.

Castañón, D., Reyes, R. 2003. Variedad de aguacate para el trópico: Caso Colombia. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 143-147.

Castillo, A., Colinas, M., Ortega, M., Martínez, A. 1995. Fluctuación anual de carbohidratos en aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Colin V – 33. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Colinas_y_Leon/publication/237356872_FLUCTUACION_ANUAL_DE_CARBOHIDRATOS_EN_AGUACATE_Persea_americana_Mill_CV_COLIN_V

Castorena, J., Delgado, R., Robles, R. 2011. Análisis de la pulpa y aceite de aguacate con espectrofotometría infrarroja. Conciencia Tecnológica 42:5–10.

Cavalleri, A., Mound, L. 2012. Toward the identification of *Frankliniella* species in Brazil (Thysanoptera, Thripidae). ISSN 1175-5334. Zootaxa 3270: 1–30.

Cayuela, J., Pérez, C. 2010. Prediction of quality of intact olives by near infrared spectroscopy. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 112:1209–1217.

- Clark, C., McGlone, V., Requejo, C., White, A., Woolf, A. 2003. Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 29: 300-307.
- Chen, H., Morrell, P., Ashworth, V., De la Cruz, M y Clegg, M. 2009. Tracing the Geographic Origins of Major Avocado Cultivars. *Journal of Heredity*. 100: 56-65
- Cornejo, V., Osorio, G., Gallardo, T. 2010. Deshidratación de rebanadas de aguacate variedad *Hass* por el método OSMO-VAC (osmótico -vacío) y evaluación de la calidad del producto. Tesis presentada para la obtención del título Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Correa, S., Freyre, S., Aldana, M. 2011. Morphologic characterization and evaluation of the national collection of germoplasm of camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh, of the INIA Loreto-Peru. *Scientia Agropecuaria* 2:189 – 201.
- Cozzolino, D. 2015. Infrared Spectroscopy as a Versatile Analytical Tool for the Quantitative Determination of Antioxidants in Agricultural Products, Foods and Plants. *Antioxidants* 2015, 4, 482-497; doi:103390/antiox4030482.
- Cozzolino, D. 1998. Aplicación de la tecnología del NIRS para el análisis de calidad de los productos agrícolas. INIA. p. 1-16.
- Crane, J., Balerdi, C., Maguire, I. 2005. Avocado Growing in the Florida Home Landscape. Hoja Informativa CIR 1034. Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. p. 1 -12.
- CTAHR. Colegio de Agricultura Tropical y Recursos Humanos de Hawaii. 2009. What makes a good avocado cultivar good? Universidad de Hawaii y Manoa, Fruits and Nuts. Mar 1999. F y N-1. p. 1 – 7.
- Chávez, P., Ruíz, S., Balderas, J., Castro, L. 2011. Evaluación antioxidante y antimicrobiana en extractos de residuos de aguacate. Instituto Tecnológico de Sonora. México. p. 68.
- DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015. El cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.), fruta de extraordinarias propiedades alimenticias, curativas e industriales (Primera parte). Núm.40. p. 1-15. Disponible en:
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_oct_2015.pdf
- De la Torre, P., Almaguel, L., Blanco, E. 1997. Daños, distribución y enemigos naturales de la chinche de encaje del aguacate *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Hemiptera: Tingidae). *Fitosanidad*. 65 – 67.

Deliza, R. and Macfie, H. 1996. The generation of sensory expectation by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings: A review. *Journal of Sensory Studies* 11(2):103 - 128. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1996.tb00036.x

Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Estadísticas de frutales para 2013-2014. Marzo 6, 2016. Disponible en: <http://www2.pr.gov/agencias/Agricultura/estad%C3%ADsticas/Documents/Estad%C3%ADsticas/IBA%202009-2014%20final.pdf>

Díaz, C., Morales, P., Romañach, R., Koltermn, D., Garrastazú, S. 2013. Effect of exogenous bio-regulators on organically managed Tahiti lime (*Citrus latifolia* Tanaka) fruit and essential oil productivity and quality. Tesis sometida para el grado de Maestra en Ciencias. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. p. 1 – 109.

Dickson-Pato, I., Temu, A. 2013. Assessment of consumer acceptance and willingness to pay for induced quality attributes in processed cassava leaves products in Morogoro Municipality. Tesis para la obtención del grado de Master en Ciencias. Universidad de Agricultura. p. 1 – 94.

Di Rienzo, J. F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez... 2011. - Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 2011

Dixon, J., Pak, H., Smith, D., Emsly, T., Cutting, J. 2003. New Zelanda avocado fruit quality: the impact of storage temperature and maturity. NZ Avocado growers' association annual research report. Vol 3. p. 48 -53.

Donetti, M., Terry, L. 2011. Postharvest biochemical and physiological characterization of imported avocado fruit. Tesis sometida para el grado de Doctor en Filosofía. Universidad de Cranfield. p. 1 – 310.

Ebadi A, May P, Sedgley M, Coombe BG. 1995. Effect of low temperature near flowering time on ovule development and pollen tube growth in the grapevine (*Vitis vinifera* L.), cvs Chardonnay and Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1: 11–18.

Elmsly, T., Mandemaker, A., Dixon, E., Smith, D., Dixon, J. 2007. Influence of time of day of harvest on 'Hass' avocado ripe fruit quality. *New Zealand Avocado Growers' Association Annual Research Report Vol 7: 91 – 96*

Escribano, S. 2010. Caracterización etnobotánica agro-morfológica, sensorial, físico-química, nutricional y molecular de las variedades locales de melón de Villaconejos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. p. 1-448.

Espinosa, C., Valle, S., Ybarra, M., Martinez, T. 2014. Postharvest behavior of 'Hass' avocado fruit affected by temperature and microperforated based-modified atmosphere. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (3): 235 - 242, 2014.

- Estrada, Y., Lescay, E., Vázquez, Y., Celeiro, F. 2012. Variabilidad genética y correlaciones fenotípicas en germoplasma de tomate (*Solanum lycopersicum* L). Revista Granma Ciencia. Vol. 16, no. 2 mayo - agosto 2012 ISSN 1027-975X
- Everett, K., Rees, J., Pushparajah, I., Manning, M., Fullerton, R. 2010. Molecular Identification of *Sphaceloma perseae* (Avocado Scab) and its absence in New Zealand Journal of Phytopathology. Volume 159, Issue 2, page 106 – 113. doi: 10.1111/j.1439-0434.2010.01739.
- FAOSTAT. 2016. Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas. Estadísticas de producción mundial de aguacate del año 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO. Organización para la alimentación y la agricultura de las Naciones Unidas. 2013. Norma del CODEX para el aguacate (CODEX STAN 197 – 1995). p. 1 -5. Disponible en: www.fao.org/input/download/standards/321/CXS_197s.pdf
- Feliciano, M, Rivera, L., Wessel, L., Morales, J., Armstrong, A. 2007. Efecto de los daños causados por trípidos (Thysanoptera:Triptidae) en la severidad de *Alternaria allii* y *Acidovorax avenae* subsp. *Citrulli* en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en Puerto Rico. Tesis para el grado de Maestra en Ciencias. Universidad de Puerto Rico. p. 1 – 141.
- Fernández, D., Ruíz, C. 1983. Maduración programada de paltas (frutos de *Persea americana* Mill) cv. Hass. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de Chile. p. 1-126.
- Ferreira E., Raúl y Defilippi B., Bruno (eds.). 2012. Factores de precosecha que afectan la postcosecha de palta Hass. Clima, suelo y manejo. 100 p. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.
- Flitsanov, U., Mizrach, A., Liberzon, A., Akerman, M., Zauberman, G. 2000. Measurement of avocado softening at various temperatures using ultrasound. Postharvest Biology and Technology 20 (2000) 279–286
- Flores, F., Reyes, J., Vásquez, L., Mejía, J. 2014. Caracterización morfológica de colectas de aguacate del sur del estado de México. Tesis para la obtención del grado de Ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma del Estado de México. p. 1 -134.
- Flores, J., Cuarán, F., Beltrán, J. 2013. Estudio fenológico de dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill.) en base a la determinación del tiempo de acumulación de unidades térmicas requeridas para completar los diferentes estados, en dos localidades de la provincia de Pichincha. Tesis sometida para el grado de Ingeniero agropecuario. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. p. 1 – 114.

- Flores, W., Martínez, B., Parada, F., Hernández, M. 2011. Caracterización morfoagronómica in situ de aguacate criollo (*Persea americana* Miller) adaptado a la zona costera de El Salvador y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio. Tesis para optar por Ingeniero agrónomo. Universidad de El Salvador. p. 1-108.
- Furtado, I., André, H. 2014. Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. *Food Science and Nutrition* 2015, 3(2): 129-139.
- Galindo, M., Arzate, A., Ogata, N., Landero, I. 2007. The avocado (*Persea americana*, Lauraceae) crop in Mesoamerica: 10,000 years of history. *Harvard Papers in Botany*, 12, 325:334.
- Gallardo, K., Kupferman, E., Colonna, A. 2011. Willingness to Pay for Optimal 'Anjou' Pear Quality. *Hort Science* 46(3):452–456. 2011.
- Gálvez, L., Peñaloza, P., Oyanedel, E., Castro, M. 2016. Characterization of avocado nurse seed size and seedling development in cv. Esther. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 39 (1): 79 – 85.
- García, J. Ramos, M., Mora, J. 1999. Estructura de la semilla de aguacate y cuantificación de la grasa extraída por diferentes técnicas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 123-128.
- Garner, L., Ashworth, V., Clegg, M., Lovatt, C. 2008. The Impact of outcrossing on yields of 'Hass' Avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133(5):648-652.
- Garner, L. y Lovatt C. 2008. The relationship between flower and Fruit abscission and Alternate bearing of "Hass" avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133(1):3-10
- Gómez, A., He, Y., Pereira, A. 2006. Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using vis-NIR spectroscopy techniques. *Journal of Food Engineering*, 77, 313–319.
- Gómez, V. 2000. Fruit characterization of Venezuelan avocado varieties of medium oil content. *Scientia Agricola*, v.57, n.4, p.791-794, out./dez. 2000
- González, Y., Méndez, A. 2014. Plagas asociadas al cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en un área del estado Aragua, Venezuela. *Fitosanidad*, septiembre, 175-179.
- Gravina, A., Arbiza, H., Arias, M; Ronxa, F. 1997. Estudio de la floración en el tangor Ellendale (*Citrus sinensis* L. Osb x *C. reticulata*) y su relación con el cuajado de frutos y productividad. *Agrociencia*. (1997) Vol 1. NQ 1. Pag. 55-59.
- Gutiérrez, A., Muñoz, J., Barrera, N. 2013. Evaluación de la calidad de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) del banco de germoplasma de Corpoica Palmira. Tesis

sometida para el grado de Magister en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Colombia. p. 1 – 167.

- Gutiérrez, A., Martínez, E., García, A., Aranda, J., Salinas, G. 2006. Estudio de la diversidad genética de aguacate criollo en el estado de Nuevo León. III encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. p. 1-6.
- Guthrie, J., Walsh, K. 1997. Non-invasive assessment of pineapple and mango fruit quality using near infrared spectroscopy. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37, 253–263.
- Guthrie, J., Walsh, K., Reid, D., Liebenberg, C.. 2005. Assessment of internal quality attributes of mandarin fruit. 1. NIR calibration model development. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 405–416
- Henríquez, L., Patiño, J., Salazar, J. 2012. Application of the matrixes engineering on the development of minimally processed Hass avocado (*Persea americana* Mill) with additions of vitamin C and calcium. *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, 2012, pp. 44-54.
- Hermoso, J., Farré, J. 2003. Calidad de fruto en una colección de cultivares de aguacate. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*. Volumen I. Málaga, España. p. 136 – 141. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165634V_Congreso_Mundial_del_Aguacate__Actas_Volumen_I.pdf
- Hernández, J.B., Blanco, G., Linares, B., Hernández, L. Pérez, A. 2004. Detection of avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Heidemann), Hemiptera: Tingidae in Yaracuy state. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 21 Supl. 1: 161-165.
- Hodde, M., Morse, J., Stouthamer, R. 2007. *Pseudacysta perseae* Biology and management of avocado lace bug in California. *Production Research Report*. California Avocado Commission. Pests and Diseases. p. 1 -15.
- Hodde, M., Nakara, S., Phillips, P. 2002. Foreign exploration for *Scirtothrips perseae* Nakahara (Thysanoptera: Thripidae) and associated natural enemies on avocado (*Persea americana* Miller). *Biological Control* 24 (2002) 251–265.
- Hourant, P., Baeten, V., Morales, M., Meurens, M., Aparicio, R. 2000. Oil and Fat Classification by Selected Bands of Near-Infrared Spectroscopy. *Applied spectroscopy*. Volume 54, number 8. p. 1168 – 1174.
- Hu, Y., McCluskey, J., Mittelhammer, R., Wandschneider, P. 2007. Sensory influences on consumers' willingness to pay: the apple and cherry markets. Tesis sometida para el grado de doctor en Filosofía. Washington State University. p. 1 – 122.

- Huertas, A., Ojeda, R., Avendaño, F., Nieves, M., Gutiérrez, M. 2014. Temporary distribution of trips (Thysanoptera: Terebrantia: Thripidae) in five towns of Michoacan. *Entomología Mexicana*, 1: 852 - 855.
- Humeres EC, Morse JG, Stouthamer R, Roltsch W, Hoddle MS. 2009. Evaluation of natural enemies and insecticides for control of *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae) on avocados in southern California. *Florida Entomologist* 92. (29 November 2012)
- IPGRI. (1995) Descriptors for avocado (*Persea* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia. p. 60.
- Jaque, H., Undurraga, P. 2015. Efecto del calibre y la altura del fruto dentro del árbol sobre el contenido de aceite, en palta (*Persea americana* Mill.) cvs. Hass y Fuerte. Tesis para el grado de Ingeniero agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. p. 1 - 50.
- Jeong, J., Huber, D.J. and Sargent, S.A. (2002). Influence of ethylene and 1-methylcyclopropene on softening, ripening, and cell wall matrix polysaccharides of avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 25, 241-256.
- Jiménez, R., Pérez, F., Zamora, D., Velázquez, J. 2015. Cristian – Vanessa un cultivar de aguacate tardío para las condiciones de Cuba. *Agrisost Año 2015*, Vol.21, No.3: páginas 10-28 ISSN 1025-0247.
- Jiménez, L., Almanza, M., Muñoz, J. 2009. Caracterización morfológica de accesiones silvestres de guayaba. *Acta Agronómica*, Vol. 58, Núm. 2. Disponible en: www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/printFriendly/10419/10891
- Johansen, R. M., Mojica-Guzmán, A., Ascención-Betanzos, G., 1999. Introducción a conocimiento de los insectos tisanpteros mexicanos, en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 5, 279–295.
- Kader, A. (Ed). 2007. *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Universidad de California, Davis, California, Estados Unidos.
- Lallum, N., Punter, M., Haynes, G., Pidakala, P., Burdon, J. 2004. Role of water loss in ripening of 'Hass' avocados. *New Zealand Avocado Growers Association Annual Research Report*. 4: 70-79.
- Larios-Guzmán, A., Vidales-Fernández, I., Tapia-Vargas, L., Guillén-Andrade, H., Villaseñor-Ramírez, F., Mendóza-López, M., Teniente, R. 2011. Progress in Morphological Characterization of Avocado Native in Michoacan, Mexico. Disponible en: <http://worldavocadocongress2011.com>

- Lebon, G., Duchene, E., Brun, O., Clement, C. 2004. Phenology of flowering and starch accumulation in grape (*Vitis vinifera* L.) cuttings and vines. *Annals of Botany* 95: 943 – 948.
- Lestari, R., Sukamto, A., Aprilianti, P., Wahyni, S., Putri, W. 2016. Selection of Avocado Plants Based on Fruit Characters, Fat Content, and Continual Harvest along the year in West Java-Indonesia. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. Vol.6 (2016) No. 1. ISSN: 2088-5334. p. 77-83.
- López, G., Medina, R., Guillén, H., Ramírez, L., Juárez, P., Ruelas, P. 2015. Morphological characterization in native genotypes of avocado (*Persea americana* Mill) of tropical climate in Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 11*. p. 2157-2163.
- López, G., Medina, R., Guillén, H., Ramírez, L., Aguilar, J., Valdivia, M. 2012. Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Revista Fuente Año 4 No. 10* enero - marzo 2012. ISSN 2007 – 0713. p. 56 – 62.
- López, G., Cajustes, J. 1999. Comportamiento postcosecha de fruta de aguacate cv. Hass con base en la altitud de producción y tipo de floración. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 365-371.
- López, J. 1998. Aceptabilidad y calidad de fruto de palto (*Persea americana* Mill) var Hass respecto de su concentración de aceite y contenido de humedad en distintas localidades de Chile. Disponible en: http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/J-K-L/LopezJuan1998.pdf
- Macas, G., León, J., Romero, F. 2013. Estudio de las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha. Tesis Ingeniera agrónoma. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH. 276 p. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2371/1/13T0762%20MACAS%20GLADYS.pdf>
- Magwaza, L., Opara, U., Nieuwoudt, H., Cronje, P. 2011. Non-destructive quality assessment of 'Valencia' orange using FT-NIR spectroscopy. In: *Proceedings of the NIR 2011, 15th International Conference on Near-Infrared Spectroscopy*, Cape Town, South Africa, 13–20 May 2011.
- Mancheño, M., García, J., Cayuela J. Florido, M. 2016. Decisión del momento de recolección, según la composición de ácidos grasos de la aceituna intacta, mediante espectroscopia NIR. Tesis sometida para el grado de Ingeniería Agrícola. Universidad de Sevilla. p. 1-53.

- Marques, A., Barros, E., Carvalho, L., Paiva, A., La Selva, M., Bosco, A. 2009. Quality of fresh-cut avocado (*Persea americana* Mill.) stored under different temperatures. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1095-1102, jul./ago. 2009.
- Márquez, C., Yepes, D., Sánchez, L., Osorio, J. 2014. Changes physical-chemical of avocado (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") in postharvest for two municipalities of Antioquia. *TEMAS AGRARIOS* - Vol. 19:(1) Enero-junio 2014 (32 - 47).
- Marrero, L., Ramos, T., Morales, L., León, R. 2006. Contribución al Manejo Integrado de la chinche de encaje del aguacate *Pseudacysta perseae* (Heteroptera: Tingidae). Universidad de Matanzas. p. 1 -49.
- Martínez, I., Barranco, R., Moreno, M. 1992. Extracción de aceite de aguacate: un experimento industrial. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Vol 43 Fasc.1. 11 -15 p.
- Martorell, L. 1975. Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. Agricultural Experiment Station. University of Puerto Rico. Department of Entomology. p. 1 – 303.
- Mason, C., Bryant, R. 1974. The structure and diversity of the animal communities in a broadland reedswamp. *Journal of Zoology*. 172, 289-302. DOI: 10.1111/j.1469-7998.1974.tb04106.x
- Matejka, P. 2011. NIR spectrometry. Universidad de Química y Tecnología, Praga. Disponible en: <https://old.vscht.cz/anl/vibspec/NIR%20spectrometry.pdf>
- Mc.Guire, Raymond. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, vol. 27(12), December 1992
- Mead, F., Peña, J. 2012. Avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Insecta: Hemiptera: Tingidae). University of Florida. IFAS Extensión. EENY- 039.
- Mead, F., Peña, J. 1991. Avocado lace bug, *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae). Florida Dept. Agr. and Consumer Services. Division of Plant Industry. Entomology Circular N° 36. p. 1-4.
- Medina-Gaud, S., Segarra-Carmona, A. E., Franqui, R. A. 1991. The avocado lacewing bug, *Pseudacysta perseae* (Heidemann) (Hemiptera: Tingidae). *J. Agric. Univ. PR*. 75: 185-188.
- Mena, F. 2005. Growing avocados in Chile: A focus on orchard systems, fruit set and size. New Zealand and Australia Avocado Grower's Conference '05. 20-22 September 2005. Tauranga, New Zealand. Session 9. Fruit size and production. p. 1 -11.

- Méndez, A., González, Y. 2014. Plagas asociadas al cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en un área del estado Aragua, Venezuela. *Fitosanidad* 18(3) septiembre (2014) 175-179.
- Méndez, A., Arencibia, L. 2013. Comportamiento poblacional de *Pseudacysta perseae* (Hemiptera: Tingidae) en un área de producción en la localidad de Vázquez, Puerto Padre, Las Tunas, Cuba. *Fitosanidad*, vol. 17, núm. 3, diciembre-, 2013, pp. 145-150.
- Méndez, L., Calderón, C., Gutiérrez, P., Chacón, M. 2013. Caracterización molecular y fenotípica de accesiones criollas de aguacate (*Persea americana* Mill.) cultivadas en el estado de Nayarit. *Biotecnología y agricultura sustentable. III Simposio Nacional*. Disponible en: <http://cienciasbiologicas.uaz.edu.mx/documents/694831/8e04d436-3cf5-4012-a44a-38b1273d4d46>
- Micke, A. 2008. Mejoramiento de las plantas mediante mutaciones inducidas. Empleo de radiaciones en agricultura. *OIEA Boletín*, Vol. 23. N°3. 50-52. Disponible en: https://www.iaea.org/sites/default/files/23305485052_es.pdf
- Milbert, P., Anderson, L., Elfverson, C., Regnr, S. 1996. Germination characteristics of seeds differing in mass. *Seed Science Research* (1996) 6, 191-197.
- Morales, L., Grillo, H., Estrada, N., Grau, R. 2012. Effectiveness of entomopathogenic fungi in the management of *Pseudacysta perseae* (Heid.) (Hemiptera: Tingidae) in avocado (*Persea americana* Mill.). *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (3): 599-608.
- Morales, L., Grillo, H. 2011. Enemigos naturales de *Pseudacysta perseae* heid. (Heteroptera; Tingidae) en las condiciones de cuba. Potencialidades en el control biológico. Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria. La Habana, Cuba. 3 al 6 mayo. P—115.
- Morales, L., Grillo, H. 2000. Ciclo de vida, temperatura umbral de desarrollo o cero biológico y constante térmica de *Pseudocysta perseae* Heid (Heteroptera; Tingidae) en las condiciones de Cuba. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). FAO. p. 8
- Moritz, G., Mound, L., Morris, D.C. 2001. An identification and information system using molecular and microscopical methods. *Pest thrips of the world. Visual ad molecular identification of the thrips*. ISBN 1-86499-781-8.
- Mound, L., Marullo, R. 1996. The thrips of Central and South America: an introduction (Insecta: Thysanoptera). *Memories on Entomology international*. ISBN 1-56665-061-5. Volumen 6. p. 1 -487.

- Nardos, T and Wakgari, T. 2016. Packaging Material Affects Quality Attributes and Ripening Period of Avocado (*Persea americana*) Fruit. World Journal of Agricultural Sciences 12 (3): 229-235.
- Nesbitt, M., Stein, L., Kamas, J. 2015. Avocados. Texas Fruit and Nut Production. Texas A and M Agrilife Extension. EHT-018. 6-13. p. 1-9.
- Núñez, J., Hodai, I. 2013. Caracterización molecular de poblaciones de aguacates criollos (*Persea americana* var. *americana* Mill) en la República Dominicana. Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria. Fondo Nacional De Innovación y Desarrollo Científico Tecnológico (FONDOCYT). p. 33.
- Olaeta, J., Undurraga, P., Espinosa, G. 2007. Evolution of the content of oil and unsaponifiable compounds in Hass, Fuerte and Isabel avocados (*Persea americana* Mill.). Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Olaeta, J., Undurraga, P. Jaque, R. 2007. Effect of size and height of fruit within the tree on content of oil in Hass and Fuerte avocados (*Persea americana* Mill.). Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Organización para la alimentación y agricultura. FAO. 2013. Norma del Codex para el aguacate. Codex Stan 197-1995. 5 p.
- Ortiz, B., Sámano, M., Reyes, R. 2003. Secado con bomba de calor para la deshidratación de frutos. Tesis Licenciatura. Ingeniería Química con área en Ingeniería de Procesos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/ortiz_a_bs/indice.html
- Ozdemir, F. y Topuz, A. 2003. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. Food Chemistry 86 (2004) 79–83.
- Padilla, C., Morales, P., Pérez, F., Estévez, C., Fornaris, G., Sastre, I., Muñoz, M. 2009. Relación entre la madurez aparente al cosechar y la calidad post-cosecha de cultivares de melocotón *Prunus persica* (L). Batsch con bajo requerimiento de horas-frío en Puerto Rico. Tesis para el grado de Maestro en Ciencias. PR. p. 1-102.
- Parra, J., Razeto, B., Sepúlveda, E., Fichet, T., Nuñez, H. 2005. Rendimiento y calidad de pulpa y aceite en nueve selecciones de palto (*Persea americana* Mill.) en Chile. Tesis sometida para el grado de Ingeniera agrónoma. Universidad de Chile. p. 1 – 49.

- Peña, J. E. Hoddle, M. S. Aluja, M. Palevsky, E. Ripa, R. Wysoki, M. 2013. The avocado: botany, production and uses. Tropical Research and Education Center, University of Florida, USA.
- Peña, J.E., Carillo D. 2012. Control biológico de plagas de aguacate en Florida, USA. Conferencia presentada en el primer curso internacional de actualización tecnológica "Sanidad del aguacate". Uruapan, Michoacan, México. 23 y 24 de octubre de 2012. Disponible en: <http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/ponencias/Dr.%20Jorge%20Pe%C3%B1a%20Control%20Biol%C3%B3gico%20Plagas%20Aguacate.pdf>
- Peña, J., Duncan, R., Roltsch, W., Gagné, R., Agudelo, F. 2007. Natural enemies of the avocado lace bug *Pseudocysta perseae* (Heteroptera: Tingidae) in Florida, USA. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.
- Peña, J.E. 2003. Pests of avocado in Florida. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 487-494.
- Peña, J.E., Sundhari, S., Hunsberger, A., Duncan, R., Schaffer, B. 1998. Monitoring, damage, natural enemies and control of avocado lace bug *Pseudocysta perseae* (Hemiptera: Tingidae). Proc. Fla. State Hort. Soc. 111:330-334.
- Pérez, K., Mercado, J., Soto, H. 2004. Note. Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea americana*). Food. Science Technology Internacional 2004;10(2):0073-5.
- Piñero, D., Jardón, O., Alavez, V., Weiger, A., Clegg, M. 2009. Análisis para la determinación de los centros de origen, domesticación y diversidad genética del género *Persea* y la especie *Persea americana* (aguacate). Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Persea/Proyecto/Proyecto%20Persea.pdf>
- Polanco, M., García, M., Parra, L. 2011. Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. y Endl) H. Robinsón colectados en la eco región eje cafetero de Colombia. Tesis sometida para el grado de Magíster en Ciencias Agrícolas. Universidad de Colombia. p. 1 – 92.
- Ramírez-Navas, J. 2012. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. Revista ReCiTeIA 12(1):83-102
- Raval, I. 2004. Evaluación del efecto de dos bioestimulantes, Aminofit xtra y Aminofit flowering, sobre la retención de frutos de palto (*Persea americana* Mill.) cv Hass. Universidad Católica de Valparaíso. Taller de Licenciatura. Disponible en:

http://www.avocadosource.com/papers/chile_papers_a-z/d-e-f/espinozaignacio2004.pdf

- Rebolledo, A., Romero, M. 2011. Avances en investigación sobre el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) bajo condiciones subtropicales. Corpoica Ciencia. Tecnología. Agropecuaria. (2011) 12(2), 113-120.
- Rebolledo, A. 2000. Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos. Corpoica. C.I. Palmira. Consultado: 25 de julio de 2016: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/557/1/CAPITULO%203.pdf>
- Rengifo, P. Yance, M., Quevedo, F. 2014. Caracterización del aceite de la semilla de palta *Persea americana* Mill. var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante. Tesis sometida para el grado en Doctor en Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional de San Marcos. p. 1 – 107.
- Reyes, J., Espíndola, M., Barrientos, A., Cruz, J. 2011. Morphological Characterization by means of leaf, flower, fruit and seed of species of the persea genus and species related through multivariate analysis. Proceedings VII World Avocado Congress 2011. Australia. 8 p.
- Ríos, D., Tafur, R. 2003. Variedades de aguacate para el trópico: Caso Colombia. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate). Volumen I. Málaga, España. p. 143 – 146. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165634V_Congreso_Mundial_del_Aguacate__Actas_Volumen_I.pdf
- Roa, E., Meneses, G. 2014. Automated system for classifying Hass avocados based on image processing techniques. 2014 I.E.E.E Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), Bogota, 4–6 June 2014. p.1–6. DOI: 10.1109/ColComCon.2014.6860414
- Rodríguez, K., Gutieérrez, H., 2012. Caracterización morfoagronómica in situ de aguacate criollo (*Persea americana* miller) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio adaptado a tres departamentos de la zona costera de El Salvador. Tesis sometida para optar por el grado de Ingeniero agrónomo. Universidad de El Salvador. p. 1 -118.
- Rodríguez, N., Fuentes, V., Velázquez, J., González, G., Sourd, D., Rodríguez, J., Ramírez, I. 2003. Catálogo de cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) en Cuba. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate). p. 39-46.
- Romero, M.; Rebolledo, A.; Cayón, D. 2012. Comportamiento fisiológico del aguacate (*Persea americana* Mill.) Variedad Lorena en la zona de Mariquita, Tolima.

Universidad Nacional de Colombia. Tesis para optar por Master en Ciencias en Fisiología de cultivos. p. 1

- Rosas, N., Saucedo, C., García, C., Saucedo, D. 2015. Metabolismo de etileno y sensibilidad a daños por frío en frutos de aguacate 'Hass' y 'Carmen Hass'. Tesis sometida para la obtención del grado de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. p. 1 – 128.
- Rufiños, Y., Cabrera, J., Cisneros, P. 2012. Uso de cultivares complementarios en palto *Persea americana* Miller var "Hass" en Chao, la Libertad. Tesis sometida para el grado de Maestra en Ciencias en Protección de cultivos. Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.
- Ruíz, M., Cortés, M., Henríquez, L. 2010. Effect of two atmospheres packaging on edible mushrooms (*Pleurotus ostreatus* L.) treated by vacuum impregnation with conservant solution. Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. ISSN 0121-4004, ISSNe 2145-2660. Volumen 17 número 1, año 2010. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. p. 11-19
- Sabbe, S., Verbeke, W., Van Damme, P. 2009. Confirmation/disconfirmation of consumers' expectations about fresh and processed tropical fruit products. International Journal of Food Science and Technology. 44: 539–551. doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01842.x
- Sakimura, K. 1981. A review of *Frankliniella bruneri* Watson and description of *F. kelli*, n sp. (Thysanoptera: Thripidae). Florida entologist (4). 483-490.
- Salazar, M., Otero, G., Arriola, V., Ortega, L., Castro, E., Laguines, A. 2012. Identificación, distribución y dinámica poblacional de escamas, trips y ácaros en mango (*Mangifera indica* L.) en Veracruz, México. Tesis sometida para el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. p. 1 – 82.
- Salazar, M., Cermeli, M. 2005. Presencia de *Pseudocysta perseae* (Heidemann, 1908) (Insecta: Hemiptera: Tingidae) en Venezuela. Entomotropica. Vol. 20(3): 271-273.
- Sánchez, M., González, H., Johansen, R., Mojica, A., Anaya, S. 2001. Trips (insecta: Thysanoptera) asociados a frutales de los estados de México y Morelos, México. Folia Entomol. Mex. 40(2):169-187.
- Sánchez-Pérez, J. 1999. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 7-18.
- Sandoval, A., Forero, F., García, J. 2010. Postcosecha y Transformación de Aguacate. Corpica Colombia. p. 1 -105.
- Sandoval, M., Carmeli, M. 2005. Presencia de *Pseudocysta perseae* (Heidemann, 1908) (Insecta: Hemiptera: Tingidae) en Venezuela. Entomotropica. Vol 20 (3): 271 – 273.

- Santos, M., Martínez, López, J., S., Gómez, M., Carreño, C., Hernández, S. 2014. Extracción y evaluación sensorial de aceite tipo gourmet de aguacate Hass (*Olea americana* Mill. Var. Hass). Tesis presentada para obtención de Ingeniero en Alimentos. Universidad Dr. José Matías Delgado.
- Santos, O. Varpon, E., Gaigl, A. 2010. Determinación del nivel de daño económico y la fluctuación poblacional de *Neohydatothrips signifer* (Priesner 1932). (Thysanoptera: Thripidae) en maracuyá (*Passiflora edulis* Degener) var. Flavicarpa en el Municipio de Suaza (Huila). Universidad Nacional de Colombia. p. 1 - 66.
- Schaffer B., N. Wolstenholme and A. Whiley (eds.) (2013) The Avocado. Botany, Production and Uses. CABI, Oxfordshire, UK. 560 p.
- Solis, A. 1999. Informe de avances sobre trabajos de búsqueda y selección de materiales promisorios de aguacate (*Persea americana*) para usar como variedades comerciales en las zonas de la bajura. XI Congreso Nacional Agronómico. Resumen 233. p. 291. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-II_291.pdf
- Soto, A. 1995. Evaluación del comportamiento y calidad del puré y trozos de pulpa de palta (*Persea americana* Mill) en los cvs. Negra de la cruz, Bacon y Hass, cosechadas con dos índices de madurez, coservadas en almacenaje refrigerado y con atmósfera modificada. Universidad Católica de Valparaíso. 100 p.
- Suris, M., González, C. 2008. Thrips species associated to hosts of interest in Havana provinces. II. Fruit plants. Rev. Protección Veg. Vol. 23 No. 2 (2008): 85-89.
- Terrasa, A., Tomás, M., Dello, M. 2012. Alternativas tecnológicas aplicables al desarrollo y conservación de productos cárnicos cocidos (patés) durante el almacenamiento refrigerado. Tesis sometida para el grado de Magister. Universidad Nacional de la Plata.
- Theng, S., Hsiung, T., Shyr, J., Wakana, A. 2016. Lipid content and fatty acid composition in Taiwan avocados (*Persea Americana* Mill). J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 61 (1), 65–70 (2016).
- Thorp, T., Anerson, P., Camilleri, M. 1995. Avocado tree growth cycles-A quantitative model. Proceedings of The World Avocado Congress III, 1995 76-79.
- Travers, S., Bertelsen, M., Koefoed, K. 2013. Dry matter and fruit quality: manipulation in the field and evaluation with NIR spectroscopy. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Aarhus University. p. 1-283.
- Tubello, D., López, J. 2004. Modelo de análisis de las preferencias del consumidor de palta (aguacate) en el noroeste argentino (Distrito Ciudad de Salta, República

Argentina). Tesis para la obtención del grado de Doctor en Filosofía. Universidad Politécnica de Madrid. p. 1 – 408.

Turcios, C., Bautista, N., Johansen, R., Romero J., Segura, L., Vera, J., Sánchez, H., Pérez, R. 2013. Identificación y fluctuación poblacional de trips (Insecta: Thysanoptera) asociados con hortalizas de la región central de México. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Tesis de Doctorado. Me. p. 1-78.

Undurraga, P., Olaeta, J. Bontá, A. 2007. Maturity evolution of Isabel avocado fruits (*Persea americana* Mill.), grafted on Mexicola stock. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) 2007. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.

Urias, M., Salazar, S., Johanse, R. 2007. Identification and population fluctuation of thrip (Thysanoptera) species in “Hass” avocado in Nayarit, Mexico. Revista Chapingo Serie Horticultura 13 (1): 49 – 54.

Urias, M., Salazar, S., Johansen, R. 2007. Especies de trips (Thysanoptera) y su fluctuación poblacional en aguacate Hass en Nayarit, México. Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate). Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 nov. 2007. ISBN No 978-956-17-0413-8.

USDA. 2015. Conservation Soil Survey. Dsponible en: <http://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/HomePage.htm>

Valle, A., Bravo, H., González, H., Johansen, R., Mojica., Valle, M. 2003. Trips (Thysanoptera) en huertos de aguacate (*Persea americana* Miller) cv Hass en Michoacán, México. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) 2003. pp. 481-486.

Vallejo, F. Estrada, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia. ISBN:958-8095-11-5. p. 1-404.

Vargas, A., Villalobos, K., González, A. 2011. Fluctuación Poblacional de los Trips (Insecta: Thysanoptera) asociados al cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) en Santa Cruz de León Cortés, Costa Rica. Métodos en ecología y sistemática ISSN 1659 - 2182. Vol 6 (3): 48.

Vazquez, I., Perea, M., Arana, R., Calderón, G., Quevedo, R., Gutiérrez, G., Chanon, J. 2008. Procesamiento de imágenes aplicado al estudio de la maduración del aguacate variedad Hass (*Persea americana* Mill). V Congreso internacional de Ingeniería Bioquímica, Tuxtla Gtz. Chiapas. 10-14 de marzo del 2008. p. 1 -14.

Viera, J. 2005. Estabilidad del aceite de fritura de chifles. Disponible en: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_45_18_6_11_301.pdf.

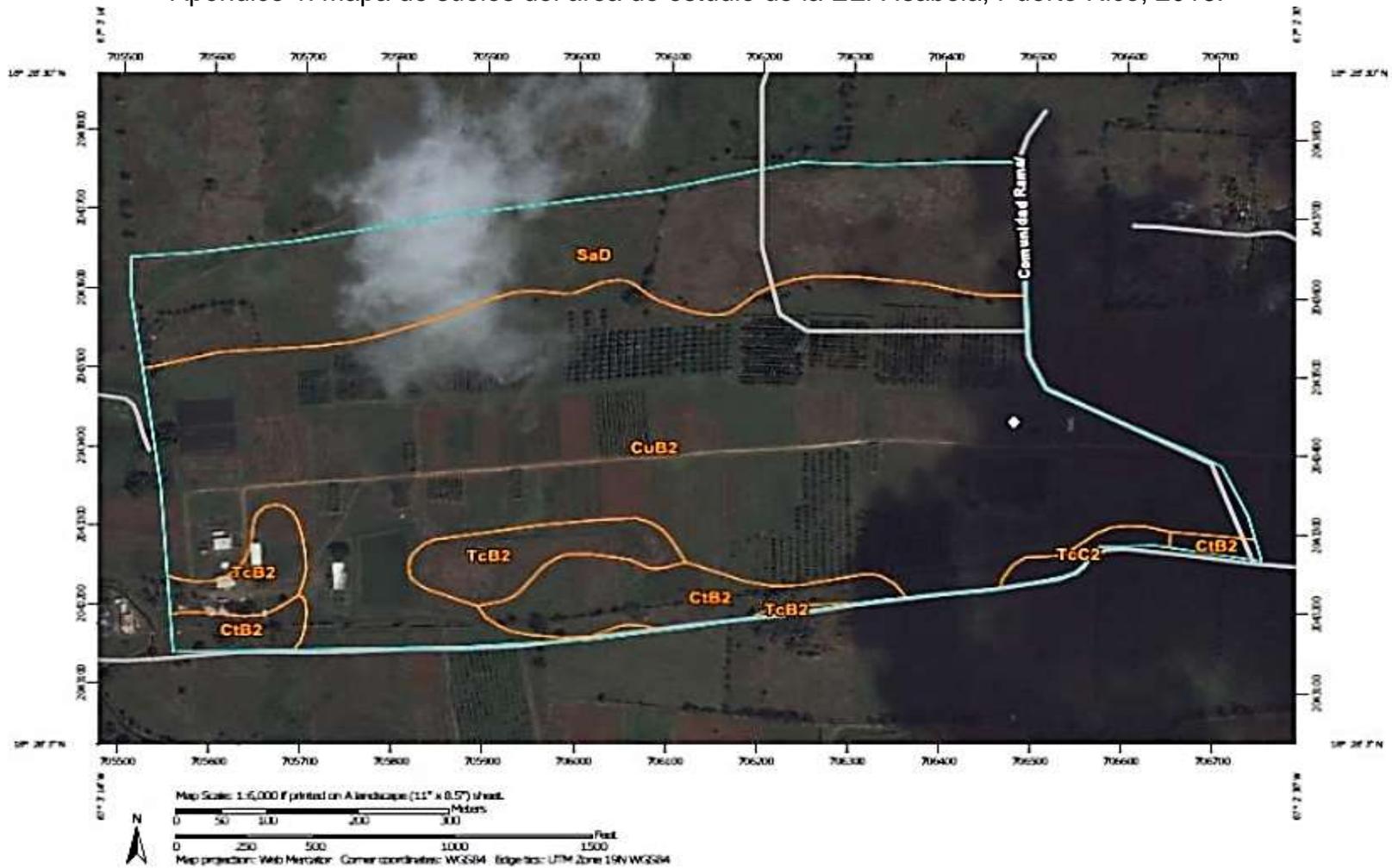
- Vignoni, L., Bauzá, M., Herrera, M., Mirábile, M., Bartucciotto, C. 2003. Sensory evaluation of non-traditional color tomato jam. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXV. N° 1. Año 2003. 43-49.
- Vincini, A., Jacobsen, B, Tulli, M., López, R. 2014. Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Thrips tabaci* Lindeman, in cultures of potato (*Solanum tuberosum*). Entomotropica 29(1): 17-27
- Wainajo, M., Gitonga, L. M., Mueke,, J. M. 2008. Effect of weather on thrips population dynamics and its implications on the thrips pest management. Afr. J. Hort. Sci. 1: 82-90.
- Walsh, K., Golic, M., Greensill, C. 2004. Sorting of fruit using near infrared spectroscopy: application to a range of fruit and vegetables for soluble solids and dry matter content. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 12, 141-148.
- Webster, C., Estévez, C., Rivera-Vargas, L., Rodríguez, J., Mercado, W., Frantz, G., Mellinger, C. 2013. First report of *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV) in tomato, pepper, and Jimson weed in Puerto Rico. Plant Health Progress. p. 1-2.
- Wedding, B., White, R., Grauf, S., Wright, C., Tilse, B., Hofman, P., Gadek, P. 2010. Non-destructive prediction of 'Hass' avocado drymatter via FT-NIR spectroscopy. J Sci Food Agric 2011; 91: 233–238.
- Westad, F., Schmidt, A., Kermit, M. 2008. Incorporating chemical band-assignment in near infrared spectroscopy regression models. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 16, 265-273.
- Whiley, A. 1990. Interpretación de la fenología y fisiología del palto para obtener mayores producciones. Australia. Disponible en: http://www.avocadosource.com/Journals/CIVDMCHILE_1990/CIVDMCHILE_1990_PG_06.pdf
- White, A., Woolf, A., Harker, R., Davy, M. 1999. Measuring avocado firmness: assessment of various methods. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 389-392.
- Williams, L. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. Economic Botany. Volume 31, Issue 3, pp 315-320.
- Wolstenholme, B. y A. Whiley. 1995. Strategies for maximising avocado productivity: An overview. pp 61-70. En: Proceedings III World Avocado Congress. Israel.
- Zahn, D., Morse, J., Trumble, J., Stanghellini, M. 2011. Aspects of the Biology and the Effects of Traditional and Non-Traditional Insecticides on Citrus Thrips and Avocado Thrips with the Objective of Improving Integrated Pest Management. UC Riverside electronic Theses and dissertations. University of California.

Zamora, J. 2007. Nuevas variedades de aguacate. *El Frutal*. Volumen 3. Núm. 9. Servicio de Extensión Agrícola. Universidad de Puerto Rico.

Zinn, K., Tunc-Ozdemir, M., Haroer, J. 2010. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 7, pp. 1959–1968.

9. APÉNDICES

Apéndice 1. Mapa de suelos del área de estudio de la EEA Isabela, Puerto Rico, 2016.

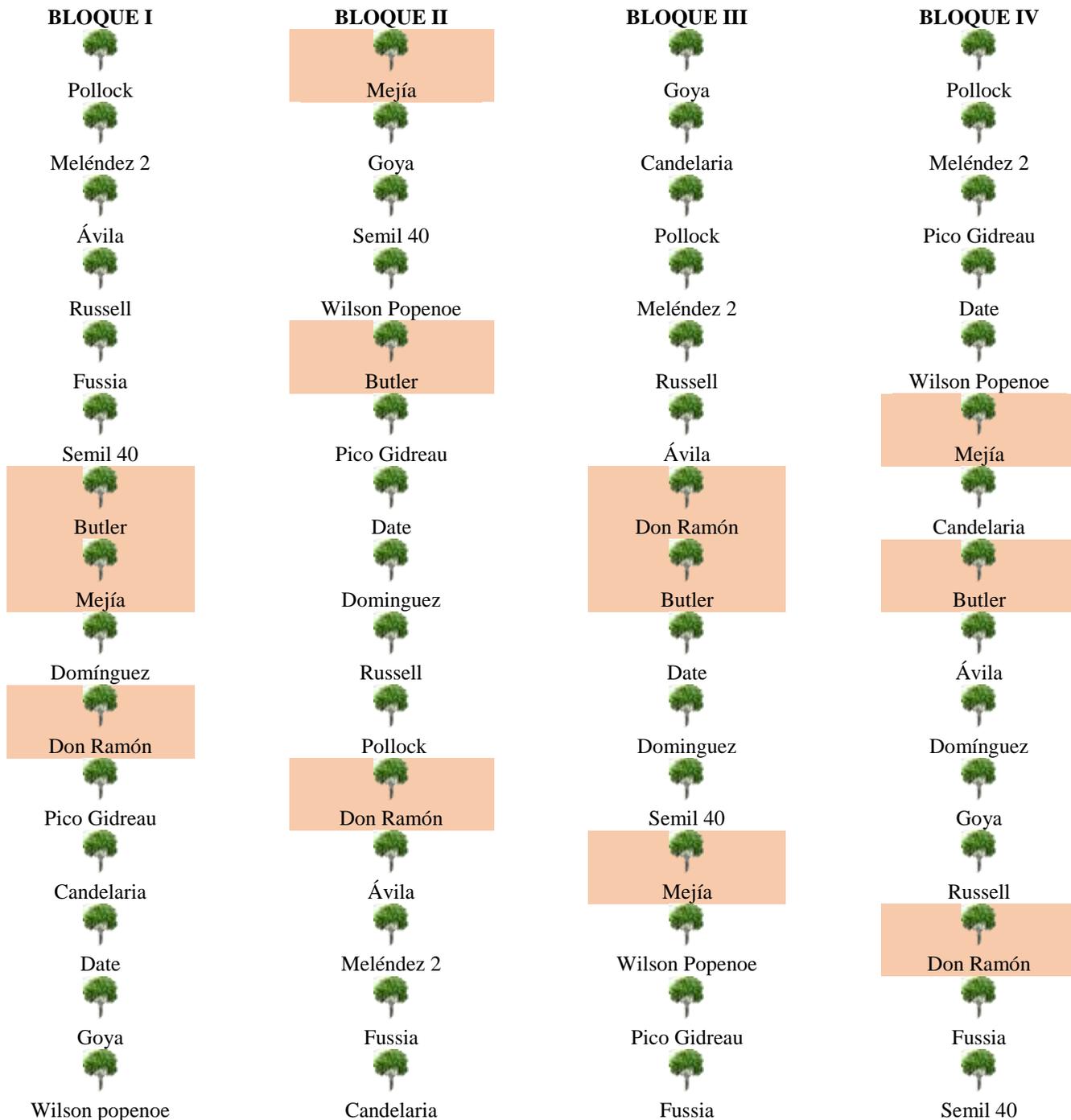


Apéndice 2. Temperatura y precipitación pluvial promedio mensual en Isabela, Puerto Rico, 2015 – 2016.

Meses	2015				2016			
	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)
	Promedio	Máxima	Mínima		Promedio	Máxima	Mínima	
Enero	24.18	28.17	20.12	127.30	24.79	29.79	19.80	31.00
Febrero	24.26	28.01	20.52	114.20	24.32	28.76	19.87	106.60
Marzo	23.99	28.07	19.90	35.80	24.95	29.52	20.38	59.30
Abril	25.20	29.71	20.68	23.50	25.19	29.18	21.19	244.50
Mayo	26.59	31.25	21.93	4.80	26.13	30.06	22.19	192.00
Junio	27.13	31.20	23.07	40.60	26.52	30.63	22.40	146.90
Julio	26.87	30.50	23.24	98.90	26.72	30.30	23.13	134.30
Agosto	27.35	31.69	23.01	226.50	26.88	30.65	23.11	232.80
Septiembre	27.23	31.38	23.08	139.90	27.01	30.91	23.10	149.40
Octubre	26.82	30.88	22.76	95.40	26.71	30.82	22.60	179.40
Noviembre	25.82	30.16	21.48	135.80	26.20	30.10	22.22	256.20
Diciembre	25.24	30.02	20.47	33.80	24.29			

Apéndice 3.

Disposición de las tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.



Donde  simboliza a 2 árboles y el color anaranjado representa las variedades que fueron estudiadas. La distancia de plantación es 7.5 m x 7.5 m (marco real).

Apéndice 4. Esquema del análisis de varianza para las variables cuantitativas en tres variedades de aguacate en dos ciclos productivos 2015 y 2016.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	23
Año	1
Error a	6
Variedad	2
Butler versus Don Ramón + Mejía	1
Don Ramón versus Mejía	1
Año * Variedad	2
Error experimental	12

Apéndice 5. Esquema del análisis de varianza para las variables cuantitativas en tres variedades de aguacate en un solo ciclo productivo.

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	11
Variedades	2
Butler versus Don Ramón + Mejía	1
Don Ramón versus Mejía	1
Bloques	3
Error experimental	6



Institutional Review Board
 CPHI/IRB 00002053
 University of Puerto Rico – Mayagüez Campus
 Dean of Academic Affairs
 Call Box 9000
 Mayagüez, PR 00681-9000



August 30, 2016

Laura Viquez Rojas
 Ciencias Agroambientales
 RUM

Dear student:

As Director of the Institutional Review Board of the University of Puerto Rico - Mayagüez Campus, I have considered your application for the project titled *Characterization of morphology, productivity, quality and pest population's three varieties of avocado in Puerto Rico* (Protocol num. 20160806).

After evaluating your research protocol and supporting documents, I have determined that your research represents minimal risk to participants and qualifies under Category 7 of 45.CFR.46.110 for an expedited review process. For this reason, we are happy to approve your project effective today and expiring August 29, 2017. We also remind you that our approval does not exempt you from complying with other institutional and governmental requirements related to your research topic and/or funding source.

Federal regulations demand that our office supervise all active research projects. We consider a research project to be active if participants are still being recruited or if recruitment has ceased but data gathering and analysis are not yet complete. If you anticipate that your project will be active beyond the approval expiration date, we ask that you submit an application of extension no later than one month before your approval expires.

Attached please find copies of your consent form stamped with our committee's official seal of approval. We ask that you use these documents during your research project. We remind you that you need to hand a copy of the signed consent form to all research participants.

Any modifications or amendments to the approved protocol or its methodology must be reviewed and approved by the IRB before they are implemented, except in cases where the change is necessary to reduce or eliminate a potential risk for participants. The IRB must be informed immediately if an adverse event or unexpected problem arises related to the risk to human subjects. The IRB must likewise be notified immediately if any breach of confidentiality occurs.

We appreciate your commitment to uphold the highest standards of human research protections and remain,

Sincerely,

Dr. Rafael A. Boglio Martínez
 President, Institutional Review Board (IRB)
 University of Puerto Rico,
 Mayagüez Campus
 Office: Celis 108
 Tel.: (787) 832-4040 Ext. 6277

Telephone: (787) 832 - 4040 x 6277, 3807, 3808 - Fax: (787) 831-2085 - Webpage: www.uprm.edu/cphi
 Email: cphi@uprm.edu

Apéndice 7.

Consentimiento de participantes para utilizar la información del panel sensorial en tres variedades de aguacate. Puerto Rico, 2016.



CONSENTIMIENTO PARA USO DE ESTA ENCUESTA



La información proporcionada por usted, será utilizada como parte del trabajo de investigación para la obtención del grado de Maestra en Ciencias por parte de Laura V. Vázquez Rojas, el mismo que titula: "Caracterización de morfología, productividad, calidad y poblaciones de plagas en tres variedades de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Puerto Rico", cuya finalidad será conocer el grado de aceptación del consumidor.

Le invitamos a que nos ayude de manera libre y voluntaria para la ejecución de esta encuesta, que le tomará alrededor de 8 a 10 minutos realizarla, además que puede terminarla en el momento que usted lo considere oportuno.

Al realizar esta encuesta no contará con ningún beneficio por parte de la investigadora principal, el riesgo considerado en caso de existir podría ser sentir malestar estomacal para lo que se contempla la asistencia por personal médico capacitado.

Adicional, le damos a conocer que la información se manejará con estricta confidencialidad y los archivos físicos como digitales serán únicamente manejados por la investigadora principal.

Al firmar, este consentimiento usted me permite hacer uso de esta encuesta únicamente para los fines descritos anteriormente y faculto que pueda ser utilizado en publicaciones futuras.

Nombre	Institución	Nacionalidad	Firma

CPSHI / IRB - RUM
No. 00002033
AUG 30 2016, AUG 29 2017
APROBADO



CONSENT TO USE OF THIS SURVEY



The information you provide will be used as part of research for obtaining the degree of Master of Science by Laura V. Vázquez Rojas, the same as entitled "Characterization of morphology, productivity, quality and pest populations three varieties of avocado (*Persea americana* Mill.) in Puerto Rico, "whose purpose will be to determine the degree of consumer acceptance.

We invite you to help us freely and voluntarily for the implementation of this survey, which will take about 8 to 10 minutes do it, you can also finish at the time that you see fit.

In conducting this survey will not have any benefit by the principal investigator, the risk considered if there could be an upset stomach feel for what the assistance is contemplated by trained medical personnel.

Further, we let you know that the information will be handled with strict confidentiality and physical files and digital will be solely handled by the principal investigator.

By signing this consent, you allow me to use this survey only for the purposes described above and enables it to be used in future publications.

Name	Institute	Nationality	Signature

CPSHI / IRB - RUM
No. 00002033
AUG 30 2016, AUG 29 2017
APROBADO

Apéndice 8. Encuesta en panel sensorial de tres variedades de aguacate (idioma: castellano). Puerto Rico, 2016

ENCUESTA PARA CONOCER ACEPTACIÓN DE TRES VARIEDADES DE AGUACATE EN PUERTO RICO.

Fecha: _____ Lugar: _____ N° _____

Sexo: _____ Edad: _____

Objetivo: Conocer el nivel de aceptación de tres variedades de aguacate en Puerto Rico

PARTE A: TROZOS DE AGUACATE

En base al color, ¿Cuál aguacate preferiría?

	A	B	C
Me gusta mucho			
Me gusta			
Indiferente			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

En base al olor, ¿Cuál aguacate preferiría?

	A	B	C
Me gusta mucho			
Me gusta			
Indiferente			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

En base al sabor, ¿Cómo le pareció el sabor de estas variedades?

	A	B	C
Muy agradable			
Agradable			
Indiferente			
Desagradable			
Muy desagradable			

En base a la textura ¿Cuál preferiría?

	A	B	C
Pastoso			
Cremoso			
Mantequilloso			
Acuosos			

En base a apariencia ¿Cuál preferiría?

	A	B	C
Muy buena			
Buena			
Indiferente			
Mala			
Muy mala			

PARTE B: FRUTO ENTERO

Al momento de comprar, ¿qué es lo que más le interesa? Coloque del 1 al 4 de acuerdo al nivel de importancia que usted considera.

Precio _____
 Calidad _____
 Tamaño _____
 Sabor _____
 Color cáscara _____
 Otro, especifique _____

¿En qué sitio compra usted los aguacates?

Marque todas las opciones	
Supermercado	
Kioscos	
Mercado	
Calle o semáforo	
Otro ¿Cuál?	

¿Con qué frecuencia consume aguacate?

Frecuencia	Cantidad
1 vez por semana	
2 veces por semana	
1 vez cada 15 días	
1 vez al mes	

De estos tres aguacates observados, ¿cuál preferiría comprar, si el costo fuese el mismo para los tres? Escala del 1 al 3

A	B	C

En orden de su preferencia ¿cuál sería el precio que usted pagaría?

A	B	C

AGRADEZCO POR SU TIEMPO
 Laura Vázquez R.

Apéndice 9. Encuesta en panel sensorial de tres variedades de aguacate (idioma: inglés). Puerto Rico, 2016

SURVEY TO KNOW THREE ACCEPTANCE OF VARIETY AVOCADO IN PUERTO RICO.

Date: _____ Site: _____ N° _____

Gender: _____ Age: _____

Objective: To determine the level of acceptance of three varieties of avocado in Puerto Rico

PART A: avocado slices

Based on the color, avocado Which would you prefer?

	A	B	C
I like very much			
I like			
Indifferent			
I dislike			
I dislike much			

Based on the odor, avocado Which would you prefer?

	A	B	C
I like very much			
I like			
Indifferent			
I dislike			
I dislike much			

Based on the taste, how it seemed the taste of these varieties?

	A	B	C
Very nice			
Nice			
Indifferent			
Unpleasant			
Very unpleasant			

Based on the texture What would you prefer?

	A	B	C
Pasty			
Creamy			
Buttery			
Aqueous			

Based on appearance What would you prefer?

	A	B	C
Very good			
Good			
Indifferent			
Bad			
Very bad			

PART B: whole fruit

When buying, what do you most want? Place 1 to 4 according to the level of importance that you consider.

Price _____
 Quality _____
 Size _____
 Flavor _____
 Shell color _____
 Other, specify _____

What you buy avocados site?

	Marque todas las opciones
Supermarket	
Kiosks	
Market	
Street or traffic lights	
Other, what?	

How often you consume avocado?

Frequency	Amount
1 to week	
2 times per week	
1 once every 15 days	
1 time per month	

Of these three avocados observed, which prefer to buy if the cost was the same for all three? Scale of 1 to 3

A	B	C

In order of preference what would be the price you would pay?

A	B	C

I APPRECIATE YOUR TIME

Laura Vásquez R.

Apéndice 10. Caracteres vegetativos de árbol, hoja, fruto y semilla en tres variedades de aguacate. Isabela, Puerto Rico, 2016.

	Descriptores	'Butler'	'Don Ramón'	'Mejía'
Árbol	Forma	6	1	7
	Distribución de ramas	3	1	5
	Patrón de ramificación	3	1	2
	Ángulo de inserción de las ramas principales	1	1	1
	Color rama joven	2	2	3
	Margen	2	2	2
Hoja	Forma	9	9	9
	Ápice	5	5	5
	Base	1	1	1
	Pecíolo	1	1	1
	Pubescencia de haz	3	3	3
	Color rama joven	2	2	3
	Forma	6	8	2
Fruto	Ápice	4	4	4
	Base	1	1	1
	Posición ápice	1	2	1
	Posición del pedicelo	1	2	1
	Forma del pedicelo	2	2	2
	Pedicelo "cabeza de clavo"	1	1	1
	Crestas	1	1	1
Semilla	Forma	6	8	7

Los números corresponden a la codificación que presenta el Descriptor internacional de aguacate (*Persea* spp) propuesto por el Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI).

Apéndice 11. Análisis de varianza para ocho variables evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez fisiológica del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios							
		Peso (g)	Diámetro (cm)		Color exocarpo				
			Polar	Ecuatorial	L	a	b	H	C
Año	1	21,735.98	14.22	9 x 10 ⁻³	566.92	9.61	427.94	0.01	487.24
Error a	6	10,667.84	19.84	2.73	612.17	71.13	265.91	0.89	280.91
Variedad	2	24,407.28	770.92*	7.67	87.53	17.09	111.53	0.18	98.75
'Butler' versus 'Don Ramón' + 'Mejía'	1	7,402.85	9.50	2.64	75.79	15.05	27.46	0.15	82.71
'Don Ramón' versus 'Mejía'	1	17,004.43	761.42*	5.03	11.74	2.04	84.07	0.03	16.04
Año * Variedad	2	150.15	8.61*	1.20	58.39	8.63	18.63	0.21	15.68
Error experimental	11	8904.14	23.43	2.82	192.00	14.90	63.21	0.26	66.01
Total	22								
	Promedio	587.73	13.41	9.26	39.07	-6.44	25.40	-0.96	26.84
	σ	102.87	2.98	0.54	17.38	5.44	11.64	0.64	11.92
	CV	16.06	11.41	5.73	35.46	59.95	31.31	53.71	30.27

* Significativamente diferentes ($p < 0.05$), $n = 23$

Apéndice 12. Análisis de varianza para siete variables evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios						
		Tiempo a madurez (días)	Peso fruto (g)	Semilla			Peso (g)	
				Peso (g)	Diámetro (cm)		Exocarpo	Mesocarpo
					Polar	Ecuatorial		
Año	1	6.64*	40,201.77	17.66	39.02*	11.47*	619.04*	41,837.98*
Error a	6	0.11	10,870.72	206.10	3.37	0.82	90.23	6,502.83
Variedad	2	0.43	26,284.06	2,701.86*	46.98*	14.65*	283.10*	44,549.75*
'Butler' versus 'Don Ramón' + 'Mejía'	1	0.14	14,147.28	1,319.46*	0.31	12.18*	216.16	33,075.37*
'Don Ramón' versus 'Mejía'	1	0.29	12,136.78*	1,382.40*	46.67*	2.47*	66.94*	11,474.38*
Año * Variedad	2	0.03*	313.93	196.04*	2.54*	2.65*	219.44*	16.57*
Error experimental	11	0.23	6,574.18	264.70	2.12	1.99	46.18	5,603.86
Total	22							
	Promedio	6.66	568.80	95.43	6.04	5.24	52.22	425.73
	σ	0.70	102.46	21.28	0.90	0.58	11.02	102.61
	CV	7.24	14.25	17.05	7.63	8.51	13.01	17.58

* Significativamente diferentes ($p < 0.05$), $n = 23$

Apéndice 13. Análisis de varianza para variables colorimétricas evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		Exocarpo					Mesocarpo				
		L	a	b	H	C	L	a	b	H	C
Año	1	25.64	40.83	232.12	0.06	55.20	5.96	24.37	21.73	0.40	13.21
Error a	6	37.98	47.20	107.92	0.13	35.69	60.75	6.64	4.67	0.05*	5.70
Variedad	2	59.81	3.36	126.92*	0.16	98.44*	9.60	1.14	2.91	0.06	2.09
'Butler' versus 'Don Ramón' + 'Mejía'	1	6.98	1.86	64.36*	0.10	41.72	8.73	0.62	0.26	0.01	0.00
'Don Ramón' versus 'Mejía'	1	52.83	1.50	62.56*	0.06	56.72*	0.87	0.52	2.65	0.05	2.09
Año Variedad *	2	9.03	7.56	29.02*	0.09	8.83*	47.43	2.78	0.08	0.01	0.19
Error experimental	11	25.89	10.79	28.37	0.18	12.45	27.88	5.24	4.69	0.13	4.98
Total	22										
Promedio		49.59	-4.79	38.89	-1.14	41.07	62.11	-9.85	39.19	-1.12	40.76
σ		5.54	4.60	8.27	0.39	5.31	6.00	2.43	2.21	0.32	2.20
CV		10.26	68.64	13.69	37.30	8.59	8.50	23.24	5.53	32.70	5.47

* Significativamente diferentes ($p < 0.05$), $n = 23$

Apéndice 14. Análisis de varianza para variables colorimétricas evaluadas en dos ciclos de estudio (2015 y 2016) en madurez de consumo del fruto. Isabela, Puerto Rico, 2017.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios							
		Grosor (mm)		Porcentaje (%)			Relación fruto madurez fisiológica		Pérdida de peso (g)
		Exocarpo (E)	Mesocarpo (M)	Exocarpo (E)	Mesocarpo (M)	Semilla (S)	Polar/ Ecuatorial	Ecuatorial/ Polar	
Año	1	1.5x10 ⁻³	33.97*	0.49	99.88*	86.28*	0.03	0.04	220.71
Error a	6	0.03	3.13	3.13	14.00	6.43	0.03	0.01	129.08
Variedad	2	0.04	17.02	0.16	187.91*	184.29*	1.04	0.17*	1.39
'Butler' versus 'Don Ramón' + 'Mejía'	1	0.00	7.49	0.06	49.07*	52.78	0.28*	0.04	0.70
'Don Ramón' versus 'Mejía'	1	0.03	9.53	0.10	138.84*	131.51*	0.76*	0.13*	0.69
Año Variedad *	2	0.03	0.29	1.74	7.19*	1.29*	0.02*	0.01*	2.83
Error experimental	11	0.01	5.55	1.63	17.69	9.31	0.02	0.01	30.70
Total	22								
	Promedio	1.23	16.94	9.08	73.77	17.15	1.45	0.76	31.32
	σ	0.14	2.60	1.36	5.91	5.22	0.34	0.16	7.81
	CV	8.64	13.90	14.05	5.70	17.79	9.20	12.68	17.69

* Significativamente diferentes ($p < 0.05$), $n = 23$

Apéndice 15. Correlación entre ácidos grasos puros con segunda derivada, 19 puntos, polinomial orden cuadrática en la región 6141 a 5462 cm^{-1} . Puerto Rico, 2017.

	Linoleico	Oleico	Palmítico	Esteárico
Linoleico	1.00			
Oleico	1.00	1.00		
Palmítico	0.90	0.89	1.00	
Esteárico	0.93	0.93	0.99	1.00