



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA DE CORTE DE GENOTIPOS
DE MANZANA (*Malus domestica* Borkh) ESTABLECIDOS EN LA
SIERRA DE QUERÉTARO MEDIANTE MÉTODOS NO
DESTRUCTIVOS”**

TESIS INDIVIDUAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

MARTHA OLIVIA MENDOZA GARCÍA

DIRIGIDA POR

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2012.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA DE CORTE DE GENOTIPOS
DE MANZANA (*Malus domestica* Borkh) ESTABLECIDOS EN LA
SIERRA DE QUERÉTARO MEDIANTE MÉTODOS NO
DESTRUCTIVOS”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

MARTHA OLIVIA MENDOZA GARCÍA

DIRIGIDA POR

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

SINODALES

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE
DIRECTOR

Dr. JUAN RAMIRO PACHECO AGUILAR
SINODAL

M. en C. BEATRÍZ ÁLVAREZ MAYORGA
SINODAL

Ing. ALEJANDRO CAMACHO MORALES
SINODAL

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
II.1 Origen y antecedentes del manzano	3
II.2 Taxonomía y morfología del manzano	3
II.3 Importancia económica y distribución mundial	5
II.4 Importancia de la manzana en México	6
II.5 Panorama del cultivo de manzana en Querétaro	8
II.6 Nuevas variedades de manzana para la Sierra de Querétaro	9
II.7 Índices de madurez	11
II.7.1 Color	12
II.7.2. Textura	15
II.7.3 Forma y tamaño del fruto	15
II.8 Calidad de la manzana	16
II.8.1 Normas de calidad para manzanas de mesa	17
II.8.2 Clasificación del producto	17
II.9 Análisis sensorial	18
II.9.1 Pruebas de aceptación	19
II.9.1.1 Prueba de preferencia	19
II.9.1.2 Prueba hedónica	20
III. HIPÓTESIS	21
IV. OBJETIVOS	22
IV.1 General	22
IV.2 Específicos	22

V. METODOLOGÍA	23
V.1 Materiales	23
V.1.1 Localización del sitio experimental	23
V.1.2 Material biológico	24
V.2 Métodos	24
V.2.1 Determinación de la época de maduración	24
V.2.2 Diámetro ecuatorial del fruto	26
V.2.3 Cavidad peduncular	26
V.2.4 Color de la epidermis	27
V.2.5 Determinación de la calidad: Pruebas destructivas	27
V.2.5.1 Tamaño y clasificación por categorías	27
V.2.5.2 Firmeza	27
V.2.5.3 Sólidos solubles totales (°Brix)	28
V.2.5.4 Acidez total titulable	28
V.2.6 Determinación de la aceptabilidad sensorial	28
V.2.6.1 Prueba de preferencia o prueba de Kramer	28
V.2.6.2 Prueba hedónica no estructurada	29
V.3 Análisis estadísticos	29
V.3.1 Diseño del experimento	29
V.3.2 Análisis de los datos	30
VI. RESULTADOS	31
VI.1 Determinación de la época de maduración	31
VI.1.1 Diámetro ecuatorial	31
VI.1.2 Desarrollo de la cavidad peduncular	34
VI.1.3 Relación entre cavidad peduncular, diámetro ecuatorial y época de maduración	38
VI.1.4 Color de la epidermis	43
VI.2. Determinación de la calidad	48
VI.2.1 Análisis físicos	48
VI.2.2 Análisis sensoriales	50

VI.2.2.1 Prueba de preferencias de Kramer (prueba de rangos)	50
VI.2.2.2 Prueba hedónica	51
VII. DISCUSIÓN	54
VII.1 Determinación de la época de maduración	54
VII.1.1 Diámetro ecuatorial	54
VII.1.2 Desarrollo de la cavidad peduncular	59
VII.1.3 Relación entre la cavidad peduncular, el diámetro ecuatorial y la época de maduración	60
VII.1.4 Color de la epidermis	61
VII.2. Determinación de la calidad	63
VII.2.1 Análisis físicos	63
VII.2.2 Análisis sensoriales	66
VII.2.2.1 Prueba de preferencias de Kramer (prueba de rangos)	66
VII.2.2.2 Prueba hedónica	67
VIII. CONCLUSIONES	70
IX. BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXO 1 Hoja de registro de datos de campo: color, diámetro y cavidad peduncular	77
ANEXO 2 Hoja de respuesta para prueba de preferencia o de Kramer	78
ANEXO 3 Hoja de respuesta para prueba hedónica	79
ANEXO 4 Tabla de Kramer de categorías totales necesarias para una significación del 5 % ($P < 0.05$)	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Países con mayor producción de manzana en el mundo	7
2	Producción estatal de manzana, situación al 31 de octubre de 2008	7
3	Épocas de floración y maduración de las variedades introducidas más destacadas en San Joaquín, Qro	10
4	Época de maduración del fruto en distintos genotipos de manzano en Cadereyta, Qro. durante 2006	11
5	Índices de madurez para frutas	12
6	Clasificación por categorías según la norma NMX-FF-061-SCFI-2003 para consumo en fresco	17
7	Genotipos evaluados en este estudio	25
8	Época de maduración del fruto en distintos genotipos de manzano establecidos en Cadereyta Qro	34
9	Cavidad peduncular (cm) de genotipos de manzana en distintas fechas de muestreo	35
10	Cavidad peduncular con relación al diámetro ecuatorial de los genotipos de manzana considerados en este estudio	39
11	Clasificación por grupos de los distintos genotipos en estudio según su cavidad peduncular	40
12	Valores de las coordenadas de color (L, a, b y ángulo de matiz) para los genotipos de manzana considerados en el presente estudio	49
13	Separación de medias para sólidos solubles totales, acidez total titulable y firmeza de genotipos de manzana establecidos en “El Suspiro”, Qro	50
14	Resultados de la prueba de preferencias de kramer Para 19 jueces y 20 muestras ($P \leq 0.01$)	51

15	Resultados de la prueba de preferencias de Kramer. Para 19 jueces y 20 muestras ($P \leq 0.05$)	52
16	Aceptabilidad de distintos genotipos de manzana con base en una prueba hedónica no estructurada en los aspectos visual, aroma, gustativo y aceptabilidad general	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Flores típicas de manzano	4
2	Fruto del manzano	4
3	Árbol típico de manzano de la Sierra de Querétaro	5
4	Mapa del municipio de Cadereyta, Querétaro	23
5	Ubicación de los genotipos considerados en este estudio en el huerto experimental “Cruz de Encino”, El Suspiro, Cadereyta, Qro	26
6	Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración temprana	32
7	Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración intermedia	32
8	Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración tardía	33
9	Desarrollo de la cavidad peduncular para genotipos de maduración temprana	37
10	Desarrollo de la cavidad peduncular para genotipos de maduración intermedia	37
11	Desarrollo de la cavidad peduncular de genotipos de maduración tardía	38
12	Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos tempranos	41
13	Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos intermedios	42
14	Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos tardíos	42
15	Evolución de “L” de los genotipos considerados que presentan frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)	43
16	Evolución de “a” de los genotipos considerados que presentan	

	frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)	44
17	Evolución de “b” de los genotipos considerados que presentan frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)	44
18	Evolución de “L” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)	45
19	Evolución de “a” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)	45
20	Evolución de “b” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)	46
21	Evolución de “L” de los genotipos considerados que presentan frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)	47
22	Evolución de “a” de los genotipos considerados que presentan frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)	47
23	Evolución de “b” de los genotipos considerados que presenta frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)	48
24	Imágenes de los 10 genotipos más preferidos por los jueces según Prueba de Kramer o de rangos	53

RESUMEN

El manzano es uno de los principales cultivos perennes en el estado de Querétaro. Las principales variedades establecidas son 'Red Delicious', y 'Golden Delicious'. Debido a accidentes climatológicos y a la época de maduración de estas variedades, la manzana producida es de mala calidad y se comercializa deficientemente. Entre las principales alternativas de solución destaca la introducción de genotipos de calidad y de maduración temprana que deben evaluarse durante varios ciclos y mediante métodos no destructivos (dada la escasez de material vegetativo), metodología que se siguió para evaluar la época de maduración de diversos genotipos de manzana introducidos en la Sierra de Querétaro. La calidad se determinó al momento de la cosecha mediante análisis físicos, químicos y sensoriales. Los genotipos que resultaron de maduración temprana (durante el mes de julio) y que alcanzaron diámetros comerciales, de acuerdo a la Norma Mexicana, fueron: 436, 424, SM6, 467, 428 y 'Rayada' (5.97, 5.99, 6.65, 6.64, 6.77 y 6.24 cm respectivamente). La medición del diámetro con relación a la cavidad peduncular del fruto resultó una medición confiable para determinar la época de maduración, ya que ésta es dependiente del genotipo, como en 488 (33.28), 438 (11.47) y 407 (4.26), que presentan valores distintos, pero que tienden a ser constantes para cada uno de ellos. Las variedades de maduración tardía 'Lourdes' y 407 manifestaron valores de firmeza pobres (16.20 y 15.20 N), lo cual sugiere un bajo potencial de almacenamiento, en contraposición con 428 (37.8 N) y 488 (21.80 N). Los mejores genotipos resultaron 467, 428, 424, 416, SM6 y 'Rayada' por ser de maduración temprana, por su aceptación sensorial (66.1, 61.3, 64.0, 63.5, 71.6 y 61.4 respectivamente en escala de 0 a 100) en comparación con 442-9 (49.6) y por presentar niveles de acidez, SST y firmeza bastante aceptables. En este trabajo se detectaron genotipos sobresalientes establecidos que resultan prometedores para la Sierra de Querétaro.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola queretano afronta una serie de desafíos como consecuencia de su incorporación a la economía mundial de mercados, la cual exige productos y servicios de alta calidad, con valor agregado, mayor nivel de complejidad tecnológica y empleo de tecnologías limpias en su proceso de producción. Así, surge el reto de buscar sistemas diversificados y sostenibles que generen una mayor productividad, basada en la utilización de los recursos propios, que sin afectar negativamente los ecosistemas permitan satisfacer las necesidades de una población en aumento.

El manzano es considerado uno de los principales cultivos perennes en el estado de Querétaro. Su producción es principalmente de temporal, existiendo algunas zonas que cuentan con un clima apropiado para su cultivo, siendo las principales variedades 'Red Delicious', 'Golden Delicious', 'Rayada', además de las variedades criollas. Las mayores superficies plantadas de manzano se localizan en los municipios de Amealco, Cadereyta, Pinal de Amoles y San Joaquín, mismos que aportan 88.4% de la producción estatal.

Entre los problemas que han limitado la comercialización de la manzana, tenemos: la baja calidad de la fruta producida (en cuanto a tamaño, forma, color, sabor, entre otros), la lejanía de zonas urbanas que representan mercados potenciales para el comercio de la fruta, la carencia de vías adecuadas de comunicación, el desconocimiento de las características del cultivo por parte de los productores, la falta de selección, manejo en poscosecha del producto y la presencia de accidentes climatológicos, tales como granizadas, sequías y heladas tardías, que dañan tanto al fruto como al árbol. Asimismo, cuando la manzana local ingresa al mercado, éste ya está saturado con producto de otras regiones como Chihuahua y Durango, poniendo en desventaja a los productores queretanos.

Una alternativa para mejorar la calidad de la fruta y asegurar su colocación en el mercado, es mediante la introducción de variedades tempranas o intermedias, pero que mejoren en calidad a las ya establecidas. Se han efectuado muchos esfuerzos en esta área de la investigación, por lo que ya se tiene establecido en la

región un amplio banco de germoplasma. Sin embargo, por tratarse de material genético recién introducido y de tipo perenne, es necesario que se lleve a cabo la evaluación permanente del comportamiento de los genotipos por varios ciclos de producción, pues la variabilidad del clima a través de los años puede modificar su comportamiento. Además, es necesario evaluar la aceptación del fruto por parte del consumidor a través de pruebas sensoriales confiables.

Para determinar la evolución de la madurez de los distintos genotipos a través del tiempo es necesario considerar y determinar su bondad, además de las variables clásicas (firmeza de la pulpa, acidez total titulable, sólidos solubles totales), variables no destructivas y que no pongan en riesgo la integridad de los frutos, principalmente cuando éstos se encuentran disponibles en los árboles en pocas cantidades. Entre éstas, podemos citar el diámetro ecuatorial del fruto, el color de la epidermis y más recientemente, algunos investigadores proponen medir la profundidad de la cavidad peduncular.

Por lo anterior, en el presente trabajo de investigación se evaluaron diversos métodos no destructivos para la determinación de la época de maduración de genotipos nuevos de manzana establecidos en la Sierra de Querétaro. Adicionalmente, se determinó la aceptabilidad sensorial de dichos genotipos. El uso apropiado de estos métodos permitirá reducir las pérdidas de calidad y cantidad durante la recolección y durante el período poscosecha.

II. ANTECEDENTES

II.1 Origen y antecedentes del manzano

El origen del género *Malus* es desconocido, pero es posible que proceda del cruzamiento y selección de varias especies de manzanos silvestres europeos y asiáticos. Según V.V. Ponomarenko, *Malus sieversii* (Ledeb.) Roem, una especie de manzano silvestre que crece de forma natural en las regiones montañosas de Asia menor, podría ser la especie de la que se habrían originado, hace 15 000 a 20 000 años, las primeras razas cultivadas de manzano (Álvarez, 1988).

El manzano fue introducido en España por los pueblos del norte de África y durante el proceso de romanización de la península. En Asia o Europa, algunos autores lo sitúan con mayor probabilidad en las montañas de Asia.

II.2 Taxonomía y Morfología del manzano

El género *Malus* pertenece a la familia de las *Rosaceae* y de la especie: *Pyrus malus* L, aunque es difícil saber el número de especies que lo componen, debido a la gran cantidad de híbridos naturales y variedades obtenidas por el hombre mediante la selección a lo largo de miles de años.

Los manzanos son árboles caducos que prefieren los valles frescos y fértiles de climas templados y húmedos (Álvarez, 1988). Las principales características del árbol son: tamaño pequeño (2 m), de copa globosa, hoja caduca, dentada, simple y alterna, con abundantes flores, en pequeñas inflorescencias, de una amplia gama de colores que van del blanco al rosa e incluso de tonos rojos (Figura 1). En algunas ocasiones dichas flores están perfumadas. Poseen frutos llamados manzanas o pomos (Figura 2), de colores diversos, desde el amarillo hasta el rojo, pasando por el verde (Álvarez, 1988).

El tronco es erecto con corteza cubierta de lenticelas, lisa, adherida, de color ceniciento verdoso sobre los ramos y escamosa y gris parda sobre las partes viejas del árbol. Tiene una vida de 60 a 80 años. Las ramas, de color verde oscuro, a veces tendiendo a negruzco o violáceo, se insertan en ángulo abierto sobre el tallo. Los brotes jóvenes terminan con frecuencia en una espina (Figura 3) (Infoagro.com,

2009). La floración tiene lugar en primavera, generalmente por abril o mayo, las manzanas más precoces maduran en junio, aunque existen razas que mantienen el fruto durante la mayor parte del invierno e incluso se llegan a recoger en marzo o abril. Las manzanas tienen un pedúnculo corto y numerosas semillas de color pardo brillante (Lalatta, 1999).



Figura 1: Flores típicas del manzano



Figura 2: Fruto del manzano

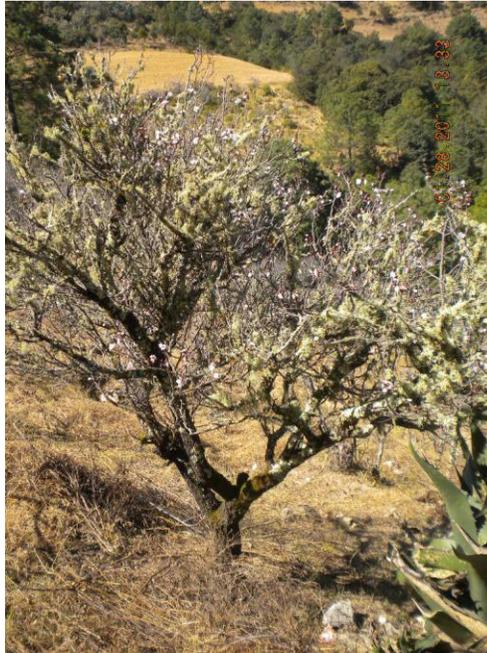


Figura 3. Árbol típico de manzano de la Sierra de Querétaro

II.3 Importancia y distribución mundial

El manzano es una de las especies de fruta dulce de mayor difusión a escala mundial, debido fundamentalmente a:

- Su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos.
- Su valor alimenticio y terapéutico.
- La calidad y diversidad de productos que se obtienen en la industria transformadora.
- Por proceder de climas muy fríos resiste las más bajas temperaturas, lo que ha permitido cultivarlo a gran escala en todos los países de clima relativamente fríos, y en particular en todos los de Europa (Infoagro.com, 2009).

La competencia principal en el mercado de la manzana está planteada por los agrios, especialmente naranjas y mandarinas cuya producción y consumo está susceptible de aumentar tan rápidamente como el de las pomáceas (Álvarez, 1988).

En el Cuadro 1 se enlistan los principales países productores de manzana a nivel mundial. Se observa que durante 2001 China ocupó el primer lugar de entre 22 naciones que registraron la más alta producción con 21 559 000 toneladas, seguido de países de primer mundo como Estados Unidos, Alemania e Italia con 4 336 520 ton, 2 500 000 ton y 2 255 001 ton, respectivamente. Algunos países europeos (como Polonia, Francia y España) y asiáticos (Irán, India, Japón, Corea) gozan de buena posición pues sus condiciones climáticas favorecen dicha producción. No obstante, países de clima más cálidos, como Brasil y Chile, se suman a esta gran lista con casi un millón de toneladas. A ésta gran contribución, México aporta 457 889 ton colocándose en el 22° a nivel mundial (Infoagro.com, 2009).

II.4 Importancia de la manzana en México

El manzano es el frutal de clima templado de mayor importancia en México, del cual se cultivaron 62 388 ha en 2008 (SAGARPA, 2009), año en el que la producción nacional alcanzó 372 946 toneladas. De todas las entidades federativas de la república, 23 de ellas, se dedican a la producción de manzana, siendo Chihuahua y Durango los principales, abastecedores del fruto a nivel nacional, llegando a tener una superficie sembrada de 24 781 ha y 10 365 ha, respectivamente.

Querétaro, ocupa el 9° lugar a nivel nacional, con 740 ha establecidas y 1913 ton producidas en 2008 (SAGARPA, 2009); el Cuadro 2 muestra la producción de manzana de los municipios de la zona serrana durante el 2008. En el distrito de Cadereyta que incluye a éste municipio, Peñamiller y San Joaquín se cosecharon 1689 ton de las 660 ha que comprende dicho distrito; por su parte, el distrito de Jalpan, que incluye a éste y a Pinal de Amoles, se cosecharon 224 ton de una superficie de 80 ha sembradas. Aunado a lo anterior, la manzana de la región es de baja calidad, si tomamos como referencia a la Norma Oficial Mexicana para fruta fresca de manzana (NMX-FF-061-SCFI-2003), ésta se comercializa a precios bajos y en pequeña escala, lo que en parte se debe al intermediarismo y al desconocimiento del almacenamiento en frío, de modo, que una mejora de la calidad permitirá a los productores obtener mejores precios al disponer de un

periodo más amplio para comercializarla (Sánchez y col., 2008).

Cuadro 1: Países con mayor producción de manzana en el mundo

Países	Producción manzanas año 2001 (toneladas)
China	21 559 000
Estados Unidos	4 336 520
Alemania	2 500 000
Italia	2 255 001
Polonia	2 223 546
Francia	2 032 000
Rep. Islámica de Irán	1 900 000
Federación de Rusia	1 800 000
India	1 500 000
Chile	1 075 000
España	962 000
Japón	894 800
Brasil	705 515
Hungría	700 000
Rep. Pop. Dem. Corea	650 000
Canadá	532 222
Bélgica-Luxemburgo	500 000
Países Bajos	500 000
Austria	490 363
Nueva Zelanda	485 000
Rumania	470 000
México	457 889

(Fuente: Infoagro.com, 2009)

Cuadro 2: Producción estatal de manzana, situación al 31 de octubre en 2008

Estado	Distrito	Comprende los municipios	Superficie (ha)		Producción (ton) Obtenida	Rendimiento (ton/ha) obtenido
			Sembrada	Cosechada		
QUERETARO	CADE- REYTA	CADEREYTA	152	152	1689	2560
		PEÑAMILLER	3	3		
		SAN JOAQUIN	505	505		
	JALPAN	PINAL DE AMOLES	80	80	224	2800
	TOTAL			740	740	1913

II.5 Panorama del cultivo de manzana en Querétaro

Las condiciones ambientales de la sierra de Querétaro son propicias para el cultivo del manzano en altitudes superiores a 2400 msnm, con precipitaciones medias anuales mayores a los 800 mm y donde se acumulan más de 600 horas de frío durante el invierno de cada año. Sin embargo, la comercialización del fruto para su consumo en fresco se complica debido a que no reúne las características de calidad necesarias, como buen tamaño, coloración homogénea y, en general, buena apariencia; y a que los principales cultivares establecidos en la región 'Golden Delicious' y 'Red Delicious', se cosechan durante agosto y septiembre, periodo en que el mercado nacional se encuentra saturado con manzana proveniente de otros estados de México, además de que el cultivo presenta riesgos que han provocado limitantes para lograr una buena comercialización y por tanto una rentabilidad adecuada de los huertos, entre los más importantes, se mencionan los siguientes (Fernández, 2008):

1. Daños por granizo durante el desarrollo e inicio de la maduración de los frutos
2. Daños ocasionados por la roña (*Venturia inaequalis*) durante la época de lluvias, que provocan manchado de los frutos y deterioro importante de la calidad
3. Daños ocasionados por la mosca de la manzana (*Rhagoletis pomonella*), previo y durante la maduración de los frutos
4. Bajos precios de venta a partir del mes de agosto, se incrementa la oferta de frutos cada año, al iniciarse las cosechas en el norte del país
5. Bajos rendimientos y deficiencias en la calidad derivadas del bajo uso de tecnologías (densidad, raleo, fertilización, podas, control sanitario)
6. Daños por heladas durante la floración, las cuales ocurren normalmente hasta mediados de marzo
7. Daños por sequía durante la primavera, en los meses de marzo a junio, cuando se encuentra en proceso el crecimiento y desarrollo de los frutos. Es prácticamente nula la infraestructura de obras de captación de del agua de lluvia para el riego en las huertas.

II.6 Nuevas variedades de manzana para la Sierra de Querétaro

Entre las alternativas para mejorar la calidad de la fruta y ampliar la oferta del mercado en fresco, tenemos la introducción y evaluación de nuevo germoplasma. El esfuerzo realizado en otras regiones en cuanto a evaluación, selección y mejora de variedades, ha permitido optimizar el aprovechamiento de los recursos genéticos, conseguir su revalorización y poner a disposición de los productores tanto materiales genéticos de alto valor agronómico como tecnologías que permiten mejorar la rentabilidad del cultivo y facilitan la puesta en marcha de programas de denominación de origen (Mendoza y col., 2008).

Para cambiar la época de cosecha y mejorar la calidad de las manzanas en esta región, se han introducido cultivares de maduración temprana que apenas se encuentran en proceso de evaluación (González y col., 2005), con características sensoriales aceptables y que no se han encontrado fecha óptima de cosecha (Mendoza y col., 2006). Se han introducido más de 120 variedades modernas, mutantes y seleccionadas de la Colección Genética o Banco de germoplasma del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,) provenientes de las regiones manzaneras en Chihuahua, Coahuila, Durango, Oaxaca, Hidalgo y Puebla, así como de Nueva York y Michigan, EE.UU.

Durante los últimos dos ciclos, se han evaluado los árboles que ya llegaron a la etapa reproductiva con el fin de compararlos y seleccionar aquellos que ofrezcan mejores características de producción o calidad, para su cultivo y la posterior comercialización de sus frutos (Fernández, 2008).

Hasta la fecha se cuenta con 14 variedades que maduran durante el mes de Julio o fines de Junio (Cuadro 3). El potencial aprovechamiento de estas variedades y selecciones en huertas comerciales, radica principalmente en la época temprana de maduración, así como la buena calidad de los frutos, que permite una comercialización favorable, adelantándose de dos a cuatro semanas con respecto a los cultivares tradicionales y a la mayoría de las huertas en el norte del país. (Fernández, 2008).

Cuadro 3: Épocas de floración y maduración de las variedades introducidas más destacadas en San Joaquín, Qro. (*Variedades testigo más difundidas en las huertas de la sierra).

Quincena Variedad	Floración							Maduración						
	ene 2	feb 3	Feb 4	mar 5	mar 6	Abr 7	Jun 11	Jun 12	Jul 13	Jul 14	ago 15	ago 16	sep 17	
Golden Aguanueva 2			X					X						
Rojaro				X					X					
Rayada temprana				X					X					
Cambray				X					X					
Sweet delicious				X					X					
Golden brotador				X						X				
Golden loma				X						X				
Pacific gala				X						X				
Golden Mario				X						X				
Cameo				X						X				
Pacific Gold						X				X				
Golden Supreme					X					X				
Golden Smoothee					X					X				
Golden Vigas					X					X				
'Golden Delicious*					X						X			
Red Delicious*					X						X			

(Fuente: Fernández, 2008)

Estudios recientes realizados específicamente en la Comunidad de “El Suspiro”, Cadereyta Querétaro, han dado como resultado que ocho de 20 genotipos evaluados, maduren antes de agosto; otros 10 genotipos, entre ellos “Golden Delicious” y “Red Delicious”, maduraron durante agosto, y dos más, Lourdes y 419, lo hicieron en septiembre, Cuadro 4 (Mendoza y col., 2008).

Cuadro 4. Época de maduración del fruto en distintos genotipos de manzano en Cadereyta, Qro. durante 2006.

Tempranas (Antes de agosto)		Intermedias (Durante agosto)		Tardías (Después de agosto)	
467	8 de julio*	'Golden Delicious'	8 de agosto	'Lourdes'	18 de sept.
401	8 de julio	'Red Delicious'	12 de agosto	419	18 de sept.
'Rayada'	14 de julio	436	12 de agosto		
SM5	22 de julio	429b	12 de agosto		
421	29 de julio	129	12 de agosto		
424	29 de julio	SM2	12 de agosto		
428	29 de julio	SM1	25 de agosto		
SM4	29 de julio	SM3	25 de agosto		
		429 ^a	25 de agosto		
		438	25 de agosto		

*Fecha de maduración

II.7. Índices de madurez

Uno de los errores más frecuentes que los productores cometen es cosechar sus frutos demasiado temprano, cuando están aún inmaduros y no han desarrollado todavía su sabor total. El usar un índice de madurez como estándar disminuye mucho las pérdidas de preselección. En el caso de diferentes cultivos involucra el uso de un refractómetro para medir los azúcares o un penetrómetro para medir la firmeza (FAO, 2009).

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración de un fruto son el color, sabor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. En los frutos climatéricos, este proceso es controlado, fundamentalmente, por el etileno y su actividad respiratoria. Por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables (Angón y col., 2006; FAO, 2009). Debido a la importancia de obtener frutos con características de madurez óptimas, existen índices para determinar el momento óptimo de recolección. Entre los más utilizados tenemos el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todos ellos de empleo muy práctico.

Otros, como el número de días desde plena floración hasta maduración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas (Angón y col., 2006).

En el Cuadro 5 se observan algunos ejemplos de los índices de madurez más utilizados comúnmente por productores.

Cuadro 5: índices de madurez para frutas

Índice	Ejemplos
Días transcurridos desde la floración hasta la cosecha	Manzanas y peras
Promedio de unidades de calor durante el desarrollo	Manzanas y maíz (elote)
Desarrollo de la capa de abscisión	Algunos melones y manzanas
Morfología y estructura de la superficie	Formación de la cutícula en uvas y tomates
Tamaño	Todas las frutas
Gravedad específica	Cerezas y sandías
Forma	Angularidad en la banana Llenado de los hombros del mango.
Firmeza	Manzanas, peras y frutos de hueso
Color externo	Todas las frutas
Color y estructuras internas	Color de la pulpa en frutas
Contenido en almidón	Manzanas y peras
Contenido en azúcares	Manzanas, peras, frutos de hueso y uvas
Contenido en ácidos, proporción azúcar/ácido	Granada, cítricos, papaya, melones y kiwi
Contenido en zumo (jugo)	Cítricos
Astringencia (contenido en taninos)	Caqui y dátiles
Concentración interna de etileno	Manzanas y peras

(Fuente: Angón y col., 2006)

II.7.1 Color

Uno de los factores sensoriales de calidad más importantes de un alimento es

el color. Esto se debe a que un alimento por muy nutritivo, aromático o bien texturizado que sea, solo se comerá cuando posea un color vistoso (Fennema, 1982).

El mejoramiento del color ocurre entre el periodo de precosecha hasta la cosecha (15 días), pero se detiene cuando la fruta entra a la cámara de frío. Sin embargo, es posible que interactúe en una baja concentración de sólidos solubles y pudiera provocar un retraso en la maduración si no se asocia con bioestimulante de fotosíntesis (Rodas, 2006).

La fruta de exportación y aún la de consumo nacional, debe ser de muy buena calidad y, por ello, siempre se están introduciendo nuevas técnicas de manejo que permitan mejorar la calidad.

El desarrollo del color sigue siendo la principal limitante para aumentar el porcentaje de embalaje de las variedades tradicionales. Este problema de color se da tanto para variedades rojas como verdes.

La manzana roja está constituida por un conjunto de variedades del tipo 'Delicious', 'Fuji', 'Braeburn', 'Galas', etc. quienes poseen una gran importancia dentro de las variedades exportadas.

Los mercados son variables al respecto, pero, en cualquier caso, se exige el mayor desarrollo del color tanto en superficie como en intensidad. Existe preocupación en los productores por deficiencias en este aspecto que ocurren con cierta frecuencia.

Entre los factores que influyen en el color están los siguientes (Geocities.com, 2011):

Variedad: Existen notables diferencias varietales en la capacidad para producir color en la fruta. Se encuentran variedades rojas en las manchas completas, como 'Richared delicious', 'Redspur', 'Starkrimson', como también variedades rojas del tipo estriado como 'Gala'.

Nitrógeno: Un nivel alto de nitrógeno, forma mayor cantidad de proteínas, lo que reduce por competencia, la síntesis de antocianinas. De igual forma, la

abundancia de nitrógeno hace aumentar el área foliar y produce sombreado, que evita la insolación o luminosidad necesaria para la formación de color en el fruto.

Potasio: Tiene un efecto positivo en la formación de color, Se estima que este nutrimento estaría actuando como cofactor en las reacciones que terminan en idaeina, aun cuando se considera que el manzano bien nutrido, con un nivel superior a 1% de potasio, para obtenerse un buen color debe superar el 1.5% en peso por fruto, lo que equivale a 107 mg de potasio.

Clima: Es de gran importancia en la manifestación del color potencial de una variedad, influyen temperatura, luz y humedad.

Temperatura: Afecta la síntesis del pigmento, dado que requiere carbohidratos, y estos se reducen con altas temperaturas (mayor a 25 °C), por el incremento de la respiración. Por lo tanto es importante la oscilación térmica (noche y día), así se reduce el gasto de azúcar desviándose el metabolismo hacia la formación de precursores de idaeina.

Luz: La mayor cantidad de luz UV se encuentra en lugares de altitud elevadas como montañas (lugares excelentes para tomar color rojo, conjugado con temperaturas bajas).

Humedad: Las manzanas adquieren mas color en condiciones de baja humedad relativa en verano, ya que ello permitiría un mayor paso de luz ultravioleta al fruto.

También existen factores de manejo del cultivo que influyen en el color:

Poda: La absorción de luz solar por parte de las hojas y frutos es influida en gran medida por esta labor. Esto incidirá en la síntesis de pigmentos en el fruto, ya que se ve favorecidos en presencia de luz, por una parte, y por el nivel de azucares

y acumulación de precursores.

Raleo de fruto: Regula el contenido de azúcar del fruto y con ello mejora el color.

Fertilización: la fertilización nitrogenada afecta notablemente la coloración y la calidad general del fruto. El potasio por su parte, tiene un efecto positivo sobre el color mencionado anteriormente.

Portainjerto: El patrón M9 favorece el desarrollo del color del fruto, debido, posiblemente a la mayor exposición al sol de los frutos que permite dicho patrón a los cultivares que soporta.

Época de cosecha: el proceso de acumulación de idaeina se desarrolla en el tiempo, por ello mientras más se retrase la cosecha más color adquiere la manzana. Resulta de vital importancia, entonces, realizar la cosecha basándose en estándares adecuados de madurez (Geocities.com, 2011).

II.7.2 Textura

La textura o firmeza sirve como un importante determinante de la calidad del fruto. Los cambios texturales son más evidentes durante la maduración del fruto, tiempo en el que éste se ablanda dramáticamente (Huber, 1983).

Se ha establecido que los cambios de textura en el fruto ocurren como resultado de la hidrólisis de la pared celular mediada por enzimas. La pared celular posee una lámina media, ésta capa es particularmente rica en polisacáridos pécticos y se cree que es la región más afectada durante el ablandamiento del fruto. Las enzimas involucradas en el ablandamiento de los frutos son D-galacturonasas (poligalacturonasas), celulasas y pectinesterasas (Fernández, 2003).

II.7.3 Forma y tamaño del fruto

La forma del fruto es un criterio de calidad que puede medirse determinando la

circunferencia, diámetro, longitud, relación diámetro polar/diámetro ecuatorial, peso o volumen del mismo. Los límites son establecidos por normas, no obstante el consumidor es finalmente quien determina la forma del fruto, del que ya conoce una forma característica; aunque una nueva variedad posea cualidades superiores a otras; si su forma es inusual será menos aceptado en el mercado.

La forma del fruto es un carácter que se establece examinando el diámetro ecuatorial y el polar. Ambos perfiles pueden ser iguales o uno mayor que el otro. Se determina de la siguiente manera:

- Redondeado: ambos diámetros son casi iguales
- Aplastado: el diámetro ecuatorial es mayor que el longitudinal
- Alargado: el diámetro polar es mayor al ecuatorial.

En cuanto a tamaño, se puede considerar el diámetro ecuatorial (mm) o el peso (g) respectivamente. Así se tiene (Mejía, 2006):

- Grande: 70-80 mm o 210-270 g
- Mediano: 55-70mm o 140-210 g
- Pequeño: 40-55 mm o 70-100 g

El tamaño de las manzanas se determina con base en el peso unitario o el diámetro ecuatorial, de acuerdo a lo establecido en la norma mexicana (NMX-FF-061-SCFI-2003).

II.8 Calidad de la manzana

La manzana, por ser un fruto ampliamente producido, resistente a la refrigeración, suave de sabor y firme en su textura, puede destinarse al consumo en fresco o procesarse para obtener numerosos productos. Se utiliza para elaborar mermeladas, sidra, jugo, vinagre, repostería, rebanadas o piezas (frescas, congeladas, enlatadas, deshidratadas) o puré. Para cada producto se deben tener presentes las características del tipo de manzana utilizada (Teranishi y Barrera, 1980). Dada la importancia que tiene la comercialización de la manzana a nivel mundial, los productores deben considerar los parámetros que definirán la calidad del fruto.

Las características externas de calidad tienen que ver con la apariencia visual del fruto (tamaño, forma, color, ausencia de defectos e inclusive firmeza). Otras se consideran internas y se perciben cuando se ingiere el alimento (Mejía, 2006).

II.8.1 Normas de calidad para manzanas de mesa

El objetivo de las normas es establecer las características de calidad que deberán cumplir la manzana en estado fresco destinada al consumo humano.

En todas las categorías las manzanas deben cumplir con los requisitos mínimos: enteras, sanas, se excluyen en todo caso los frutos afectados de podredumbre o alteraciones tales que los hagan impropios para el consumo; limpias, prácticamente exentas de materias extrañas visibles; exentas de humedad exterior anormal y exentas de olor o sabor extraños (NMX-FF-061-SCFI-2003).

Los frutos deben haber sido recogidos cuidadosamente y presentar un desarrollo suficiente y un estado de madurez tales que les permita soportar la manipulación, el transporte y responder en el lugar de destino a las exigencias comerciales (Infoagro, 2009).

II.8.2 Clasificación del producto

En México las manzanas en estado fresco, destinadas al consumo se clasifican en tres grados de calidad de acuerdo a la Norma Mexicana de Manzanas para consumo en fresco NMX-FF-061-SCFI-2003 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Clasificación de la manzana por categorías según la norma NMX-FF-061-SCFI-2003 para consumo en fresco

Categoría	Clave
México extra	Mex-X
México 1	Mex-1
México 2	Mex-2

La manzana que no se clasifica de acuerdo con algunos de los grados de

calidad anteriormente señalados, se designa como “no clasificada”.

II.9. Análisis sensorial

La evaluación sensorial, se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia (Pedrero y Pangborn, 1989):

- Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- Olor: los miles de compuestos volátiles que contribuyen el aroma
- Gusto: dulce, amargo, salado y ácido (posiblemente, metálico, astringente y otros).
- Textura: las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosis.
- Sonido: aunque de poca aplicación en alimentos, se correlaciona con la textura; por ejemplo, crujido, tronido, efervescencia.

El análisis sensorial tiene muchos usos y aplicaciones, entre los cuales encontramos los siguientes (Pedrero y Pangborn, 1989):

- Determinación de normas: en ella se establecen los criterios de calidad y referencias, para clasificar, calificar y evaluar desde la materia prima hasta el producto terminado.
- Control de calidad: para establecer pautas sensoriales de los productos, las cuales deben ser consideradas desde la manufactura, durante la manipulación y el almacenamiento de los mismos, con el fin de mantener las normas comerciales, elegir nuevas fuentes de abastecimiento; incluso, para mantener la aceptación por parte del consumidor.
- Desarrollo de nuevos productos: para la formulación y comprobar el probable éxito de nuevos productos o hacer cambios en los ya existentes.
- Correlación con medidas químicas, físicas e instrumentales: permite desarrollar cálculos de propiedades sensoriales de manera más inmediata y reproducible.

La investigación sobre las preferencias va dirigida hacia la aceptación del producto por parte de los consumidores (Lawless y Hildegarde, 1999), por lo tanto existen varios métodos para la evaluación sensorial, éstos se dividen en (Pedrero y Pangborn, 1989):

1. Métodos analíticos, a nivel laboratorio abarca sensitivos (describen un umbral), cuantitativos (de gradiente), cualitativos (se refiere al análisis descriptivo de sabor, dilución, textura, etc.), además de los de diferenciación (comparación por pares, dúo-trío, etc.) y duración.
2. Métodos afectivos a nivel consumidor; de aceptación, preferencia o hedónica (se refiere al nivel de agrado)

II.9.1 Pruebas de aceptación

Son aquellas que se llevan a cabo por consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales), dan su opinión sobre sus gustos y preferencias , estos se dividen en pruebas de preferencia y pruebas hedónicas (Muñoz, 2003).

II.9.1.1 Prueba de preferencia

A partir de las opiniones de un grupo de consumidores, se ordenan una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o preferencia. La oración que ejemplifica esta prueba puede ser: indique en secuencia numerada (del 1 al 5) el orden de mayor a menor preferencia (Pedrero y Pangborn, 1989).

Es un método para seleccionar una o dos de las mejores muestras de un grupo más o menos definido. En esta prueba, no se tiene ninguna indicación de las diferencias que hay entre las muestras, ya que son ordenadas en relación una con otra en función de su aceptabilidad por el panel. Las muestras han de presentarse de manera aleatoria al panel, para evitar las influencias y prejuicios de presentación.

El tratamiento estadístico se puede hacer con un análisis de varianza o sobre la base de las tablas de Kramer para ver si la suma de las puntuaciones asignadas es significativa (Sancho y col., 2002).

II.9.1.2 Prueba hedónica

Se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado (Sancho y col. 2002). Consiste en localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Son pruebas muy simples y fáciles de entender, permiten detectar pequeñas diferencias en el gusto del consumidor sobre alimentos similares y establecer el nivel de aceptabilidad de un producto (Mejía, 2006).

En estas pruebas, las muestras se presentan individualizadas, en diferente orden para cada individuo y se pide al catador que las califique sobre una escala de intervalo no estructurado donde se puntualiza la característica de agrado, o de acuerdo a una gradación de este tipo (Lawless y Hildegarde, 1999; Sancho y col., 2002):

1. Extremadamente agradable
2. Muy agradable
3. Agradable
4. Ligeramente agradable
5. Ni agradable ni desagradable
6. Ligeramente desagradable
7. Desagradable
8. Muy desagradable
9. Extremadamente desagradable

La elección de cualquiera de los métodos va a depender en gran medida de los objetivos que se pretende obtener en la evaluación, del tiempo y del presupuesto disponible para ello (Mejía, 2006).

III. HIPÓTESIS

La utilización de métodos no destructivos permite determinar, de manera confiable, la maduración de los distintos genotipos de manzano establecidos en la Sierra de Querétaro.

IV. OBJETIVOS

IV.1 GENERAL

Determinar la época de maduración de distintos genotipos de manzana establecidos en la Sierra de Querétaro a través de la utilización de métodos de análisis no destructivos. Determinar su calidad por medio de pruebas físicas, químicas y sensoriales.

IV.2. ESPECÍFICOS

- Determinar la época de maduración de los genotipos de manzana a través de pruebas *in situ* como colorimetría, calibre y cavidad peduncular.
- Evaluar la calidad de los genotipos a partir de análisis físicos y bioquímicos.
- Determinar la aceptabilidad sensorial de los genotipos considerados.

V. METODOLOGÍA

V.1 Materiales

V.1.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en un huerto comercial de manzano, establecido en la comunidad de El Suspiro, Municipio de Cadereyta, Querétaro a 8 km de la Comunidad de El Doctor (Figura 4). El clima predominante en la región es el templado húmedo, con temperatura media anual de 13,8 °C en 2009, con una temperatura mínima promedio que va de -2 a 0 °C durante los meses de enero y febrero tomando en cuenta los periodos invernales noviembre a marzo de 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010; y 596 mm aproximadamente de precipitación anual, con 69 % de la precipitación entre los meses de Junio y Septiembre, época que coincide con el desarrollo y maduración del fruto (ceaqueretaro.gob.mx, 2011).

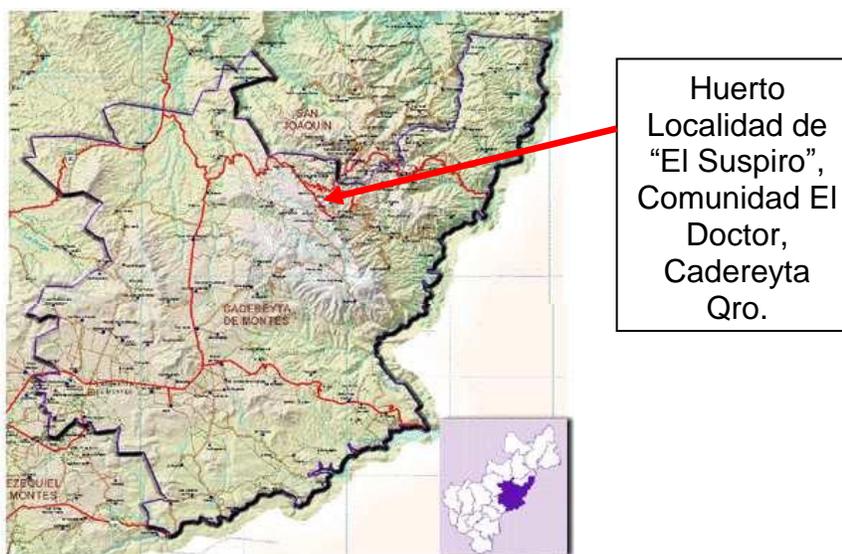


Figura 4. Mapa del municipio de Cadereyta, Querétaro

El huerto experimental está establecido con los cultivares 'Golden Delicious', 'Red Delicious' y 'Rayada' primordialmente, injertadas sobre el portainjerto clonal MM-111, además de una serie de genotipos introducidos en 2001 a partir de injerto de corona, los cuales se encuentran dispersos en el huerto. El portainjerto MM-111 tiene su origen en Est Malling Inglaterra, se considera de vigor medio a fuerte, de buena productividad, medianamente sensible a *Phytophthora*, poco sensible al pulgón lanígero y muy sensible a la asfixia, destinado a suelos algo sueltos, profundos y con buen drenaje. Es utilizado principalmente en plantaciones semi-intensivas a poco intensivas (Mendoza y col. 2006).

El huerto se encuentra establecido en un terreno con una pendiente muy pronunciada y los árboles cuentan con terrazas individuales (Mendoza y col., 2008).

Los análisis físicos, químicos y sensoriales en poscosecha se efectuaron en el Laboratorio de Poscosecha, Fisiología, Bioquímica y Genética de Frutas del Posgrado en Alimentos de la Facultad de Química de la UAQ.

V.1.2 Material biológico

Se trabajó con 33 genotipos de manzana, teniendo como testigo a dos variedades muy arraigadas en el lugar, 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' (Cuadro 7) en la Figura 5, se muestra la ubicación de dicho material genético.

V.2 Métodos

V.2.1 Determinación de la época de maduración

Periódicamente, cada 14 días, se estuvo visitando el huerto, con la finalidad de evaluar el desarrollo de los frutos de los genotipos considerados en el estudio. Esta etapa consistió en el registro de cambios fisiológicos a partir de su fecha de floración. Cuando el fruto comenzó a desarrollarse se dio inicio a las mediciones de las variables físicas (Mendoza y col., 2008).

Cuadro 7. Genotipos evaluados en este estudio

#	Genotipo	Origen
1	A	Origen desconocido
2	129	'Anna' x CRL9T10
3	SM1	Origen desconocido
4	438	'Anna' x CRL9T10
5	488	Origen desconocido
6	429-1	'Anna' x CRL9T10
7	429-2	'Anna' x CRL9T10
8	428	'Anna' x 'Gala'
9	407	Origen desconocido
10	<i>Micromalus</i> sp	Origen desconocido
11	401	'Tropical Beauty' x 'Princesa'
12	418	'Anna' x CRL9T10
13	424	'Anna' x 'princesa'
14	447	Origen desconocido
15	436	'Anna' x 'Gala'
16	441	Origen desconocido
17	467	'Anna' x 'Liberty'
18	411	Origen desconocido
19	SM	Origen desconocido
20	449	Origen desconocido
21	442-9	'Anna' x CRL9T10
22	SM6	Origen desconocido
23	'Rayada'	Origen desconocido
24	443	Einsheimer x Princesa
25	SM2	Origen desconocido
26	SM3	Origen desconocido
27	419	Golden 650 x 'Gala'
28	412	Origen desconocido
29	'Red Delicious'	Origen desconocido
30	'Lourdes'	Origen desconocido
31	'Golden Delicious'	Origen desconocido
32	116	Origen desconocido
33	421	'Anna' x 'Gala'

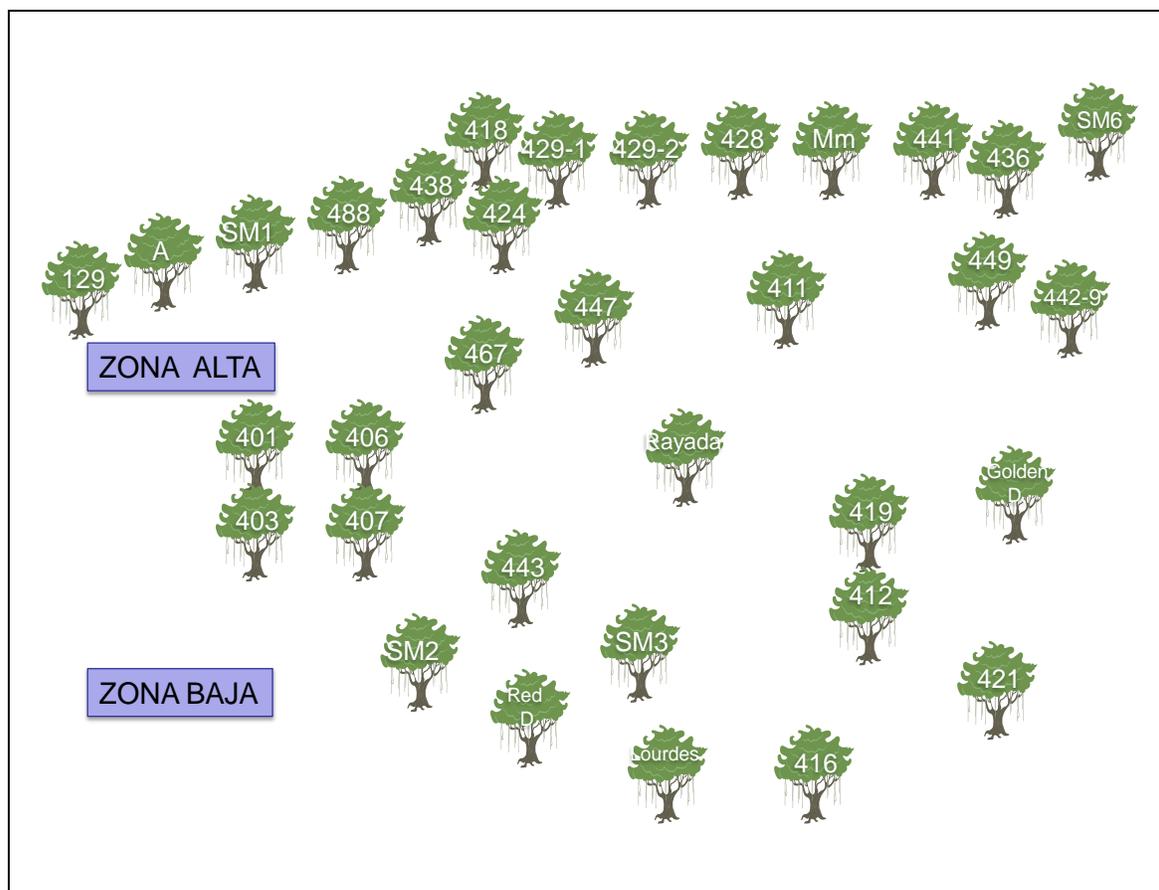


Figura 5. Ubicación de los genotipos considerados en este estudio en el huerto experimental “Cruz de Encino”, El Suspiro, Cadereyta, Qro.

V.2.2 Diámetro ecuatorial del fruto

Se seleccionaron al azar 10 frutos, teniendo cuidado de no desprenderlos, el diámetro ecuatorial se midió con el uso de un calibrador o vernier, tomando la medida de la zona más ancha del fruto, el diámetro fue reportado en centímetros (Mendoza y col., 2008).

V.2.3 Cavidad peduncular

De los frutos seleccionados se midió la profundidad de la cavidad peduncular introduciendo la “barra de profundidad” del calibrador vernier. Se obtuvo la medida y se reportó en centímetros (Trillot y col., 1993).

V.2.4 Color de la epidermis

La cromaticidad fue registrada basándonos en las coordenadas de color de la Comisión Internationale de L'Eclairage L^* , a^* , b^* (CIELAB) tras la calibración del aparato de medida, en las condiciones del iluminante C, en una placa blanca Minolta de valores $L^* = 98,11$, $a^* = 0,22$, $b^* = 1,94$. L^* representa la claridad relativa de los colores en una escala de 0 a 100. La escala de a^* y b^* se extiende desde -100 hasta 100, a^* es negativo para el verde y positivo para el rojo, mientras que b^* es negativo para el azul y positivo para el amarillo.

De los frutos anteriormente seleccionados, se colocó el colorímetro Mini Scan XE® Plus sobre la epidermis del fruto y se registraron los valores triestímulo L, a y b promedio de tres lecturas (Iglesias, 2003).

Posteriormente, se realizó la cosecha en los meses de julio, agosto y septiembre, trasladándose la fruta al Laboratorio de Poscosecha, Fisiología, Bioquímica y Genética de Frutas del Posgrado de la Facultad de Química de la UAQ, para la segunda etapa de estudio: las pruebas destructivas, colocándose los frutos en frío convencional, hasta su utilización.

V. 2.5 Determinación de la calidad: Pruebas destructivas

V.2.5.1 Tamaño y clasificación por categorías

El tamaño se obtuvo midiendo como señala el apartado V.2.2, de cada genotipo con 10 repeticiones, usando el vernier y reportando el promedio. Posteriormente, se clasificó por tamaños, con ayuda de un clasificador, que ha sido elaborado con los tamaños de los diámetros ecuatoriales de acuerdo a la clasificación de la Norma NMX-FF-061-SCFI2003, haciendo pasar cada fruto a través de estas perforaciones para cada categoría. Finalmente, se pesaron los kilos correspondientes para cada categoría, de esta forma se obtuvo el rendimiento en kilogramos (Crisosto, 1994; Mendoza, 2008).

V.2.5.2 Firmeza

Se utilizó un texturómetro provisto de una sonda de 5 mm a una distancia de compresión de 0.5 mm./s. Se determinó la firmeza de cinco manzanas elegidas al

azar, intactas en tres puntos equidistantes. Se obtuvo la media y se reportó en Newtons (Lees, 1994; Román y Gutiérrez, 1998).

V.2.5.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

Del jugo homogeneizado obtenido de al menos cinco manzanas tomadas al azar de cada genotipo, se tomaron alícuotas de 1 mL, para su estudio en un refractómetro manual Atago®, los resultados obtenidos se reportaron como ° Brix (Lees, 1994).

V.2.5.4 Acidez total titulable

Del jugo anteriormente obtenido se tomaron alícuotas de 5 ml con tres repeticiones, los cuales fueron diluidos en 50 ml de agua destilada. Se tituló con solución valorada de NaOH 0.1N y fenolftaleína a 1% en etanol como indicador. La acidez se reportó como el porcentaje de ácido málico presente, de acuerdo a la siguiente ecuación (Alayón y col., 2005).

La ecuación para el cálculo de la acidez es la siguiente:

$$\text{Acidez total} = \frac{(\text{mL de NaOH}) \times N(\text{NaOH}) \times (\text{Factor de meq de ácido málico}) \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

donde:

ml de NaOH = cantidad ml de NaOH gastados en la titulación.

N = la normalidad de NaOH empleada.

Factor = 0.067 (ácido málico).

mL de muestra = cantidad de muestra.

V.2.6 Determinación de la aceptabilidad sensorial

V.2.6.1 Prueba de preferencia o prueba de Kramer

Se seleccionaron cinco frutos de cada genotipo, procurando que fueran semejantes entre ellos. A cada genotipo se asignó aleatoriamente un número y se colocaron en una mesa dispuesta con fondo blanco. Y fueron rotulados con éste número como clave interna (Sancho y col., 2002).

Se elaboraron tarjetas rotuladas con el número de la clave interna para cada genotipo y se le entregaron al juez, se le pidió que clasificara las muestras por orden de preferencia decreciente según su apreciación visual. Una vez clasificadas, se le otorgó un formato (véase Anexo 1), donde anotó el orden de su preferencia sin ser sugestionado por una tercera persona (Pedrero y Pangborn, 1989).

V.2.6.2 Prueba hedónica no estructurada

De los genotipos evaluados en la prueba anterior, solo se seleccionaron las 10 más preferidas por los jueces. Se tomaron tres frutos al azar de cada genotipo, se picaron en cubos de 1 cm³ aproximadamente y se etiquetaron con otra clave, para no favorecer a ninguna con los resultados de la prueba anterior, ni predisponer a los evaluadores. Se pusieron todas las muestras en varias mesas de fondo plano, se les dió un formato (Anexo 3), donde evaluaron 4 parámetros: visual, sabor, aroma y aceptación general. Se les pidió que siguieran las instrucciones, que marca el formato, sin hacer comentarios (Sancho y col., 2002).

V.3 Análisis estadísticos

V.3.1. Diseño del experimento

El diseño experimental fue completamente al azar, siendo el factor de estudio los distintos genotipos con 33 tratamientos con un número distinto de repeticiones en función de la variable. La unidad experimental estuvo constituida por un fruto. Los datos serán sometidos al análisis de varianza de Fisher y a la prueba de medias de Student utilizando el programa estadístico “JMP” versión 5.1.

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

1. Diámetro ecuatorial: Unidad experimental; un fruto
2. Color: Unidad experimental; un fruto
3. Cavidad peduncular: Unidad experimental; un fruto
4. Sólidos Solubles Totales
5. Acidez Total Titulable
6. Firmeza: (unidad experimental; un fruto)
7. Pruebas sensoriales:

- a. Preferencia
- b. Hedónica no estructurada

V.3.2. Análisis de los datos

Se aplicó el análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de Student utilizando el programa estadístico “JMP” versión 5.1 (Castaño y Domínguez, 2010).

VI. RESULTADOS

VI.1 Determinación de la época de maduración

VI.1.1. Diámetro ecuatorial

Se dio seguimiento a la maduración de los distintos genotipos evaluados con base en el incremento del diámetro ecuatorial en distintas fechas de muestreo a partir del 11 de abril. Con base en la información recabada los genotipos se agruparon en función de la época de maduración en: tempranos, intermedios y tardíos, tomando como referencia la fecha en la cual los valores del diámetro ecuatorial, medida no destructiva, tendieron a volverse constantes. Así pues, se tienen los genotipos que se presentan en las Figuras 6, 7 y 8.

En la Figura 6 se observa que a partir del 27 de junio SM1, 416, 428, 467, SM2, SM6 y 'Rayada' no presentaron cambios sensibles en su diámetro ecuatorial, sin embargo, se dejaron en observación 14 días más y fueron los más tempranos, cosechándose el 4 y 10 de julio. Los genotipos que más destacan por madurar primeramente en este grupo alcanzando un tamaño aceptable, son 428 ('Anna' x 'Gala') con 6.77 cm, seguido de 467 con diámetro de 6.64 cm. Además de los anteriores, los genotipos que se cuentan como tempranos son 424, 436, 418, 442-9, 443 y 438, (5.99, 5.97, 5.67, 5.59, 5.24 y 5.17 respectivamente). Las variedades A, 401 y 447 son de diámetro muy pequeño pero así se mantuvieron durante las dos semanas más de observación (5.1, 4.9 y 4.83 cm correspondientemente). En resumen, son 16 genotipos los que se clasifican como tempranos de acuerdo a este estudio.

Por otra parte, 429-1, 429-2, 421, 407 siguen presentando aumentos en su tamaño posteriores al 4 de julio, inclusive la fecha de corte para estos genotipos fue el 8 de agosto, por lo que se consideran de maduración intermedia. Vale la pena subrayar el comportamiento de *Micromalus*, ejemplar perteneciente a un género distinto al del resto de los genotipos (*Malus*), el cual presenta un diámetro significativamente inferior (menor a 3 cm), y es de maduración intermedia (Figura 7). Esta muestra ha resultado compatible en el injerto de acuerdo a los resultados obtenidos en el huerto experimental después de siete años de injertado,

con el cultivar sobre el cual se injertó, posiblemente 'Golden Deliciosos', quien ciertamente pertenece a la especie *Malus domestica* Borkh, Entre los genotipos de maduración intermedia destacan por su diámetro SM, SM3 y 441.

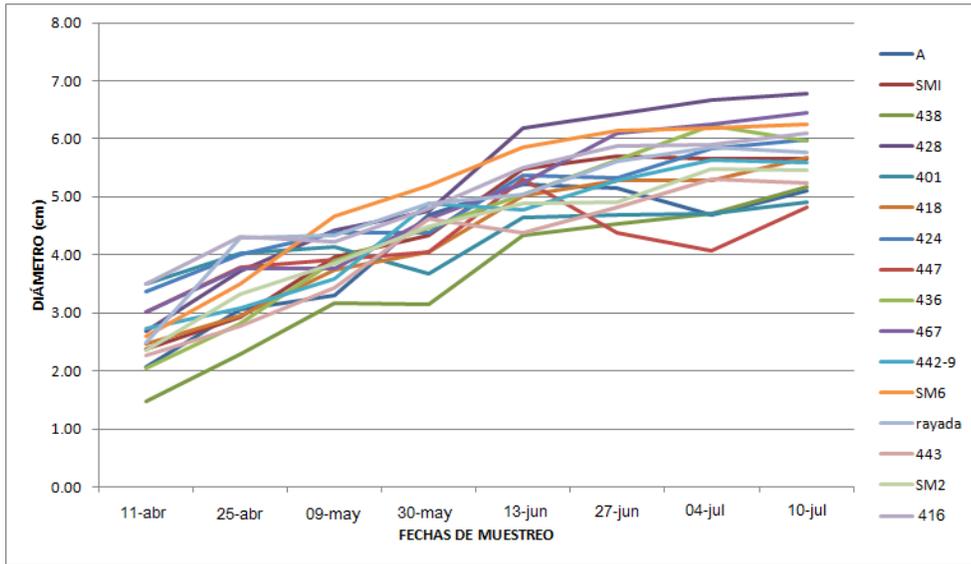


Figura 6. Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración temprana

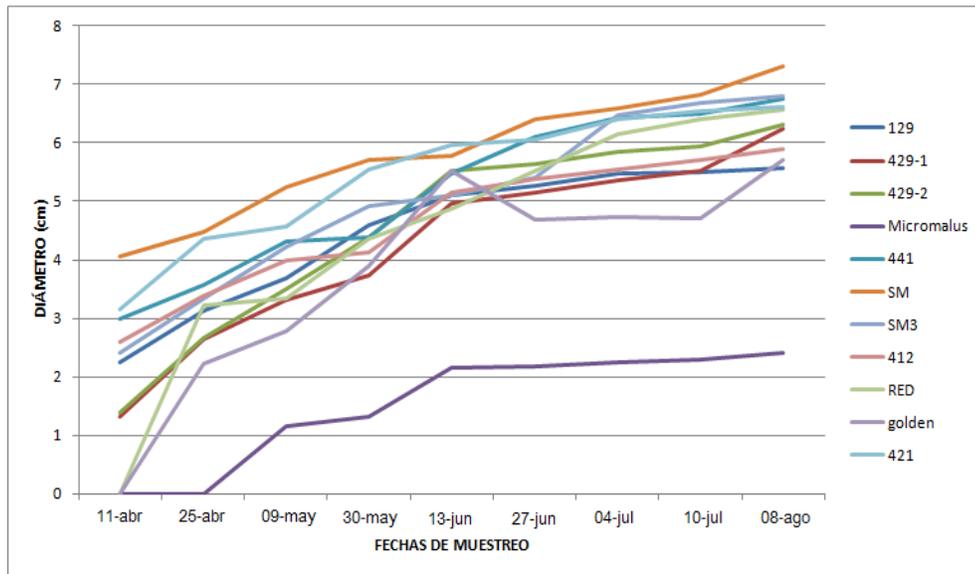


Figura 7. Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración intermedia

En la Figura 8 se observa la evolución del diámetro ecuatorial de los genotipos de maduración tardía. Éstos continuaron incrementando sus diámetros después del 8 de agosto, la fecha de corte para dichos genotipos fue el 15 de agosto. Después de esta fecha no se tomaron datos en el campo. Los genotipos 411, 449 y 488 son quienes presentan los mayores valores (6.38 cm, 6.12 cm y 5.99 cm respectivamente), se puede decir que las que maduraron más tarde fueron 407, 419 y 'Lourdes', coincidiendo ligeramente los dos últimos con Mendoza y col. (2008); sin embargo, en este trabajo los diámetros obtenidos (5.73 y 5.77 cm) fueron menores por alrededor de 1 cm., si pudiese reproducirse este trabajo, sería conveniente continuar el muestreo quizás por un mes más y así verificar la reproducibilidad con los ensayos realizados por Mendoza y col. (2008).

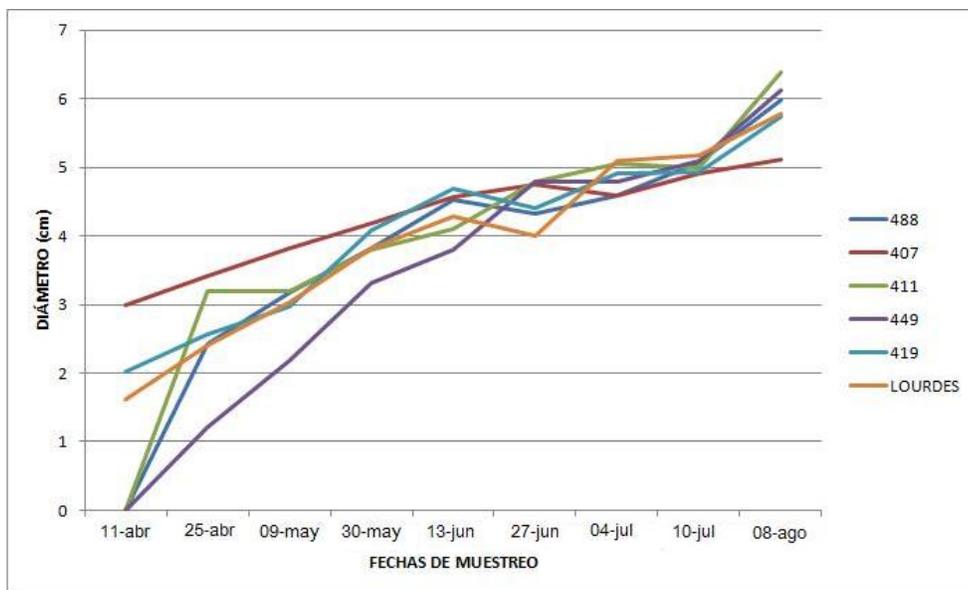


Figura 8. Desarrollo del diámetro ecuatorial de genotipos de maduración tardía

La clasificación de los genotipos con base en su época de maduración de acuerdo a la evolución de su diámetro ecuatorial se consignan en el Cuadro 8, observándose que 16 de ellos pueden considerarse tempranos, 11 intermedios y seis tardíos.

Cuadro 8: Época de maduración del fruto en distintos genotipos de manzano establecidos en Cadereyta Qro.

Tempranas (primera quincena de julio)	Intermedias (agosto)	Tardías (8 al 15 de agosto)
A	'Golden Delicious'	'Lourdes'
467	'Red Delicious'	419
438	429-1	407
401	429-2	488
418	421	449
428	SM3	411
424	412	
447	129	
436	441	
442-9	SM	
SM6	Micromalus*	
'Rayada'		
443		
SM1		
SM2		
416		

**Micromalus* no es una variedad comercial, es un género cercano a *Malus* y resultó compatible con éste en injerto.

VI.1.2 Desarrollo de la cavidad peduncular

En el Cuadro 9 se consignan los valores de la cavidad peduncular de los genotipos considerados en cuatro fechas distintas de muestreo. Se observan valores importantes en los genotipos 428 y 467 (1.12 y 1.11 cm respectivamente), ambos de maduración temprana. Entre las intermedias destaca 421 (1.02 cm para el 8 de agosto) y 407 como tardía (1.20 cm). Por el contrario, los menores valores los obtuvieron 438, *Micromalus* y 488 (0.55, 0.33 y 0.18 cm respectivamente para el 15 de agosto), día en que se realizó el corte.

En principio se esperaría que a mayor tamaño del fruto, mayor cavidad peduncular y en algunos casos se cumple, como para 428, pues con el mayor diámetro (7.34 cm), posee la mayor cavidad peduncular (1.12 cm); mientras que 467 se ubica en la 5ª posición respecto a diámetro (6.64 cm), con una cavidad de 1.11 cm. Para genotipos intermedios, SM se encuentra en el primer lugar del grupo con diámetro ecuatorial (7.03 cm) y una profundidad de 0.85 cm, la cual, comparada con 421 (6.61 cm de diámetro), posicionada en 3^{er} lugar, su cavidad supera a SM con un valor de 1.02 cm. En cuanto a tardías, 407 presenta la mayor cavidad peduncular, pero su diámetro es el menor de todas (5.11 cm).

Cuadro 9. Cavidad peduncular (cm) de genotipos de manzana en distintas fechas de muestreo

GENOTIPO	Época de maduración	Fecha de muestreo				
		13-jun	27-jun	04-jul	10-jul	08-ago
A	Temprana	0.35*	0.49	0.51	0.54	0.69
129	Intermedia	0.2	0.77	0.79	0.82	0.85
SMI	Temprana	0.35	0.41	0.43	0.46	0.6
438	Temprana	0.04	0.08	0.13	0.21	0.55
488	Tardía	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18
429-1	Intermedia	0.28	0.66	0.69	0.71	0.83
429-2	Intermedia	0.32	0.63	0.66	0.68	0.74
428	Temprana	0.48	0.86	0.89	0.9	1.12
407	Tardía	0.28	0.78	0.85	0.98	1.2
Micromalus	Intermedia	0.04	0.27	0.29	0.32	0.33
401	Temprana	0.23	0.49	0.51	0.52	0.63
418	Temprana	0.38	0.49	0.53	0.57	0.71
424	Temprana	0.61	0.75	0.91	0.98	1.07
447	Temprana	0.43	0.62	0.65	0.67	0.7
436	Temprana	0.41	0.52	0.62	0.69	0.8
441	Intermedia	0.46	0.65	0.77	0.83	0.8
467	Temprana	0.5	0.72	0.74	0.81	1.11
411	Tardía	0.36	0.59	0.58	0.6	0.62
SM	Intermedia	0.53	0.65	0.7	0.73	0.85
449	Tardía	0.4	0.51	0.55	0.57	0.66
442-9	Temprana	0.46	0.58	0.62	0.67	0.78
SM6	Temprana	0.39	0.51	0.53	0.57	0.69
Rayada	Temprana	0.48	0.56	0.68	0.73	0.99
443	Temprana	0.5	0.65	0.63	0.65	0.7
SM2	Temprana	0.41	0.45	0.6	0.67	0.77
SM3	Intermedia	0.55	0.61	0.66	0.71	0.82

Cuadro 9. (Continuación) Cavidad peduncular (cm) de genotipos de manzana en distintas fechas de muestreo

GENOTIPO	Época de maduración	Fecha de muestreo				
		13-jun	27-jun	04-jul	10-jul	08-ago
419	Tardía	0.36	0.42	0.45	0.48	0.64
412	Intermedia	0.38	0.55	0.62	0.64	0.68
Red Delicious	Intermedia	0.35	0.49	0.6	0.65	0.7
Lourdes	Tardía	0.31	0.43	0.78	0.82	0.57
Golden Delicious	Intermedia	0.41	0.52	0.5	0.52	0.74
416	Temprana	0.73	0.8	0.82	0.88	0.96
421	Intermedia	0.68	0.77	0.8	0.82	1.02

*Datos promedio de 10 frutos

Del Cuadro 9, que clasifica los genotipos en variedades tempranas, intermedias y tardías según el diámetro ecuatorial, se extraen las Figuras 9, 10 y 11.

En la Figura 9 se muestra el desarrollo de la cavidad peduncular de genotipos de manzana de maduración temprana, se observa en todos los casos un incremento de la cavidad. A partir del 27 de junio es cuando empiezan a observarse valores constantes para algunos de los genotipos, como es el caso de 447; mientras 436 muestra la menor cavidad entre las tempranas, apenas sobrepasando 2 mm de profundidad, seguida de SM1 (0.46 cm). Por el contrario 424 (0.98 cm) y 428 (0.9 cm) reportan los valores más altos y relativamente constantes a partir del 27 de junio.

En la Figura 10 se muestra el desarrollo de la cavidad peduncular para los genotipos considerados como intermedios, cuya profundidad es menor a 1 cm al 8 de agosto, día en que se realizó la cosecha. A excepción del genotipo 421 quien alcanzó una cavidad peduncular de 1.2 cm para la fecha de corte, sobrepasando a los genotipos 424 y 428 de maduración temprana, *Micromalus* vuelve a destacar por sus valores relativamente pequeños, es congruente si recordamos que el diámetro también lo es, su profundidad no sobrepasa los 3 mm.

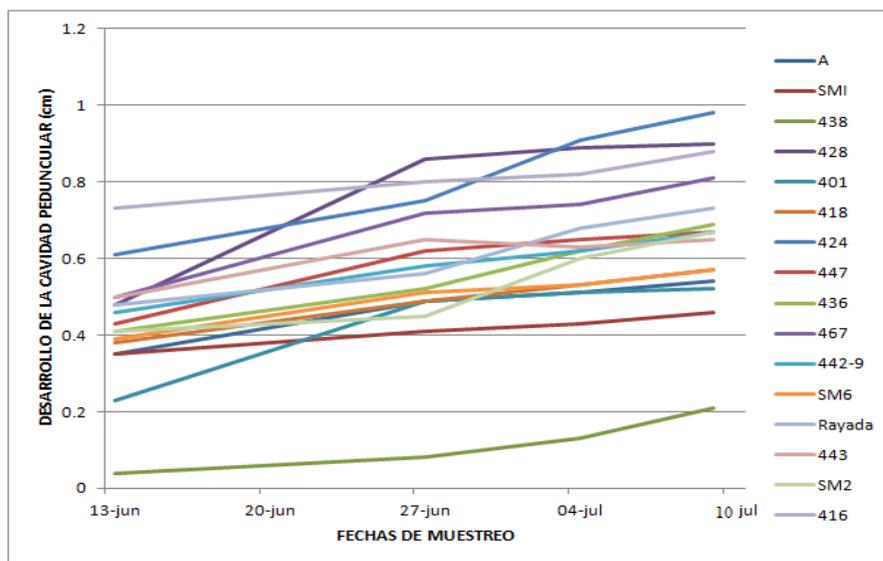


Figura 9. Desarrollo de la cavidad peduncular para genotipos de maduración temprana

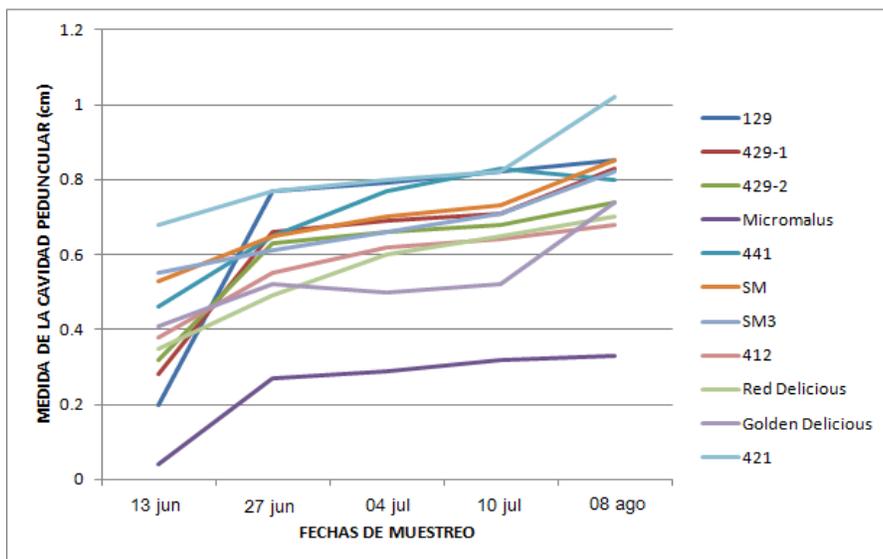


Figura 10. Desarrollo de la cavidad peduncular para genotipos de maduración intermedia

En la Figura 11 se describe el desarrollo de la cavidad peduncular de los genotipos de maduración tardía, éstos aún no poseen una cavidad muy profunda, pues a excepción de 407, cada uno de ellos apenas empieza a desarrollarla a partir

del 10 de julio. Destaca el genotipo 488 quien no cuenta con una profundidad importante (0.18 cm), ni siquiera se acerca al grupo que empieza a presentar cambios importantes para la primera semana de agosto.

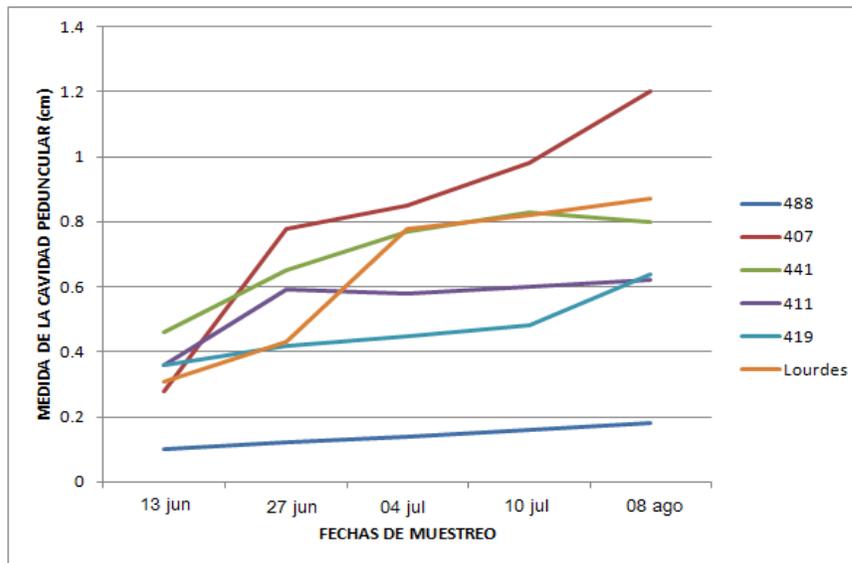


Figura 11. Desarrollo de la cavidad peduncular de genotipos de maduración tardía

VI.1.3. Relación entre cavidad peduncular, diámetro ecuatorial y época de maduración

En el Cuadro 10 se comparan los valores de la cavidad peduncular en el primero y último muestreo con relación al diámetro ecuatorial de los distintos genotipos de estudio, así como la relación entre el diámetro y la cavidad peduncular. Se advierte que algunos genotipos como 407 que teniendo una cavidad profunda, presenta un diámetro muy pequeño, mientras, por otro lado, 488 desarrolló una pequeña profundidad alcanzando un diámetro de 5.99 cm.

Cuadro 10. Cavity peduncular con relación al diámetro ecuatorial de los genotipos de manzana considerados en este estudio

Genotipo	Diámetro ecuatorial en la maduración	Prof. Cavity peduncular al inicio (3 de junio)	Prof. Cavity peduncular en maduración	Relación Diámetro ecuatorial/ cavity peduncular
A	5.45	0.35	0.69	7.90
129	5.27	0.2	0.85	6.20
SMI	5.67	0.35	0.6	9.45
438	6.31	0.04	0.55	11.47
488	5.99	0.1	0.18	33.28
429-1	6.24	0.28	0.83	7.52
429-2	6.31	0.32	0.74	8.53
428	7.34	0.48	1.12	6.55
407	5.11	0.28	1.2	4.26
Micromalus	2.4	0.04	0.33	7.27
401	5.15	0.23	0.63	8.17
418	4.96	0.38	0.71	6.99
424	6.31	0.61	1.07	5.90
447	5.23	0.43	0.7	7.47
436	6.82	0.41	0.8	8.53
441	6.74	0.46	0.8	8.43
467	6.64	0.5	1.1	6.04
411	6.38	0.36	0.62	10.29
SM	7.03	0.53	0.85	8.27
449	5.1	0.4	0.66	7.73
442-9	6.31	0.46	0.78	8.09
SM6	6.65	0.39	0.69	9.64
Rayada	6.24	0.48	0.99	6.30
443	5.47	0.5	0.7	7.81
SM2	6.68	0.41	0.77	8.68
SM3	6.08	0.55	0.82	7.41
419	5.73	0.36	0.64	8.95
412	5.9	0.38	0.68	8.68
Red Delicious	6.57	0.35	0.7	9.39
Lourdes	5.77	0.31	0.57	10.12
Golden Delicious	5.7	0.41	0.74	7.70
416	5.35	0.73	0.96	5.57
421	6.61	0.68	1.02	6.48

En el Cuadro 11 los genotipos se agrupan según su cavity en pequeña, mediana y grande. Como puede observarse, no existe una correlación de la cavity peduncular con la época de maduración, esto se debe más bien, a la forma

de la manzana. Si asignamos valores de 1, 2 y 3 según se trate de variedades tempranas, intermedias y tardías, y realizamos un análisis de correlación simple de éstos con la magnitud de la cavidad peduncular, obtenemos un coeficiente de variación de $r = - 0.265$, lo que indica una absoluta ausencia de correlación entre estas dos características (época de madurez y cavidad).

Cuadro 11. Clasificación por grupos de los distintos genotipos en estudio según su cavidad peduncular

Genotipo	Cavidad peduncular cm	Época de maduración	Grupo
407	1.2	Tardía	Gran cavidad peduncular 0.8_1.2 cm
428	1.12	Temprana	
467	1.1	Temprana	
424	1.07	Temprana	
421	1.02	Intermedia	
Rayada	0.99	Temprana	
416	0.96	Temprana	
129	0.85	Intermedia	
SM	0.85	Intermedia	
429-1	0.83	Intermedia	
SM3	0.82	Intermedia	
436	0.8	Temprana	
441	0.8	Intermedia	
442-9	0.78	Temprana	
SM2	0.77	Temprana	
429-2	0.74	Intermedia	
Golden Delicious	0.74	Intermedia	
418	0.71	Temprana	
447	0.7	Temprana	
443	0.7	Temprana	
Red Delicious	0.7	Intermedia	
A	0.69	Temprana	
SM6	0.69	Temprana	
412	0.68	Intermedia	
449	0.66	Tardía	
419	0.64	Tardía	
401	0.63	Temprana	
411	0.62	Tardía	
SM1	0.6	Temprana	
Lourdes	0.57	Tardía	Menor cavidad peduncular 0.57_ 0.18 cm
438	0.55	Temprana	
Micromalus	0.33	Intermedia	
488	0.18	Tardía	

Las Figuras 12, 13 y 14 muestran la correlación existente entre ambas variables. Los genotipos intermedios son quienes guardan una mayor correlación, los tempranos y tardíos no.

En la Figura 12 se observa la el coeficiente de correlación y la regresión lineal entre el diámetro del fruto y la cavidad peduncular de genotipos tempranos. El coeficiente de correlación ($r = 0.4882$) no es significativo, lo que indica una ausencia de correlación entre estas dos variables.

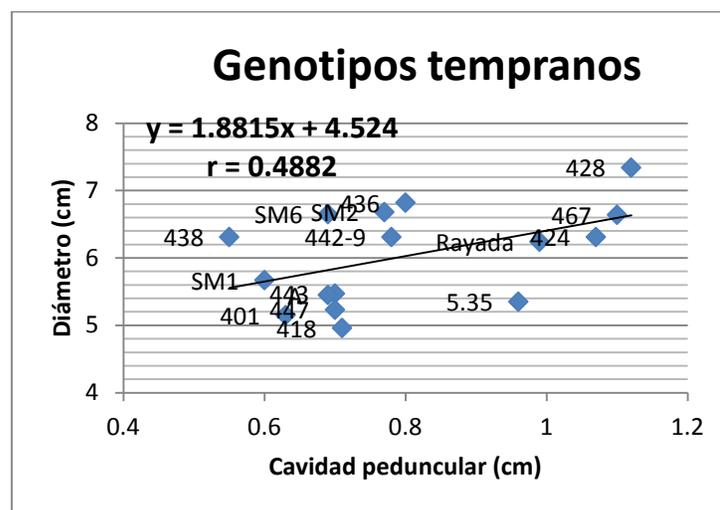


Figura 12. Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos tempranos

En la Figura 13 correspondiente a la correlación de cavidad peduncular y diámetro de genotipos intermedios se tiene una “r” importante (0.8184), lo cual significa que para este grupo, existe una estrecha relación entre el diámetro y la cavidad peduncular, vinculado también a la fecha de corte, esto podría darnos más certeza acerca de si es el momento adecuado de realizar la cosecha. Es visiblemente notorio que *Micromalus* se aparta del conjunto de genotipos pues como ya se había mencionado antes, no corresponde al genero *Malus*, aunque es compatible con él, la posición del punto en el espacio, lo ubican en un lugar alejado afectando un poco al coeficiente de correlación.

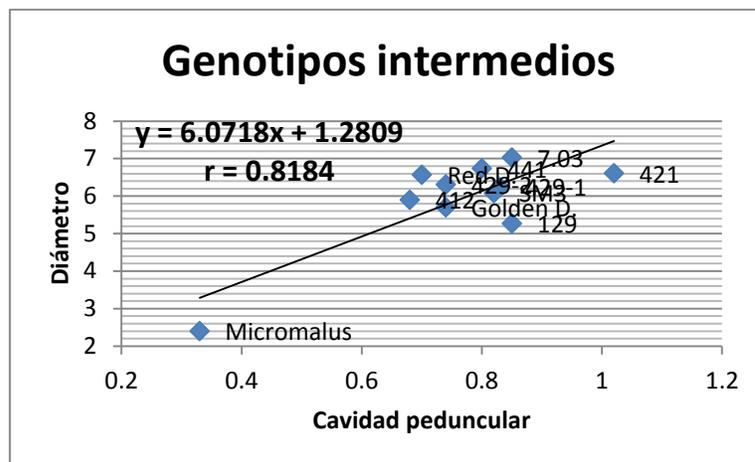


Figura 13. Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos intermedios

Para los genotipos tardíos de la figura 14, vuelve a ser pobre el coeficiente de correlación ($r = -0.4349$), lo que indica una ausencia de correlación entre las dos variables consideradas.

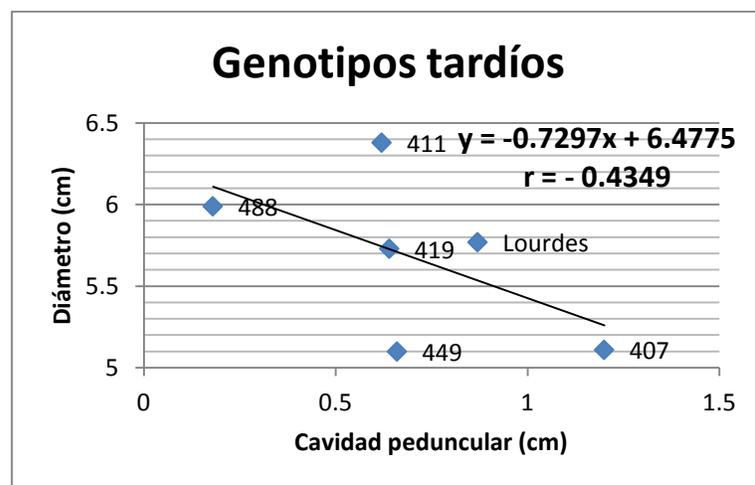


Figura 14. Diagrama de dispersión entre el diámetro y la cavidad peduncular de genotipos tardíos

Por último, si consideramos la correlación entre el diámetro de los frutos y la cavidad peduncular de la totalidad de los genotipos en el primero y último muestreos, encontramos coeficientes de correlación de $r = 0.428$ y $r = 0.409$, respectivamente, los cuales no deben considerarse significativos. Además, el coeficiente de correlación de las cavidades pedunculares en las dos fechas referidas resultó de $r = 0.657$.

VI.1.4 Color de la epidermis

Por lo que respecta a los genotipos que presentan frutos amarillos, en las siguientes figuras se observa que las coordenadas de color se incrementan conforme el fruto va madurando, 418, 424 y 467 son de maduración temprana, 412, 'Golden Delicious' y 421 corresponden a intermedias. 467 presenta el valor más alto para luminosidad ($L = 67.12$) Figura 15, mientras que para "a" (Figura 16), 418 es la que destaca con el más alto valor de 10.3. Para "b" (Figura 17), sigue destacando 418 con un valor de 48.87. Vale la pena señalar el comportamiento atípico en cuanto a "a" de la variedad 'Golden Delicious'. Igualmente, es interesante subrayar el comportamiento atípico de 421 respecto a "b", ya que en lugar de irse incrementando (menos azul, más amarillo), éste tiende a ir disminuyendo.

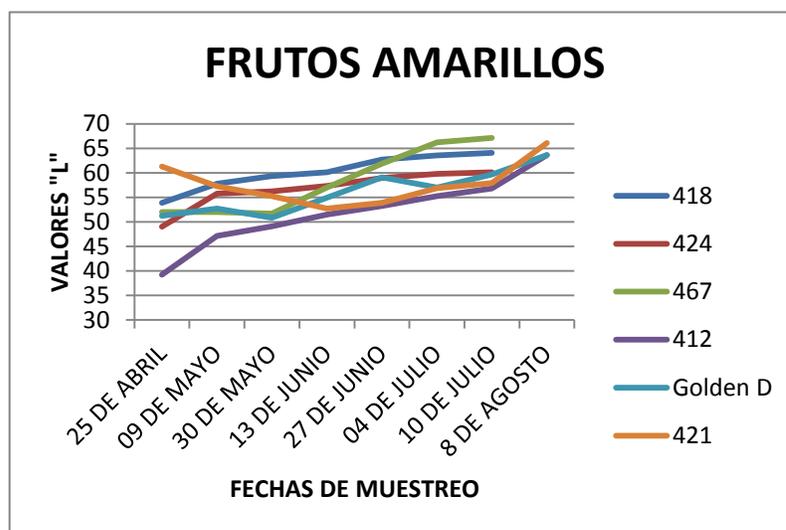


Figura 15. Evolución de "L" de los genotipos considerados que presentan frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)

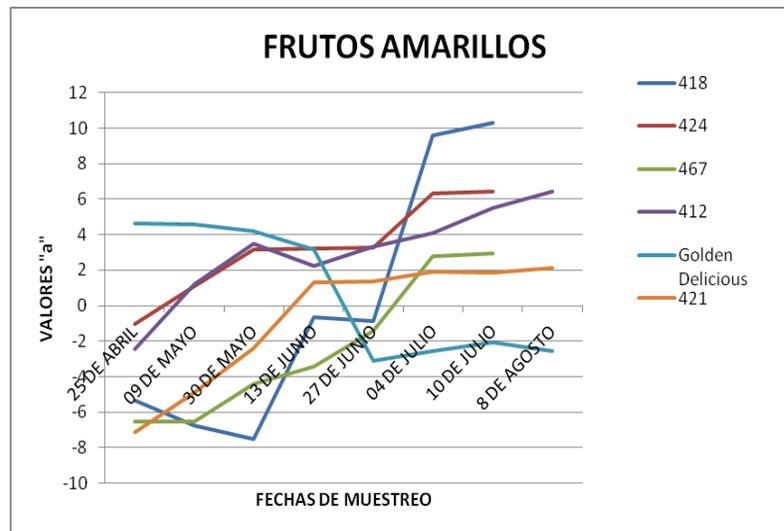


Figura 16. Evolución de “a” de los genotipos considerados que presentan frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)

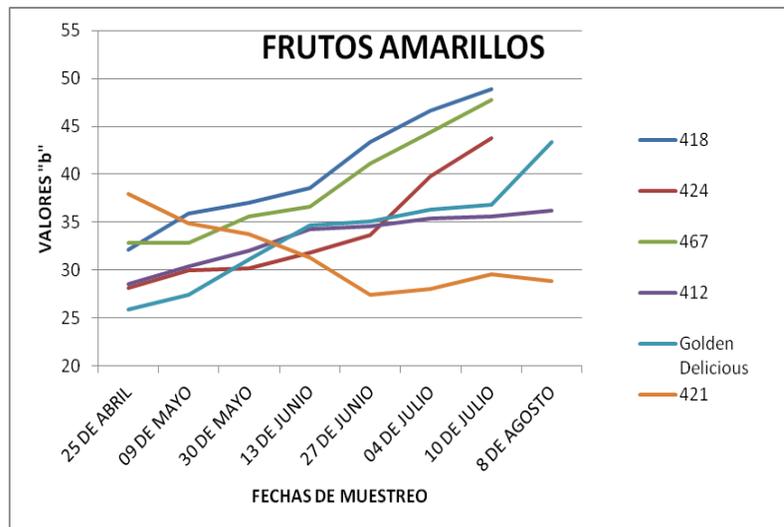


Figura 17. Evolución de “b” de los genotipos considerados que presentan frutos amarillos (tempranos, intermedios y tardíos)

En cuanto a los frutos chapeados, en la Figura 18 se advierte que, mientras “L” va disminuyendo a través del tiempo, lo que implica una disminución en la luminosidad, “a” (Figura 19), que corresponde al rojo se incrementa (menos verde, más rojo), mientras “b” (Figura 20) disminuye. 428, 436 y 416 y 442-9 corresponden a tempranas, SM, 441, 129 son intermedias y 449 es tardía. El valor más alto de “L” lo presenta 441, en contraste con 129 quien obtuvo el valor más bajo. Para “a”, el

valor mayor es para SM, y el valor menor, es para 442-9, quien además tiene el valor mayor de “b” (Figura 20) y 416 tiene el valor menor.

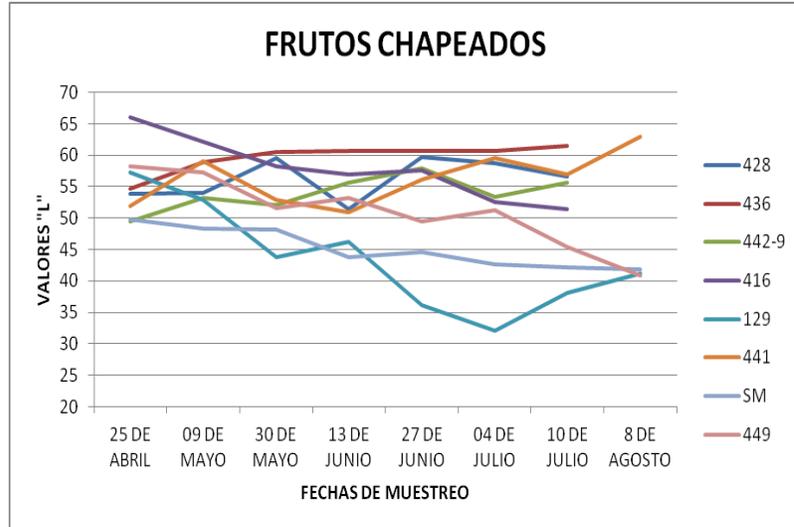


Figura 18. Evolución de “L” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)

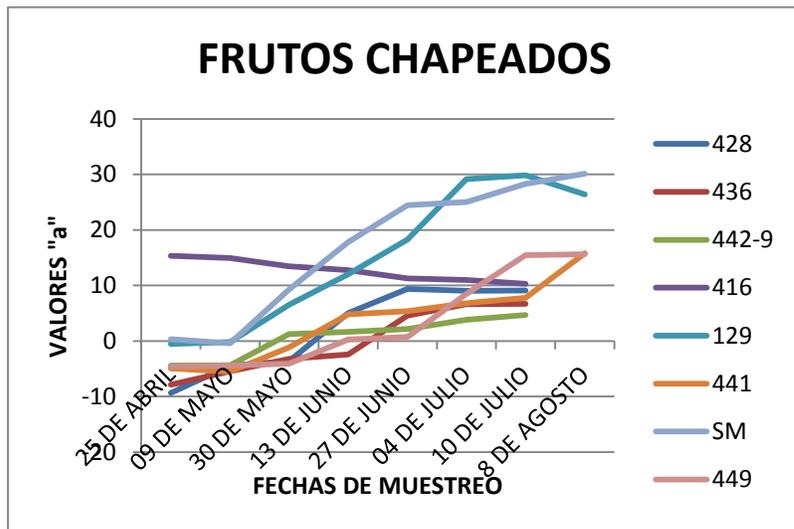


Figura 19. Evolución de “a” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)

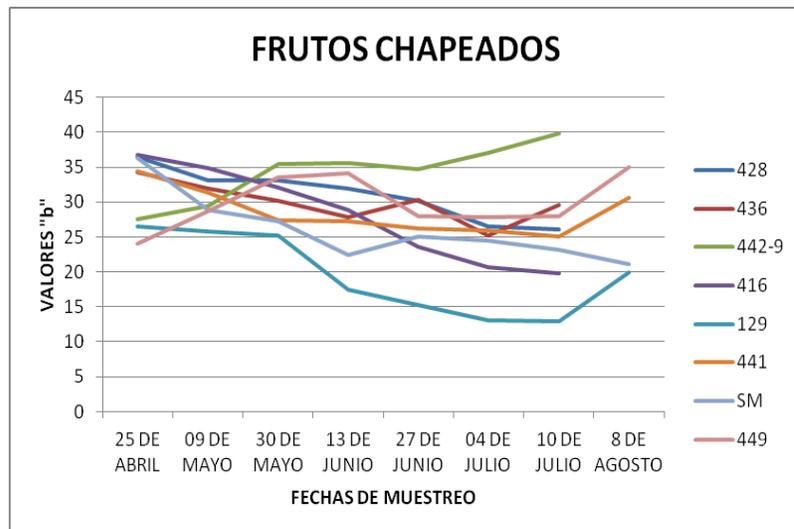


Figura 20. Evolución de “b” de los genotipos considerados que presentan frutos chapeados (tempranos, intermedios y tardíos)

Por último, con relación a los frutos cuya epidermis es manifiestamente roja, en la Figura 21 podemos observar nuevamente que, mientras “L” va disminuyendo a través del tiempo, lo que implica una disminución en la luminosidad, “a” (Figura 22), que corresponde al rojo se incrementa y “b” (Figura 23) disminuye. *Micromalus* (de maduración intermedia) presenta el mayor valor para luminosidad, y es Lourdes (tardía) quien tiene el valor menor de esta variable. Para “a”, el genotipo A (temprana), es el del mayor valor y ‘Lourdes’ el de menor; 419 (tardía) tiene el de mayor valor de “b” de todo el grupo y el de menor valor es SM3 quien es intermedia.

Este conjunto de gráficas muestran la tendencia que los datos van tomando a lo largo del proceso de maduración. En general, se puede decir que “L” va a aumentar para amarillas y para chapeadas, mientras que para las rojas va a disminuir. En cuanto a “a” en los tres casos se incrementa y para el valor de “b” para amarillos aumenta y para rojos y chaspeados éste disminuye.

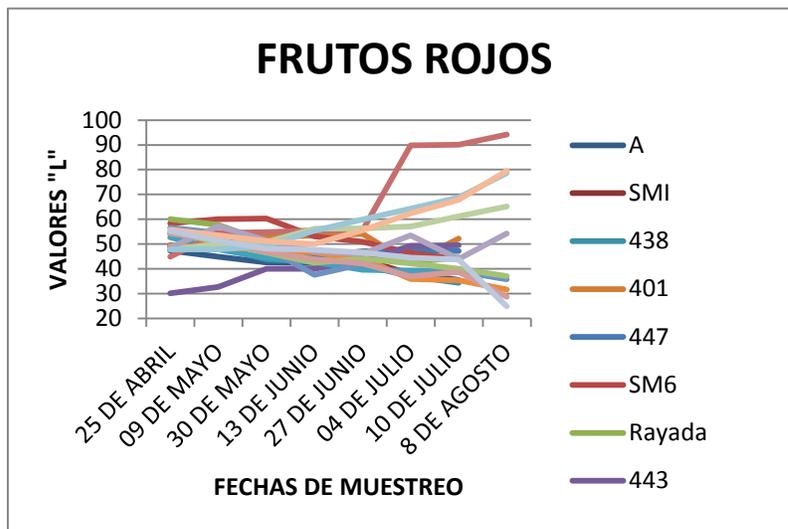


Figura 21. Evolución de "L" de los genotipos considerados que presentan frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)

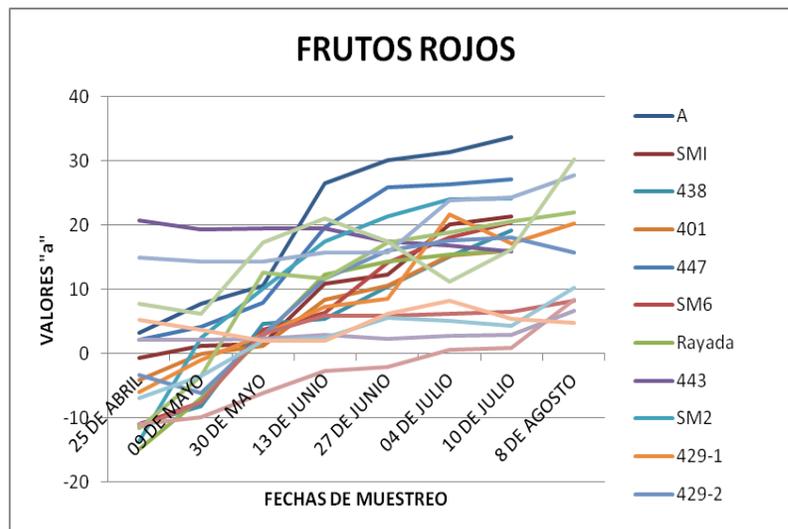


Figura 22. Evolución de "a" de los genotipos considerados que presentan frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)

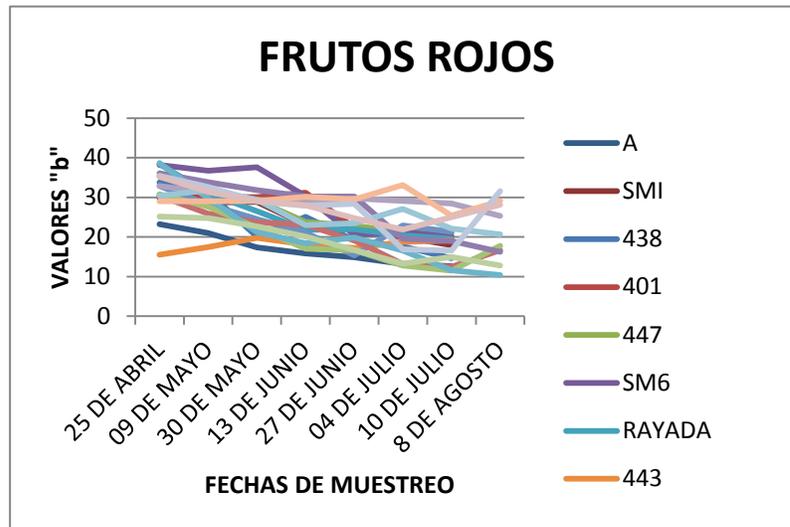


Figura 23. Evolución de “b” de los genotipos considerados que presentan frutos rojos (tempranos, intermedios y tardíos)

En el Cuadro 12 se consigan los valores de L, a, b y el ángulo de matiz, en el momento de la maduración para todos los genotipos. Se advierte que los mayores valores obtenidos para L y b (menos azul, más amarillo) corresponden a las muestras cuyos frutos presentan un epicarpio amarillo 467 y 418 presentan los más altos valores de luminosidad al momento de la maduración, mientras que los mayores valores de “a” (más rojo, menos verde) corresponden a las muestras cuyo epicarpio es rojo los que más destacan son A y 407. 467 y 418 vuelven a destacar con altos valores para “b”.

VI.2. Determinación de la calidad

VI.2.1 Análisis físicos

En el cuadro 13, se aprecia que algunos genotipos, tales como 418, 428, 438, 424 y ‘Rayada’ presentan valores de azúcares superiores a 14.5 °B, en contraposición, SM 3 escasamente alcanza 10.08 °B. En cuanto a la acidez total titulable, 407, 129-1 y 129-2 destacan por contener la mayor cantidad de ácido málico 9.64, 8.32 y 8.27 por otra parte, los valores menores corresponden a 436, 4.28 y SM1 (0.76, 1.08 y 1.14 g/L).

Para el aspecto de la firmeza, los genotipos que sobresalen son 428, SM6 y 441 con 37.8, 27.8, 26.8 N respectivamente. Los genotipos con valores inferiores son 443, 407 y 129 con 15, 15.20 y 16.00 N respectivamente.

Cuadro 12. Valores de las coordenadas de color (L, a, b y ángulo de matiz) para los genotipos de manzana considerados en el presente estudio

Genotipo	Época de maduración	Color epidermis	L	a	b	Ángulo de matiz
'G.Delicious'	intermedia	Amarilla	63.61	-2.55	43.32	-1.512
421	Intermedia	Amarilla	66.09	2.11	28.84	1.498
467	Temprana	Amarilla	67.12	2.92	47.77	1.510
424	Temprana	Amarilla	60.12	6.43	43.76	1.425
412	Intermedia	Amarilla	36.14	6.45	36.23	1.395
418	Temprana	Amarilla	64.05	10.3	48.87	1.363
442-9	Temprana	Chapeada	55.69	4.7	39.89	1.454
436	Temprana	Chapeada	61.5	6.71	29.58	1.348
428	Temprana	Chapeada	56.58	9.12	26.11	1.235
416	Temprana	Chapeada	51.35	10.33	19.8	1.090
449	Tardía	Chapeada	40.89	15.63	34.98	1.151
441	Intermedia	Chapeada	63.03	15.82	30.56	1.093
129	Intermedia	Chapeada	41.25	26.41	19.95	0.647
SM	Intermedia	Chapeada	41.89	30.14	21.13	0.611
'Rayada'	Temprana	Rojo	44.57	16.09	19.52	0.881
Lourdes	Tardía	Rojo	80.79	4.71	28.14	1.405
411	Tardía	Rojo	78.65	6.59	29.13	1.348
Micromalus	Intermedia	Rojo	94.23	8.14	16.24	1.106
488	Tardía	Rojo	65.22	8.39	25.34	1.251
419	Tardía	Rojo	79.54	10.2	31.56	1.258
429-2	Intermedia	Rojo	35.76	15.73	17.8	0.847
443	Temprana	Rojo	49.46	15.81	19.16	0.881
438	Temprana	Rojo	34.36	19.13	14.63	0.653
429-1	Intermedia	Rojo	31.62	20.32	16.65	0.686
SM6	Temprana	Rojo	43.87	20.34	20.15	0.781
SMI	Temprana	Rojo	39.28	21.34	17.97	0.700
SM3	Intermedia	Rojo	36.98	21.96	10.35	0.440
SM2	Temprana	Rojo	39.03	24.13	21.344	0.724
Red Delicious	Intermedia	Rojo	28.64	27.82	12.76	0.430
407	Tardía	Rojo	54.21	30.27	20.63	0.598
A	Temprana	Rojo	35.46	33.64	12.67	0.360
401	Temprana	Rojo	52.23	16.1	19.34	0.877
447	Temprana	Rojo	47.13	27.11	20.98	0.659

Cuadro 13. Separación de medias para sólidos solubles totales, acidez total titulable y firmeza de genotipos de manzana establecidos en El Suspiro, Qro.

Genotipo	Sólidos solubles totales (%)	Acidez total titulable (g/L)	Firmeza (Newtons)
418	15.16 a	2.28 Hijk	22.20 defgh
428	14.88 a	1.80 Mn	37.80 a
438	14.68 a	1.34 Lmn	24.80 bcde
424	14.52 a	2.88 Fgh	23.40 cdefg
'Rayada'	14.52 a	6.55 C	21.80 defgh
129	14.28 ab	1.40 Lm	16.00 ij
436	14.2 ab	0.76 N	25.20 bcd
441	14.12 ab	1.35 Lm	26.80 bc
442-9	14.00 b	4.88 D	16.40 ij
Micromalus	14.00 b	1.37 Lm	26.60 bc
SM1	13.60 bc	1.14 Mn	20.20 fgghi
419	13.52 c	4.22 E	19.00 hij
407	13.28 c	9.64 A	15.20 j
488	13.12 c	3.19 Fg	21.80 defgh
Lourdes	12.84 cd	4.34 De	16.20 ij
SM6	12.80 cd	3.27 F	27.80 b
467	12.72 cde	3.22 F	24.40 bcdef
429-1	12.72 cde	8.32 B	24.20 bcdef
'Red Delicious'	12.44 cdef	2.51 Hij	18.80 hij
416	12.40 cdef	1.80 Kl	16.40 ij
'Golden Delicious'	12.40 cdef	2.18 ljk	26.60 bc
401	12.40 cdef	3.90 E	16.20 ij
A	12.32 defg	2.66 Ghi	19.80 ghi
421	12.28 defg	4.14 E	16.20 ij
443	11.90 defg	2.20 Jk	15.00 j
411	11.88 efg	2.33 Hijk	20.20 fgghi
SM2	11.88 efg	2.52 Hij	20.20 fgghi
429-2	11.88 efg	8.27 B	24.00 bcdefg
412	11.16 efgh	4.89 D	16.20 ij
SM3	10.08 efghi	2.23 ljk	21.00 efgh

*Medias con letras iguales no son estadísticamente distintas (Student $P \leq 0.05$)

VI.2.2 Análisis sensoriales

VI.2.2.1 Prueba de preferencias de Kramer (prueba de rangos)

De los 33 genotipos considerados en este estudio, se seleccionaron 26 para la prueba de Kramer con base en el criterio de rendimiento, es decir, se tomaron aquellos que en el campo habían producido el mayor número de frutos. Los Cuadros 14 y 15 muestran los rangos obtenidos para dos niveles de significancia estadística ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente). Así pues tenemos que para $P \leq$

0.01 (Cuadro 14), las variedades con mayor aceptabilidad fueron SM6, 416, 428 y 129, de las cuales las tres primeras son de epidermis chapeada y de maduración temprana, mientras que la última (129) es roja y de maduración intermedia. ‘Rayada’, de las tempranas, ‘Red Delicious’ y ‘golden Delicious’, de maduración intermedia, entre otras, quedaron entre las indiferentes. Entre el grupo de las que no gustaron sobresalen SM2 (temprana), 429-1, 429-2 (intermedias) y 488 (tardía), fruto de epidermis roja mientras que 418 (temprana) es amarilla y 436 (temprana) es chapeada.

Cuadro 14. Resultados de la prueba de preferencias de Kramer
Para 19 jueces y 20 muestras ($P \leq 0.01$)

<130	130-269	>269
SM6	Rayada	SM2
416	438	418
428	467	429-1
129	441	488
	424	429-2
	A	436
	412	
	Red Delicious	
	442-9	
	Golden Delicious	

Para una significancia de ($P \leq 0.05$), los rangos se ven un tanto modificados (cuadro 15), por ejemplo, entre el grupo de las preferidas, se suma “Rayada”. Por el contrario, A, 412, ‘Red Delicious’, 442.9 y ‘Golden Delicious’ se cuentan ahora entre las que no gustaron, quedando el grupo de las indiferentes reducido a cuatro genotipos: 438 (roja), 467 y 424 (amarillas) y 441(chapeada). Se sigue confirmando que los jueces prefieren los frutos chapeados antes que amarillos y rojos.

VI.2.2.2 Prueba hedónica

La prueba hedónica se llevó a cabo tomando en cuenta únicamente a los 10 más preferidos resultantes de la prueba de Kramer (Prueba de Rangos) (Figura 24), más un testigo (‘Golden Delicious’ comercial). En el Cuadro 16 se aprecia que en el aspecto visual destacan principalmente 424 y 416, seguidos de

SM6, mientras que, en el otro extremo, en último lugar, tenemos a 438. En cuanto al aspecto de aroma, no hay diferencias entre los tratamientos, todos los aromas fueron igualmente agradables para los jueces excepto 442-9, el cual resultó muy mal evaluado, separándose completamente de todo el grupo de variedades. En cuanto al aspecto gustativo, el mejor evaluado fue 467 seguido de SM6 y Golden testigo, la más desagradable fue nuevamente 442-9. Finalmente, respecto a la aceptación en general, SM6, 467 y 'Golden testigo' volvieron a destacar, mientras que 442-9 vuelve a colocarse como desagradable.

Cuadro 15. Resultados de la prueba de preferencias de Kramer.
Para 19 jueces y 20 muestras ($P \leq 0.05$)

<156	156-241	>241
SM6	438	A
416	467	412
428	441	Red delicious
129	424	442-9
Rayada		Golden Delicious
		SM2
		418
		429-1
		488
		429-2
		436

Cuadro 16. Aceptabilidad de distintos genotipos de manzana con base en una prueba hedónica no estructurada en los aspectos visual, aroma, gustativo y aceptabilidad general

Genotipo	Visual	Aroma	Gustativo	Acept. Gral.
SM6	76.4 ab	67.0 a	68.8 a	71.6 a
467	**60.6 cd	59.8 a*	70.4 a	66.1 a
Golden testigo	72.2 b	65.2 a	65.0 a	66.0 a
424	81.0 a	63.8 a	58.0 b	64.0 b
416	79.2 a	60.9 a	58.9 b	63.5 b
'Rayada'	58.7 d	66.3 a	59.3 b	61.4 b
428	65.5 c	62.5 a	61.4 b	61.3 b
441	61.9 cd	63.2 a	55.3 b	59.9 b
129	51.1 e	59.9 a	54.4 c	56.2 c
438	50.4 e	62.3 a	49.1 c	51.5 c
442-9	55.8 de	53.9 b	39.2 d	49.6 d
DMS Tukey	6.2	7.2	8.1	6.6

*Letras iguales denotan que los tratamientos no son diferentes (Student, $P 0.05$).

**Promedio de 30 observaciones.

En la Figura 24 se muestran los genotipos que tuvieron mejor aceptación por parte de los jueces en la prueba de Kramer y que se evaluaron en la prueba hedónica no estructurada, se puede observar que 50 % de los genotipos elegidos corresponden a frutos rojos, el 30 % corresponde a frutos amarillos y el 20 % son frutos chapeados.

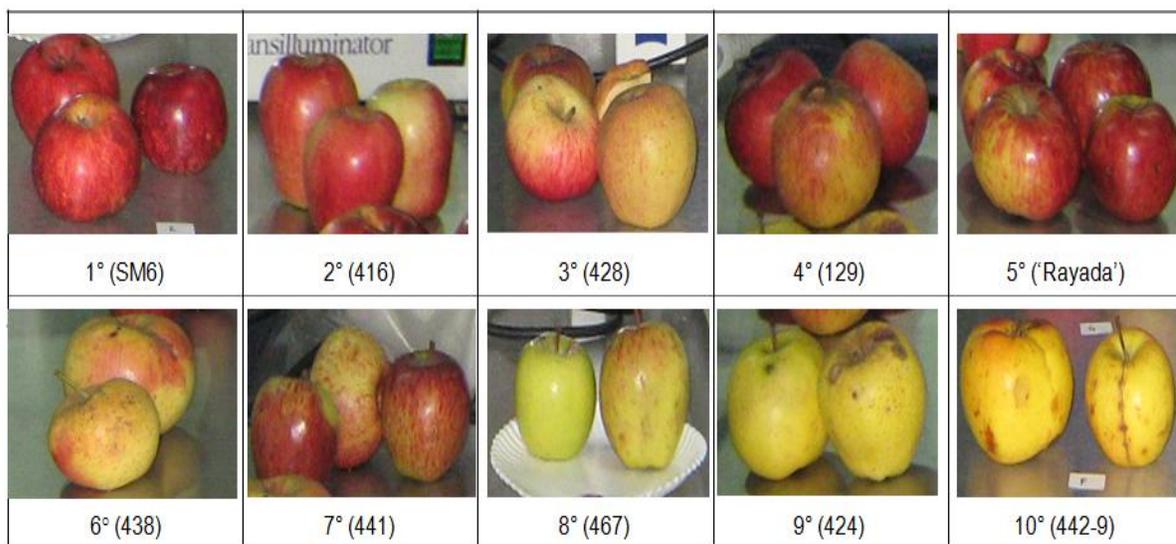


Figura 24. Imágenes de los 10 genotipos más preferidos por los jueces según Prueba de Kramer o de rangos

VII. DISCUSIÓN

VII.1 Determinación de la época de maduración

VII.1.1. Diámetro ecuatorial

De acuerdo al desarrollo del diámetro ecuatorial, se encontró que 16 de los 33 genotipos evaluados maduraron durante la primera quincena de julio (4 y 10 de julio), 11 genotipos lo hicieron la primera semana de agosto y los seis restantes lo hicieron posterior a esta fecha. Las variedades que maduraron más temprano (4 de julio) fueron 'Rayada' (6.24 cm) y 428 (7.34 cm). Es importante determinar cuáles son los genotipos de maduración más temprana porque de estos resultados dependerá el que pueda contarse con recursos genéticos adaptados a la región y que tengan ventajas comerciales, como la de contar con una ventana de comercialización que permita a los productores hacer más redituable el cultivo de la manzana (Zavala y col., 2006).

Mendoza y col. (2008) proponen una clasificación de los genotipos en tres clases: de maduración temprana, intermedia y tardía. Comparando los resultados aquí obtenidos con el trabajo antes mencionado, se advierte una similitud en la maduración temprana de algunos casos como: 424, SM6, 467, 428 y 'Rayada'; sin embargo, en nuestro estudio existen otros genotipos, tales como 438, A, SM1, SM2, SM6, 401, 416, 418, 447, 436, 442-9 y 443 que pueden también ser clasificados como tempranos, ya que maduraron antes que los cultivares de referencia, a saber, 'Golden Delicious y 'Red Delicious'. Estas diferencias en el comportamiento de algunos de los genotipos pudieran deberse a cambios en los regímenes climáticos en los años en que se realizaron ambos estudios y que pudieron propiciar el adelanto de la maduración de algunos materiales genéticos.

Por otra parte, los resultados generados en éste trabajo con relación a 'Rayada' coinciden con Mendoza y col. (2006), quienes determinaron la época de maduración de este cultivar a partir de cortes periódicos y el análisis de la fruta en función del número de manzanas por racimo. En ese estudio, se propone el 29 de junio y el 6 de julio como primera y segunda fecha de corte respectivamente para

obtener la mayor calidad de la manzana en 2005.

Los diámetros obtenidos en ambos trabajos son muy similares (5.68 cm para el 6 de julio de 2005 y 5.76 cm para el 10 de julio de 2008). Sin embargo, Mendoza y col. (2006) encontraron que, "Rayada", para el 3 de Agosto alcanzó el mayor peso (101.6 g) y el mayor diámetro ecuatorial (6.44 cm) y que, posterior a esta fecha, el fruto reduce su tamaño debido a su sobre maduración en la que se incrementa su deshidratación y la transpiración. Las diferencias obtenidas de un año a otro en cuanto a la fecha óptima de maduración pudieron deberse a disimilitudes climáticas entre los distintos años. En efecto, diversos estudios señalan diferencias en las temperaturas, la precipitación y la presencia de heladas a través de los años en la sierra de Querétaro. La acumulación de frío precoz, por ejemplo, propicia un adelanto en la floración y por ende en la maduración, siempre y cuando no se presenten heladas tardías. Años secos y temperaturas elevadas durante el desarrollo del fruto también incrementan la maduración (Álvarez, 1988).

Así también, existe la excepción del genotipo 421 el cual para Mendoza y col. (2008) resultó de maduración temprana, mientras que en este trabajo se presume de maduración intermedia, situación contraria a la obtenida con SM1 y SM2 de maduración intermedia para el mismo trabajo, mientras que este estudio las coloca en tempranas. El resto de los genotipos de maduración intermedia y tardía de este estudio concordaron sensiblemente con los mismos autores.

Éstos últimos mencionan que, el genotipo de maduración temprana más sobresaliente, fue 428 ('Anna' x 'Gala') con 8.5 cm de diámetro, seguido de 421 con 7.3 cm, en tercera posición se encuentra 467 ('Anna x Liberty') con 7.0 cm de diámetro. Respecto a 424, y 'Rayada' su diámetro fue de 6.3 cm. y 6.9 cm. Por su parte, Mendoza y col. (2006) para 'Rayada' reportan valores inferiores de 6.3 cm. Dentro del grupo de las intermedias, destaca 436 (7.8 cm) el cual por cierto, en éste trabajo se clasifica como temprana. Así también, los mismos autores señalan como sobresaliente a 429-1 (7.5 cm), genotipos que en dicha investigación superan a 'Golden Delicious' (6.0 cm) y pudieran competir con las manzanas que se cultivan tradicionalmente en la región. Entre los genotipos de maduración tardía Lourdes

(6.8 cm) supera a 'Golden Delicious'.

Si comparamos los resultados aquí encontrados con los obtenidos en investigaciones anteriores como Mendoza y col. (2006) y Mendoza y col. (2008), se observa que 428 de maduración temprana con fecha de corte el 4 de julio obtuvo un diámetro de 7.34 cm, el cual es ligeramente inferior a lo observado por Mendoza y col. (2008), mientras 421 registró 6.61 cm valor menor al del trabajo anteriormente mencionado. Por otra parte 467 obtuvo 6.64 cm y 424 obtuvo 6.31 cm de diámetro, valores que una vez más resultaron inferiores con relación al mismo trabajo en cuestión. Sin embargo, 'Rayada' alcanzó 6.24 cm, valor que coincide sensiblemente con Mendoza y col. (2006) para la misma fecha de corte (5.68 cm). Dadas las características productivas, de maduración y sensoriales que presenta este genotipo, sería muy conveniente mantenerlo en observación y eventualmente multiplicarlo y evaluarlo en otras regiones productoras de Querétaro.

Del grupo de las intermedias, 429-1 midió (6.24 cm) mientras Mendoza y col. (2008) reportan 7.5 cm. Por su parte 'Golden Delicious' obtuvo en este trabajo 5.7 cm contra 6.0 cm reportados por los mismos investigadores. Del grupo de las tardías, 'Lourdes' (5.77 cm) registra un valor inferior a trabajos anteriores, no obstante existe la posibilidad de que siga incrementándose un poco más su diámetro, si se le da más tiempo de crecimiento en el árbol, pues su fecha de corte fue prematura.

Los genotipos que tuvieron una maduración intermedia no representan gran interés por parte de los productores de la región, ya que es agosto, época en que maduran estas variedades y se tienen elevadas producciones de cultivares comerciales como "Golden Delicious" y "Red Delicious" provenientes de otras partes del país y de importación, las cuales saturan el mercado en estas fechas además de que superan en calidad a éstas. La única posibilidad de éxito comercial de un genotipo de maduración intermedia como los que se mencionan arriba, es que alcancen una calidad comparable o superior a la de los cultivares comerciales, o bien, que la fruta pueda tener otro destino, como es su industrialización. Para ello, dicho genotipo debería tener en principio una gran capacidad productiva que lo

hiciera rentable.

En la Figura 7 también puede observarse a *Micromalus*, la cual no tiene posibilidades comerciales por su inferior tamaño (2.3 cm de diámetro). Según la Norma Mexicana para la calidad de la manzana, en la clasificación comercial por tamaño, en función del diámetro ecuatorial, es considerada como “canica”, es decir, menor a 4 cm (NMX-FF-061-SCFI-2003) y su sabor agrio, no la coloca entre las favoritas. Recordemos que *Micromalus* es un género botánico cercano a *Malus* y forma parte de la colección del huerto experimental. Sin embargo, por tratarse de un fruto exótico, habría que explorar las posibilidades de utilizarlo como un producto alternativo, ya sea para su consumo en fresco o para su industrialización.

Para el grupo de los genotipos de maduración tardía, su importancia radica en que pueden entrar al mercado una vez que la época de maduración de los principales cultivares establecidos en México haya pasado, y ponerse a la venta a precios medianamente elevados, ya sea directamente cosechados o a través de su conservación en frío convencional o en atmósferas controladas, aunque esto signifique un costo agregado al producto (Sánchez, 2001). Observaciones posteriores a la cosecha realizadas en nuestro laboratorio revelaron que algunos frutos como ‘Lourdes’ y 488 se cortaron antes de lo debido, puesto que, su forma y cavidad peduncular aún no se habían desarrollado del todo cuando se tomó la decisión de cosechar, por lo que la curva de crecimiento fue mal interpretada en su momento, creyendo que no habría cambios sustanciales. De esto, nos dimos cuenta al revisar investigaciones anteriores donde éstas reportaban medidas de diámetro mayores a los aquí obtenidos. De este grupo, quien maduró al final fue 407 (origen desconocido) quien coincide con Mendoza y col. (2008).

La época de maduración de la manzana depende del genotipo y de los factores climáticos, tales como la acumulación de frío invernal y de unidades calor durante el desarrollo del fruto, por lo cual puede variar de un año a otro en función de las condiciones climáticas locales. Las variedades de floración temprana, aunque tienden a madurar anticipadamente, se encuentran expuestas a las heladas tardías que provocan la caída de la flor y, por consiguiente, una baja producción

(Mendoza y col., 2008).

Cabe señalar que, ni en este estudio, ni en el realizado por dichos investigadores, los árboles involucrados fueron raleados, práctica que influye fuertemente en el tamaño del fruto. 'Rayada' se mantiene relativamente más constante, pues obtiene valores muy similares con respecto a los de los autores arriba citados.

Respecto al comportamiento de 'Rayada' además de las observaciones que pudieran efectuarse año con año, sería interesante por lo tanto, realizar experimentos de raleo (Zavala y col., 2006) con el fin de buscar un incremento en el diámetro de sus frutos y por lo tanto analizar mejor su potencial para obtener un mayor precio en el mercado de fruta fresca. Como se comentó arriba, desde hace mucho tiempo este cultivar ha llamado la atención por su atractivo visual, su sabor y su época de maduración, siendo su principal defecto su relativamente pequeño tamaño, éste podría incrementarse mediante la realización de prácticas culturales en el huerto, tales como la fertilización, el terraceo, el control fitosanitario, la poda y, por supuesto, el raleo.

El contar con genotipos adaptados a la región y de maduración temprana representa un recurso invaluable para los productores locales, porque ello podría permitirles producir manzana fuera de temporada, contando con una ventana de comercialización.

Por lo que respecta a los genotipos de maduración tardía, 'Lourdes' se consolida como uno de los más importantes, resultado que coincide igualmente con Mendoza y col. (2008). Es interesante destacar que este cultivar mostró en otro estudio interesantes cualidades para su conservación, destacando su tolerancia a *Penicillium expansum* (Soto, 2009).

El hecho de que en las figuras donde se describe la evolución del diámetro ecuatorial y de cavidad peduncular se advierte que algunos de los genotipos llegan a disminuir en algún momento y después se vuelve a incrementar su dimensión, esto pudo haberse debido a que los frutos que se muestrearon fueron tomados al azar de toda la copa del árbol sin discriminar ninguno de ellos por su aspecto o

tamaño, es posible entonces que haya habido algunos errores en el muestreo aleatorio.

Otros autores como Parra (1994) han clasificado en otras regiones distintos genotipos de manzano por su época de maduración, obteniendo de igual manera una clasificación de “corto periodo” (periodo que abarca <140 días desde la plena floración hasta la maduración), entre las cuales se incluye ‘Yellow delicious’/‘Mark’, ‘Fulford Gala’/‘Mark’ e ‘Imperial Gala’/M7, entre otras. Mediana (periodo comprendido entre 141-160 días desde la plena floración hasta la maduración), entre estas se encuentran ‘Imperial Gala’/‘Mark’, ‘Red Ace’/M7 y ‘Low Spor’. Y larga con un periodo de maduración mayor a 161 días desde la floración hasta la maduración, entre estas se encuentran ‘Red Fuji’/‘Mark’ y M7).

VII.1.2 Desarrollo de la cavidad peduncular

Los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre la medición de la cavidad peduncular como índice de madurez muestran algunos hechos interesantes. En primer lugar, se advierte una gran variabilidad entre los genotipos evaluados, lo cual ciertamente se debe a la forma de la manzana, en efecto, se sabe que existen manzanas achatadas, esféricas, alargadas, etc. (Álvarez, 1988) Por otro lado, es importante subrayar que los valores obtenidos para los distintos genotipos, dado que estos tienden a volverse constantes en el tiempo, pueden servir en el futuro para estimar la fecha precisa de madurez de éstos, como índice no destructivo, tal como lo señala Trillot (1993), ya que en principio éstos deben ser constantes para cada genotipo, aunque consideramos que, más que la magnitud de la cavidad peduncular, debería tomarse en cuenta su relación con el diámetro ecuatorial, ya que como hemos venido insistiendo en este estudio, el diámetro del fruto va a cambiar con los años, más aún en condiciones de temporal, por lo cual también debe verse alterado en la misma proporción su cavidad peduncular.

Sin embargo, habría que dar seguimiento a esta variable durante varios ciclos de producción para ver y comparar la variación en el comportamiento de ésta, pues no todos los genotipos se ajustan a la hipótesis de que en la medida que

se incrementa el diámetro ecuatorial, la cavidad peduncular se incrementa, Así pues, para el grupo de las tempranas se observa que esta característica claramente llega a un valor constante; el grupo de las intermedias empiezan a mostrar pequeños cambios sobre todo 421, quien habiendo presentado valores constantes a partir del 27 de junio, para el 8 de agosto vuelve a presentar cambios. Para las tardías habría que seguir tomando datos posteriores a la fecha de corte de este trabajo ya que claramente se observa que no se llega a un valor constante.

VII.1.3. Relación entre la cavidad peduncular, el diámetro ecuatorial y la época de maduración

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran una ausencia de correlación entre el diámetro ecuatorial y la profundidad de la cavidad peduncular del fruto, es decir, la magnitud del diámetro ecuatorial no guarda un paralelismo con la profundidad de la cavidad peduncular. En el caso de los genotipos de maduración intermedia se presenta un coeficiente de correlación importante ($r = 0.818$). Esta aparente correlación probablemente se debe a que uno de ellos (*Micromalus*) se separa completamente de la nebulosa de puntos, pudiendo ser el que está definiendo la significancia de la correlación. En efecto, si eliminamos el dato correspondiente al genotipo que se encuentra en la parte inferior de la recta de regresión (*Micromalus*), el coeficiente de correlación decrece considerablemente.

El genotipo de maduración tardía 407 presentó el más alto valor en cavidad peduncular de 1.2 cm y 421 de maduración intermedia presenta una profundidad de 1.02 cm. 438 considerada temprana obtuvo uno de los menores valores de 0.55 cm pertenece al grupo de menor cavidad peduncular (Cuadro 11).

Aparentemente no hay trabajos de investigación previos a éste que describan el incremento de la cavidad peduncular del fruto durante su desarrollo, por lo que no existe un punto de comparación válido, siendo recomendable que este tipo de trabajos se repitan por varios ciclos de producción más, para seguir el comportamiento de esta variable y definir qué tan útil es para emplearse como método indicativo de la fecha de corte.

Sin embargo, en cuestiones prácticas y retomando el trabajo de campo, este método puede ser muy agresivo con los frutos, pues de no realizarse bien la medición, puede correrse el riesgo de desprender el fruto, o provocar heridas al introducir la sonda de profundidad del vernier dentro de la cavidad. En efecto, a lo largo del muestreo, se pudo observar que algunos de los frutos tenían cicatrices en torno a la cavidad, lo cual nos indicaba que efectivamente, se producían heridas al momento de llevar a cabo la medición, y extrapolando a nivel comercial este método, estas heridas o cicatrices demeritan la calidad del fruto en el aspecto visual, llegando incluso a devaluar su precio en el mercado, por lo que es recomendable que el técnico o productor que lo realice esté bien capacitado para evitar dichos inconvenientes.

Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la relación entre el diámetro ecuatorial y la cavidad peduncular puede ser un valor constante para un genotipo determinado, independiente del tamaño del fruto que puede diferir de un año a otro en función del clima y del manejo que se dé al huerto, y éste valor va a estar obviamente en función de la forma del fruto.

VII.1.4 Color de la epidermis

Para hacer una descripción acerca del color de la epidermis, es necesario observar el desarrollo de los valores triestímulos L, a, b. Entre los genotipos evaluados en este trabajo, existen frutos amarillos, rojos, chapeados, rayados, es por eso que algunos presentan una tendencia a disminuir los valores conforme pasó el tiempo y viceversa. Respecto a “L”, en la medida que el valor más se acerca a 100, significa que se trata de frutos luminosos, es decir, amarillos; cuanto más se acerca a cero, se trata de frutos oscuros y estamos hablando de frutos rojos, incluso chapeados. En el caso de “a” que representa la diferencia entre el verde y el rojo, para los tres casos amarillos, rojos y chapeados, los valores aumentan. Para el valor de “b” que representa la diferencia entre el amarillo y el azul, para amarillos, el valor aumenta y para chapeadas y rojas, disminuye conforme el fruto madura.

La determinación de la evolución de las coordenadas de color puede ser importante, como lo es el diámetro y la cavidad peduncular (todas ellas mediciones no destructivas) para determinar la época de maduración de genotipos de manzana, es decir, se pueden establecer valores estándar para cada variedad y con ellos determinar el delta E, que es la diferencia total de color con relación a un estándar, en efecto, en la medida que este valor disminuya significará que la variedad se encuentra más cerca de su maduración.

Asimismo, los resultados aquí obtenidos muestran lo que ya se había observado en otros frutos, a saber, las correlaciones directas e inversas de dichas coordenadas en función del color del fruto, tales como la uva de mesa (Yahuaca, 1999; Venegas, 2004) y para la almendra de la nuez pecanera (Gutiérrez y Martínez-Peniche (2004)). En efecto, si partimos de que en todos los frutos inmaduros predomina el color verde, típico de frutos inmaduros y característico de la presencia de clorofila (Fernández, 2003), tratándose de frutos amarillos, “b” tenderá a incrementarse (menos verde, más amarillo), mientras que en los frutos rojos, chapeados y rayados, “a” será la coordenada que tenderá a aumentar (menos verde, más rojo), por su parte, en estas variedades, L tenderá a disminuir (menor luminosidad) y “b” tenderá también a reducirse (menos amarillo).

Los genotipos que vale la pena resaltar y comparar con otros trabajos como Mendoza y col. (2008), son 467, 424, 428 y ‘Rayada’, dado que representan gran interés por presentar buen tamaño y ser de maduración temprana. De tal forma que los valores obtenidos en este estudio coinciden con los reportados por dicha investigación, variando solo para “a” de 467 pues el valor reportado fue de 2.92, mientras que Mendoza y col. (2008) reporta un valor de 18.1 (más rojo, menos verde). Por otra parte, ‘Rayada’ presenta valores ligeramente por debajo de los reportados en el trabajo antes mencionado (más verde, menos rojo). Respecto a 421 de maduración tardía, presenta un comportamiento atípico, puesto que, en el trabajo anteriormente señalado, para la fecha de corte reporta un valor de “b” = 39.9 en contraste con el registrado en este trabajo (28.84) habiendo una diferencia de 11 unidades. Esto puede deberse a las condiciones climáticas del ciclo de

producción: heladas, sequias, días nublados, días de sol, etc. 416 advierte un especial interés, aunque no está documentado en Mendoza y col. (2008), su comportamiento es de los más uniformes dentro del grupo de las chapeadas más a su favor que es de maduración temprana.

Finalmente, podemos indicar que las determinaciones de color resultan sumamente importantes como índices de madurez de cualquiera de los genotipos incluidos en este estudio.

VII.2. Determinación de la calidad

VII.2.1 Análisis físicos

Según la Norma Mexicana NMX-FF-061SCFI-2003, para manzanas destinadas para consumo en fresco, el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) debe ser de 11% como mínimo, en las variedades rojas, bicoloreadas o parcialmente rojas y de 12 % como mínimo en las variedades amarillas, amarillo-chapeadas y verdes. En general, todos los genotipos evaluados cumplen con la norma salvo SM3, quien quedó por debajo del límite (10.08 °Brix). Además, existen algunos genotipos cuyo contenido de SST se aproxima más al límite inferior como 412, 416 incluso 'Golden Delicious' la cual está dentro de los límites que especifica la Norma, aunque con un valor relativamente bajo (12.4 °Brix), lo que las pone en desventaja desde el punto de vista comercial con respecto a otras variedades bien colocadas y de arraigo en el mercado. SM3 en éste y anteriores trabajos está también por debajo de los límites de la Norma. En el otro extremo, se advierte un grupo conformado por 418, 428, 424, 438 y 'Rayada' con un nivel importante de SST entre los cuales destaca 418 (15.16 °Brix) seguido de 428 (14.88), quien además tiene buen tamaño (7.34 cm), amplia cavidad peduncular (0.9 cm a la fecha de corte) y lo más importante, una época de maduración temprana. 'Rayada', quien es cultivar propio de la región presenta contenido de azúcar relativamente constante desde 2008, solo durante 2006 disminuyó 3 °B.

Existen varios genotipos evaluados en este trabajo que pueden considerarse tempranos y que superaron el contenido de sólidos solubles totales (SST) de 'Red

Delicious' y 'Lourdes', materiales típicos de la región, tales como 418, 438, A, SM1, SM2, SM6, 401, 416, 418, 447, 436 y 442-9. Estos contenidos de SST resultan superiores a los que se obtienen en otras regiones productivas, como Chihuahua, esto seguramente se debe a la relativamente elevada acumulación de calor en la región. Este hecho ya había sido reportado por Sánchez (2001).

Por otra parte los valores de acidez varían enormemente entre variedades, desde 9.64 g/L correspondiente a 407 (lo cual quizás se deba a que aún no había llegado al punto de madurez) hasta 436 (0.76 g/L) seguido de 428 (1.08 g/L). Según Mendoza y col. (2006), el número de frutos por racimo no afecta el contenido de SST y ATT, así pues el contenido de azúcar en los genotipos evaluados es el suficiente para comercializarlas en fresco según la Norma Mexicana. Más que el contenido de ATT, lo que realmente resulta importante como criterio de madurez y como característica de sabor apreciada por el consumidor, es la relación entre azúcares y acidez. En ese sentido, en los resultados obtenidos en el presente trabajo se advierte una elevada variabilidad en este valor, debiendo en principio preferirse aquellos frutos que presenten valores medios, tal como lo menciona Mejía (2006).

Mendoza y col (2008), apoyándose en otros investigadores señalan que las diferencias que se reflejan en la relación azúcar/acidez, se deben a que el clima en la región es más caluroso, lo que provoca una mayor degradación de los ácidos orgánicos en el fruto durante la maduración y, por lo tanto, una mayor relación azúcares/acidez. El genotipo 436 obtiene la mayor relación de azúcar/acidez (18.68), superando a 428 (8.27); sin embargo, reiterando el trabajo de los anteriores investigadores, ellos reportan una relación azúcar/acidez de 7.0 para el mismo. La menor relación la obtuvo el genotipo 407 con 1.38.

En cuanto a la firmeza, la importancia de esta variable está relacionada por un lado con la resistencia del fruto al manejo en poscosecha y a la conservación (Fernández, 2003) y, por otro lado, se encuentra relacionada con la crujencia del producto. En general, los consumidores prefieren manzanas crujientes, en contraposición con las llamadas "masudas". Por lo tanto, mayores valores de

firmeza podemos relacionarlos con manzanas de mayor calidad (Álvarez 1988).

Dentro del grupo de genotipos de maduración temprana, es 428 quien registró la resistencia a la punción más elevada (y de todos los genotipos en general) con 37.8 N, lo cual le agrega otra interesante característica comercial, además de su tamaño y época de maduración, por su parte Mendoza y col. (2008) reportan 28.5 N para el mismo; seguido de SM6 con 27.8. Nuevamente, las diferencias en firmeza de este genotipo en distintos años de cosecha pudieran deberse a diferencias climáticas. En el lado opuesto se encuentra 443 con 15 N, valor que correspondería a un fruto muy poco firme y poco apto para el manejo en poscosecha.

Resulta interesante señalar que 'Rayada' presenta en este estudio un valor de 21.8 N, el cual es muy similar al obtenido por Mendoza y col. (2008) (29.5 N), pero dista del reportado por Mendoza y col. (2006) (15.5 N). La diferencia en los valores obtenidos por ambos autores probablemente se deba al manejo del huerto, ya que en este último caso se aplicó raleo inducido por sustancias químicas (raleadores sintéticos aplicados por aspersión). El efecto del raleo natural y del número de frutos por racimo sobre la firmeza de la manzana no se han establecido con claridad, pues numerosos trabajos han reportado resultados frecuentemente contradictorios. Según Mendoza y col. (2006), algunos investigadores observaron una disminución en la firmeza en manzanas 'Empire' cuando aplicaron Carbaril a 1 mg g⁻¹, mientras que BA a 0.1 mg g⁻¹ no tuvo efecto. Elfving y Loughheed (1994) observaron una disminución en la firmeza de los frutos con la aplicación de BA a 0.04 mg g⁻¹, 0.1 y 0.15 mg g⁻¹. No obstante, Greene y Autio (1994) detectaron incrementos en la firmeza de manzanas 'McIntoch' tratada con BA (6-benciladenina), lo que atribuyeron a la mayor cantidad de células presentes en los frutos raleados como fruto del efecto del raleador aplicado. Coincidiendo con Mendoza y col. (2008), la firmeza de la manzana es importante para la manipulación del producto en poscosecha, aún tratándose de variedades de maduración temprana.

Del grupo de las intermedias, 441 obtiene una firmeza de 26.8 N, valor muy similar al obtenido en 'Golden Delicious' (26.6 N) y *Micromalus* (26.6 N), sin

diferencias significativas entre ellas. El genotipo 129 es la menos resistente a la punción con 16 N. En cuanto al grupo de las tardías 488 (21.8 N) supera a 'Lourdes' (16.2 N). Resulta interesante subrayar que los cultivares de maduración tardía en principio podrían ser destinados al almacenamiento, por lo cual en éstos es aún más importante su firmeza, en ese sentido, los valores obtenidos para los dos genotipos analizados en este estudio resultan decepcionantes. Para Mendoza y col. (2008), 419 (40.2 N), supera a las variedades locales por el contrario, en este trabajo no presenta diferencias significativas respecto a 'Lourdes' y está muy por debajo de lo que reportan dichos autores, habiendo obtenido en el presente trabajo un valor de 19 N, el cual resulta muy inferior a los reportados por los autores arriba señalados. En el caso de las variedades de maduración intermedia la firmeza, que está relacionada con la capacidad de almacenamiento, puede resultar importante para la conservación de la manzana, evitando ser mal comercializada, problema muy común en la región, mientras que uno de los principales fines de las variedades tardías es esencialmente, ser almacenadas en frío. Esta idea también es señalada por Mendoza y col. (2008).

VII.2.2 Análisis sensoriales

VII.2.2.1 Prueba de preferencias de Kramer (prueba de rangos)

Por lo que respecta a los resultados obtenidos en la prueba de Kramer, al comparar estas observaciones con Mejía (2006), las preferencias de los jueces varían excesivamente de tal forma que, mientras la autora en cuestión afirma que para la misma significancia ($P \leq 0.05$) con 14 muestras y 18 jueces, los mejores frutos fueron 'Red Delicious' (aunque comercial) y 424 (fruto amarillo), en la presente investigación se obtuvo que SM6, 416, 428, 129 y 'Rayada' son las más aceptadas. De acuerdo a la misma autora, el grupo de las indiferentes lo conforman 'Rayada', 442, Golden Delicious, 428 y 418, por el contrario para este trabajo las indiferentes son 438, 467, 441 y 424. Por lo tanto, mientras el trabajo anterior coloca a 424 como el mejor, este estudio lo ubica entre los indiferentes.

Entre el grupo de las que no gustaron, según Mejía (2006) se encuentran

438, 443, 419, 109 y 436, lo cual difiere en este trabajo, en que sobresalen A, 412, 'Red Delicious', 442-9, 'Golden Delicious', SM2, 418, 429-1, 488, 429-2 y 436, siendo ahora 438 quien asciende de rango, colocándose entre las indiferentes en contraste con la autora en cuestión. Sólo 436 permanece en el grupo de las que no gustaron para ambos trabajos, por su parte 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' descienden de rango en este trabajo, quizás no fueron del agrado de los jueces porque comparando su calidad con lo que conocemos en el mercado, ésta no es competitiva.

Para Mejía (2006) hay más inclinación de los consumidores por frutos puramente rojos y amarillos, cosa que en este trabajo resalta la preferencia por los frutos chapeados. Tómese en cuenta también que los resultados dependen mucho del tipo de jueces que realizaron la prueba. Las diferencias de opiniones puede deberse también a la calidad de los frutos utilizados para ambos trabajos, las condiciones climáticas pueden marcar cambios importantes en el tamaño, la acidez, la cantidad de sólidos solubles totales presentes y su apariencia en general, así pues, si se presentan cambios sustanciales entre dichos años en la acumulación de horas frío, captación de agua, daño por granizo, heladas, ataque por hongos y/o bacterias entre otros factores, definitivamente se verá reflejado en la calidad del fruto y por ende su aceptabilidad por parte del consumidor.

VII.2.2.2. Prueba hedónica

De los 10 genotipos (más una muestra testigo) que se sometieron a esta prueba, los que destacan para el aspecto visual son 424 y 416 correspondiendo a colores amarillo y chapeado respectivamente, de formas redonda para 424 y alargada de los polos para 416. La que no gusto fue 438, quizás por tener una forma inusual achatada de los polos y alargada en la zona ecuatorial. Es conveniente subrayar que tales preferencias quizás se deban a que lo que más influye en el gusto del consumidor, es el color, la brillantez y la forma. Entre las muestras a calificar, 50 % de los genotipos corresponden a frutos rojos, 30 % corresponde a frutos amarillos y el 20 % son frutos chapeados (Figura 24). Es

conveniente subrayar que los consumidores prefieren frutos redondos y alargados que achatados, así pues, cada panelista arma sus propias preferencias en cuanto a color y forma si por lo que se va a dejar llevar es solo por lo visual. Por lo que respecta a 428, ésta se coloca en 5º lugar de aceptación con calificación de 65.50 mostrándose distinta a las anteriores por su buen tamaño y su color chapeado lo que resulta atractivo para el consumidor.

En el aspecto aroma, no hubo diferencias entre las muestras, únicamente 442-9 se considera diferente, podría decirse que desagradable colocándose en la última posición del grupo, lo cual quizás se deba a que los panelistas invitados al no estar entrenados, no distinguen una gama de aromas dentro de la misma especie, para ellos, todas cumplen con el olor característico de la manzana, las calificaciones se mueven en un rango de 59 a 67 en escala de 0 a 100, lo que hace pensar que les da prácticamente lo mismo. A ciencia cierta, no se sabe por qué desagradó 442-9 con calificación de 53.93.

En lo que se refiere al aspecto gustativo o sabor, la mayor calificación la tiene 467 (70.43), de maduración temprana, su contenido de sólidos solubles totales fue de 12.72 °B, y la acidez total titulable fue muy baja (3.22 g/L), esto quiere decir que los consumidores prefieren frutos ni muy dulces ni muy ácidos, mientras que la peor calificada nuevamente fue 442-9 (39.20) con 14 °Brix y una acidez de 4.88 g/L. Una vez más resulta interesante la desaprobación de este genotipo, desafortunadamente, no se tienen observaciones anteriores con las que se pudiera comparar y analizar dicha conducta. Sin embargo, considero que dicha desaprobación pudiera deberse a que sus frutos estaban relativamente sobremaduros, ya que su epidermis empezaba a percibirse deshidratada y un poco cerosa, lo cual pudo provocar desagrado en el consumidor, pues en tres de cuatro criterios fue reprobada.

Tocante a la aceptación general de los jueces, SM6, 467 y 'Golden Delicious' son los que mejor calificación obtuvieron, mientras que 442-9, fue la más mal evaluada. 428, 'Rayada', 416, 424 y 441 no presentan diferencias entre ellas; así como 129 y 438 forman otro grupo que no presentan diferencias entre ellas pero sí

con respecto al grupo anterior. 442-9 se excluye de los grupos anteriores.

Nótese que los resultados aquí obtenidos no precisamente coinciden con los de la prueba de rangos de Kramer, pues mientras 438 se colocaba entre las indistintas, en esta prueba se considera en penúltimo lugar de aceptación general, así pues, 424 en la prueba hedónica destaca en cuanto al aspecto visual y aroma, mientras que en la prueba de rangos (para ambas significancias $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$), se coloca entre las indistintas. Por otra parte, 416 y SM6 en ambas pruebas fueron las más exitosas (Figura 24). 467 destaca en dos aspectos: se coloca como la primera en gustativo y en segundo lugar para aceptación general, que comparado con lo obtenido en la prueba de rangos (indistinta) no fue igualmente evaluada.

En el estudio realizado por Mejía (2006) los que destacan por su aceptación general es 424, seguido de 'Red Delicious', 418 y 428 (con calificación de 7.4, 7.2, 7.1 y 6.6 respectivamente en escala de 0 a 10) mientras que el peor evaluado fue 436. 'Rayada' tiene calificación de 5.5 interpretándose como indiferente. Si comparamos los resultados aquí obtenidos con la autora a la cual nos referimos, 428 y 424 figuran entre los favoritos en ambos estudios. 'Rayada' ocupa el 5° lugar con calificación de 64 (en escala de 0 a 100), lo cual indica que ha sido mejor apreciada que en otros años. 'Red Delicious' en este estudio no figuró entre las favoritas más bien, fue considerada como uno de los peores frutos. Por último, 438 tiene calificaciones similares para ambos trabajos (5.8 y 56.23 respectivamente).

Los criterios que Mejía (2006) evaluó en su estudio fueron color, frescura, firmeza, dulzura, jugosidad, sabor, color y acidez, medidas en las que, sobresalen 424 y 428 (con calificación de 6.7 para ambos sobre una escala de 0 a 10) y los peor evaluados son 436 y SM. En la presente investigación, algunos criterios considerados que guardan una relación con los anteriores lo es el sabor, en cuyo caso 467 y SM6 resultan las mejores, mientras que para la investigación anterior, siguen siendo 424 y 428. En esta evaluación 428 se coloca en 4° lugar de preferencia con calificación de 61.5 en escala de 0 a 100.

VIII. CONCLUSIONES

Época de maduración

Los genotipos que más destacan como tempranos con base en las pruebas no destructivas realizadas y que a su vez alcanzaron un diámetro aceptable, son: 436, 424, SM6, 467, 428 y 'Rayada'.

La cavidad peduncular es una característica de los frutos que varía enormemente entre genotipos de manzana. Por si sola puede no ser un índice de maduración muy confiable, dado que el tamaño de la manzana varía de un año a otro, más aún en condiciones de temporal y, lógicamente, mientras mayor es el tamaño del fruto, mayor será la magnitud de la cavidad peduncular para una misma variedad, puesto que la forma del fruto tiende a ser constante.

Por otro lado, el presente estudio muestra que no existe una correlación significativa entre la magnitud de la cavidad peduncular y el diámetro ecuatorial de la manzana, lo que indica que la relación entre ambos es distinta para cada genotipo y tiende a ser constante, por lo que dicha relación puede considerarse una variable confiable para determinar el grado de maduración de un genotipo dado.

Por lo que respecta al color, los genotipos de manzana de color amarillo, L, a y b se incrementan, por el contrario, en las variedades chapeadas, rayadas y rojas, mientras L disminuye, a aumenta y b disminuye. Las variables de color constituyen un índice de madurez confiable para manzanas al tender a valores constantes.

Análisis físicos y químicos de los frutos

Los genotipos de maduración temprana con los más altos contenidos de azúcares fueron 418, 428, 438, 424 y Rayada.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran una enorme variación en los valores obtenidos de acidez total titulable.

Los genotipos que muestran la mayor relación azúcares/acidez, fueron: 436, 438 y 428.

En cuanto a la firmeza, 428 presenta el mayor valor, lo cual la hace más atractiva por su resistencia al transporte. En general, las variedades de maduración tardía manifestaron valores de firmeza pobres, lo cual sugiere un bajo potencial de

almacenamiento para éstas.

Análisis sensoriales

Los resultados de las pruebas hedónicas y de Kramer muestran que el genotipo que tuvo la mayor aceptabilidad fue 467, por lo que es de gran importancia seguir haciendo pruebas y ensayos con esta variedad que promete ser del agrado del consumidor aparte de ser de maduración temprana y contar con otras características favorables de calidad. Asimismo 'Rayada' y 416 destacaron fuertemente a nivel sensorial.

Los cultivares comerciales producidos en la región 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' mostraron un comportamiento sensorial mediocre.

Como conclusión general podemos afirmar que los mejores genotipos fueron 467, 428, 424 y 416, SM6 y 'Rayada' por ser de maduración temprana, por su aceptación sensorial y presentar niveles de acidez, SST y firmeza muy competitivos según lo que establece la norma de calidad del consumo de fruta fresca. Algunos otros como 436 y 438 por ser de maduración temprana y contar con buen tamaño, pero no del agrado del consumidor, podría emplearse de manera industrializada, por lo que sería importante que fueran estudiados para su ulterior propagación. Lo mismo pasa con genotipos intermedios entre los que destacan 421 y SM3 ya que pueden constituir una alternativa para suplir variedades poco productivas o de tamaño pequeño. Dentro de las tardías la mejor fue 'Lourdes' quien por su cualidad de ser resistente a *Penicillium expansum* podría conservarse en frío para su posterior comercialización, una vez que el mercado carezca de este fruto. Esta variedad podría eventualmente también destinarse a la industria.

Recomendaciones

Para futuros trabajos de investigación, es recomendable llevar el registro de mediciones de diámetro, cavidad peduncular, color de la epidermis de los frutos a evaluar, de ser posible dos o tres veces por semana, en fechas críticas que pueden ser la última semana de junio, y primera quincena de julio para variedades tempranas; durante agosto para intermedias y la primera quincena de septiembre para tardías.

Asimismo, deberá considerarse la posibilidad de realizar trabajos de raleo con los genotipos más prometedores con el fin de mejorar el diámetro y otras características del fruto

Resulta de extrema importancia la evaluación de los genotipos sobresalientes en otras regiones manzaneras del estado de Querétaro, al menos por el momento. De esta forma, podría también evaluarse su potencial productivo, ya que los árboles se establecerían en las mismas condiciones de edad, suelo y manejo.

Finalmente, en aquellos genotipos que no han mostrado en éste y otros estudios características de calidad y que no sean de maduración temprana, deberá investigarse su potencial como fruta procesada, ya sea que presenten un contenido elevado de azúcares para emplear en la industria juguera, o para la elaboración de sidras, mermeladas, jaleas, etc. Estas variedades necesariamente tendrían que ser productivas.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Alayón, U., Rodríguez, P., Martínez, V., A. 2005.** Evaluación y caracterización de la calidad de fruta de diferentes combinaciones cultivar-portainjerto de manzanos (*Malus domestica* Borkh) producidos en corrientes. Universidad Nacional del noreste. Comunicaciones científicas y Tecnológicas. Corrientes, Argentina. 8 p
- Álvarez, S. 1988.** El manzano. 5ª Ed. Aedos S.A. Barcelona, España: pp: 380-387.
- Angón G.P., Santos M.F., Hernández C.G. 2006.** Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Revista temas de Ciencia y tecnología, Universidad Tecnológica de la Mixteca. Instituto de Agroindustrias. 10: 3-8.
- Castaño, T. E. y Dominguez, D. J. 2010.** Diseño de Experimentos: Estrategias y análisis en ciencia y tecnología. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 418 p.
- Ceaqueretaro.2006** Comisión Estatal de Aguas. Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2011
- Crisosto, C.H. 1994.** Optimum procedures for ripening fruit. Management of ripening fruit. 24-25. 97/101, slide set with cassette tape. Division of Agriculture and Natural Resources of university of California, USA
- FAO. 2009.** Manual de prácticas de poscosecha de los productos hortofrutícolas. Series de horticultura poscosecha No.8 S. 1: Índices de madurez. Traducido por la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México,1996.
- Fennema, O.R. 1982.** Introducción a la ciencia de los alimentos. Editorial Reverté, SA. Zaragoza, España: 448-449.
- Fernández, JF. 2003.** Efecto del etefon y el cloruro de calcio en la calidad y la capacidad de almacenamiento de manzanas producidas en Cadereyta, Qro. Querétaro, Qro. Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencia y tecnología de los alimentos. 88.
- Fernández, M.R. 2008.** Nuevas variedades de manzana para la Sierra de Querétaro. Revista De Frente al Campo. Vol. 46: 6-8.

- González H.A,** Fernández R., Rumayor A.F., Castaño E, Martínez R. **2005.** Diversidad genética en poblaciones de Manzano en Querétaro, México revelada por marcadores RAPD. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 28: 83-21
- Geocities. 2011.** Desarrollo_de_color_en_manzanas.html. 2007
- Gutiérrez, A. E. y Martínez-Peniche, R. 2004.** Evolución del color de la almendra de genotipos nativos de nuez pecanera en almacenamiento acelerado. Sapere 1 (1): 14-22.
- Huber D. J. 1983.** The role of cell hidrolases in fruit softening. Hort Reviews. 5: 169.
- Iglesias C. I., 2003.** Modificación de las condiciones ambientales para la mejora de la calidad de diferentes variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh.).memoria de trabajo. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA). Estación experimental de Lleida, España- pp 40.
- Infoagro.com 2009.** www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm
- Lalatta, F. 1999.** Guía completa del cultivo de manzanas, De Vecchi (Ed), Barcelona, España. p.33,34.
- Lawless H. T., and Hildegarde H. 1999.** Sensory Evaluation of food, principles and practices, An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland, USA.: 431,450-451.
- Lees, R. 1994.** Análisis de los alimentos. Editorial Acrivía. Zaragoza, España: pp: 267-268.
- Mejía, G. V. 2006.** Aceptación sensorial de distintos genotipos de manzana introducidos en la sierra de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis para obtener el grado de Licenciado Químico en Alimentos. Querétaro, México. pp 20, 27, 29-30.
- Mendoza, G. S., Martínez R., Fernández R. 2008.** Época de maduración y calidad del fruto de genotipos de manzana en Cadereyta, Qro. Revista Chapingo Serie Horticultura. 14:71-78
- Mendoza, L.A., Zavala I., Martínez R. 2006.** Efecto del número de frutos por racimo y fechas de corte en la calidad de manzana "Rayada". Revista. Fitotecnia Mexicana. 29: 45-50
- Muñoz, M. A. 2003.** Apuntes de Análisis de Alimentos. Querétaro, Qro. Universidad

Autónoma de Querétaro. Querétaro, México:112-116

NMX-FF-061-SCFI-2003. Productos agrícolas no industrializados para consumo humano- fruta fresca- Manzana (*Malus pumila* Mill) - (*Malus domestica* Borkh) – especificaciones-.

Parra, Q. R. 1994. Avances de investigación sobre el comportamiento de cultivares y portainjertos para manzano en Cuauhtemoc, Chih. CESICH, INIFAP Campo Experimental Sierra de Chihuahua, Cuauhtémoc. Chih. p.3

Pedrero, D., y Pangborn R. M. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Editorial Alambra Mexicana. México D.F: 15-16, 20, 104-107.

Rodas, P.A., 2006. www.engormix.com

Román, M., y Gutiérrez C., M. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitratos de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de Melón. Tesis de licenciatura. Instituto tecnológico de Sonora. Hermosillo, México. pp 49-53.

SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de la Producción. Mayo 25 de 2009.

Sánchez Ventura S. E., 2001: “Evaluación de la calidad y la evolución en almacenamiento de variedades de manzana (*Malus* spp.) establecidas en la Sierra de Cadereyta, Qro. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Escuela de Farmacia. Morelia, México, 115 p.

Sánchez, V. S., Martínez R., Tovar J., Escartin E. 2008. Antagonismo de levaduras nativas contra la pudrición azul (*penicillium expansum* Link) en frutos de manzana. Revista Fitotecnia Mexicana. 31: 359-366.

Sancho, J., Bota E., Castro J. 2002. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Alfaomega. México D.F. 135-136, 144-145, 268-269.

Soto Muñoz, Lourdes. 2009 “Efecto de levaduras antagonicas en combinación con bicarbonato de sodio sobre el control de la pudrición azul (*Penicillium expansum* LINK) en variedades de manzana producidas en Cadereyta, Qro”. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. 115 p.

Teranishi, R. and Barrera-Benítez, H. 1980. Quality of selected fruits and vegetables of north America. ACS Symposium series. 170: 61-75.

Trillot, M.; Masseron, A.; Tronel, C. **1993.** Pomme. Les Variétés. Ctifl. Paris, Francia: 203.

Venegas, G. M. C., Martínez-Peniche, R. **2004.** Calidad y potencial de almacenamiento de uva 'Ruby Seedless' establecida sobre ocho portainjertos. Revista Fitotecnia mexicana. 27 (1): 69-76.

Yahuaca-Juárez B. 1999. "Efecto del anillado y la aplicación de ethrel sobre la conservación de uva de mesa del cv. 'Málaga Roja' (*Vitis vinifera* L), producida en la Comarca Lagunera". Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Química. Querétaro, México. 145 p.

Zavala I., Martínez, P. R. and Fernández, R. 2006. Effect of thinning on size of 'Golden Delicious' and 'Red Delicious' apples established in central Mexico. Acta Horticulturae (ISHS) 727:451-455

Anexo 1

Hoja de registro de datos de campo: color, diámetro y cavidad peduncular

Genotipo: _____

Variable	Repeticiones										
Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
L											
A											
B											
Diám											
C.P											

Genotipo: _____

Variable	Repeticiones										
Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
L											
A											
B											
Diám											
C.P											

Genotipo: _____

Variable	Repeticiones										
Color	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
L											
A											
B											
Diám											
C.P											

Anexo 2

Hoja de respuesta para prueba de preferencia o de Kramer

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
PRUEBA DE PREFERENCIA VISUAL

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones: Con ayuda de las tarjetas, clasifique estas muestras por orden decreciente de preferencia (de mayor a menor). Finalmente anote sus respuestas en el recuadro apropiado.

NOTA:

Observe los frutos las veces que sea necesario

No comente sus decisiones con nadie

Anexo 3

Hoja de respuesta para prueba hedónica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
PRUEBA GUSTATIVA

Nombre _____ Fecha _____

Instrucciones. Pruebe la fruta y en base a su opinión, marque con una X sobre la línea correspondiente, a cada uno de los atributos donde 0 representa “me disgusta mucho” y 100 representa “me gusta mucho”.

Muestra _____

Visual |-----|
0 100

Aroma |-----|
0 100

Sabor |-----|
0 100

Aceptación |-----|
General 0 100

Muestra _____

Visual |-----|
0 100

Aroma |-----|
0 100

Sabor |-----|
0 100

Aceptación |-----|
General 0 100

Anexo 4

**TABLA DE KRAMER DE CATEGORÍAS TOTALES NECESARIAS PARA
UNA SIGNIFICACIÓN DEL 5% (P<0.05)**

*Los cuatro bloques de números significan:
Suma más baja de niveles sin significación en cualquier tratamiento.
Suma más alta de niveles sin significación en cualquier tratamiento.
Suma más baja de niveles sin significación en el tratamiento predeterminado.
Suma más alta de niveles sin significación en el tratamiento predeterminado.*

Número de Repeticiones	Número de tratamientos o muestras ordenadas								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18
	-	-	-	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28
4	-	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25
	-	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36
5	-	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31
	-	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43
6	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38
	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51
7	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45
	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58
8	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51
	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64
9	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57
	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71
10	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	29-52	32-58	35-64
	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78
11	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	33-57	37-63	40-70
	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85
12	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76
	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91
13	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82
	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-86	45-96
14	17-22	21-31	23-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89
	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104
15	18-24	23-33	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	55-85	60-94
	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	51-99	56-109
16	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-106
	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117
17	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	63-97	69-107
	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124
18	22-29	28-40	33-50	41-61	48-71	54-82	61-92	68-103	74-114
	23-21	29-43	34-56	40-68	46-80	51-93	57-105	63-117	69-129
19	24-30	30-42	37-53	44-64	51-75	58-86	65-97	72-108	78-119
	24-23	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136
19	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-114

TABLA DE KRAMER DE CATEGORÍAS TOTALES NECESARIAS PARA UNA SIGNIFICACIÓN DEL 5% (P<0.05) [Continuación]

*Los cuatro bloques de números significan:
Suma más baja de niveles sin significación en cualquier tratamiento.*

Número de Repeticiones	Número de tratamientos o muestras ordenadas									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	5•19	5•21	5•23	5•25	6•26	6•28	6•30	7•31	7•33	3•39
	5•31	5•34	5•37	5•40	6•42	6•45	6•48	6•51	6•54	7•35
3	9•27	10•29	10•32	11•34	12•36	12•39	13•41	14•43	14•46	7•56
	6•40	9•43	9•47	10•50	10•54	10•58	11•61	11•85	12•60	15•48
4	14•34	15•37	16•40	17•43	18•46	18•49	20•52	21•55	22•58	12•72
	12•48	13•52	14•58	14•61	15•65	18•69	16•74	17•78	18•82	23•61
5	18•42	20•45	21•49	23•52	24•56	25•60	27•63	28•67	30•70	18•87
	17•55	18•60	19•65	19•71	20•76	21•81	22•86	23•91	24•96	31•74
6	23•49	25•63	27•57	29•81	31•65	32•70	34•74	36•78	38•82	25•101
	21•83	22•69	23•75	25•80	26•86	27•92	29•97	30•103	31•109	40•86
7	20•56	30•61	33•65	35•70	37•75	39•80	42•84	44•89	46•94	32•115
	25•71	27•77	29•83	30•90	32•96	33•103	35•109	37•115	38•122	48•99
8	33•63	36•68	39•73	41•79	44•84	47•89	49•95	52•100	54•106	40•128
	30•78	32•85	34•92	36•99	38•108	40•113	42•120	44•127	45•135	57•111
9	30•70	41•76	45•81	48•87	51•93	54•99	57•105	60•111	63•117	47•142
	34•86	37•93	39•101	41•109	44•118	46•124	48•132	51•139	53•147	66•123
10	44•76	47•83	51•89	54•96	57•103	61•109	64•116	68•122	71•129	55•155
	39•93	42•101	45•109	47•118	50•126	53•134	55•143	50•151	60•160	75•135
11	49•83	53•90	57•97	60•105	64•112	66•119	72•126	76•133	80•140	63•168
	44•100	47•109	50•118	53•127	56•136	59•145	62•154	65•163	66•172	84•147
12	54•90	50•98	63•105	67•113	71•121	76•128	80•136	84•144	89•151	71•181
	49•107	52•117	56•126	59•136	62•146	66•155	69•165	73•174	76•184	93•159
13	59•97	64•105	69•113	74•121	78•130	83•138	86•146	93•154	97•183	70•194
	54•114	57•125	61•135	65•145	69•155	73•165	76•176	80•186	84•196	102•171
14	65•103	70•112	75•121	80•130	85•139	91•147	95•156	101•165	106•174	88•206
	56•122	63•132	67•143	71•154	75•165	79•178	84•188	88•197	92•208	111•183
15	70•110	75•120	81•129	87•138	92•146	96•157	104•166	109•176	115•185	96•219
	63•129	66•140	73•151	77•163	82•174	86•184	91•197	95•209	100•220	121•194
16	75•117	61•127	67•137	93•147	100•156	106•168	112•176	116•186	124•196	104•232
	66•136	73•148	78•160	83•172	86•184	93•196	98•208	103•220	108•232	130•206
17	81•123	87•134	94•144	100•155	107•165	113•176	120•186	126•197	133•207	113•244
	73•143	79•155	84•160	90•180	95•193	100•206	106•218	111•231	116•244	139•218
18	86•130	93•141	100•152	107•163	114•174	121•185	126•196	135•207	142•216	121•257
	78•150	84•183	90•176	96•169	102•202	107•216	113•229	119•242	124•256	149•229
19	91•137	99•148	106•180	114•171	121•183	128•195	136•206	143•218	151•229	130•269
										156•241