



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS
DEL CENTRO DE LA REPÚBLICA
(PROPAC)**

**Efecto del número de frutos por racimo y del portainjerto
sobre la calidad de variedades de manzana
producidas en distintos huertos**

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presenta

ALEJANDRA AGRIPINA MENDOZA LÓPEZ

Dirigida por

DR. RAMÓN ÁLVAR MARTINEZ PENICHE

Santiago de Querétaro, Qro. México

Septiembre, 2006

BIBLIOTECA CENTRAL UAQ

No. Adq. H 71121

No. Título _____

Clas. IS 634.117

M 539e



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Efecto del número de frutos por racimo y del portainjerto
sobre la calidad de variedades de manzana
producidas en distintos huertos

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Presenta:

Alejandra Agripina Mendoza López

Dirigida por:

Dr. Ramón Álar Martínez Peniche

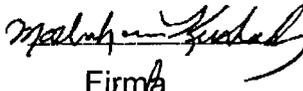
SINODALES

Dr. Ramón Álar Martínez Peniche
Presidente



Firma

Dr. Mosbah M. Kushad
Secretario



Firma

M.C. Mario Rafael Fernández Montes
Vocal



Firma

Dr. Edmundo Mercado Silva
Suplente



Firma

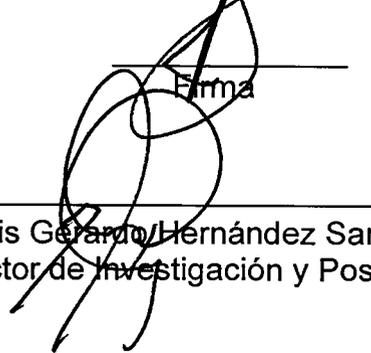
Dr. Salvador Pérez González
Suplente



Firma



Q. B. Magali E. Aguilar Ortíz
Director de la Facultad de Química



Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Septiembre, 2006

RESUMEN

El manzano se cultiva en la Sierra de Querétaro en laderas pronunciadas bajo condiciones de temporal. La comercialización del fruto es deficiente debido a que no reúne las características de calidad necesarias para su consumo en fresco, a la competencia con otras manzanas producidas en la región y a la deficiencia tecnológica en manejo de los huertos. Los dos principales cultivares establecidos en Querétaro son 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', se cosechan en la época de mayor oferta de manzanas nacionales e importadas. Además los productores no cuentan con las facilidades de almacenamiento en frío convencional. Como alternativas de solución se tiene el uso de variedades tempranas, la aplicación de raleo, la utilización de portainjertos clonales y el almacenamiento en frío. El presente trabajo tuvo como objetivo el evaluar el efecto del número de frutos por racimo, la época de corte, el raleo y el portainjerto sobre la calidad y los cambios durante el almacenamiento de manzanas de distintas cultivares establecidos en dos huertos frutícolas con distinto grado de tecnificación. En "El Suspiro", Cadereyta, Qro., donde se evaluó el efecto del número de frutos por racimo y de siete fechas de corte en la calidad de manzana 'Rayada', el peso (102.6 g), el contenido de calcio ($10.8 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ peso fresco) y la simetría del fruto fueron mayores con un fruto por racimo, siendo la fecha óptima de cosecha el 3 de agosto. En este mismo huerto, en que también se evaluó el efecto de distintos métodos de raleo (manual a dos frutos por racimo, ácido naftalenacético (ANA) 5 y 10 ppm, 6-benciladenina (BA) 50 y 75 ppm, carbaril 400 y 600 ppm) sobre la calidad y el comportamiento en poscosecha de manzanas de dos cultivares, en el caso de 'Red Delicious', BA a 50 y 75 ppm incrementaron el peso (108 y 104.2 g, respectivamente) y el diámetro (64.7 y 62.2 mm., respectivamente) mientras que carbaril a 600 ppm aumentó el número de semillas viables y la resistencia a la compresión, sin embargo, ninguno de los raleadores influyó en la conservación del fruto después de 90 días de almacenamiento. En 'Golden Delicious', el raleo manual y carbaril a 600 ppm incrementaron el peso del fruto (91.9 y 85.2, respectivamente). En el huerto de Urbana, IL, EE.UU., donde se evaluó el efecto del raleo (manual a dos frutos, ANA 20 ppm, BA 50 ppm y carbaril 400 ppm) y del portainjerto [Budagovski (B)9, Malling 9 y Malling 26 EMLA, Vineland1 (V.1) y B491] sobre la calidad de manzana 'Gala', no se detectaron diferencias entre raleadores, mientras que M.26 EMLA y V.1 aumentaron el peso de los frutos (134.2 y 132.1 g, respectivamente). Finalmente, se observó que el sitio de aplicación (pedicelo, hojas cercanas al fruto, parte distal, parte proximal, fruto completo) de ANA a 20 ppm no influye ni en la caída ni en la calidad de manzanas 'Gala' injertadas sobre M.9 NAKB 337.

Palabras clave: Manzano, almacenamiento, raleo, calidad, portainjerto, sitio de aplicación.

SUMMARY

Apples are cultivated in the Mountains of Queretaro, in Central Mexico on highly inclined lands without irrigation. The commercial production of fruits in this region is limited because of poor fruit quality, competition from other apple producing regions and technology deficient in the orchards. The two main cultivars grown in Queretaro are 'Red Delicious' and 'Golden Delicious'. These cultivars face strong competition because they mature at the same time as apples grown in other regions in Mexico and apples imported from international markets. Moreover, the growers are unable to store the fruits for later marketing because of lack of storage facilities. Alternative solutions are to use early ripening varieties, application of thinning, use of clonal rootstocks, and storage of apples at low temperature. The objective of this research was to evaluate the effect of the number of fruits by cluster, time of harvest, thinning and rootstock on quality and the changes during storage of apple cultivars established in two different orchards. At "El Suspiro", Cadereyta, Qro., Mexico, where the effect of the number of fruits per cluster and seven harvest dates on the quality of 'Rayada' apples were evaluated. Weight (102.6 g), calcium concentration (10.8 mg 100g⁻¹fruit weight) and fruit symmetry were increased with one fruit per cluster, and the optimal date of harvest was August 3rd. In the same orchard, in which the effect of different thinning methods (manual to two fruits by cluster, naftalenacetic acid (NAA) 5 and 10 ppm, 6-bencyladenine (BA) 50 and 75 ppm, carbaryl 400 and 600 ppm on the quality and the posharvest behavior of two cultivars of apple was also evaluated. In the case of 'Red Delicious', BA at 50 and 75 ppm increased fruit weight (108 and 104.2 g, respectively) and diameter (64.7 and 62.2 mm.), whereas carbaryl at 600 ppm increased number of viable seeds and fruit firmness. Nevertheless, thinning did not affect the quality of the fruit. In 'Golden Delicious', manual thinning and carbaryl at 600 ppm increased fruit weight (91.9 and 85.2, respectively). In the orchard located at Urbana, IL, USA, where the effect of the thinning (manual at two fruits, NAA 20 ppm, BA 50 ppm and carbaryl 400 ppm) and rootstock [Budagovski (B) 9, Malling 9 and Malling 26 EMLA, Vineland1 (V.1) and B491] on the quality of 'Gala' apples were evaluated, differences between thinners were not detected, whereas M.26 EMLA and V.1 increased fruit weight (134.2 and 132.1 g). Finally, the site of application (petiole, leaves near the fruit, distal part, proximal part and complete fruit) of naftalenacetic acid at 20 ppm affected neither the drop nor the quality of 'Gala' apples grafted on M.9 NAKB 337.

Keys words: apple, storage, thinning, quality, rootstock, site of application.

DEDICATORIAS

A quién me sostiene con su diestra de poder...

*A mis padres
Me siento orgullosa de tenerles
LOS AMO*

AGRADECIMIENTOS

- A las instituciones que contribuyeron con mi formación académica y con el soporte financiero, para la realización de éste proyecto: CONACYT, Programa Enlaces-TIES, Universidad Autónoma de Querétaro y Universidad de Urbana-Illinois.
- Al Dr. Ramón Álar Martínez Peniche poseedor de una gran calidad humana, gracias por brindarme su amistad y por su participación en este proyecto como director.
- Al Dr. Mosbah Kushad... muchas gracias por recibirme en su laboratorio, por sus acertados consejos y su paciencia.
- A quienes contribuyeron con el asesoramiento científico: Dr. Edmundo Mercado Silva, Dr. Salvador Pérez González y M.C. Mario Rafael Fernández Montes.
- A quienes otorgaron todas las facilidades durante mi estancia en Querétaro: Laurita, Benjamín, Carmelita, Silvia, Lupillo y Mariana. Me llevó parte de ustedes.
- A quienes hicieron más agradable éste viaje: mis compañeros de Laboratorio y de Posgrado (wow...son muchos, ustedes saben que están en este apartado).
- A mis grandes amigos Chio y Tito. Fue toda una aventura y un placer.
- A mis ángeles terrenales: Yolanda – Carl, Guille – Miguel, Damaris – Alex, Claudia y Ale... son únicos, muchas gracias por las invaluable charlas. Todo mi amor y respeto.
- A la familia Mendoza López. Son los mejores hermanos (as) y sobrinos (as). Sé que seguiré de latosa, pero no tengo duda que seguirán siendo mi especial tesoro y mi soporte. Los amo!!
- Y por último, (no por ello menos importante) a las personas que me han compartido su sabiduría, que han estado al pie del cañón en todo momento y se han solidarizado, a quienes han estado esperando la culminación de este proyecto y continuamente me impulsan a trabajar con perseverancia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
Resumen	i
Abstract	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice general	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xi
I. Introducción	1
II. Revisión bibliográfica	3
2.1. Origen y antecedentes del manzano	3
2.1.1. Origen	3
2.1.2. Antecedentes históricos	3
2.2. Importancia de la manzana	4
2.2.1. Mundial	4
2.2.2. Nacional	6
2.2.3. Regional	7
2.3. Botánica del manzano	9
2.3.1. Taxonomía	9
2.3.2. Morfología	9
2.3.3. Fisiología	11
2.3.3.1. Desarrollo vegetativo	11
2.3.3.2. Desarrollo reproductivo	13
2.4. Requerimientos ecológicos y culturales	18
2.4.1. Clima, suelo y disponibilidad de agua	18
2.4.2. Establecimiento y manejo	19
2.4.2.1. Multiplicación	19
2.4.2.2. Establecimiento	20
2.4.2.3. Poda	21

2.4.2.4. Control fitosanitario	21
2.4.3. Cosecha y manejo en poscosecha	23
2.4.3.1. Índices de maduración	23
2.4.3.2. Cosecha	25
2.4.3.3. Selección	26
2.4.3.4. Calibrado y empaque	27
2.4.3.5. Almacenamiento	27
2.5 Calidad de la manzana	28
2.5.1. <i>Apariencia externa</i>	29
2.5.1.1. Tamaño y forma del fruto	29
2.5.1.2. Color	31
2.5.1.3. Textura	32
2.5.1.4. Presencia de daños	33
2.5.2. <i>Calidad interna</i>	34
2.5.2.1. Sabor y aroma	34
2.5.2.2. Composición y valor nutracéutico	35
2.5.2.3. Capacidad de almacenamiento	37
2.5.3. <i>Factores que inciden en la calidad</i>	37
2.5.3.1. Clima y suelo	37
2.5.3.2. Cultivar y portainjerto	38
2.5.3.3. Raleo	42
2.5.4. Normas de calidad para la manzana de mesa	50
2.5.4.1. Norma mexicana	51
2.5.4.2. Norma americana	52
Objetivos	54
III. Materiales y métodos	55
3.1. Localización del sitio experimental	55
3.1.1. Huerto "El Suspiro"	55
3.1.2. Huerto de "Urbana"	56
3.2. Material biológico	56
3.2.1. El Suspiro	56

3.2.2. Urbana	58
3.3. Metodología general	60
3.4. Experimentos realizados	62
3.4.1. Efecto del número de frutos por racimos y la fecha de corte en la calidad de la variedad 'Rayada'	62
3.4.1.1. Conducción del experimento	62
3.4.1.2. Cosecha de la fruta	63
3.4.1.3. Diseño del experimento	63
3.4.2. Efecto del raleo en el potencial de almacenamiento de las variedades 'Red Delicious' y 'Golden Delicious'	63
3.4.2.1. Conducción del experimento	63
3.4.2.3. Diseño del experimento	64
3.4.3. Efecto del raleo y del portainjerto en la calidad de la variedad 'Gala'	64
3.4.3.1. Conducción del experimento	64
3.4.3.2. Cosecha de la fruta	66
3.4.3.3. Diseño del experimento	66
3.4.4. Efecto del sitio de aplicación de ANA en el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de la variedad 'Gala'	67
3.4.4.1. Conducción del experimento	67
3.4.2.2. Cosecha de la fruta	68
3.4.2.3. Diseño del experimento	68
3.5. Determinaciones	69
3.5.1. Análisis físicos	69
3.5.2. Análisis bioquímicos	71
3.6. Análisis de datos	72
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
4.1. Efecto del número de frutos por racimos y la fecha de corte en la calidad de la variedad 'Rayada'	73
4.1.1. Peso, diámetro y simetría	73
4.1.2. Solubles sólidos totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas	77

4.1.3. Resistencia a la punción y a la compresión y concentración de calcio	83
4.2. Efecto del raleo en el potencial de almacenamiento de 'Red Delicious'	87
4.2.1. Peso y diámetro	87
4.2.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas	90
4.2.3. Resistencia a la punción y a la compresión	94
4.3. Efecto del raleo en el potencial de almacenamiento de 'Golden Delicious'	97
4.3.1. Peso y diámetro	97
4.3.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas	101
4.3.3. Resistencia a la punción y a la compresión	105
4.4. Efecto del raleo y del portainjerto en la calidad de la variedad 'Gala'	108
4.4.1. Peso y diámetro	108
4.4.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT), y número de semillas del fruto	111
4.4.3. Firmeza y color	114
4.5. Efecto del sitio de aplicación de ANA en el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de 'Gala' / M.9 NAKB 337	117
4.5.1. Peso y diámetro	118
4.5.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas	119
4.5.3. Firmeza	120
V. Conclusiones	122
VI. Bibliografía	125
Anexos	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
2.1	Información del cultivo de manzana entre el período 1985-2005	7
2.2	Desarrollo fenológico del manzano	12
2.3	Estadíos del manzano, ciclo reproductivo	14
2.4	Patrones en la tasa respiratoria de frutos climatéricos y no climatéricos	17
2.5	Cosecha mecánica	25
2.6	Cosecha manual de la variedad 'Gala'	26
2.7	Factores que afectan el tamaño de la manzana	30
2.8	Constitución de un frutal injertado	40
2.9	Raleo manual	43
2.10	Raleo durante la floración	44
2.11	Interacción de la temperatura y la intensidad de los rayos solares sobre la acción del raleo	50
3.1	Localización de la Comunidad el "El Suspiro" en el estado de Querétaro	55
3.2	Localización de "Urbana" en el estado de Illinois, EE.UU.	56
3.3	Cultivares utilizados	57
3.4	Comparativo de portainjertos en relación al tamaño del árbol	59
3.5	Esquema de la metodología general	61
3.6	Evaluación del índice de calidad	65
3.7	Cosecha de 'Gala'	66
3.8	Sitios de aplicación de ANA	68
4.1	Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la simetría de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	77
4.2	Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la ATT de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	82
4.3	Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre el	

	número de semillas viables de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	83
4.4	Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la concentración de calcio en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	87
4.5	Interacción del tiempo de almacenamiento y del raleador en el peso de la manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	100
4.6	Interacción del tiempo de almacenamiento y del raleador en el diámetro ecuatorial de la manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas		Pág.
2.1	Producción mundial de manzana por regiones	5
2.2	Principales países productores de manzana en 2005	5
2.3	Producción de especies frutales en México	6
2.4	Clasificación botánica del manzano	9
2.5	Parásitos vegetales	22
2.6	Principales índices de cosecha de algunas variedades	32
2.7	Composición de 100 g. de pulpa fresca de manzana	36
2.8	Resistencia y susceptibilidad a enfermedades	39
2.9	Características de portainjertos en manzano	41
2.10	Mecanismos propuestos para explicar la acción del raleador en el fruto	45
2.11	Factores del huerto que afectan la respuesta del raleo químico	47
2.12	Clasificación por tamaños de la manzana de acuerdo a la norma mexicana	51
3.1	Muestreo en el cv. 'Rayada'	62
4.1	Valores de "F" y significancia estadística para peso y diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	73
4.2	Efecto del número de frutos por racimo sobre el peso y el diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	74
4.3	Efecto de la fecha de corte sobre el peso y diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	76
4.4	Valores de "F" y significancia estadística para SST, ATT y número de semillas en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	78
4.5	Efecto del número de frutos por racimo sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	78
4.6	Efecto de la fecha de corte sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.	80

4.7	Valores de “F” y significancia estadística para la resistencia a la punción y a la compresión y para la concentración de calcio en manzana ‘Rayada’ producida en Cadereyta, Qro.	84
4.8	Efecto del número de frutos por racimo sobre la resistencia a la punción y a la compresión y a la concentración de calcio en manzana ‘Rayada’ producida en Cadereyta, Qro.	85
4.9	Efecto de la fecha de corte sobre la resistencia a la punción, a la compresión y a la concentración de calcio en manzana ‘Rayada’ producida en Cadereyta, Qro.	86
4.10	Valores de “F” y significancia estadística para el peso del fruto y el diámetro en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	88
4.11	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el peso y el diámetro del fruto, de manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	88
4.12	Efecto del raleador sobre el peso y diámetro de manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	89
4.13	Valores de “F” y significancia estadística para SST, ATT y número de semillas en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	90
4.14	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre SST, ATT y número de semillas de manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	91
4.15	Efecto del raleador sobre SST, ATT y número de semillas de manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	93
4.16	Valores de “F” y significancia estadística para la resistencia a la punción, a la compresión en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	94
4.17	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia a la punción y a la compresión en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	95
4.18	Efecto del raleador sobre la resistencia a la punción, a la compresión en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.	96
4.19	Valores de “F” y significancia estadística para el peso y el	

	diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	97
4.20	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el peso y el diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	98
4.21	Efecto del raleador sobre el peso y el diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	99
4.22	Valores de "F" y significancia estadística para SST, ATT y el número de semillas en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	101
4.23	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	102
4.24	Efecto del raleador sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	104
4.25	Valores de "F" y significancia estadística para la resistencia a la punción y a la compresión en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	105
4.26	Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia a la punción y a la compresión en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	106
4.27	Efecto del raleador sobre la resistencia a la punción, y a la compresión en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.	107
4.28	Valores de "F" y significancia estadística para el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	108
4.29	Efecto del portainjerto sobre el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	109
4.30	Efecto del raleador sobre el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	111
4.31	Valores de "F" y significancia estadística para ATT, SST y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	112
4.32	Efecto del portainjerto sobre ATT, SSL y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	113

4.33	Efecto del raleador sobre ATT, SSL y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	114
4.34	Valores de "F" y significancia estadística para firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	115
4.35	Efecto del portainjerto sobre firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	116
4.36	Efecto del raleador sobre firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	117
4.37	Efecto del sitio de aplicación raleado con ANA a 20 ppm sobre el porcentaje de caída en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	118
4.38	Efecto del sitio de aplicación sobre peso y categorías de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.	119
4.39	Efecto del sitio de aplicación sobre ATT, SST y número de semillas de manzanas 'Gala' producida en Urbana, IL.	120
4.40	Efecto del sitio de aplicación sobre la firmeza de manzana producida en Urbana, IL.	120

I. INTRODUCCION

El manzano es una de las especies frutales de mayor difusión a escala mundial, debido a su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos y a la diversidad de productos que de su fruto se obtienen.

La producción de manzana en México se concentra en los estados de Chihuahua, Durango y Coahuila, que aportan más de 80 % del total, el resto proviene de estados como Hidalgo, Puebla y Querétaro donde este frutal prospera bajo temporal.

En Querétaro, los principales municipios productores son San Joaquín, Cadereyta, Pinal de Amoles y Amealco, donde los huertos están situados en laderas con pendientes pronunciadas y en alturas superiores a 2,400 msnm. La comercialización del producto resulta deficiente, lo que se debe por un lado, a que no reúne las características de calidad necesarias para su consumo en fresco, como tamaño, coloración homogénea, sanidad (libre de manchas) y, en general, una buena apariencia y, por el otro, a que las principales variedades establecidas en la región, 'Golden Delicious' y 'Red Delicious', se cosechan durante los meses de agosto y septiembre, período en que el mercado nacional se encuentra saturado. Aunado a esto no se cuenta en la región con sistemas de almacenamiento en frío convencional, que permitan la comercialización durante los meses de otoño e invierno.

Las limitaciones para obtener una buena calidad del fruto obedecen a factores climáticos (granizadas y sequías), económicos (intermediarismo), tecnológicos (deficiente o nula aplicación de las prácticas de cultivo tales como poda, control fitosanitario y de maleza, fertilización, raleo y uso de portainjertos) y fisiológicos (presencia de desórdenes o aumento en el amarre del fruto).

Entre las alternativas de solución para mejorar la calidad del fruto, se tiene la implementación de prácticas culturales como el raleo y el uso de portainjertos. El raleo consiste en eliminar cierta cantidad de flores y/o frutos recién formados en el árbol, mejorando así el tamaño de los frutos remanentes al reducirse la competencia por los nutrientes disponibles en el árbol. La aplicación puede ser

manual, dejando de uno a dos frutos por racimo, o bien, mediante la aspersion de productos quimicos (Stover *et al.*, 2002). Su efectividad esta en gran medida determinada por el cultivar y por factores del medio ambiente.

El uso de portainjertos, por su parte, es muy importante en la produccion de manzanas debido a su posible efecto sobre el vigor del arbol y la calidad del fruto (Embree *et al.*, 1993a). Sin embargo, el efecto del portainjerto puede no ser consistente en algunas regiones o algunos cultivares debido a la variabilidad en las condiciones climaticas (Stanley *et al.*, 2000).

Por lo que respecta a la epoca de maduracion del fruto, en la region se encuentra diseminada, de manera incipiente, una variedad de origen desconocido, denominada 'Rayada' o 'Tempranera', de aceptables cualidades sensoriales, siendo su principal atributo el presentar una maduracion temprana, aunque hasta el momento no se han llevado a cabo estudios sobre el momento optimo en que debe ser cosechada. Se ha observado que tiende a amarrar muchos frutos en cada racimo, lo que impide que estos desarrollen adecuada y uniformemente, situacion que podria eventualmente corregirse tambien mediante el raleo. Una manera de estimar en primera instancia la forma en que esta variedad pudiera responder al raleo en las condiciones locales de temporal en las que se encuentra establecida, es por medio de la evaluacion de la calidad de los frutos en el arbol en funcion de su cantidad presente en cada racimo (Volz y Ferguson, 1999).

Finalmente, aunque la vocacion en la region es hacia la produccion de manzana temprana, es necesario determinar el comportamiento en poscosecha de los frutos producidos en la region, con el fin de contar con la alternativa de almacenamiento para poder disponer de ellos en epocas de menor oferta, permitiendo al productor obtener mejores precios por su producto, evitando asi los abusos del intermediario.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del raleo, del numero de frutos presentes en el racimo, la epoca de corte y el portainjerto sobre la calidad y el potencial de almacenamiento en frio de manzanas de diversas variedades.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y antecedentes del manzano

2.1.1. Origen

Los primeros vestigios del manzano datan del inicio de la edad de piedra, como lo pueden evidenciar descubrimientos hechos hace un siglo en Suiza y en Austria por el biólogo Alphonse de Candolle en 1883, en el que relata el descubrimiento de residuos de manzanas carbonizadas en los yacimientos prehistóricos de villas lacustres de más de 2000 años de antigüedad (Delahaye y Vin, 1997).

Se cree que el origen del manzano cultivado (*Malus domestica* Borkh) procede de la hibridación y selección de al menos cuatro diferentes especies silvestres del sureste de Europa y del suroeste de Asia: *Malus sylvestris*, *M. pumila*, *M. dasyphylla* y *M. sieversii* (De Ravel, 1970; Knee, 2002).

2.1.2. Antecedentes históricos

El manzano fue traído por primera vez a América a principios de 1600 por colonizadores europeos, poco después se esparció en África Septentrional y Australia, su difusión siguió el mismo camino que otras especies frutícolas, lo cual es muy comprensible si se relaciona con la extensión del colonialismo de aquellos tiempos (Bianchini y Corbetta, 1974). Un elemento importante en su expansión ha sido la amplia variabilidad genética, permitiendo así su adaptación a diferentes climas (Janick *et al.*, 1996).

Por siglos, la manzana ha sido el placer de muchos pueblos. En la mitología griega y romana, era un símbolo de la mortalidad y la fertilidad, reverenciada en algunos escritos, estimada al punto de considerarla un lujo refiriéndose a ella como un "fruto espléndido", descrita como la combinación de las mejores calidades de todo fruto: suave al tacto, dulce al gusto, y agradable a la vista y el olfato (Eileen, 1999).

Actualmente los cultivares mas populares a nivel mundial son 'Red Delicious', 'Golden Delicious' y 'McIntosh' (Ramírez y Cepeda, 1993). El trabajo de mejoramiento genético es intenso y nuevas variedades están apareciendo o están

en perspectiva; cabe señalar que en el manzano ocurren con frecuencia mutaciones naturales que han sido seleccionadas por más color o por hábito de crecimiento compacto, lo que ha sido importantísimo en el grupo 'Delicious' (Gil, 1999), del cual se han generado nuevos cultivares tales como 'Starking Delicious', 'Dorsett Golden', 'Gala', 'Jonagold' y 'Mutsu', entre otras.

2.2. Importancia de la manzana

La importancia del cultivo de la manzana a nivel mundial se debe al gran volumen de mano de obra que ocupa, generando de esta forma empleos y divisas (para muchos países) principalmente por la exportación e industrialización de su fruto.

2.2.1. Mundial

El crecimiento sostenido de la producción de manzana a nivel mundial continúa. Según la FAO (2005), en los últimos años la producción mundial de manzana ha aumentado notablemente, tanto en la superficie cultivada como en su producción debido a la demanda y el consumo que tiene en el mercado internacional.

China continúa siendo el principal colaborador a éste crecimiento de la producción mundial de manzana. Como se observa en la Tabla 2.1, la producción china de manzanas, aumentó entre el año 1997 y el 2001, desde 16.1 millones de toneladas a 22.9 millones de toneladas, un incremento de 6.8 millones de toneladas. Este crecimiento en la producción equivale a la producción completa para ese año de Norte América (Tabla 2.1), incluyendo Canadá, México y EE.UU. (el segundo productor mundial de manzana) (Emden, 2002).

Tabla 2.1. Producción mundial de manzana por regiones

REGIÓN	PROMEDIO (Período de años/ miles de ton)					
	1979-81	1989-91	1992-94	1995-97	1998-00	2001-02
Unión Europea	13,331	13,302	1,4067	13,505	13,936	14,958
América del Norte	4,491	5,472	6,030	5,787	5,953	5,374
América del Sur	1,436	2,471	2,673	3,036	3,155	3,444
África	532	915	1,340	1,516	1,531	1,564
Oceanía	528	688	786	864	884	795
CEI	6,285	5,520	4,984	5,008	3,363	4,329
China	2,746	4,469	8,928	16,102	20,246	22,907
Resto de Asia	5,122	7,483	9,65	9,044	9,142	8,993
Mundo	34,471	40,320	48,273	54,862	58,201	60,965
Mundo sin China	31,725	35,851	39,345	38,760	37,955	39,458

(FAS, 2003)

El manzano, por proceder de climas fríos, resiste bajas temperaturas, lo que ha permitido cultivarlo a gran escala en todos los países de climas relativamente frescos, y en particular en Europa, aunque ha habido importantes disminuciones en la producción en países que fueron parte de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), ahora miembros de la Comunidad de Estados Independientes (CEI) tanto en Europa como en Asia.

Tabla 2.2. Principales países productores de manzana en 2004

PAÍS	PRODUCCIÓN (Ton)
China	25,006,500
CEI	4,422,200
EE. UU.	4,254,290
Turquía	2,550,000
Italia	2,194,875
Alemania	1,600,000
Chile	1,350,000
Argentina	1,262,444
México	503,000

(FAOSTAT, 2006)

2.2.2. Nacional

Entre las especies frutales en México, el manzano ocupa el 8° lugar en superficie sembrada y el 12° lugar en producción obtenida; es uno de los frutales de clima templado de mayor importancia, lo cual se refleja en la expansión y actualización permanente de las técnicas de producción (Ramírez y Cepeda, 1993; SAGARPA, 2006).

Tabla 2.3. Producción de especies frutales en México

PRODUCTO	PRODUCCIÓN (Ton)
Naranja	3,121, 338
Mango	1,451,106
Plátano	1,302,146
Limón	1,127, 760
Aguacate	569, 878
Piña	457, 442
Papaya	386, 047
Uva	176,971
Durazno	146, 295
Toronja	140,841
Guayaba	139, 875
Manzana	125, 423

(SAGARPA, 2006)

La industria de la manzana en México prosperó y se expandió en los años 80s, sin embargo, en los últimos años la severa competencia de Estados Unidos, fenómenos climáticos, problemas de infraestructura y escasez de financiamiento, la han afectado fuertemente. Sus mejores oportunidades de mercado son la ventana comercial que se produce entre la caída de las importaciones de Chile y el comienzo de las importaciones desde Estados Unidos a finales de septiembre y principios de octubre (Emden, 2002).

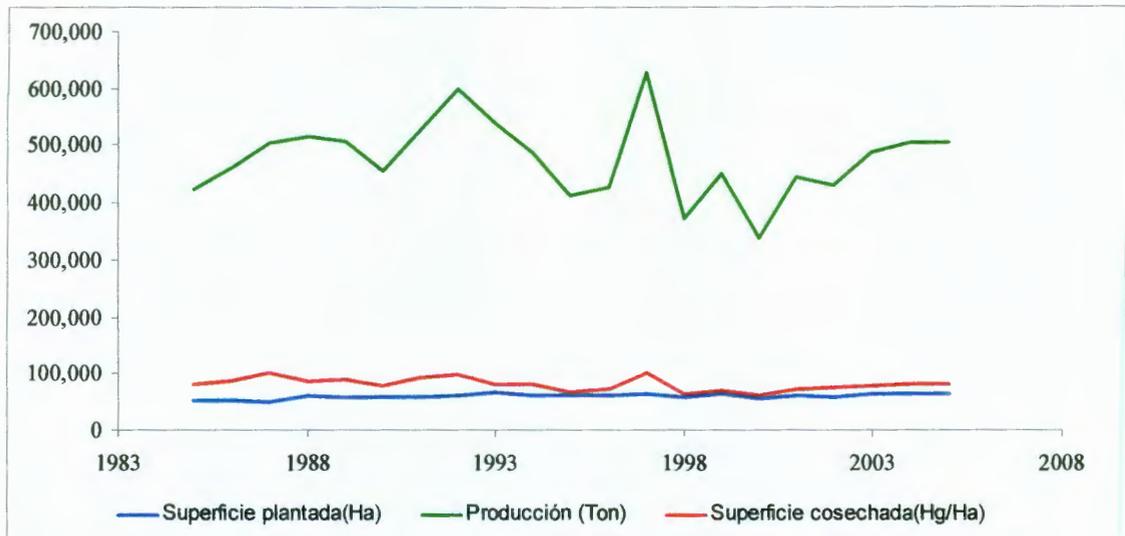


Figura 2.1. Información del cultivo de manzana entre el período 1985-2005 (FAO, 2005)

El manzano se cultiva en 23 estados de la República mexicana, las producciones más altas se obtienen de los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas y Nuevo León, los cuales aportan más de 80% de la producción total nacional. El resto de la producción proviene de San Luis Potosí, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Chiapas y Veracruz (SAGARPA, 2004).

Entre los cultivares de mayor importancia en México destacan: 'Red Delicious', 'Golden Delicious', 'Gala' y 'Fuji' (Ponce *et al.*, 1999).

2.2.3. Regional

El estado de Querétaro se encuentra situado en la región central del país. El manzano se considera uno de los principales cultivos perennes. De acuerdo con la SAGARPA (2004), existen poco más de 700 ha establecidas, siendo los principales municipios productores; San Joaquín, Cadereyta, Pinal de Amoles y Amealco. Las huertas se encuentran generalmente en laderas con pendientes importantes, en alturas superiores a 2400 msnm, temperaturas medias anuales de alrededor de 15 °C, se presenta un clima semiseco con lluvias en verano y la humedad aumenta hacia las partes altas y pasa de templado subhúmedo a húmedo y precipitaciones que varían de 800 a 1200 mm. anuales (Martínez *et al.*, 2003).

El cultivo del manzano se desarrolla principalmente bajo condiciones de temporal, debido a que en algunas zonas se cuenta con un clima apropiado para su cultivo y a las carencias por parte de los productores para implementar sistemas de riego en la zona. Este último punto trae como consecuencia que el rendimiento y la calidad del fruto estén determinados principalmente por la presencia en cantidad y oportunidad de las lluvias.

Entre los principales problemas que limitan la producción de manzana en la región, se puede citar la mala planeación respecto al establecimiento de los huertos, así como la deficiente o nula aplicación de las prácticas culturales (poda, control fitosanitario, uso de fertilizantes, raleo, entre otras) provocando la obtención de fruta pequeña, enferma y heterogénea en cuanto a color. Además, las condiciones económicas y de organización con las que cuentan los productores contribuyen a elevar los costos de producción y a disminuir la calidad del fruto, pues aún se requiere de varios intermediarios para que el producto llegue a manos del consumidor y no se cuenta con una adecuada utilización de la cadena de frío. Otro factor involucrado en esta problemática, con frecuencia son los fenómenos climáticos tales como el granizo que se presenta al inicio de la temporada de lluvias o las heladas tardías que se presentan durante los meses de marzo y abril (Zavala, 2005), que provocan daños irreversibles al fruto y pueden llegar a ocasionar la pérdida total de la producción anual (Agrios, 1999).

A pesar de los múltiples factores limitantes antes mencionados, el cultivo en la región tiene una ventaja importante, si se considera que por cuestiones climáticas, una parte de la fruta se cosecha relativamente temprano en comparación con otras regiones productoras en México, lo que permite introducirla en el mercado a un buen precio. En ese sentido, destaca la variedad 'Rayada', introducida a la región en los años 60s por los productores de 'La Esperanza', Cadereyta (Martínez *et al.*, 2003). Su nombre fue asignado por los propios productores de la región, y muy probablemente se trata de un cultivar caído en desuso en EE.UU., sin embargo, éste no ha sido plenamente identificado.

2.3. Botánica del manzano

2.3.1. Taxonomía

El manzano (*Malus domestica* Borkh), como actualmente se le conoce, es un complejo híbrido formado por diversas especies del genero *Malus*, que pertenece a la familia *Rosaceae*, la cual contiene alrededor de 3,000 especies agrupadas en unos 100 géneros y a la subfamilia *Pomoidea*, con 17 cromosomas básicos donde se incluye a la pera, la ciruela, el durazno y la zarzamora (Tabla 2.4).

Malus pumila (antiguamente *M. Communis* o *Pyrus malus*) es considerada como pariente de la mayoría de las manzanas cultivadas. Algunas de las especies principales de *Malus* incluyen *M. domestica* (manzana cultivada), *M. sylvestris* (manzana silvestre), *M. baccata* (manzana silvestre siberiana), y *M. coronasea* (manzana silvestre americana). *M. sylvestris* y *M. pumila* son consideradas como las especies ancestrales mas importantes de las manzanas modernas, pero *M. spectabilis*, *M. pratti*, *M. prunifolia* y *M. astracanic* representan una contribución adicional (Salunkhe y Kadam, 1995).

Tabla 2.4. Clasificación botánica del manzano

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsidae</i>
Clase	<i>Angiosperamae</i>
Subclase	<i>Dicoteledoneae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Pomoidea o Maloidea</i>
Género	<i>Malus</i> (antiguamente <i>Pyrus</i> L.)
Especies	<i>M. domestica</i> Borkh, <i>M. communis</i>, <i>M. pumila</i>, <i>M. floribunda</i>, <i>M. sylvestris</i>, <i>M. pratti</i>, <i>M. prunifolia</i>

(Ramírez y Cepeda, 1993)

2.3.2. Morfología

El manzano es un árbol formado principalmente por la copa (ramas y hojas) y el sistema radical; cuando se trata de plantas cultivadas, estas dos partes

normalmente no pertenecen al mismo genotipo, puesto que es el portainjerto el que forma las raíces.

La copa consta de los brotes, las ramas de los distintos años, las hojas, las yemas vegetativas, las yemas florales, las flores y los frutos. El árbol alcanza como máximo 10 m. de altura (Tamaro, 1968). Su longevidad es un aspecto remarcable, en condiciones favorables, puede llegar a sobrepasar los 60 años. A un primer año de improductividad le sucede otro de productividad estacional seguido de una fase de disminución, este fenómeno es denominado alternancia o vecería (Lalatta, 1999).

La raíz es el órgano de la planta frutal que le sirve de anclaje, que absorbe el agua y los minerales del suelo, que elabora hormonas traslocables a los brotes y que almacena alimentos. Consta de raíces, de uno o más años de edad, y raicillas, del año; la parte inicial de la raíz cerca de la superficie del suelo es la corona (Gil, 1999). Alcanza una longitud vertical de 1.5 a 2.0 m. y una longitud horizontal de 3 a 6 m., mientras que las raíces menores de 2 mm. se localizan entre 10 y 30 cm. de profundidad. Cuando su origen es clonal, como es el caso de los portainjertos "East Mailing" o "Mailing Merton", éste consiste de raíces superficiales y rastreras. En cambio, si procede de semilla, va a formar una raíz pivotante que tiende a profundizar más en el suelo (Martínez, 1993).

Las hojas son ovales, caducas, alternas, acuminadas (es decir terminan en una punta corta, aserrada y con dientes obtusos), de color verde oscuro por el haz y blanquecino por el envés, de doble longitud que el pecíolo, de cuatro a ocho nervios alternados y bien desarrollados (Ramírez y Cepeda, 1993).

Las flores son grandes, casi sentadas o cortamente pedunculadas, brotan días antes que las hojas, son pentámeras, hermafroditas y se encuentran agrupadas en inflorescencias indeterminadas de tipo corimbo, debido a que la secuencia de la floración es de las flores externas o inferiores a las internas o superiores (Cronquist, 1991; González *et al.*, 1999). Con relación al amarre de frutos, puede ser que amarren todas, unas cuantas o ninguna. Sus pétalos son de color blanco rosáceo intenso, presentan numerosos estambres en la parte alta del

pistilo, el ovario presenta cinco alvéolos formados por la testa y el tegumento (Lalatta, 1999).

Botánicamente el fruto se considera un “pomo”, el cual consiste de un fruto carnoso formado por cinco carpelos y un ovario ínfero, la parte comestible corresponde al receptáculo floral, con pedúnculo corto y posee numerosas semillas de color pardo brillante (Cronquist, 1991). El fruto es de sabor dulce, varía en color, en ocasiones la epidermis es verde amarillento a veces rosácea, y otras rojo intenso, también varía en cuanto a tamaño y forma (globular, oblonga o cónica). En su interior puede contener hasta 10 semillas protegidas por cámaras cartilaginosas provenientes de los carpelos del pistilo floral (Ramírez y Cepeda, 1993).

2.3.3. Fisiología

El manzano es una especie perenne y caducifolia, propio de regiones frías y templadas, durante el invierno permanece en reposo profundo, después del cual lleva su ciclo anual de desarrollo, que se compone de un ciclo vegetativo y de uno reproductivo (Lalatta, 1999).

2.3.3.1. Desarrollo vegetativo

El crecimiento vegetativo puede ser longitudinal y radial en brotes y raíces, y solo radial en ramas y esqueleto de raíz, de este modo, la planta incrementa cada año la longitud (tamaño de la planta) y el grosor (fortaleza estructural) de sus ramas.

Letargo o latencia endógena. Se define como el estado de un organismo vivo con aparente signo de inactividad, cuyo crecimiento visible ha sido suspendido de manera temporal por cualquier causa (Gil, 1999). Las yemas en este estado serán incapaces de brotar aunque las condiciones ambientales (temperatura, luz, humedad, etc.) sean las más adecuadas. Para que estas broten deben primero «romper» su letargo y así poder continuar con los procesos fisiológicos propios de su ciclo anual. Esto implica cambios internos en el seno de la propia yema, los cuales son activados por el frío. Para el manzano el requisito de frío oscila entre 300-1700 horas de frío (Escobedo, 2003). Cabe señalar que si el enfriamiento es

menor que el requisito, diversas anomalías pueden ocurrir. Por ejemplo puede darse un retraso y heterogeneidad de la brotación y la floración o el crecimiento del brote puede ser débil, lo que si sucede varios años, da como resultado escasez de ramas, de vigor, y una senectud anticipada de la planta (Lalatta, 1999).

Brotación. En marzo se manifiesta la renovación de la actividad vegetativa y la floración junto con la aparición de las primeras hojas (principios de abril) seguida del amarre del fruto (finales de abril). Los promotores del crecimiento, como las giberelinas y las citoquininas, se presentan en mayor concentración que los inhibidores (Escobedo, 2003). La asimilación clorofílica empieza a proveer de fotosintatos a los frutos que hasta entonces se desarrollaban a partir de las reservas almacenadas en las raíces durante el otoño (Figura 2.2). En el verano tiene lugar la máxima actividad fotosintética, generalmente en esta estación se presenta la maduración del fruto y su cosecha, que esta en función la variedad que se trate (julio, agosto y en algunas regiones hasta finales de septiembre) (Ramírez y Cepeda, 1993). Posteriormente ocurre la caída del follaje. Las yemas, al final del otoño, han alcanzado ya, por lo general, su estado de letargo o reposo (Escobedo, 2003).

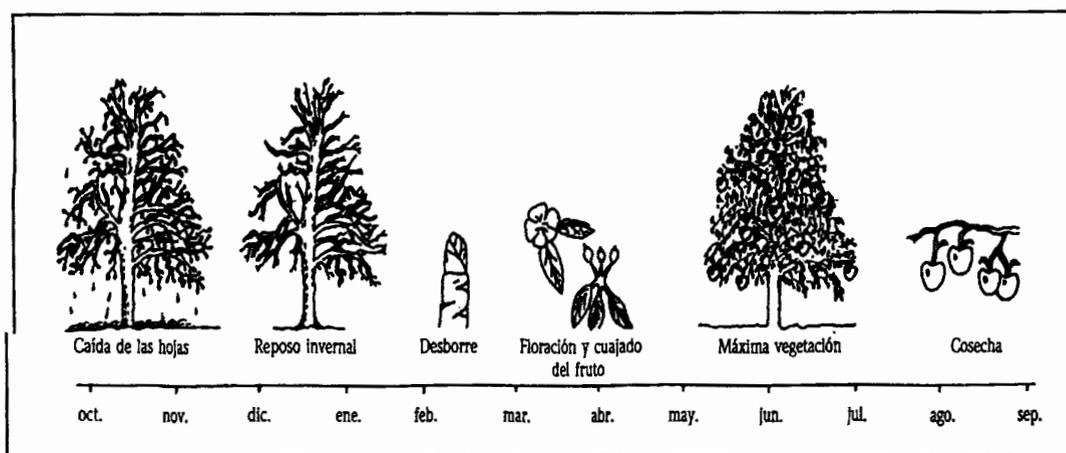


Figura 2.2. Desarrollo fenológico del manzano (Ramírez y Cepeda, 1993)

2.3.3.2. Desarrollo reproductivo

Floración o antesis. Se lleva a cabo en dos tiempos; la polinización, es decir, el transporte del polen por las abejas, u otros agentes, hasta el estigma del ovario y la fecundación que consiste en la fusión entre la célula seminal macho y el óvulo femenino, de esta fusión nace la semilla (Cronquist, 1991). Cuando una flor es fecundada por su propio polen, se denomina autofecundación, pero si no es así se conoce como fecundación cruzada.

El mecanismo de la fecundación comienza cuando el grano del polen entra en contacto con el estigma, posteriormente el núcleo vegetativo del grano germina y forma el tubo polínico a través del estilo, penetrando los óvulos situados en el ovario a través del micrópilo (Calderón, 1987; Díaz, 2002). Durante este proceso se producen hormonas (auxinas y giberelinas) que ejercen un efecto directo en el crecimiento de los tejidos del ovario así como un efecto de "atracción" de metabolitos y nutrientes para mantener el crecimiento citado (Díaz, 2002).

Del ovario y de los tejidos que rodean la semilla y que aumentan de tamaño rápidamente nace el fruto, técnicamente este proceso recibe el nombre de amarre de frutos (Figura 2.3) (Lalatta, 1999).

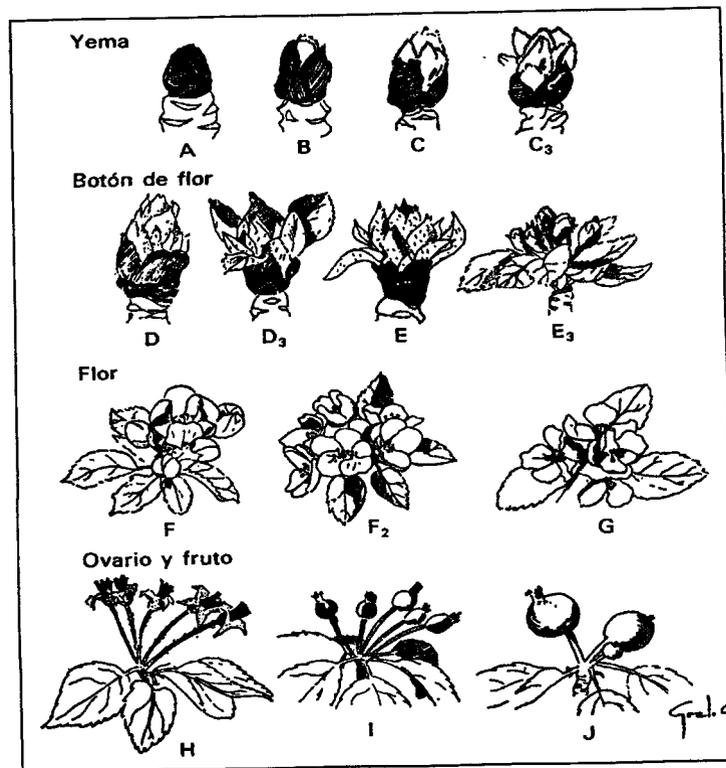


Figura 2.3. Estadíos del manzano, ciclo reproductivo (Álvarez, 1996)

Los árboles forman muchas más flores de las que pueden amarrar y llegar a fruto maduro; en las distintas especies frutales, la cantidad de amarre es variable, en el caso del manzano puede amarrar a fruto 2 a 8 % del total de sus flores, de 15 a 20 % para el durazno, y de 3 a 11 % en la pera (Díaz, 2002). Inmediatamente después de la floración caen los pétalos, si la flor ha sido polinizada, hay un agrandamiento del pistilo y un cierre del cáliz, contrario a ésto las no polinizadas caen (Schneider y Scarborough, 1975).

Desarrollo y maduración del fruto. Como resultado de la reproducción sexual en la flor, casi todos los óvulos forman embriones y se convierten en semillas. El estímulo de la polinización seguido de la fecundación provoca que se inicien una serie de cambios en el saco embrionario y otros tejidos del óvulo que permiten las condiciones necesarias para el desarrollo del embrión dentro de la semillas. Cuando las semillas maduran, el estilo y el estigma se degeneran, en

tanto que la pared del ovario crece como una estructura de protección que encierra las semillas, "el pericarpio" (Díaz, 2002). Este ofrece un complejo formado por el epicarpio, el mesocarpio, y el endocarpio, originados a partir de la epidermis inferior, mesófilo y epidermis superior, respectivamente. El epicarpio actúa como protector del fruto; el endocarpio encierra la semilla y el espacio entre éste y el epicarpio está ocupado por el mesocarpio. En los frutos carnosos el mesocarpio forma un tejido más o menos grueso, que recibe el nombre de sarcocarpio (Calderón, 1987).

El crecimiento de los frutos se divide en tres etapas. En la primera (división celular), el ovario y su contenido crecen rápidamente, con excepción del embrión y el endospermo. La segunda etapa (alargamiento) se caracteriza por el crecimiento rápido del embrión y el endospermo, la lignificación del endocarpio y el crecimiento leve de las paredes del ovario. Y en la última (expansión de los espacios intercelulares), se produce un rápido crecimiento del mesocarpio, provocando el hinchamiento final del fruto, que va seguido de la maduración (Rojas y Ramírez, 1993; Escobedo, 2003).

La maduración representa una serie de cambios físicos y químicos que tienen lugar en el fruto y que lo llevan a que adquiera características deseables para ser consumido. Durante esta etapa, los almidones se transforman en azúcares simples, se sintetizan ésteres y aldehídos que proporcionan los aromas, así como colorantes y pigmentos sobre una base de color primaria verde o amarilla que presenta el fruto y que es determinada por la clorofila o por la xantofila (Calderón, 1987).

Cabe mencionar que existen dos tipos de maduración; la fisiológica y la comercial. La madurez fisiológica se refiere al estado de desarrollo cuando ha ocurrido su máximo crecimiento, este estado sigue a la senescencia. La madurez comercial es el estado que el fruto requiere para ser comercializado (Wills *et al.*, 1989; Escobedo, 2003).

El aborto de flores, frutos y semillas es una estrategia común en numerosas especies vegetales (Bawa y Webb, 1984), en donde la fecundación de los óvulos no garantiza el desarrollo del embrión (Nakamura, 1989). El aborto de las semillas

no se presenta de manera aleatoria, generalmente está asociado a la posición que éstas ocupan dentro del fruto (Bawa y Webb, 1984; Rocha y Stephenson 1991) y a la competencia entre embriones.

Durante el desarrollo del fruto se presentan tres caídas del fruto de manera natural. Las flores que no se fecundaron, o que recibieron una fecundación inadecuada, se desprenden del árbol en la primera caída, aproximadamente tres semanas después de la plena floración. Entre la semana seis y siete, se presenta la caída de junio, debida principalmente a la competencia nutricional entre los frutos de diferente tamaño y entre los frutos con distintos órganos vegetativos (Abruzzese *et al.*, 1995). Cercana a la fecha de cosecha, se presenta la tercera caída, provocada por el adelanto de la formación de la zona de abscisión en el pedúnculo, que normalmente se presenta coincidiendo con la madurez (Calderón, 1987).

Fisiología de poscosecha. La mayoría de los cambios fisicoquímicos que ocurren en las frutas cosechadas están relacionados con el metabolismo oxidante, incluso la respiración. Debido al vasto alcance de ésta, la oxidación bioquímica está involucrada con los estudios de cambios de calidad, trastornos fisiológicos, duración en almacenamiento, maduración y en los tratamientos de poscosecha (Pantástico, 1984; Weichmann, 1987). En la respiración pueden definirse tres etapas: la descomposición de polisacáridos simples, la oxidación de azúcares en ácido pirúvico y la transformación aeróbica de piruvato y de otros ácidos orgánicos en anhídrido carbónico (CO₂), agua y energía (Matthews y Van Holde, 2000).

La manzana es un fruto climatérico. El climaterio de los frutos corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia. La tasa de respiración de los frutos durante el proceso de maduración determinará si se trata de frutos climatéricos o no climatéricos. Un fruto climatérico (plátano, manzana, pera, mango, papaya, etc.) permitirá ser cosechado y manipulado en estado pre-climatérico, para luego ser madurado durante su comercialización y transporte, preservando sus características de calidad para el consumidor final. En el estado pre-climatérico, la

tasa respiratoria se encuentra a un mínimo, elevándose luego hasta dos o cuatro veces el mínimo pre-climatérico durante la fase final de maduración (Figura 2.4). La determinación del momento oportuno de cosecha de un fruto climatérico es de importancia crucial para asegurar la aparición de las características de calidad en el fruto maduro al final del canal de comercialización (Manrique, 2002).

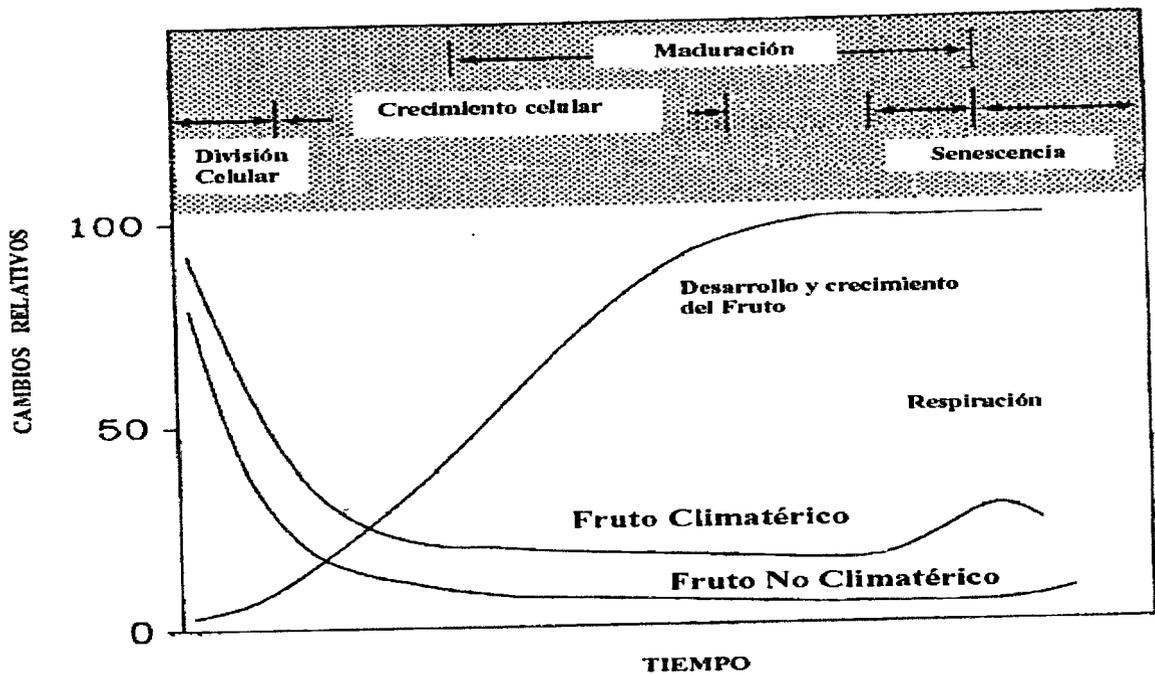


Figura 2.4. Patrones en la tasa respiratoria de frutos climatéricos y no climatéricos

En las plantas existen hormonas que promueven el crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas) y otras que lo inhiben (ácido abscísico y etileno). Éste último regula el metabolismo, si los niveles de etileno se incrementan, la actividad respiratoria y enzimática también y la compartimentalización celular disminuye, alterando el transporte de la auxina y el metabolismo (Ann, 1997).

2.4. Requerimientos ecológicos y culturales

2.4.1. Clima, suelo y disponibilidad de agua

El manzano es un frutal de regiones templadas. La temperatura mínima necesaria para la polinización es de 15 a 20 °C, temperaturas sobre 27 °C y aquellas inferiores a 4.4 °C inhiben el crecimiento del tubo polínico (SEDEA, 2000). Para la brotación y floración es de 8 °C, y para la maduración del fruto es de 18 a 25 °C. La presencia por debajo de 0 °C durante el período de crecimiento del fruto puede provocar decrementos en tamaño y peso del fruto obtenido en la cosecha (Ramírez *et al.*, 2002). Hay variación en las demandas de unidades de frío entre los distintos cultivares de las especies caducas. En este sentido, pueden considerarse las siguientes categorías (Escobedo, 2003):

- Muy exigentes. Sus necesidades de horas frío se ubican entre 800 a 1,000 o más.
- Medianamente exigentes. Requieren entre 400 y 600 unidades de frío.
- Poco exigentes. Sus requerimientos son menores de 400 unidades de frío.

Por otro lado es importante considerar que abundante sol promueve el buen desarrollo de las manzanas, ya que éste factor es el responsable de una buena coloración. Bajas intensidades luminosas producen abscisión de frutos y éstos pueden resultar dañados presentando manchas oscuras a temperaturas superiores de 38 °C, especialmente cuando se combinan con condiciones de estrés hídrico (Ramírez y Cepeda, 1993; SEDEA, 2000).

El manzano puede adaptarse a distintos tipos de suelo, siendo mucho menos exigente que el peral. Los terrenos ideales son los de textura franca, y con profundidad de 1.8 m. o más (Lalatta, 1999). Se debe vigilar la relación de alimentación entre el suelo y la planta, realizando prácticas encaminadas a enriquecer el suelo en humus, pues éste va a tener una influencia fundamental en el crecimiento y fructificación del manzano (D'Esclapon, 1976). Un buen aporte de materia orgánica durante la humidificación es siempre útil, ya que aumenta la capacidad de retención de agua, constituye un arma excelente contra la sequía, es

la fuente de nitrógeno más importante, constituye el substrato de la actividad microbiológica y favorece la presencia del desarrollo de lombrices (Lalatta, 1999). La disponibilidad de los nutrimentos en el suelo es el resultado de varios factores que interactúan entre ellos. Los elementos mayores son el nitrógeno, fósforo y potasio, los elementos secundarios son el calcio, azufre y magnesio; otros elementos que las plantas precisan en proporciones muy escasas, son los microelementos, tales como el boro, zinc, hierro, cobre y manganeso (Álvarez, 1996). Los abonos pueden ser orgánicos (estiércol) o minerales, en algunos casos es más conveniente aplicar el elemento directamente al árbol, donde es absorbido y utilizado directamente (Swietlik y Faust, 1984).

El rango de pH oscila entre 4.5 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.2. La aireación del suelo es imprescindible para que las raíces puedan absorber el agua y los alimentos del terreno, cuando es insuficiente es debido al exceso de humedad en el suelo porque el agua queda retenida varios días en los terrenos encharcados.

El agua es uno de los recursos cada vez más caros y escasos. Parra *et al.* (2002) mencionan que se deben buscar y aplicar estrategias para hacer un uso eficiente. Algunas de éstas son el empleo de sistemas de riego presurizado como microaspersión, goteo y subirrigación, también se pueden usar acolchados con plástico y orgánicos para disminuir las pérdidas de agua por evaporación.

En los terrenos en los que el riego no es posible, se estima que las precipitaciones anuales deben ser de por lo menos 700 mm. anuales, y aún superiores en las regiones cálidas. Algunos autores señalan como precipitaciones más convenientes las comprendidas entre 500 y 800 mm., y como excesivas, las que pasan de 1000 mm. (Álvarez, 1996).

2.4.2. Establecimiento y manejo

2.4.2.1. Multiplicación

La variedad que se selecciona debe ser productiva, resistente a las distintas manipulaciones y a los transportes y tener aceptación ya sea en el mercado nacional o internacional. La mayoría de las variedades que se conocen actualmente

proviene de selecciones y de cruces artificiales, efectuadas en el extranjero por particulares o por institutos experimentales (Lalatta, 1999).

El manzano se reproduce por semilla, por acodo, por injerto y ocasionalmente por estacado. El portainjerto es la parte del árbol que proporciona el sistema radical con el cual la planta se ancla al suelo y se abastece de agua, asegura la nutrición hídrica y mineral del injerto, de donde se desprende su efecto en el vigor, mientras que la variedad o cultivar es la parte del árbol que proporciona el sistema aéreo en el cual se produce la fruta en cantidad y calidad adecuada.

El portainjerto influye claramente en la longevidad del árbol, así como en la productividad del injerto, haciendo variar la precocidad en la fructificación. Otras características deseables que confiere el portainjerto son la resistencia a enfermedades, el mejoramiento de la calidad del fruto y en algunos casos la cosecha temprana (Jensen *et al.*, 2003). En la selección de un portainjerto se debe tomar en cuenta la compatibilidad con la variedad cultivada, debe responder a algunos criterios esenciales, como un desarrollo bastante reducido y una rápida fructificación del árbol injertado.

Existen dos tipos de portainjertos: los francos, aquellos obtenidos a partir de semillas, generalmente de manzanas corrientes y los clonales, que presentan características de resistencia al pulgón lanífero o a los suelos calcáreos (Martínez y Pérez, 1997). También se clasifican de acuerdo al vigor que inducen sobre la variedad (Álvarez, 1996).

2.4.2.2. Establecimiento

Para establecer el huerto, se recomienda seleccionar terrenos más o menos profundos, de baja pendiente o planos, y de buena fertilidad. Se acomoda naturalmente a una forma con eje central y figura externa trapezoidal. Para preparar el terreno, es recomendable realizar un barbecho, un rastreo y una nivelación, para uniformizar el suelo. Para terrenos con problemas de drenaje se recomienda el subsuelo. En caso de utilizarse suelos con pendiente se sugiere establecer el huerto en curvas a nivel y de ser posible en terrazas (Escamilla y Azúa, 2000).

2.4.2.3. Poda

Es una práctica permanente en la fruticultura, consiste en la eliminación ordenada de una proporción de la copa de las plantas, usualmente ramillas con yemas o brotes con hojas, y ocasionalmente raíces.

Existen tres tipos de poda (Gil, 1999):

- **De formación o conducción de plantas nuevas**, tiene como objetivo darles fortaleza, distribución y una forma que optimice el manejo y la producción.
- **De producción**, está debe conferir facilidad de manejo (control de las dimensiones de la planta), adecuada iluminación en el interior de la copa y control de la carga frutal, sanidad y también persigue reparar daños y deformaciones.
- **De rejuvenecimiento**, no es más que una poda de producción de una planta debilitada o envejecida, el objetivo es conferir vigor (eliminación de ramas para favorecer la generación de ramas nuevas).

2.4.2.4. Control fitosanitario

Proteger una plantación de manzanos es muy complejo y delicado por el gran número de plagas y de alteraciones que pueden afectar al árbol (Tabla 2.5) (Lalatta, 1999). El control de malezas se puede realizar de manera manual, mecánica (se utiliza una rastra) o química aplicando herbicidas (Escamilla y Azúa, 2000).

Tabla 2.5. Parásitos Vegetales

ENFERMEDAD	Agente causal
Roña o moteado	<i>Venturia inaequalis</i>
Oídium o cenicilla	<i>Podosphaera leucotricha</i>
Chanco	<i>Nectria galligena</i>
Pudrición de la raíz o de la corona	<i>Phytophthora cactorum</i>
Pudrición parda de los frutos	<i>Monilia fructigena</i>

(Lalatta, 1999)

Las alteraciones que puede sufrir el fruto como pueden ser ocasionadas por plagas y por enfermedades, tal es el caso del corazón mohoso causado por varios hongos (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* y *Penicillium*) o de la pudrición azul y gris (*Penicillium expansum* Link y *Botrytis cinerea*) (Snowdon, 1990). La sanitización es crítica para el control de estas enfermedades, incluso la práctica que se hace del baño de manzanas puede esparcir las esporas de *Penicillium* y *Botrytis* a las heridas producidas en la cosecha, de ahí que es importante el uso de fungicidas para reducir la pudrición (Mitcham *et al.*, 2004).

Otra enfermedad causada por hongos es la roña o moteado de la manzana (*Venturia inaequalis*) que afecta hojas, flores y frutos, pudiendo en casos extremos dañar a brotes y yemas (Agrios, 1999). Por su parte el oídio o cenicilla (*Podosphaera leucotricha*) ataca hojas, yemas, brotes y flores, sobre todo si se trata de árboles jóvenes; los órganos afectados se muestran cubiertos de un polvillo blanco harinoso muy visible presentándose a veces ciertas deformaciones o abarquillamientos. También en esta clasificación está la pudrición de la raíz y la corona (*Phytophthora* sp.), enfermedad que puede producir la muerte del árbol por destrucción de los conductos de la savia a nivel del cuello (Uribarren, 2000).

Respecto a enfermedades de origen bacteriano, la que causa más daño en determinadas variedades sensibles es el tizón de fuego (*Erwinia amylovora*); en EE.UU. es una enfermedad de cuarentena, ocasiona necrosis en las partes afectadas ya sea en flores, frutos, tallos u hojas (Goto, 1992)

Cabe mencionar al pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*), insecto que causa daños importantes, llegando a debilitar y deformar, notablemente, las partes leñosas del árbol. El insecto es fácil de reconocer por la pelusa algodonosa que le cubre, vive sobre ramas, cuellos o raíces provocando con sus picaduras la formación de tumores voluminosos, que dificultan la circulación de la savia (Uribarren, 2000).

2.4.3. Cosecha y manejo en poscosecha

2.4.3.1. Índices de maduración

La decisión de cuando cosechar el fruto depende de su uso final. La fecha de cosecha es determinante para la calidad final del fruto, por ello es interesante definir el sentido y la evolución de este proceso desde un punto de vista fisiológico (Herrera, 1996).

Las principales modificaciones que caracterizan el fenómeno y que son, evidentemente, más rápidas en las variedades precoces que en las variedades tardías, son las siguientes (Lalatta, 1999):

- Disminución de la firmeza de la carne a causa de la progresiva hidrólisis de las pectinas.
- Hidrólisis del almidón y su transformación en azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa).
- Disminución y desaparición de la clorofila, el verde de la corteza se vuelve amarillo y rojo por los pigmentos antocianos y carotenos.
- Disminución de la acidez y de la astringencia.
- Desarrollo de sustancias volátiles que determinan el perfume y el aroma.
- Respiración activa del fruto, con emisión de anhídrido carbónico y de etileno.

Los productores se guían en los índices de madurez del fruto, siendo los más importantes los siguientes (Herrera, 1996; Escamilla y Azúa, 2000):

1) Contenido de almidón, éste disminuye gradualmente conforme la manzana madura. Para determinarlo se hace un corte transversal del fruto y se sumerge en una solución de yoduro de potasio (75 mL.) por un minuto, posteriormente se retira de la solución y se deja secar por unos minutos para ser comparada con las cartas según la variedad de que se trate (Anexo 1)

2) Sólidos solubles, en las manzanas maduras incrementa el contenido de azúcar en el jugo y es medido con un refractómetro de mano. El porcentaje óptimo de los sólidos solubles en una manzana comercial depende de la variedad, en general, la cosecha se da en un rango de 10 a 12 %.

3) Desarrollo del color. Algunas prácticas culturales pueden acelerar o retrasar el color del fruto, el exceso de nitrógeno o la deficiencia de hierro pueden causar un color pobre en el fruto y para mejorarlo se sugiere aplicar potasio. Se utilizan cartas de color de cada variedad, para compararlas y así determinar la madurez del fruto.

4) Días desde la plena floración. El promedio del número de días desde la plena floración hasta la maduración difiere dependiendo de la variedad, por ejemplo: 'Jonathan': 135-145; 'Red Delicious': 145-155; 'Golden Delicious': 150-160; 'Winesap': 160-175 y 'Rome Beauty': 165-175.

5) Fácil desprendimiento de la fruta. Cuando se acerca la madurez el pedúnculo va perdiendo resistencia, muestra de ello, es que al tomar el fruto suavemente hacia arriba éste se separa del dardo.

6) Firmeza. La evidencia de madurez es que en el fruto se aprecia un ablandamiento, el cual es atribuido al aumento de la solubilidad de sustancias pécticas. Para determinar la firmeza, se corta una delgada capa de la piel y usando un penetrómetro se mide la presión necesaria para penetrar el fruto; se repite este proceso hasta obtener un promedio y las manzanas con una firmeza más grande de 80 N son consideradas inmaduras.

7) Color de las semillas. Cuando han tomado un color café oscuro, es el momento aproximado de cosechar.

2.4.3.2. Cosecha

Una vez que el fruto alcance su madurez fisiológica, está listo para ser cosechado. La recolección mecánica comienza a imponerse en los países donde el costo de la mano de obra es elevado y escasean los trabajadores eventuales (Álvarez, 1996); sin embargo, en su mayoría se realiza a mano, debido a que la principal limitante en la cosecha mecánica son las rozaduras, y lo que se busca es evitar cualquier lesión o magulladura, que pueda comprometer el aspecto y la conservación del fruto. Cabe señalar que el grado de raspado está relacionado con la altura del árbol, presentándose más raspaduras en la fruta que proviene de la parte superior de los árboles, por lo que se recomiendan árboles más pequeños para cosechar mecánicamente (Moore y Janick, 1988).

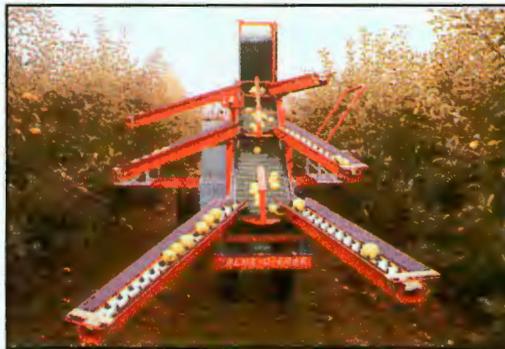


Figura 2.5. Cosecha mecánica

Para iniciar la recolección, previamente deben llevarse los instrumentos al campo como son las escaleras, los recogedores de lona y los recipientes de madera (cajas o cestos de bambú), para recolectar el fruto y transportarlo hasta los almacenes. Desde hace algunos años se vienen utilizando en las principales zonas manzaneras grandes envases o cajones de madera, de dimensiones aproximadas de 115 x 115 x 80 cm., con capacidad para 0.5 ton. de manzana, los cuales llevan un doble fondo para permitir la entrada de las uñas acopladas al elevador hidráulico del tractor, motogrúa o de la carretilla elevadora (Álvarez, 1996).



Figura 2.6. Cosecha manual de la variedad 'Gala'

2.4.3.3. Selección

Las manzanas son separadas por su tamaño y calidad. Usualmente se clasifican en tres grupos A, B y C, en función de su color, tamaño regular, que esté libre de daños, de manchas o de enfermedades. Los grados A y B son enviados para comercializar y los de grado C (Salunkhe y Kadam, 1995), son frutos que generalmente se usan en la industria transformadora para la elaboración de sidra o zumo, se recogen en la parte posterior de la cinta transportadora.

Una vez seleccionada la fruta puede pasar a las cámaras de conservación, o dirigida por las cintas transportadoras hacia las máquinas de limpieza y tratamiento, el cual consiste en pasar a través de los rodillos para su lavado, cepillado, enjuagado, presecado, encerado y por último el secado. En la fase del encerado,

se aplican fungicidas para proteger el fruto contra las enfermedades criptogámicas durante la conservación y evitar el escaldado (Álvarez, 1996).

2.4.3.4. Calibrado y empaque

El rol primario que tiene el empaque, es proporcionar seguridad en la entrega del producto desde el centro de producción hasta al último consumidor, para ello se utilizan cajas de madera o de cartón de fibra corrugada. Éste último, causa un mínimo de daño por magulladuras, (3.2 a 3.4 %) en comparación con las cajas de madera (25.2 a 29.7 %), además reduce la pérdida de peso en el fruto (Salunkhe y Kadam, 1995).

Se recomienda realizar la calibración (separación por tamaños) del fruto antes de su conservación frigorífica (Álvarez, 1996).

2.4.3.5. Almacenamiento

El fundamento de la conservación poscosecha de las frutas es la reducción de su ritmo respiratorio mediante la modificación del medio ambiente que las rodea. De todos los factores ambientales que afectan el ritmo respiratorio, los más importantes son: temperatura, composición atmosférica (oxígeno, CO₂, etileno) y daño físico (Escobedo, 2003). La vida de anaquel de las manzanas depende del cultivar, de las prácticas culturales realizadas en el huerto, de las condiciones climáticas, del grado de madurez y del manejo en poscosecha y transporte (Salunkhe y Kadam, 1995). Dentro de los principales sistemas de conservación se tienen los siguientes:

A) Temperaturas bajas. Éstas disminuyen la actividad enzimática y de microorganismos responsables del deterioro. Reduciendo el ritmo respiratorio, conservando las reservas que son consumidas en este proceso, disminuyendo la deshidratación, retardando la maduración y minimizando el déficit de las presiones de vapor entre el producto y el medio ambiente (Escobedo, 2003). Para el caso de la manzana la temperatura recomendada de almacenamiento es de -1 a -4 °C, una

humedad relativa de 85 a 95% y así puede conservarse hasta 180 días (Álvarez, 1996).

B) Cámaras de atmósfera controlada y modificadas. En este sistema, además del descenso de la temperatura, se modifican también, hasta ciertos límites, otros factores como el contenido de oxígeno, que se baja, y el contenido de CO₂, que se aumenta. En estas condiciones, las temperaturas puede ser un poco más elevadas que las utilizadas en las cámaras frías simples, lo cual reducen los riesgos de los daños por exceso de frío (Escobedo, 2003).

C) Cámaras de maduración acelerada. Consiste en cosechar anticipadamente y almacenar la fruta en cámaras con atmósferas especialmente modificadas para que la fruta pueda salir al mercado unos días antes de que madure. Provistas de elementos de calefacción rápida que elevan la temperatura y la mantienen entre 22 y 25 °C, de una instalación de inyección y dosificación de gas etileno con nitrógeno en proporción 0.1-0.2 %, y de un descarbonizador (Álvarez, 1996).

D) Presión subatmosférica. El efecto del almacenamiento subatmosférico sobre la firmeza, azúcares totales y acidez total titulable de 'Red Kid' y 'Golden Delicious' indicaron que la presión subatmosférica detiene la maduración, el ablandamiento del fruto y la senescencia (Salunkhe y Desai, 1988).

2.5 Calidad de la manzana

La manzana se destina al consumo en fresco o se procesa para obtener diversos productos tales como sidra, jugo, vino, vinagre, jaleas, purés y rebanadas congeladas, enlatadas o deshidratadas, entre otros. De acuerdo a cada producto se consideran las características del tipo de manzana a utilizar, pues lo que busca el productor y/o procesador es proporcionar un producto considerando los parámetros que definen la calidad del mismo (Janick *et al.*, 1996; Marín, 2004)

La palabra «calidad» proviene del latín *qualitas*, que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Sin embargo, en la actualidad y en sentido abstracto su significado es «grado de excelencia o superioridad» (Kader, 1992). Aceptando esta definición, se puede decir que un producto es de mejor calidad cuando es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente. Esto puede variar según se trate de los diferentes actores de la cadena, como son los productores, transportistas, procesadores, consumidores, y para el producto en particular (Cerdas, 2002).

Durante varios años muchos países han establecido estándares de calidad para asegurar que el comprador pueda confiar en un estándar mínimo cierto y para ello hay un amplio rango de determinantes de calidad definidos, incluyendo tamaño, color, madurez, apariencia, normas, inocuidad, y otros de tipo cuarentenario que son reforzados por los gobiernos a través de su servicio de inspección. No obstante, con el proceso de globalización y una serie de convenios comerciales firmados entre los países involucrados, la situación ha variado en el ámbito mundial. Hoy en día, pueden llegar frutas y hortalizas de cualquier país del mundo, siempre que cumplan los requisitos de calidad, usualmente estos productos pueden venir a un precio accesible y con buena calidad, por tanto, el productor nacional puede competir solamente si es capaz de obtener una buena calidad. O sea que un producto de calidad ya no se produce solo para los mercados de exportación sino también es demandado para los mercados internos (Cerdas, 2002).

Las características externas de calidad están relacionadas con la apariencia visual del fruto como son el tamaño, la forma, el color, la firmeza y la ausencia de daños; mientras que las internas solo se perciben al ingerir el fruto (Wills *et al.*, 1989).

2.5.1. Apariencia externa

2.5.1.1. Tamaño y forma del fruto

El tamaño de la fruta siempre ha sido un factor crítico y un criterio de calidad en el mercado, pagado por encima de su valor cuando éste es más grande. Puede ser fácilmente medido determinando circunferencia, diámetro, longitud, peso o

volumen. Muchas frutas y hortalizas son clasificadas midiendo el diámetro, además se empaqueta con ese criterio, logrando una uniformidad, aspecto que facilita la comercialización (Cerdas, 2002).

Usualmente el producto de mayor tamaño es considerado el producto de primera calidad, porque tiene un gran impacto en la primera impresión del potencial cliente (Wills *et al.*, 1989; Cerdas, 2002). Existen diversos factores que intervienen en el tamaño final del fruto como el tipo de cultivar, el portainjerto y las prácticas culturales entre otros (Figura 2.7).

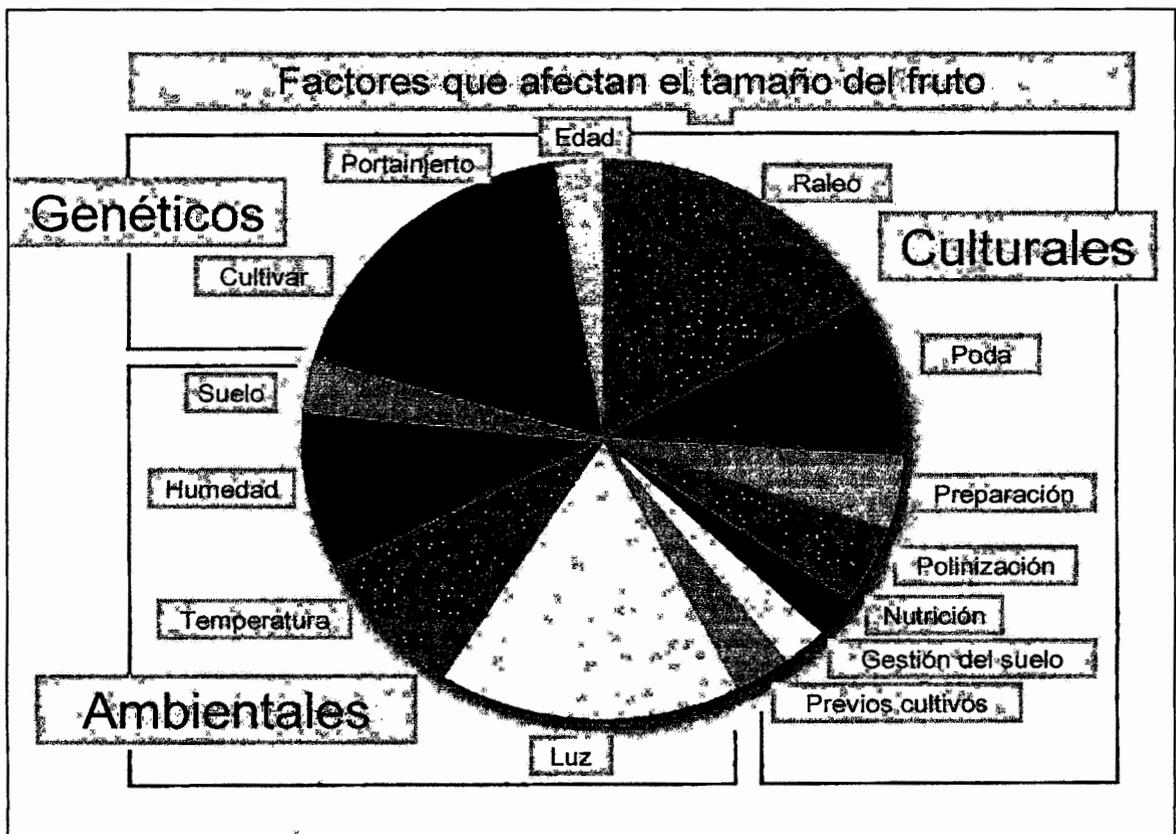


Figura 2.7. Factores que afectan el tamaño de la manzana (Ferree, 2000)

En cuanto a la forma, generalmente la preferencia del consumidor se inclina por manzanas cónicas u ovaladas, y de mayor tamaño (70 a 85 mm. de diámetro).

2.5.1.2. Color

La expresión del color está relacionada con cambios en los parámetros de calidad, en la composición, en el aroma, disminución en la firmeza, incremento en la susceptibilidad a enfermedades y la respiración (Cerdas, 2002).

La aparición del color está asociada con la maduración del fruto, el cambio de color se debe a la degradación de la clorofila con el consiguiente desenmascaramiento de otros pigmentos y, a la síntesis de novo de pigmentos. El color de la piel de las manzanas es el resultado de una mezcla de cantidades variables de diferentes pigmentos (Lancaster, 1992). El color verde/amarillo es debido a pigmentos de tipo fotosintético como la clorofila y los carotenoides; mientras que el color rojo es producido por las antocianinas, pigmentos de tipo flavonoide ubicados en la vacuola (Bakker y Timberlake, 1997). Así pues, los pigmentos responsables del color son de dos tipos: cloroplásticos (clorofilas a y b, carotenos y xantofilas) y vacuolares (tipo flavonoide: antocianos, flavonoles, flavones y proantocianidinas) (Lancaster, 1992).

Una de las características de un fruto inmaduro es el color verde, debido a la presencia de clorofila y carotenoides. La clorofila participa en la fotosíntesis, uno de los más importantes procesos de la vida, convierte la energía de la luz en energía química. Por lo tanto, cuando la madurez comienza en el fruto, muchos cambios bioquímicos toman lugar, incluyendo la composición del pigmento y los cambios de color que involucran procesos biosintéticos y catabólicos (MacDougall, 2002).

Tabla 2.6. Principales índices de cosecha de algunas variedades

Variedad	Floración a la cosecha (días)	Tamaño^a	Color^b	Almacenamiento máximo (días)
'Anna'	110-120	M	C	80
'Jonagold'	140-160	G	ARS	100
'Empire'	140-160	M	R	140
'Golden Delicious'	140-160	M-G	A	160
'Red Delicious'	140-160	M-G	R	180
'Gala'	140-160	C-M	R	180
'Fuji'	140-160	M	VRS	180
'Braeburn'	150-170	M-G	VRS	130
'Rome Beauty'	160-175	G	R	220
'Winesap'	160-180	C-M	R	240
'Granny Smith'	180-210	M-G	V	210

^a C = chico, M = mediano, G = grande

(Westwood, 1993)

^b A = amarillo, R = rojo, V = verde, C = coloreado, S = rayado

2.5.1.3. Textura

Incluye a las diversas sensaciones percibidas con las manos (firmeza) y, conjuntamente con los labios, el tipo de superficie (pilosa, cerosa, lisa, rugosa, etc.), mientras que los dientes determinan la rigidez de la estructura que es masticada; la lengua y el resto de la cavidad bucal detectan el tipo de partículas que se generan a partir del triturado por los dientes (blandas, cremosas, secas, jugosas, etc.) (Wills *et al.*, 1989).

Los factores que tienen influencia en la firmeza son particularmente importantes en el manejo y el procesamiento de las frutas. La firmeza depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, de la presencia de tejidos de sostén y de la composición de la planta (Kader, 1992).

El almacenamiento en atmósferas controladas a condiciones de bajas temperaturas, retarda la pérdida de la galactosa en la pared celular, constituida principalmente de microfibrillas de celulosa embebidas en la matriz coloidal compuesta de polisacáridos (pectina) y glucoproteínas no celulósicas (pequeñas cantidades de hemicelulosa y extensina). En esta matriz, los polisacáridos pécticos consisten de cadenas primarias de ramnogalactosilurónicos con cadenas laterales de arabinosa y galactosa unidas covalentemente (Fallahi *et al.*, 1997). Cabe

destacar que al menos 60 % de todo el calcio en la planta está asociado a la pared celular.

A medida que el proceso de maduración continúa, se produce la sobremaduración, que conduce en última instancia a la desorganización de los tejidos y descomposición del producto. Las enzimas involucradas en el ablandamiento de los frutos son D- galacturonasa (poligalacturonasas), celulasas y pectinesterasas (Huber, 1983).

2.5.1.4. Presencia de daños

Los daños pueden deberse a condiciones ambientales adversas, antes o después de la cosecha y pueden estar o no asociados con algunas variedades debido a su predisposición genética. Algunos desórdenes, como el escaldado o arrugamiento del fruto son característicos de inmadurez, mientras que otros como el trastorno interno (*internal breakdown*) o el corazón acuoso (*watercore*), ocurren solo en fruta sobremadura (Fernández, 2003).

Dentro de los daños más importantes se encuentran los siguientes (Wills, 1989; Westwood, 1993 y Zoffoli, 2000):

- Daño por congelación. Conforme los frutos congelados se deshuelan, generalmente presentan apariencia vidriosa, se vuelven blandos y café.
- Corazón acuoso. Este desorden usualmente está asociado con un problema vascular, relacionado con el sorbitol (carbohidrato de mayor traslocación en manzanas), el cual no puede ingresar a la célula; quedando en los espacios intercelulares, donde el menor potencial osmótico retiene agua. Como consecuencia, el daño causado aparece como un área acuosa y traslúcida. En casos severos, la médula adyacente al corazón y todo el cortex también es afectado.
- Corazón amargo (*bitter pit*). Exteriormente se caracteriza por depresiones en la piel, con un color verde oscuro e, interiormente, en la hipodermis y tejido parenquimático de la pulpa. Por muerte celular origina suberización y pardeamiento, inicia en el huerto para después manifestarse en la cosecha y

en el período de almacenamiento, causando pérdidas importantes en la comercialización.

- Corazón pardo o fluido. Daño por temperaturas de -1 a 2 °C, se manifiesta inicialmente con manchas pardas entre los carpelos, luego en todo el corazón y, en caso avanzado, colapsa el tejido, formando cavidades.
- Escaldado por senescencia. El cambio de color de la piel al pardo-oscuro comienza en forma de pequeñas manchas que se convierten en grandes áreas de piel parda después de un almacenamiento prolongado.
- Escaldado superficial. Se produce durante el almacenamiento a 0 °C, pero se expresa durante la maduración. La principal hipótesis postula que se originaría a nivel celular por efecto de compuestos tipo radicales libres, los que reaccionan con elementos lipídicos de la membrana, alterando su permeabilidad y favoreciendo reacciones de oxidación que terminan en las tonalidades pardas, características del desorden.
- Apardamiento o paño (*Russetting*). Es una condición reticular de corcho en la piel (coloración café), puede aparecer solamente en una porción pequeña del fruto, o cubrir su superficie. Ha sido asociado a condiciones ambientales específicas, a daño de productos químicos ásperos, a exceso de nitrógeno, o a la infección por ciertos hongos, bacterias y organismos virales.

2.5.2. Calidad interna

2.5.2.1. Sabor y aroma

El sabor típico de la manzana se desarrolla durante la maduración y puede ser asociado a la producción de etileno y la actividad metabólica (Dixon y Hewett, 2000). Al alcanzar la completa madurez, la manzana manifiesta un perfume agradable, está constituido principalmente por ésteres amílicos de los ácidos fórmico, acético y caproico. Todas las frutas y hortalizas sintetizan diversos y variados compuestos de baja masa molecular relativa (inferior a 250), volátiles, en mayor o menor grado, a la temperatura ambiente. No son cuantitativamente importantes, pero si lo son cualitativamente, pues son responsables del sabor y el

aroma de las frutas. Estos compuestos son generalmente ésteres, alcoholes, ácidos y compuestos carbonilo (aldehídos y cetonas).

A lo largo del proceso madurativo, va cambiando el componente aromático dominante, por ejemplo, una manzana madura se compone de 2-metil butirato de etilo (responsable principal de las características aromáticas), mientras que una verde contiene hexanal y 2-hexenal (Wills, 1998).

2.5.2.2. Composición y valor nutracéutico

La composición de la manzana puede presentar variaciones dependiendo de la variedad y el método de cultivo. En la Tabla 2.7 se muestra la composición de 100 g. de pulpa fresca de manzana.

Tabla 2.7. Composición química de la manzana

NUTRIENTES	G	MINERALES	*mg/μg	LIPIDOS	Mg
Agua	85.3	Potasio	*145	Ac. Linólico	100
Carbohidratos	11.8	Fósforo	*12	Ac. Palmítico	50
Proteína	0.3	Calcio	*7	Ac. Linoleico	20
Lípidos	0.4	Magnesio	*6	Ac. Oleico	20
Ácidos orgánicos	0.6	Sodio	*3	Ac. Esteárico	10
Fibra	2.3	Hierro	480		
Minerales	0.3	Zinc	120	VITAMINAS	μg
		Cobre	100	Vitamina E	490
CARBOHIDRATOS	Mg	Manganeso	65	Nicotidamina	300
Fructosa	6040			Acido pantotenico	100
Sacarosa	2470	OTROS	*mg/μg	Caroteno	45
Glucosa	2210	Ac. málico	*550	Vitamina B6	45
Almidón	600	Ac. cítrico	*16	Vitamina B1	35
Sorbitol	510	Ac. oxálico	500	Vitamina B2	30
		Ac. salicílico	310		
				Energía 54 kcal	

(Stuttgart, 1991)

Desde principios del siglo XV, la manzana era considerada un buen auxiliar terapéutico y un gran alivio para los que sufrían de diarrea y disentería. Las propiedades diuréticas y purgantes de la manzana se deben a la presencia de sales orgánicas de potasio, las cuales facilitan la eliminación de ácido úrico (Fernández, 2003).

Muchos autores afirman que los cálculos renales son poco frecuentes en las regiones en donde se bebe sidra a diario. Estudios recientes demostraron que el consumir frutas y verduras que contienen flavonoides como la manzana, la uva blanca y la cebolla, reducen hasta en 46 % el riesgo de cáncer de pulmón y en 34 % el riesgo de enfermedades cardiovasculares como la aterosclerosis y la trombosis (Marchand *et al.*, 2000). Las pectinas presentes en la manzana tienden a atrapar el colesterol de la dieta, previniendo que se deposite en las paredes de los vasos sanguíneos y por lo tanto reducen el riesgo de aterosclerosis (Westwood, 1993).

Las manzanas son particularmente ricas en compuestos fuertemente antioxidantes conocidos como flavonoides, estos secuestran los radicales libres que se piensa se encuentran involucrados en daños a la cadena de ADN y la promoción de tumores. Aunque se ha encontrado cierta capacidad protectora

contra la oxidación en la manzana entera, la epidermis es aparentemente la fuente mas concentrada de antioxidantes (Mazza y Miniati, 1993).

2.5.2.3. Capacidad de almacenamiento

Una serie de procesos bioquímicos, consecuencia del metabolismo de la manzana al madurar, tiene una importancia notable en la duración del periodo de conservación en los almacenes fruteros o en las cámaras frigoríficas, ya que el exceso de oxígeno, acelera la respiración del fruto, contrariamente al anhídrido carbónico que la frena. De la misma manera, el etileno producido por la manzana acelera su maduración, y si se añade al almacén oxígeno o acetileno artificial, provocan el mismo resultado (Álvarez, 1996).

Previamente a la conservación frigorífica es necesario que se cumplan ciertas condiciones: grado de madurez adecuado en la fruta, revisar los frutos en el almacén para separar los dañados de los sanos, realizar un envasado en cajas de madera o plásticas que permitan una correcta aireación y desinfectar las cámaras con fungicidas (Wallace, 1990).

2.5.3. Factores que inciden en la calidad

Entre los factores que inciden sobre la calidad de la manzana, se puede citar el clima, el suelo, los factores genéticos (cultivar y portainjerto) y las prácticas de cultivo como la aplicación de hormonas, el acolchado (técnica que consiste en cubrir la superficie del suelo con la finalidad de reducir la pérdida de agua por evaporación favoreciendo la nitrificación y la absorción de nitrógeno) (Tyler, 1998), el control fitosanitario, el deshoje, el raleo y la fertilización, que es muy importante porque un terreno con el paso de las cosechas, puede entrar en fase de agotamiento y bajar su productividad, presentando una disminución de los elementos minerales nutricionales (Enríquez, 1991).

2.5.3.1. Clima y suelo

Los factores climáticos, especialmente la temperatura y la intensidad de la luz, tienen una fuerte influencia sobre la calidad nutricional de los frutos y

vegetales. Consecuentemente, la localidad y la estación en la cual las plantas se desarrollan, puede determinar el contenido de ácido ascórbico, carotenoides, riboflavina y tiamina (Kader, 1992).

Altas temperaturas y baja humedad durante las últimas semanas antes de la cosecha, asociadas con alta humedad, ya sea temprano o tarde durante la estación son condiciones favorables para el desarrollo del escaldado de la manzana. La baja intensidad de la luz se refleja en concentraciones bajas de ácido ascórbico en el tejido de las plantas (Kader, 1992).

El suelo no contiene siempre el conjunto de elementos nutritivos que necesitan los árboles para permitir su desarrollo y dar frutos de forma óptima. A menudo es útil abonar la plantación con fertilizantes tanto orgánicos como minerales, sin embargo hay que considerar lo siguiente: si el suelo es demasiado húmedo debido al estancamiento del agua, las raíces no pueden absorber los elementos nutritivos. En caso de asfixia, falta la energía necesaria para los procesos de absorción proporcionada por la respiración de las raíces. Si por el contrario, el suelo no dispone de suficiente humedad, los elementos no pueden mezclarse y las raíces no pueden absorberlos, en este caso, solo el riego puede resolver el problema (Lalatta, 1999).

El tipo de suelo tiene un efecto directo sobre la fecha de cosecha, se ha encontrado que los frutos maduran un poco más temprano en suelos arenosos que en suelos arcillosos o pesados (Álvarez, 1996).

2.5.3.2. Cultivar y portainjerto

Los trabajos de selección de nuevas variedades, se dirigen a dos aspectos importantes, el primero a la obtención de mutantes de las variedades de mayor cultivo, buscando mejorar algún aspecto de la variedad original y, el segundo a la obtención de híbridos por cruzamiento de estas variedades con otras que presenten alguna cualidad notable, como fructificación, resistencia a enfermedades (Tabla 2.8), coloración entre otras (Álvarez, 1996).

Tabla 2.8. Resistencia y susceptibilidad a enfermedades

Cultivar	Tizón de fuego	Roña	Oídio o cenicilla	Virus	Pulgón lanífero
Gravenstein	S	S	MS	S	S
Jerseymac	MS	S	-	-	S
Summerred	-	MS	MR	-	S
Gala	S	MS	MS	-	S
Prima	MR	R	MR	-	S
Priscilla	MR	R	MR	-	-
William's Pride	MR	R	MR	-	-
Jonathan	S	MR	S	MS	MR
Jonagold	S	S	S	-	S
Delicious	MR	S	MR	MR	S
Bonza	-	R	S	-	MR
Golden Delicious	MR	MS	S	MS	S
Granny Smith	MS	MS	S	MS	MS
Braeburn	S	S	S	-	S
Fuji	S	R	MR	-	S
Mutsu	-	S	MR	-	S
Querina	R	R	MS	-	-
Florina					
Cripps Pink	S	S	S	-	S
Cripps Red	S	S	MR	-	S
Lady Williams	S	MS	MS	-	S

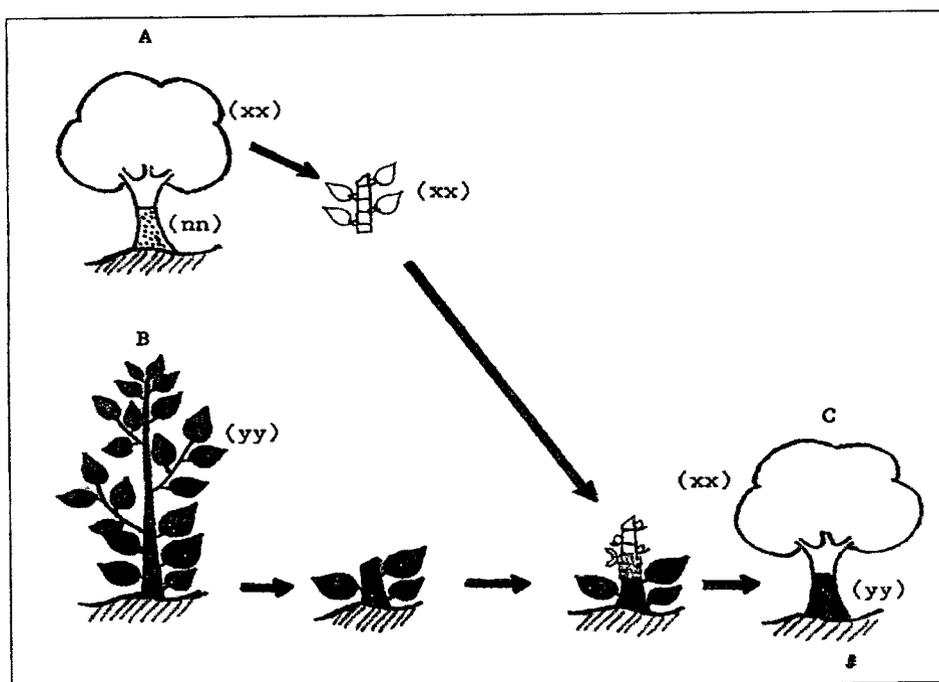
S= susceptible; MS =moderadamente susceptible; MR= moderadamente resistente; R= resistente; - =desconocida

(Campbell, 2005)

Por otro lado, la agricultura moderna hace extensivo el uso de portainjertos para tener un rango considerable de cultivos y así mejorar la eficiencia en la producción y la calidad del fruto. Además, el portainjerto es el responsable del anclaje, de absorber y traslocar agua y nutrientes de la raíz a la parte aérea, aspecto que varía de un material a otro, de la disponibilidad de agua en el suelo, de la demanda ejercida por la parte aérea y por las condiciones del medio ambiente (Gil, 1999; Parra, 2001)

El árbol frutal posee la combinación de dos partes provenientes de plantas distintas: el portainjerto y el injerto. Tal como se muestra en la Figura 2.8, cada una de estas partes está conformada por material genético diferente, por lo que muchas

veces se encuentran capacitadas de distinta manera para el cumplimiento de determinada función. En consecuencia, las características intrínsecas de un frutal injertado serán las características de la combinación injerto - portainjerto, que a su vez serán la sumatoria o resultante de mutuas influencias. Tanto el patrón como la copa mantienen individualmente, a través de toda su vida, su carga genética original, (salvo eventuales mutaciones somáticas); de manera que el fruto producido por una planta injertada tendrá las características propias de la especie y cultivar correspondiente a la planta madre de la cual se extrajeron las yemas, al margen del patrón sobre el cual se haya realizado la injertación. Es decir, no existe mezcla de características de los frutos del patrón y del injerto (Escobedo, 2003).



A: Planta madre donadora de yemas. Constitución genética de la copa: XX
 B: Portainjerto. Constitución genética: YY
 C: Nuevo frutal injertado. Constitución genética: copa: XX, patrón: YY

Figura 2.8. Constitución de un frutal injertado (Escobedo, 2003)

Las características más importantes de los portainjertos desde el punto de vista comercial son vigor, precocidad, productividad, resistencia a la temperatura,

resistencia a daños y adaptabilidad al sitio y suelo. En la Tabla 2.9 se citan algunas de estas características.

Tabla 2.9. Características de portainjertos en manzano

 Poco sensible Medianamente sensible Sensible a muy sensible								
PORTA-INJERTOS	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	FUEGO BACTERIANO	PHYTOPHTHORA	PULGÓN LANÍGERO	ASFIXIA	OBSERVACIONES	UTILIZACIÓN
M27 (M13xM9)	East Malling Inglaterra	Puesta a fruta muy rápida. Muy buena productividad					Vigor muy débil	Empalmeado y riego indispensables Plantaciones intensivas, patrones a adaptar en función del vigor de la variedad
PAJAM 1 Lancep	CEP-CTIFL Francia	Puesta a fruta rápida, producción regular, frutos de buena calidad, calibre grueso y bien coloreado					A reservar en las condiciones edafo-climáticas favorables	
PAJAM 2 Cepiland	CEP-CTIFL Francia							
M9 EMLA	East Malling Inglaterra							
M26 (M16xM9)	East Malling Inglaterra	Anclaje superior a los tipos M 9					Vigor muy variable	
MM 106	East Malling Inglaterra	Buena productividad	Vigor medio a fuerte					Muy sensible a la sequía
M7	East Malling Inglaterra	Muy buena productividad						Destinado a los suelos arcillosos y frescos
MM 111 Northern SpyxMerton I-793	East Malling Inglaterra	Buena productividad						Destinado a suelos algo sueltos, profundos y con buen drenaje
M25	East Malling Inglaterra							Destinados a los suelos limosos
FRANCO	Semilla	Vigor fuerte, buen anclaje, puesta a fruta lenta, abundante producción					Gran adaptabilidad a diferentes suelos, incluso a los mediocres	Plantaciones extensivas

(Uribarren, 2000)

Los portainjertos clonales de manzano se han clasificado en tres grupos, en función de su vigor, desde muy enanizantes hasta muy vigorizantes. Los portainjertos enanizantes producen árboles más pequeños que facilitan la cosecha, la poda y las altas densidades de plantación (Jensen *et al.*, 2003). El efecto del

portainjerto sobre el tamaño del fruto ha sido inconsistente a través del tiempo y varía con el cultivar y el sitio de plantación (Ferree, 2000)

Embree *et al.* (1993) encontraron diferencias en el tamaño de la fruta de hasta 23% y en el porcentaje de color rojo en dos cultivares de manzana injertados sobre 30 portainjertos distintos de la serie "Kentville Stock Clone". Por su parte, Barden y Marini (1992), reportan variaciones importantes en el color y la concentración de sólidos solubles, aunque no en la firmeza, de frutos de manzana 'Starkspur Supreme Delicious' injertada sobre nueve portainjertos.

2.5.3.3. *Raleo*

Es una práctica que consiste en eliminar una cantidad de flores y/o frutos recién formados en el árbol, mejorando el tamaño de los frutos remanentes al reducir la competencia por los nutrientes disponibles en el árbol (Westwood, 1993). Dentro de las ventajas de raleo, se puede mencionar que incrementa el tamaño de los frutos, mejora el color, produce una homogeneidad en el tamaño, incrementa la floración siguiente y la cosecha bianual se reduce, por lo tanto se optimiza el valor de la cosecha y la calidad del fruto (Forshey, 1986).

El resultado favorable del raleo se debe principalmente al aumento de la densidad floral, con relación al número de frutos. El amarre de un fruto por cada diez o quince hojas resulta excesivo y generalmente da lugar a frutos de tamaño pequeño, pobres en color, calidad mediocre y agotamiento prematuro del árbol. Si el amarre se reduce a un fruto por cada treinta o cuarenta hojas, los frutos ganan notablemente en tamaño y color, y la madera fructífera del árbol también mejora (Álvarez, 1996).

Cuando la carga de la cosecha es reducida por el raleo, se mejora el cociente de hoja/fruto, pero una porción de cualquier incremento resultante en la demanda de metabolitos es desviada en el crecimiento vegetativo (Forshey y Elfving, 1977).

Existen tres métodos de aplicar el raleo, de forma manual, mecánica o mediante productos químicos (Díaz, 2002).

A) Manual. Consiste simplemente en el derribe de las flores o frutos con las manos. Para poder determinar la intensidad del raleo manual se debe estimar la producción en kilogramos que se espera obtener del árbol de acuerdo a su tamaño, vigor y productividad en años anteriores; posteriormente se calcula el número de frutos de un buen calibre que conforman un kilogramo a la cosecha, y de acuerdo con estos antecedentes se podrá obtener el número de frutos que es necesario dejar en los árboles (Marini, 2001).

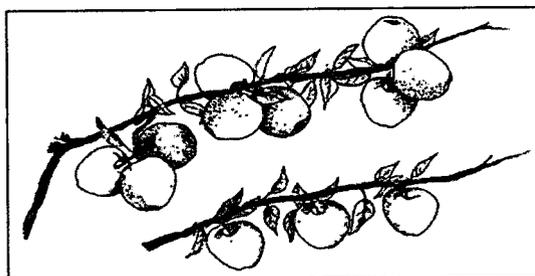


Figura 2.9. Raleo manual

Link (1998) demostró en manzanas 'Golden Delicious' que el raleo manual daba los mejores resultados en cuanto a regular la producción y mejorar el rendimiento de fruta que puede ser comercializado. Volz y Ferguson (1999) obtuvieron un incremento de hasta 65% en el peso de manzanas 'Braeburn' al ralear a mano durante la floración.

B) Mecánico. Se puede efectuar un raleo efectivo en floración o poco después, mediante un chorro directo de agua a alta presión producido por un pulverizador manual, otro método es usar una brocha de cerda rígida para "barrer" algunos frutos que son aún muy pequeños o utilizar un vibrador, el cual puede ser el mismo que se utilice para la recolección mecánica (Westwood, 1993).

Los inconvenientes del método son que derriba los frutos sin distinción, es decir, elimina tanto los frutos grandes como los pequeños, además de que un porcentaje de frutos continúa cayendo días después debido a las lesiones que sufren durante la operación.

C) Químico. Se utilizan productos químicos de acción cáustica u hormonal, que impiden el amarre y aumentan la abscisión de los frutos recién formados. Algunos productos químicos pueden ser muy selectivos, ya que provocan la caída de frutos pequeños y débiles, quedando en el árbol aquellos que tienen mayor potencial de calidad.

Pueden aplicarse en floración y en pos-floración. Esta última se realiza generalmente cuando el diámetro de la fruta se encuentra entre 7 y 10 mm., pues es cuando la frutilla está más susceptible para el raleador químico (Greene, 2004).



Figura 2.10. Raleo durante la floración

Aún no se conoce suficientemente el mecanismo de acción de los productos químicos, sin embargo algunos autores postulan que hay una interferencia con las hormonas endógenas que controlan el flujo de nutrientes para el desarrollo del fruto y esto conduce al aborto del embrión y a la abscisión del fruto (Dennis, 2000) (Tabla 2.10). Por su parte, Ryugo (1988) planteó que el principio activo se concentra en los haces vasculares del fruto, impidiendo el movimiento de los componentes esenciales para su crecimiento.

Tabla 2.10. Mecanismos propuestos para explicar la acción del raleador en el fruto

-
1. Aborto o inhibición del embrión en desarrollo
 2. Retraso de la abscisión, incrementando la competencia de los frutos para la cantidad de nutrientes
 3. Inhibición del transporte floema al fruto
 4. Inhibición de la síntesis de auxinas para semillas
 5. Inhibición del transporte de auxinas desde las semillas
 6. Estimulación de la biosíntesis de etileno
 7. Inhibición de fotosíntesis/estimulación de la fase oscura
-

(Dennis, 2000)

Históricamente, los productos químicos más usados se clasifican en cinco importantes grupos: a) sprays cáusticos (dinitro-orto-cresol (DNOC)), urea, tiosulfato de amonio, silicato de sodio, entre otros); b) biorreguladores de plantas (ácido naftalenacético (ANA), etefón y 6-benciladenina (BA)); c) insecticidas carbamatos (carbaril y oxamil); d) inhibidores de fotosíntesis (terbacil), y por último c) combinación de químicos, aplicaciones múltiples y surfactantes (Dennis, 2000).

El ácido naftalenacético (ANA), clasificado como regulador de crecimiento de plantas y auxina sintética, ganó aceptación en los años 50s y 60s (Batjer y Westwood, 1960). Es un raleador muy potente que puede causar abscisión excesiva o formación de fruta pequeña, bajo ciertas condiciones climáticas (Greene y Autio, 1994). Efectivo en un rango de 2 a 20 ppm, dependiendo de la variedad que se trate. Éste compuesto presenta actividad raleadora desde la floración hasta que el fruto alcanza 15 mm de diámetro, teniendo una actividad óptima entre 10 y 12 mm. de diámetro (Dennis, 2002).

La naftalenacetamida (NAD), auxina sintética derivada de ANA, se encontró que es conveniente para ralear en post-floración en diferentes variedades comerciales (Dennis, 2000).

Otro producto químico que ha sido ampliamente usado desde 1960, es el 1-naftil (N) metilcarbamato o carbaril, conocido comercialmente como sevin (Petracek *et al.*, 2003) y clasificado como un insecticida. Cabe mencionar, que a

dosis altas presenta el riesgo de ser muy tóxico para las abejas y algunos insectos depredadores de plagas del manzano (Marini, 1997).

Dentro de sus ventajas está el proporcionar resultados consistentes pues es poco afectado por las condiciones ambientales, además de que las aplicaciones se pueden realizar en un amplio rango de tamaños del fruto (Knight y Spencer, 1987). Se aplica entre 10 y 21 días después de la floración, cuando el diámetro del fruto es de 3 a 20 mm. (Williams y Batjer, 1964). En 'Royal Gala' se reportó que carbaril propició incrementos en los rendimientos de la manzana susceptible de ser comercializada comparables con los obtenidos al raleo a mano (Childers, 1983).

En los 70s las combinaciones del carbaril y ANA, o carbaril y NAD, fueron adoptadas como aerosoles; usándolas durante la floración. Otros biorreguladores de la planta fueron probados, tales como las giberelinas, las citoquininas, y el etileno.

Las citocininas sintéticas tales como 6-benciladenina (BA) fueron utilizadas a principios de los 80s en experimentos de raleo con buenos resultados; mejorando el desarrollo del fruto. Usando BA, Bound *et al.* (1997) reportaron incrementos en peso, firmeza y en la concentración de sólidos solubles totales. En 'Golden Delicious' el peso se ha visto favorecido, usando altas concentraciones de BA (desde 50 a 200 ppm) (Stopar, 2002). En manzanas 'McIntosh' con un diámetro de 10 mm., el raleo fue eficiente e incrementó el tamaño de la fruta (Yuan y Greene, 2000a).

El etefón, cuya presentación comercial es el ethrel, se aplica a los frutales por aspersión acuosa, siendo absorbido y transportado hacia el citoplasma, puede influir en aspectos de crecimiento y desarrollo del fruto. Ha sido estudiada la aplicación de etefón para mejorar la calidad en color, Cordovés *et al.* (1996) encontraron que en manzanas 'Starking Delicious' y 'McIntosh' se favoreció el incremento en el desarrollo de color rojo en la epidermis, aunque aumentó el número de frutos que sufrieron abscisión, disminuyó la firmeza y se redujo la capacidad de almacenamiento.

Los factores que interfieren en la respuesta del raleo son diversos, los que pueden ser controlados por el agricultor son la concentración y el método de aplicación. Por lo tanto las condiciones del huerto son también extremadamente importantes: estas pueden ser divididas en el efecto del cultivar, las condiciones del árbol y las climáticas (Tabla 2.11) (Dennis, 2000). Estos dos últimos factores afectan la absorción y la acción fisiológica del raleador químico. La eficacia de la absorción es influenciada en parte por el estado fisiológico de la planta y particularmente por la cutícula, que se considera una barrera importante a la absorción (Williams y Edgerton, 1981).

Es importante mencionar que el raleo realizado en cultivos de temporal ha sido poco explorado, pues es más común observar que en los lugares donde las prácticas de cultivo se aplican incluido el raleo, son utilizados sistemas de riego. Un punto desfavorable en la aplicación del raleo son los factores climáticos que provocan que la respuesta del raleo sea inconstante en una misma variedad en diferentes años (Tabla 2.11).

Tabla 2.11. Factores del huerto que afectan la respuesta del raleo químico
FACTORES

Cultivar	Bianual vs. anual, amarre del fruto en racimo vs. un racimo o un par , extensión de la caída de junio
Características del fruto	Estado de desarrollo del fruto y posición dentro del racimo
Condiciones del árbol	Edad del árbol y de las hojas, vigor, cosechas previas, floración y densidad de cosecha, stress (daños, nutrientes, etc.), condiciones del sistema radical
Condiciones de agua previas, durante e inmediatamente después de la aplicación	Temperatura, radiación solar, humedad relativa, lluvia, heladas y suministro de agua

(Dennis, 2000)

El agricultor puede tener influencia sobre algunos aspectos de las condiciones del árbol, modificando las prácticas del huerto como son la fertilización, irrigación y poda (Marini, 2001)

1. *Variedades*. Algunas variedades son más fáciles de ralear que otras 'Golden Delicious' usualmente requiere programas de raleo mas agresivos que 'Red Delicious', 'Rome', o 'Stayman'. 'Fuji' es muy difícil para ralear.
2. *Vigor del árbol*. En relación al estado fisiológico o la edad del árbol, se observa que los árboles jóvenes se ralean más fácil que los más viejos. Ésta respuesta de los primeros, quizás se relaciona con que su crecimiento vegetativo es más rápido, lo cual reduce las reservas de carbohidratos y otros compuestos
3. *Densidad de floración*. Árboles con una floración pesada tienden a tener poca área foliar por árbol y es mas fácil ralear que cuando el árbol tiene una floración débil.
4. *Polinización*. Teóricamente la fruta de las flores bien polinizadas debe tener muchas semillas y ser más difícil de ralear.
5. *Tamaño del fruto*. La velocidad de crecimiento está relacionada con la temperatura. Cuando el promedio de la temperatura esta por abajo de los 7 °C, el fruto crece menos de 0.2 mm. por día. Cuando el promedio es de 24 °C, el fruto puede crecer casi 1.0 mm. por día. Normalmente, los frutos crecen cerca de 0.3 mm. en el tiempo de raleo. De acuerdo al promedio del diámetro del fruto, existen tres opciones para ralear el fruto.
 - Caída del pétalo a 9 mm. Éste período es aventurado para ralear porque el amarre de la fruta no puede todavía ser evaluado. Los carbamatos, NAD, ANA, y accel son eficaces en este tiempo.
 - 9 a 14 mm. Tradicionalmente este es el tiempo de raleo que se usa. El tratamiento durante éste segundo período permite un seguimiento al amarre del fruto, pero no a la retención de la fruta. Los carbamatos y ANA son los más eficaces en este tiempo, pero ethrel es solo moderadamente eficaz.
 - 16 a 26 mm. El ralear durante este período final permite que uno tenga acceso a la retención de la fruta y a la eficacia previa al raleo. Ethrel es el único material que remueve la fruta durante éste período. Las evaluaciones estadísticas de los modelos que contienen las

variables para el diámetro y la temperatura de la fruta indican que el promedio del diámetro de la fruta es el factor más importante que afecta el raleo y el segundo factor, es la temperatura máxima dos días después del tratamiento. Según lo mencionado anteriormente, la influencia de la temperatura sobre la eficacia del raleo depende del tamaño de la fruta. La temperatura tiene poco efecto sobre la actividad del raleador cuando la fruta es pequeña, pero temperaturas relativamente altas son necesarias para tener una actividad del raleador cuando la fruta es grande.

Con relación a la temperatura, se ha encontrado que días soleados, secos, con presencia de viento o con temperaturas altas antes de aplicar el raleador puede resultar en un incremento del grosor de la cutícula cerosa que recubre las hojas y, aunado a una mayor capacidad fotosintética, se provoca una menor sensibilidad de los frutos al efecto del raleo químico. Por el contrario, varios días con condiciones de humedad, frío o nublados pueden producir adelgazamiento en la cutícula y una mayor absorción del químico (Stopar, 1998). La temperatura durante los siguientes dos o tres días del tratamiento pueden ser más importantes. Análisis de datos experimentales indican que temperaturas máximas menores que 16 °C reducen la efectividad del raleador y temperaturas entre 21 y 27 °C incrementan la efectividad del raleador (Marini, 2001).

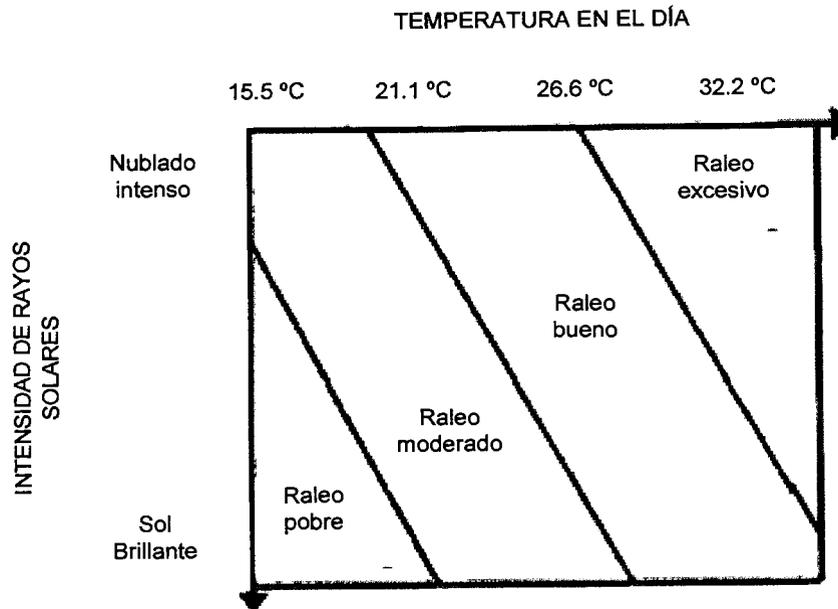


Figura 2.11. Interacción de la temperatura y la intensidad de los rayos solares sobre la acción del raleo (Agnello, 2006)

2.5.4. Normas de calidad para la manzana de mesa

La economía y el comercio internacional actualmente se rigen por diferentes sistemas de normas y principios de carácter general y específico para los productos y servicios que se ofertan en los mercados globalizados. Con relación a lo anterior, los países del mundo se han organizado en bloques económicos que determinan sus propias normas y principios para regular, tanto las transacciones comerciales, como a las empresas y entidades que participan en ellas, encontrándose algunas diferencias entre cada sistema, por ejemplo, el Mercado Común Europeo se rige por un sistema de normas denominado ISO 9000, México, Canadá y los Estados Unidos de Norteamérica, suscribieron el Tratado de Libre Comercio (TLC) que contiene, además de los acuerdos comerciales entre estos países, las normas y la reglamentación jurídica que consideraron necesarias para regular sus transacciones comerciales, buscando con ellos asegurar la calidad de los productos y servicios que intercambian.

En esta época de globalización y entrelazamiento de las economías, los países se obligan a respetar la normatividad que han determinado entre ellos, ya sea en bloques o individualmente, para poder llevar a cabo sus relaciones, especialmente las comerciales, con las especificaciones de calidad y reglamentarias, principalmente (Cano *et al.*, 2001). Específicamente para este proyecto se hace mención de la norma mexicana y americana para la manzana en fresco.

2.5.4.1. Norma mexicana

La manzana (*Malus domestica* Borkh) en estado fresco destinada a consumo humano está regida por la norma mexicana NMX-FF-061-SCFI-2003, donde se especifican los requisitos mínimos para su comercialización en territorio nacional.

Clasificada en tres grados de calidad de acuerdo a su diámetro ecuatorial, denominados; México extra (7.2 cm.), México 1 (6.6 cm.) y México 2 (6.2 cm.), su designación comercial es extra, primera y segunda (Tabla 2.12).

Tabla 2.12. Clasificación por tamaños de la manzana de acuerdo a la norma mexicana

Categoría	Diámetro (cm)
Extra	Más de 7.2
Primera	7.1 – 6.9
Segunda	6.8 – 5.7
Tercera	5.6 – 5.3
Cuarta	5.2 – 4.0
Canica	Menos de 4.0

NMX-FF-061-SCFI-2003

Cabe mencionar que la norma omite la cuarta categoría presentando un error al pasar directamente de la categoría tercera a canica, ignorando el clasificar a las manzanas que se encontraban entre el límite inferior de la tercera y el límite superior de la canica.

Dicha norma establece que las manzanas deben haber completado su desarrollo fisiológico y presentar el color, sabor, textura y aroma característicos de

la variedad. Para las variedades rojas, bicoloreadas o parcialmente rojas, como mínimo, el contenido de sólidos solubles totales debe ser 11% y en firmeza de la pulpa o resistencia a la penetración debe ser 5.0 Kg. (11 Lb.), mientras que para las variedades amarillas, amarillas chapeadas y verdes, como mínimo, debe ser 12% y 4.5 Kg. (10 Lb.), respectivamente.

En relación a los daños en el fruto, la norma menciona distintos grados de permisibilidad en función de la categoría que se trate y en algunos casos, como la presencia de daños por frío o granizo, éste no aplica.

2.5.4.1. Norma americana

A). Clasificación

De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2001), y según los estándares para la manzana en fresco, ésta se clasifica de acuerdo a la limpieza visual del fruto y al tamaño en cinco categorías:

1. **U.S. Extra Nancy (E.F.).** Aquellas manzanas que se consideran maduras, limpias, bien formadas, libres de daños o lesiones, quemaduras por el sol, granizo, enfermedades, insectos entre otros.
2. **U.S. Fancy.** Es muy similar a la E.F. solo que en esta clasificación menciona que debe estar libre de paño (russetting).
3. **U.S. No. 1.** Consiste en manzanas con los mismos requerimientos del grado U.S. Fancy, a excepción de color, russetting y corazón acuoso. En este grado, el color que se requiere es menor para todas las variedades. Las manzanas de éste grado son libres de daño excesivo causado por russetting.
4. **U. S. Utilidad.** Consiste en manzanas maduras, limpias, no gravemente deformadas, libres de daños serios causados por suciedad u otra materia extraña quemaduras por el sol, granizo, enfermedades, insectos entre otros.
5. **Combinación de grados.** Esta combinación puede ser usada como sigue:
 - (1) Combinación de U.S. Extra Fancy y de U.S. Fancy
 - (2) Combinación de U.S. Fancy y de U.S. No. 1

(3) Combinación de U.S. No. 1 y de U.S. Utilidad

(b) Otras combinaciones no son permitidas con los grados de manzana U.S. Cuando son empaquetadas estas combinaciones de grados, por lo menos el 50% de las manzanas debe satisfacer los requerimientos del grado de la combinación más alto.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto del raleo, del número de frutos por racimo, de la época de corte y el portainjerto sobre la calidad y el comportamiento en poscosecha de manzanas de cuatro variedades establecidas en huertos frutícolas con distinto grado de tecnificación.

Objetivos específicos

- Establecer el efecto de la cantidad de frutos por racimo y del tiempo de corte en la calidad de manzana 'Rayada' producida en la Sierra de Querétaro.
- Determinar el comportamiento en poscosecha en relación al tiempo de almacenamiento de manzanas 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' sometidas a distintos tratamientos de raleo en la Sierra de Querétaro.
- Evaluar el efecto de distintos métodos de raleo y de cinco portainjertos sobre la calidad de manzana 'Gala' producida en un huerto tecnificado en Urbana, Illinois.
- Determinar la influencia del sitio de aplicación del raleador químico sobre el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de manzana 'Gala'.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en dos huertos experimentales localizados en dos regiones climáticas y edáficas distintas. El primero de ellos se encuentra ubicado en la comunidad de "El Suspiro", municipio de Cadereyta de Montes en Querétaro, México y, el segundo, en el Campo Experimental de la Universidad de Urbana-Champaign (UIUC) en Urbana, Illinois, EE.UU.

3.1.1. Huerto "El Suspiro"

Localizado a una latitud de 20°42'00" LN y una longitud de 99°49'00" LW, con una altura sobre el nivel del mar de 2450 msnm, y una precipitación (pluvial) media anual de 2,000 mm (García, 1988). El clima predominante es templado húmedo, y según datos obtenidos de la estación meteorológica más cercana de 'El Doctor' (15 Km.), la temperatura media anual en 2004 fue de 12 °C, con una precipitación pluvial anual de 843 mm. El huerto presenta una pendiente aproximada de 30%, con 500 árboles plantados en terrazas individuales establecidos a una distancia variable (de 3 x 5 m a 5 x 5 m) y es de temporal. Los cultivares mayoritarios en dicho huerto son 'Red Delicious' y 'Golden Delicious'.

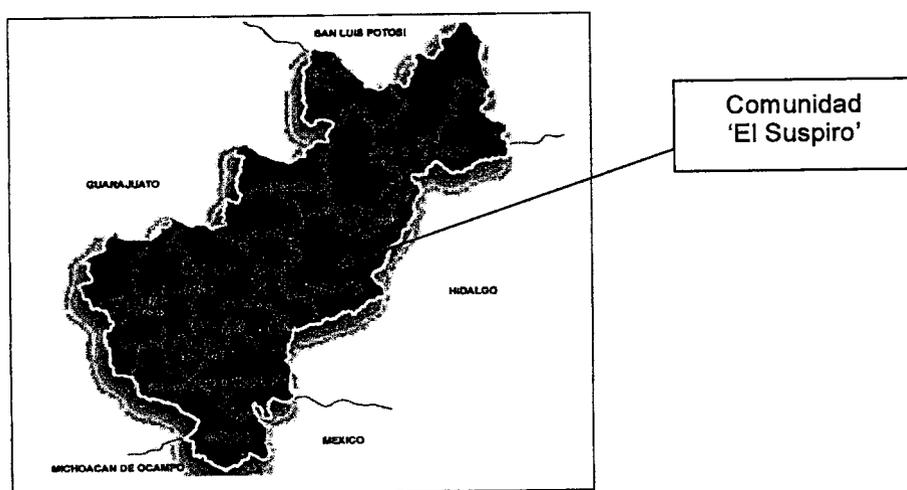


Figura 3.1. Localización de la Comunidad el "El Suspiro" en el estado de Querétaro

3.1.2. Huerto de “Urbana”

Localizado a 40°6'35" LN y 88°12'15" LW, su altura sobre el nivel del mar es de 229 msnm. El huerto se encuentra establecido en un terreno plano y cuenta con un sistema de riego por goteo presurizado y con espalderas. Consta de 200 árboles de la variedad 'Gala' injertados sobre 10 distintos portainjertos establecidos a una distancia de 3x4 m. Las plantas están organizadas en hileras de 20 árboles cada una, y la edad de los árboles es de 11 años.



Figura 3.2. Localización de “Urbana” en el estado de Illinois, EE.UU.

3.2. Material biológico

3.2.1. El Suspiro

Se utilizaron 10 árboles adultos de la variedad 'Rayada', 24 árboles de la variedad 'Golden Delicious' y 24 de la variedad 'Red Delicious' haciendo una selección *in situ* por homogeneidad respectivamente. Todos los árboles están injertados sobre el portainjerto clonal MM 111 y su edad es de aproximadamente 25 años. A continuación se mencionan las características de los materiales empleados:

Variedades

- 'Rayada' o 'Tempranera', del grupo de las variedades rojas, aparentemente introducida de EE.UU. por agricultores originarios de la región. El fruto es de

chico a mediano, de color rojo claro, estriado, fondo verde-amarillo, de pulpa firme blanca, crujiente y jugosa, y de óptimas características gustativas. Su principal atributo es su maduración temprana, ya que se cosecha en julio y agosto (Mendoza *et al.*, 2006).

- **'Red Delicious'**, originaria de Iowa, EE.UU. (1880), inicialmente llamada 'Delicious' y una vez que aparece en escena la 'Golden Delicious' su nombre es cambiado a 'Red Delicious'. Su árbol es de medio vigor, el requerimiento de frío es alto, más que 'Granny Smith', es firme, crujiente y jugosa. Presenta rayas rojas sobre el 25–50% de la superficie su color es rojo brillante. Proporciona frutos grandes y alargados. Se cosecha en agosto y septiembre (Mason, 2004)
- **'Golden Delicious'**, originaria de Virginia Occidental, EE.UU. (1890), es una de las más cultivadas en todo el mundo. Su árbol es de vigor moderado, la forma del fruto es cónica, su piel es amarilla verdosa con pequeños puntos oscuros llamados lenticelas, su carne es jugosa, crujiente, dulce y aromática. Se cosecha de agosto a septiembre (Moreira, 2000).



Figura 3.3. Cultivares utilizados

Portainjerto

- A. **M.111.** Es el que produce los árboles más altos del grupo de portainjertos enanizantes, de 4.5 a 6.8 m. Es muy tolerante a la sequía, resiste al pulgón

lanífero y también la pudrición de la raíz, es recomendable en todos los tipos de suelo (Herrera, 2002; Robinson *et al.*, 2002).

3.2.2. Urbana

Se utilizaron 15 árboles adultos de la variedad 'Gala' injertados sobre cinco portainjertos diferentes V.1, B.9, M.9 EMLA, B.491, M.26 EMLA y M.9 NAKB 337 (3 árboles por portainjerto), haciendo una selección *in situ* por homogeneidad. Las características de los materiales empleados fueron las siguientes:

Variedad

- **'Gala'**, originaria de Nueva Zelanda (1934). Es una cruce entre 'Kidd's Orange Red' y 'Golden Delicious'. El árbol es de vigor moderado, su requerimiento de frío es medio (600 horas), su fruto es cónico alto o pequeño, su color es naranja-rojo sólido en el 50% de superficie, su pulpa es firme, crujiente, dulce y jugosa (Mason, 2004).

Portainjertos

- **M.9 EMLA**. Es un clon de M.9 libre de virus, de los más viejos y probados en los EE.UU. (el origen de M.9 es desconocido, su genotipo es francés, de una selección inglesa). Es altamente tolerante a la pudrición de la raíz o de la corona, mientras que en tamaño produce frutos pequeños y se compara con M.9 EMLA '337' (Jeremy, 2001).
- **M.26 EMLA**. Su origen es M.16 x M.9 (1929). Es uno de los portainjertos más plantados en los EE.UU. Se caracteriza por ser precoz, su productividad es ligeramente menor que M.9, es extremadamente susceptible al tizón de fuego y variablemente susceptible a la pudrición de la raíz (Anderson *et al.*, 2004).

- **V.1.** Proviene de la estación Vineland, Ontario Canadá. Su productividad es similar a M.9, el tamaño del fruto es igual o más grande que M.26 y es altamente resistente a tizón de fuego (Autio y Krupa, 2002).
- **B.9** ('Budagovsky 9'). Su origen es M.8 x Red Unión Soviética Estándar. Ha sido plantado en Norte América recientemente con buenos resultados. Su precocidad es similar a M.9, el tamaño del árbol está entre M.26 y M.9 EMLA, es mucho más resistente al invierno y a la pudrición de la raíz que M.9 mientras que es susceptible a tizón de fuego (Perry, 2000; Norelli, 2003).
- **B.491.** Su origen es ruso, es muy productivo, en invierno es extremadamente resistente, pero algunos reportes dicen que M.26 es más resistente. Susceptible a tizón de fuego y a pudrición de la raíz (Robinson *et al.*, 2002).
- **M.9 NAKB 337.** Es el clon de M.9 más propagado, es un buen portainjerto pero es muy susceptible a tizón de fuego. Está demostrado que es uno de los más pequeños clones de M.9 contrario a su producción que es altamente efectiva (Jeremy, 2001).

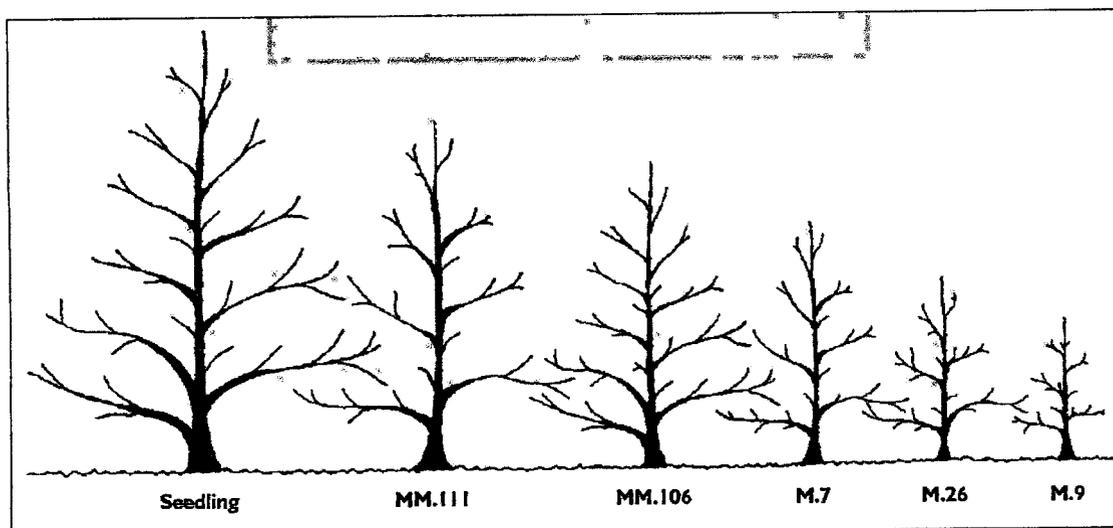


Figura 3.4. Comparativo respecto al tamaño del árbol (Jeremy, 2001)

3.3. Metodología general

En la Figura 3.5 se muestra el esquema general de trabajo.

Se trabajó en dos huertos diferentes, en cada uno de los cuales se realizaron dos experimentos.

En 'El Suspiro', el objetivo del primer experimento consistió en evaluar el efecto de la cantidad de frutos por racimo (1, 2, 3 y 4 frutos) y siete fechas de corte en la calidad de manzana 'Rayada'. El segundo experimento se realizó con el 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', el objeto de este experimento fue conocer el efecto de los diferentes tratamientos de raleo y tiempos de almacenamiento sobre la calidad.

En 'Urbana', ambos experimentos se realizaron en el 'Gala', el primero consistió en probar diferentes tratamientos de raleo en cinco portainjertos para conocer el efecto sobre la calidad de la manzana y en el segundo experimento se evaluó el efecto del raleador sobre el sitio de aplicación del mismo.

En el esquema se observa que, en todos los experimentos, una vez que los tratamientos fueron realizados, se dió seguimiento a la maduración de los frutos para determinar el momento óptimo de cosecha. La fruta una vez cosechada se transportó al laboratorio para ser almacenada hasta su análisis. Finalmente se efectuó el análisis estadístico correspondiente.

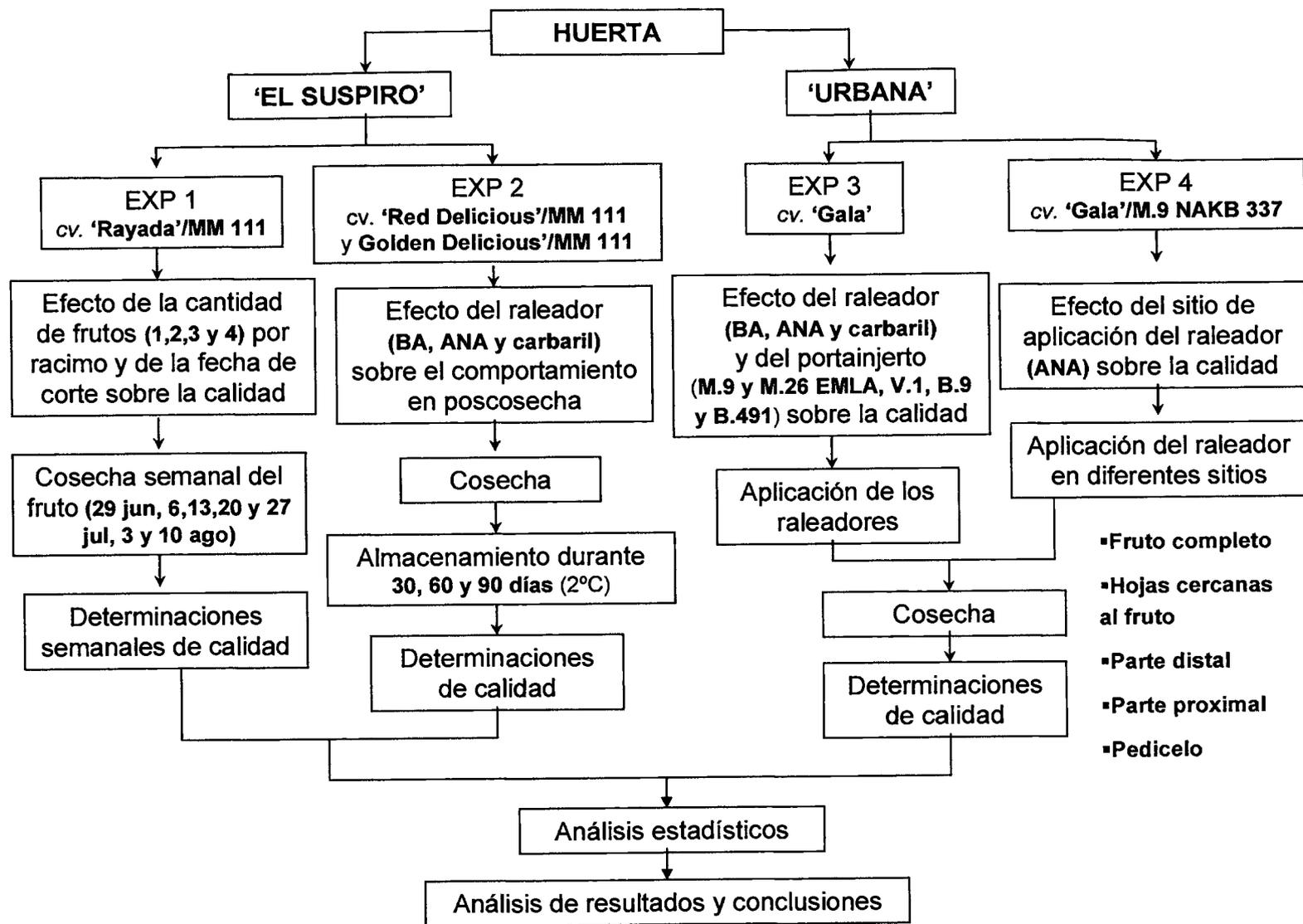


Figura 3.5. Esquema de la metodología general

3.4. Experimentos realizados

3.4.1. Efecto del número de frutos por racimos y la fecha de corte en la calidad de la variedad 'Rayada'

3.4.1.1. Conducción del experimento

Durante el mes de mayo de 2004 se seleccionaron *in situ* 10 árboles de distinto vigor de la variedad 'Rayada' mediante una apreciación visual, considerando la extensión de follaje de copa y con base en que la carga de los árboles fuera suficiente para los muestreos previstos.

Previamente las terrazas individuales se limpiaron de maleza y se reforzaron para un mejor aprovechamiento del agua pluvial. Las prácticas de cultivo aplicadas fueron: poda de los árboles, aplicación de Benlate® como fungicida (0.7 g L⁻¹ agua) para el control de roña (*Venturia inaequalis*), colocación de trampas para el monitoreo de la mosca de la fruta (*Ragoletis* sp), que contenían una combinación de melaza (proteína hidrolizada) y Malathion® (2 g L⁻¹ agua), para ello se usaron botellas de plástico con capacidad de 250 ml. y se distribuyeron en el huerto de manera aleatoria. Además se colocaron mallas antigranizo individuales de color negro después del amarre del fruto.

En cada árbol seleccionado se muestrearon cuatro grupos de doce frutos cada uno (Tabla 3.1). Esta selección se hizo siete veces en cada árbol, cada una correspondiente a una fecha de cosecha. Los cortes se llevaron a cabo semanalmente.

Tabla 3.1. Muestreo en el 'Rayada'

GRUPO	RACIMOS	FRUTO POR RACIMO
1	12	1
2	6	2
3	3	4
4	4	3
Total		336 frutos muestreados

3.4.1.2. Cosecha de la fruta

Se cosechó manualmente a partir del 29 de junio del 2004 teniendo un total de siete fechas diferentes de cosecha. Las muestras se empacaron en bolsas de poliestireno perforadas de 10 Kg. de capacidad y se almacenaron a 3 ± 1 °C con una humedad relativa de 95%.

3.4.1.3. Diseño del experimento

a) Diseño experimental

- Bloques completos al azar, 10 repeticiones en un arreglo factorial 4x7

b) Factores de estudio y tratamientos

- Numero de frutos por racimo (cuatro tratamientos: 1, 2, 3 y 4 frutos por racimo)
- Fecha de corte (7 tratamientos: 29 de junio, 6, 13, 20 y 27 de julio, 3 y 10 de agosto)

c) Unidad experimental

- 12 frutos por árbol

d) Variables evaluadas

- Peso, diámetro ecuatorial y meridional, simetría, número de semillas por fruto, acidez total titulable, sólidos solubles totales, firmeza y color.

3.4.2. Efecto del raleo en el potencial de almacenamiento de las variedades 'Red Delicious' y 'Golden Delicious'

3.4.2.1. Conducción del experimento

Este experimento comenzó con la cosecha de 48 árboles previamente seleccionados de los cultivares 'Red Delicious' (24 árboles) y 'Golden Delicious' (24 árboles) a los cuales se le aplicaron tratamientos de raleo químico y manual. La aplicación de los raleadores 6-benciladenina (MaxCel®), carbaril (Sevin®) y ácido naftalenacético (Fruitone®) se realizó de manera foliar con una aspersora manual, asperjando todo el árbol hasta el punto de goteo cuando el fruto alcanzó de 10 a 15 mm de diámetro. La temperatura a la que se aplicaron los raleadores fue de 27 a 29 °C con una humedad relativa en el ambiente de 41%.

La cosecha se realizó 152 días después de la floración, en cajas de plástico de 30 Kg. y en sacos de 50 Kg. Ya en el laboratorio, se procedió a empacar el fruto en redes de 5 Kg., para ser almacenadas durante cuatro meses.

3.4.2.3. Diseño del experimento

a) Diseño experimental

- Bloques completos al azar con tres repeticiones (para ambas variedades).

b) Factores de estudio y tratamientos

- Los factores de estudio fueron el método de raleo comparando ocho tratamientos y el tiempo de almacenamiento:
 - Carbaril a 400 y 600 ppm
 - 6 – Benciladenina a 50 y 75 ppm
 - Ácido naftalenacético a 5 y 10 ppm
 - Raleo manual a dos frutos por racimo
 - Testigo (sin raleo)

c) Unidad experimental

- Un árbol de cada cultivar

d) Variables evaluadas

- Peso del fruto, diámetro ecuatorial y meridional, número de semillas por fruto, acidez total titulable, sólidos solubles totales y firmeza.

3.4.3. Efecto del raleo y del portainjerto en la calidad de la variedad 'Gala'

3.4.3.1. Conducción del experimento

Se seleccionaron 15 árboles adultos injertados sobre cinco portainjertos diferentes V.1, B.9, M.9 EMLA, B.491 y M.26 EMLA (3 árboles por portainjerto), haciendo una selección *in situ* por homogeneidad. Previamente se habían realizado prácticas culturales como la poda, usando un sistema neumático para facilitar el corte de las ramas y la aplicación de fungicidas/pesticidas que consistió en el uso de diferentes productos como cuprotix, sylit, cloruro de calcio, ziram, imidam, lannate, entre otros. Posteriormente se etiquetaron y seleccionaron las ramas

procurando establecer cierta distancia entre ellas para evitar interferencia con el raleador.

La aplicación de los raleadores 6-benciladenina (Accel®), carbaril (Sevin®) y ácido naftalenacético (Fruitone®) se realizó los días 16 y 17 de mayo del 2005, cuando el fruto tenía entre 8 a 10 mm. de diámetro, mediante aspersores de mochila, asperjando todo el árbol hasta el punto de goteo. Además se usó plástico para cubrir las ramas de la parte inferior del árbol con el fin de protegerlas de tener algún efecto de los otros raleadores. La temperatura ambiental al momento de la aplicación de los raleadores fue de 12 a 16 °C.

La maduración se siguió cada tercer día por dos vías; de manera visual siendo el indicador el color del fruto y a través de la determinación de yodo. Se tomó una muestra aleatoria de los árboles en estudio para realizar la determinación de yodo, posteriormente se hizo un corte transversal a cinco frutos y se sumergieron en una solución de yoduro de potasio (75 mL.) por un minuto, para luego retirarlos de la solución y dejarlos secar (Figura 3.6), comparándolos con la carta de índice de almidón del 'Gala' (ver Anexo 1).



Figura 3.6. Evaluación del índice de calidad

3.4.3.2. Cosecha de la fruta

La cosecha se realizó el 17 de agosto del 2005 en cestos de mimbre con una capacidad de 40 Kg., posteriormente el fruto se empacó en cajas de cartón corrugado y se almacenó a 1 °C, hasta su utilización para los análisis correspondientes.



Figura 3.7. Cosecha de 'Gala'

3.4.3.3. Diseño del experimento

a) Diseño experimental

- Diseño de tratamientos: Factorial 5 x 5
- Diseño experimental: Bloques completos al azar con tres repeticiones

b) Factores de estudio:

- Método de raleo:
 - Carbaril a 400 ppm
 - 6-Benciladenina a 50 ppm
 - Ácido naftalenacético a 20 ppm
 - Raleo manual de dos frutos por racimo
 - Testigo (sin raleo)

- Portainjerto
 - V.1
 - B.9
 - M.9 EMLA
 - B.491
 - M.26 EMLA

c) Unidad experimental: Una rama de cada árbol

d) Variables evaluadas

- Peso del fruto, clasificación de tamaño, número de semillas por fruto, acidez total titulable, sólidos solubles totales, firmeza y color (coordenadas L, a y b).

3.4.4. Efecto del sitio de aplicación de ANA en el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de la variedad 'Gala'

3.4.4.1. Conducción del experimento

Se seleccionaron tres árboles adultos de la variedad 'Gala' injertados sobre M.9 NAKB 337 con características similares de vigor; previamente se aplicaron las mismas prácticas culturales que en el caso del experimento anterior. Posteriormente, se seleccionaron y etiquetaron las ramas usadas para cada tratamiento con cinta de diferente color, siendo aproximadamente entre 15 y 18 ramas, dejando un margen de distancia entre ellas debido a que se seleccionaron cinco partes diferentes del fruto y por conveniencia, para evitar errores durante el experimento, se realizó de esta forma. Además se etiquetaron los racimos seleccionados, según el tratamiento que se les aplicó, siendo un total de 10 frutos por árbol para cada tratamiento. Cuando el fruto alcanzó de 8 a 10 mm. (17 de mayo de 2005), se aplicó ácido naftalenacético (Fruitone®) con pinceles de 1.27 y 2.54 cm. en los diferentes sitios de aplicación del fruto (Figura 3.8). La temperatura ambiental al momento de la aplicación del raleador fue de aproximadamente 12 °C. Una semana después de haber aplicado el raleador, se evaluó el porcentaje de la caída de fruta.

3.4.2.2. Cosecha de la fruta

La cosecha se realizó el 17 de agosto del 2005, fecha correspondiente a la madurez fisiológica del fruto, la cual se determinó con base en pruebas visuales de color y al contenido de almidón se determinó esa fecha de cosecha. La fruta se cosechó en cestos de mimbre de 40 Kg. y posteriormente el fruto se empacó en cajas de cartón corrugado para ser almacenado a 1 °C, hasta su utilización.

3.4.2.3. Diseño del experimento

- a) Diseño experimental: Bloques completos al azar con tres repeticiones
- b) Factores de estudio y tratamientos:

El factor de estudio fue el sitio de aplicación el raleador. Los tratamientos de estudio fueron seis diferentes sitios de aplicación: el fruto completo (frutilla), las hojas cercanas al fruto, la parte distal y proximal, el pedicelo y el testigo (Figura 3.8).

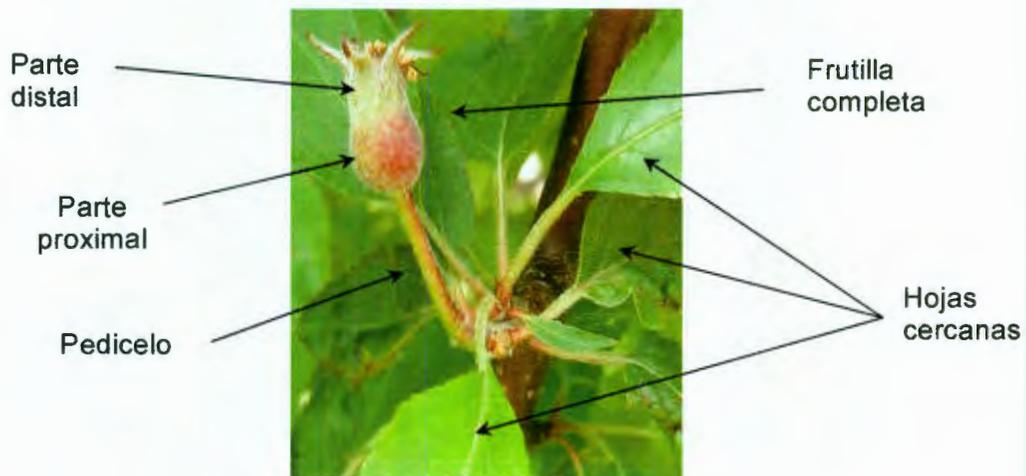


Figura 3.8. Sitios de aplicación de ANA

- c) Unidad experimental: Una rama de cada árbol
- d) Variables evaluadas: Peso del fruto, clasificación de tamaño, número de semillas por fruto, acidez total titulable, sólidos solubles totales y firmeza.

3.5. Determinaciones

3.5.1. Análisis físicos

a) Porcentaje de caída del fruto

Se evaluó el porcentaje de caída del fruto una semana después de haber aplicado el raleador. Previamente se cuantificó y etiquetó la cantidad de frutos presentes por racimo y por ende los frutos presentes en la rama. A la semana de la aplicación se volvió a cuantificar la cantidad de frutos restantes en el árbol, para obtener el porcentaje de caída. Esta determinación se llevó a cabo únicamente en el experimento 4 con el cv. 'Gala'.

b) Clasificación de la manzana por tamaños

Se seleccionó el fruto en los cultivares 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', de acuerdo al tamaño en seis categorías: extra, primera, segunda, tercera, cuarta y canica, de acuerdo con la Norma Mexicana de la manzana en fresco (NMX-FF-061.SCFI-2003). Se tomó una muestra representativa de 20 frutos en relación al peso total del rendimiento de cada árbol.

Para el caso del 'Gala' se utilizó un calibrador de tamaño (metálico) tipo aro, que tenía 11 aros con un intervalo de medida de 2.8 a 7.6 cm. Se consideró una muestra representativa de 20 frutos y éstos se hicieron pasar por los aros, según su diámetro se clasificaron.

c) Peso

Para los experimentos realizados en 'El Suspiro' se usó una balanza granataria marca Sartorius (capacidad de 16 Kg. y resolución de 0.1 g). Se pesaron las muestras de manera unitaria para después reportar el promedio de ellos. Para los experimentos en la UIUC se utilizó una balanza marca OHAUS, GT 8000 (capacidad de 8.1 Kg. y resolución de 0.1 g).

d) Medidas longitudinales: diámetro meridional (altura) y diámetro ecuatorial (ancho)

Para los experimentos realizados en 'El Suspiro', se tomaron las medidas del diámetro meridional y ecuatorial a las manzanas consideradas en el muestreo, usando un calibrador digital, con precisión de 0.1 mm., los resultados se expresaron en milímetros.

e) Simetría

Solo en el caso del experimento con el 'Rayada' se determinó el grado de simetría a partir de una apreciación visual de cada manzana, basándose en una escala arbitraria desde 1= muy simétrico, 2=simétrico, 3=deforme y por ultimo 4=muy deforme (Sánchez, 2001).

f) Color

Para los experimentos realizados en 'El Suspiro' el color se determinó con un colorímetro Minolta CM-2002 con iluminante A y observador 10°, de acuerdo al sistema CIELab. Los frutos se limpiaron con una toalla seca, posteriormente se determinaron las coordenadas de color de L*, a* y b* en cuatro puntos equidistantes del fruto, entre el pedúnculo y el cáliz (Larrigaudiere, 1996). La coordenada "L" representó la diferencia entre la luminosidad (L= 100) y la oscuridad (L=0), "a" representó la diferencia entre el verde (-a) y el rojo (+a), y "b" representó la diferencia entre el amarillo (+b) y el azul (-b).

Para los experimentos realizados en la UIUC se utilizó un colorímetro portátil Konica Minolta (Minolta Chroma Meter CR 400, Osaka, Japan), con iluminante estándar C, un observador 10° y un software Spectra-Match.

g) Firmeza

Las determinaciones de firmeza en 'Rayada', 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' se utilizó un texturómetro TA-HD, con una capacidad de 50 kg., se midió la resistencia a la punción debida a la cáscara y a la pulpa así como también la resistencia a la compresión. Para la variedad de 'Rayada' se consideraron 12 muestras y para 'Red Delicious', 'Golden Delicious' y 'Gala' fueron 20 muestras, reportándose la media de ellas

La resistencia a la punción debida a la cáscara y a la pulpa, se determinó usando una sonda de 5 mm., con una distancia de penetración de 8 mm. y una velocidad de descenso de 1 mm./seg. La sonda se hizo incidir sobre la manzana, tomándose el valor máximo reportado por el equipo como el valor de la resistencia debida a la cáscara y el promedio de los picos restantes como el valor de la resistencia debida a la pulpa.

La resistencia a la compresión, se determinó usando un disco de 50 mm. de diámetro, con una distancia de compresión de 5 mm. y una velocidad de descenso de 1 mm./seg. (Elfving, y Lougheed 1994; Uys, 1996).

Para el caso de 'Gala' se utilizó un penetrómetro manual Effigi con una punta de 1.1 mm (Modelo FT 327; McCormick Fruit Tech., Yakima, WA), con capacidad de 28 lb. x 0.25 lb. (12.7 Kg. x 100 g). Se removió 1 cm² de piel y se determinó la firmeza en Newtons.

h) Número de semillas viables y no viables

Las semillas de los frutos fueron extraídas por medio de un descorazonador de manzanas para facilitar su conteo, y se reportó el promedio de ellas por fruto. De acuerdo al color se considero si se trataban de semillas viables o no (Yuan y Greene, 2000b).

3.5.2. Análisis bioquímicos

a) Calcio

Para el cultivar 'Rayada' el contenido de calcio se determinó en la cáscara utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica, con una lámpara de cátodo hueco para calcio. La cáscara de los frutos y una porción de pulpa del mismo grosor se removió y el tejido liofilizado (0.5 ± 0.005 g) se calcinó a 500 °C por seis horas o hasta que se obtuvieron cenizas. Posteriormente se añadieron 2 mL de HCl 6N y 1 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % (cuando se presentaron trazas de carbón), se colocaron en crisoles y se dejaron reposar durante 15 min. Finalmente, las soluciones resultantes de la digestión se aforaron a un volumen de 50 mL de La/Li, siendo luego analizadas en el espectrofotómetro para así cuantificar la

concentración de calcio presente en la muestra (A.O.A.C., 1995). Paralelamente se prepararon los estándares con concentraciones de 0, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ppm, posteriormente se obtuvo la absorbancia en el espectrofotómetro y así se obtuvo la curva de absorbancia.

b) Sólidos solubles totales

La concentración de sólidos solubles totales se determinó mediante un refractómetro manual (Atago, N- 1 con un intervalo 0 a 32 °Bx), de las muestras se extrajo una gota del jugo y se observó visualmente el resultado, realizándose por triplicado para reportar el promedio.

c) Acidez total titulable

Se utilizó la técnica descrita en A.O.A.C (1995). Se extrajo el jugo de 10 manzanas mediante un extractor de jugos industrial marca Tourmix, usando 25 ml. de jugo para posteriormente titularlos añadiendo dos gotas de fenoftaleína al 1% en etanol. La titulación se realizó con hidróxido de sodio al 0.1 N.

La acidez se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{G \times N \times F}{W} \times 100$$

Donde:

G = ml de NaOH utilizados

N = Normalidad de la solución de NaOH

F = Peso miliequivalente del ácido málico (0.067)

W = Peso de la muestra (g).

3.6. Análisis de datos

Para el análisis de los resultados, se realizó el análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de "t" de Student (Castaño y Domínguez, 2001). La muestra para los análisis fue realizada de manera aleatoria, los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete de computo JMP (SAS Institute Inc, 2001).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto del número de frutos por racimos y la fecha de corte en la calidad de la variedad 'Rayada'

4.1.1. Peso, diámetro y simetría

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.1 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística en el análisis de varianza para el peso, los diámetros y la simetría del fruto. Se observó una diferencia significativa importante para las cuatro variables evaluadas en función del número de frutos por racimo y de la fecha de corte, por el contrario, a excepción de la simetría del fruto, ninguna de las interacciones entre ambos factores resultó significativa.

Tabla 4.1. Valores de "F" y significancia estadística para peso y diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Peso	Diámetro ecuatorial	Diámetro meridional	Simetría
Frutos por racimo	52.8**	40.1 **	32.3**	3.4**
Fecha de corte	32.4 **	32.9**	49.4**	8.9 ns
Interacción	0.88 ns	0.93 ns	0.59 ns	2.70**

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del número de frutos

El mayor peso por fruto se obtuvo con un solo fruto por racimo (102.6 g), mientras que con tres y cuatro frutos por racimo el peso promedio del fruto resultó inferior ($P \leq 0.05$) (63.7 y 70.8 g, respectivamente); algo similar ocurrió con el diámetro ecuatorial del fruto (64.0 mm. vs. 54.6 y 56.2 mm.) (Tabla 4.2).

Con relación al diámetro meridional (DM), se tuvo un valor estadísticamente superior con un fruto por racimo (51.0 mm.) al que se obtuvo con el resto de los tratamientos.

Tabla 4.2. Efecto del número de frutos por racimo sobre el peso y el diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Frutos por racimo	Peso (g)	Diámetro Ecuatorial (mm.)	Diámetro Meridional (mm.)	Simetría
1	102.6 a	64.0 a	51.0 a	1.4 d
2	77.9 b	58.5 b	46.3 b	1.8 c
3	63.7 c	54.6 c	42.8 c	2.8 b
4	70.8 b c	56.2 b c	43.7 b c	3.3 a
DMS	9.1	2.4	1.62	0.33

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Student $\alpha=0.05$)

Cabe recordar que para evaluar la simetría del fruto se utilizó una escala subjetiva del 1-4, donde 1 correspondió a un fruto más simétrico y 4 a un fruto menos simétrico. En la Tabla 4.2 se aprecia que los menores valores corresponden a uno y dos frutos por racimo, lo cual es lógico si se piensa que, conforme a la Tabla 4.5, el número de semillas viables tiende a incrementarse conforme el número de frutos por racimo disminuye. Es decir, mientras mayor fue la cantidad de semillas viables (correspondiente a una mejor fecundación) mas homogéneo fue el desarrollo del fruto y por lo tanto su simetría.

El incremento de tamaño podría ser atribuido principalmente al aumento de superficie foliar con relación al número de frutos, lo que propicia un mayor aprovechamiento de los fotosintatos producidos en las hojas (Link, 1998). Volz y Ferguson (1999) observaron en manzanas 'Braeburn' que los racimos con cuatro frutos presentaron un peso promedio inferior, comparado con racimos de uno, dos o tres frutos; no obstante, los promedios de peso de fruto encontrados por estos autores (90 y 130 g), fueron superiores a los obtenidos en este estudio, lo cual puede ser atribuible a la variedad y a la condición de temporal en que se obtuvo la manzana 'Rayada'. Una manera de comprobar esto sería realizar subsecuentes experimentos en años posteriores y así dar un seguimiento a esta investigación.

El promedio del diámetro ecuatorial obtenido con un fruto por racimo correspondió a la primera categoría, mientras que los diámetros ecuatoriales del resto de los tratamientos a la tercera categoría y a lo que se denomina "canicas" (NMX-FF-061-SCFI-2003). Estos valores relativamente bajos pudieron deberse a

que los frutos provienen de una huerta establecida bajo temporal y a que en la zona las prácticas de cultivo con frecuencia se llevan a cabo deficientemente.

Cabe destacar que los valores del diámetro meridional resultaron menores a los correspondientes al diámetro ecuatorial, por tanto, los frutos del cultivar evaluado corresponden a una forma aplanada. En un análisis sensorial usando una escala hedónica en cuanto a tamaño, Mejía (2006) reportó en manzana que los consumidores queretanos prefirieron en general la forma alargada que la aplanada, aunque en preferencia visual 'Rayada' obtuvo el 4° lugar al ser comparada con 14 genotipos de la región.

b. Efecto de la fecha de corte

En la Tabla 4.3 se muestra la comparación de medias de las diferentes fechas de corte para el peso, los diámetros y la simetría. Los mayores valores de peso, diámetro ecuatorial y meridional se obtuvieron cuando se cosechó el 3 de agosto (101.6 g, 64.4 y 51.0 mm., respectivamente), fecha que probablemente coincide con la madurez fisiológica, que es cuando el fruto adquiere su máximo volumen (Seymour *et al.*, 1993). Cuando la manzana se cosecha antes, a finales de junio o principios de julio, el fruto tuvo menor peso (58.4, 71.9 y 74.5 g), probablemente debido a que se encuentra inmaduro. Después del 3 de agosto el fruto también reduce su peso, pues entra a una etapa de sobremaduración en la que se incrementan la deshidratación y la respiración (Seymour *et al.*, 1993).

Cabe señalar que la fecha de corte realizada en el 2004, se considerada tardía en comparación con el presente año (2006) que se cosechó el 22 de julio. Lo anterior probablemente se debió a que las condiciones climáticas prevalecientes en 2006 provocaron una mayor acumulación de frío en el invierno (adelanto en brotación) y un periodo de crecimiento relativamente seco, ya que las lluvias se establecieron tarde, a partir del mes de agosto, situación favorable para la sanidad y cosecha temprana de esta variedad. Cabe destacar que el rendimiento de la cosecha obtenido en el 2006 resultó relativamente importante.

Tabla 4.3. Efecto de la fecha de corte sobre el peso y diámetro en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Fecha de corte	Peso del fruto (g)	Diámetro ecuatorial (mm.)	Diámetro meridional (mm.)	Simetría
Junio 29	58.4 d	52.7 d	42.2 d	2.4 a
Julio 6	71.9 c	56.8 c	44.9 c	2.5 a
Julio 13	74.5 c	57.5 c	45.7 c	2.2 a
Julio 20	84.7 b c	59.1 b c	47.7 b c	2.1 a
Julio 27	94.7 a b	63.0 a	50.3 a b	2.1 a
Agosto 3	101.6 a	64.4 a	51.0 a	2.2 a
Agosto 10	97.1 a b	62.2 a b	50.0 a b	2.1 a
DMS	17.1	4.4	3.48	0.65

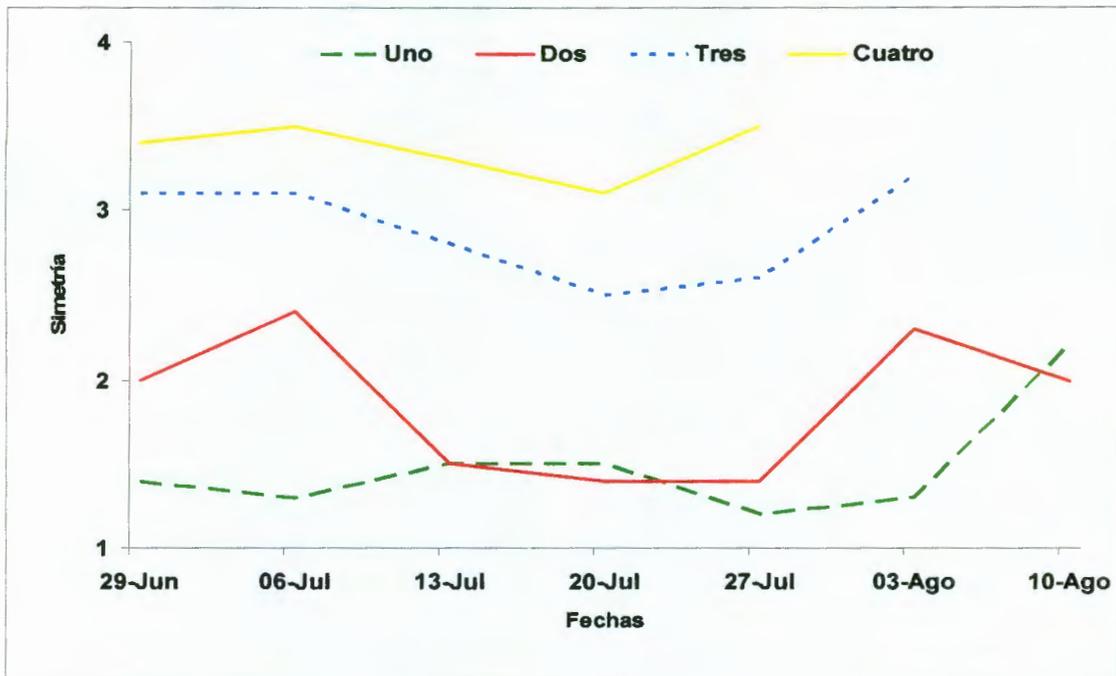
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Los valores de diámetro ecuatorial para el 27 de julio, 3 y 10 de agosto se agruparon en la segunda y tercera categoría de la Norma Mexicana para el consumo en fresco de la manzana (NMX-FF-061-SCFI-2003), habiéndose obtenido el mayor valor el 3 de agosto (64.4 g) y el menor el 29 de junio (52.7 g), los mayores valores de DE en comparación con los del DM corroboraron que la forma del fruto es aplanada.

En lo referente a la simetría del fruto, se observó que no hubo diferencias estadísticas entre las diferentes fechas de corte, una posible explicación a éste resultado es que en cada uno de estos promedios se tienen los efectos confundidos del número de frutos por racimo.

c. Interacción del número de frutos por fecha de corte en la simetría del fruto

En la Figura 4.1 se muestra el comportamiento de la interacción de los dos factores estudiados (frutos por racimo y fecha de corte) para la simetría del fruto. Se observó que conforme el número de frutos aumentaba, el fruto resultante era menos simétrico, durante el rango de fechas del 13 de julio al 10 de agosto con uno y dos frutos por racimo se mostró que las líneas se cruzaban entre valores de 1.5 y 2, lo que pareciera explicar la significancia estadística de la interacción.



Escala de simetría: 4= Muy deforme, 3= Deforme, 2=Simétrico, 1= Muy simétrico

Figura 4.1. Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la simetría de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

4.1.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.4 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística en el análisis de varianza para los SST, ATT y el número de semillas. Se observó que la fecha de corte afectó los SST y las semillas no viables, mientras que el número de frutos por racimo afectó el número de semillas y la ATT, más no los SST. Finalmente, solo en el caso de los SST, no se presentó una interacción significativa entre los factores de estudio considerados.

Tabla 4.4. Valores de "F" y significancia estadística para SST, ATT y número de semillas en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	SST	ATT	Número de semillas	
			Viables	No viables
Frutos por racimo	2.46 ns	0.82**	10.93**	12.23**
Fecha de corte	3.93*	8.81 ns	1.18 ns	7.87**
Interacción	1.48 ns	4.17**	1.96**	3.16 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del número de frutos

Como se muestra en la Tabla 4.5, los valores de SST fueron cercanos a 11° Brix para los cuatro tratamientos, que es el mínimo necesario para que una manzana roja pueda comercializarse en fresco, de acuerdo con la Norma Mexicana (NMX-FF-061-SCFI-2003), aunque no se advirtieron diferencias entre los tratamientos. En ATT tampoco hubo diferencia significativa entre los tratamientos, obteniéndose el mayor valor con dos frutos por racimo (11.3). Mejía (2006) reportó para esta misma variedad un valor relativamente mayor (14.3) en la cosecha de 2005. La diferencia obtenida de un año a otro pudo deberse a las condiciones de humedad y a mayores temperaturas durante el desarrollo del fruto en 2005.

Tabla 4.5. Efecto del número de frutos por racimo sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Frutos por racimo	SST (°Brix)	ATT (g L ⁻¹ de ác. málico)	Relación SST/ATT	Número de semillas	
				Viables	No viables
1	11.2 a	6.98 a	1.60	5.30 a	3.77 b
2	11.3 a	6.86 a	1.64	4.51 b	4.13 a b
3	10.9 a	7.04 a	1.54	4.24 b	4.68 a
4	10.6 a	6.74 a	1.57	4.06 c	4.71 a
DMS	0.9	0.74		0.86	0.98

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha = 0.05$)

En la Tabla 4.5 se aprecia que, conforme el número de frutos por racimo disminuye el valor para el número de semillas viables se incrementaba,

obteniéndose el mayor valor (5.3) en un fruto por racimo, él cual fue estadísticamente diferente a los demás. Una posible explicación a este comportamiento es que la mayor acumulación de nutrientes y la alta actividad metabólica en un fruto por racimo propició una mayor viabilidad de las semillas. Al respecto Yuan y Greene (2000a), mencionan que un fruto con un número normal de semillas podría tener altos niveles de hormonas y de esta manera más alta actividad metabólica y, por lo tanto, mayor atracción de nutrientes, destacando su éxito de supervivencia en la competencia con otros frutos, los cuales tienen relativamente menor número de semillas.

Observando el comportamiento de las semillas no viables, se ve que el menor valor corresponde también a un fruto por racimo (3.77). Se puede suponer que el número de semillas viables y no viables está relacionado con el número de óvulos y, por lo tanto, se guarda una relación inversamente proporcional al número de frutos por racimo, ya que con cuatro frutos se tiene el valor más alto (4.71). El promedio total de semillas es similar para cada tratamiento y fluctúa entre 8.6 y 9.0.

b. Efecto de la fecha de corte

En la Tabla 4.6 se muestran las medias de las diferentes fechas de corte para SST, ATT y número de semillas. Los SST se incrementaron conforme se retrasaba la fecha de corte; a partir del 13 de julio éstos superaron los 11° Brix. También se observó que a medida que se aumentaban los SST la ATT disminuyó, lo que normalmente ocurre en cualquier fruto en proceso de maduración (Seymour *et al.*, 1993).

Tabla 4.6. Efecto de la fecha de corte sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Fecha de corte	SST (°Brix)		ATT (g L ⁻¹ ác. málico)	Relación SST/ATT	Número de semillas	
					Viables	No viables
Junio 29	10.1	c	7.36 a b	1.37	5.01 a	3.45 b
Julio 6	10.3	b c	7.28 a b c	1.41	4.48 a	3.48 b
Julio 13	11.0	a b c	7.69 a	1.43	4.67 a	4.28 a b
Julio 20	11.0	a b c	6.36 c d	1.72	4.70 a	4.52 a
Julio 27	11.4	a b	5.84 d	1.95	4.31 a	4.88 a
Agosto 3	11.6	a	6.66 b c d	1.74	4.46 a	5.23 a
Agosto 10	11.2	a b c	6.91 a b c	1.62	4.69 a	4.26 a b
DMS	1.2		0.93		0.98	1.17

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

La mayor relación SST/ATT se obtuvo en la cosecha del 27 de julio (1.95) seguida de la del 3 de agosto (1.74), por lo que estas fechas deberían ser consideradas las óptimas para la cosecha de manzana 'Rayada' en la región. Éste hecho tuvo una importancia comercial porque la manzana se comercializa tempranamente, antes que 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' producidas en la región y, por supuesto, mucho antes que la manzana proveniente de otras zonas productoras de México, que entran al mercado a fines de agosto y durante septiembre y octubre.

Es importante destacar que la venta del productor al intermediario es el punto medular en el proceso de la cadena de comercialización. Por ejemplo, en 2006, en la huerta experimental 'El Suspiro' la manzana 'Rayada' se cosechó en la tercer semana de julio y su venta a granel en la central de abastos de Querétaro (de canica a extra), se posicionó en un valor comercial de \$180.00 / caja de 17 Kg. (\$10.5 x Kg.), mientras que a mediados de agosto, las manzanas 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' producidas en la misma huerta (primera y extra) se vendieron en \$150 / caja de 23 Kg. (\$6.52 x Kg.). Por lo que hay una gran ventaja para los productores si se enfocan en producir manzana 'Rayada'.

Por otra parte, en la misma tabla se observa que no hubo diferencias significativas en el número de semillas viables respecto a las fechas de corte. Cabe señalar que el 29 de junio se contabilizaron más semillas por fruto (5.0). En

contraste, las semillas no viables sí mostraron diferencias de acuerdo a las fechas de corte, del 13 de julio al 10 de agosto estadísticamente el número de semillas no viables es el mismo, oscilando entre 4.2 a 5.2 y se observó que los valores más bajos correspondían a 3.4 (29 de junio y 6 de julio).

Aunque en este experimento se trabajó con racimos que no se sometieron a técnicas de raleo, los resultados coincidieron con Zavala (2005), quien no obtuvo diferencias en SST y ATT en manzanas 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' sometidas a varias concentraciones de distintos productos químicos y a raleo manual, a pesar de que Yuan y Greene (2000a) mencionan que al disminuir la competencia entre frutos y la competencia de frutos con brotes vegetativos por metabolitos esenciales, incluidos los carbohidratos, se mejoró la relación del número de hojas con los frutos, por lo que se esperaba incrementar la concentración de sólidos solubles en estos últimos.

c. Interacción (número de frutos x fecha de corte) en ATT y en el número de semillas viables

Cabe mencionar que para tres y cuatro frutos por racimo no se obtuvieron los datos en las últimas fechas de corte para ser analizados (3 y 10 de agosto), debido a que los frutos para estas fechas comenzaron a caerse; ésto mismo ocurrió en todas las demás variables analizadas.

La significancia de la interacción de la ATT puede ser visualizada en la Figura 4.2 donde se aprecia que, con dos frutos por racimo se obtuvieron los niveles de acidez más bajos con respecto a los otros tres tratamientos en las dos primeras fechas de muestreo, situación contraria para el 13 y 20 de julio; a partir del 27 de julio los más bajos niveles de ATT correspondieron nuevamente a este tratamiento. Se puede afirmar una ausencia de paralelismo de las líneas correspondientes a los diversos números de frutos por racimos a lo largo de las diferentes fechas de corte.

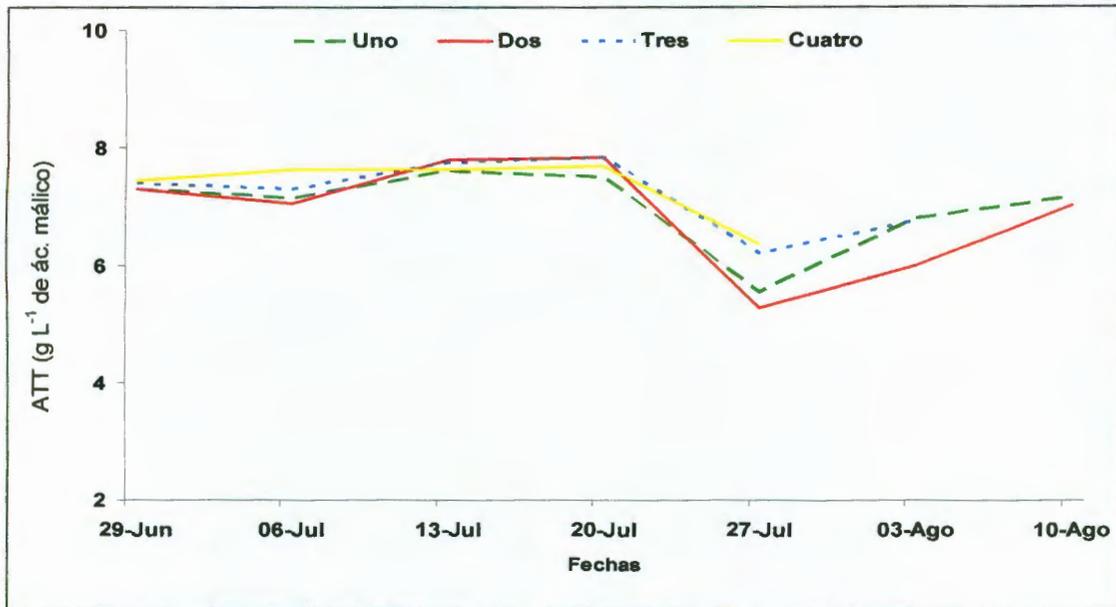


Figura 4.2. Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la ATT de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

En la Figura 4.3 se presenta la interacción del número de frutos y de la fecha de corte en el número de semillas viables, como lo mostró la prueba de medias, se observó que con un fruto por racimo el número de semillas viables fue mayor, del 6 al 13 de julio es notorio que hay un cruce entre dos y tres frutos por racimo. La tendencia de las líneas mostró cierto paralelismo entre ellas, nuevamente del 13 al 20 de julio se dió un cruce entre los valores, correspondiente a tres y cuatro racimos por fruto.

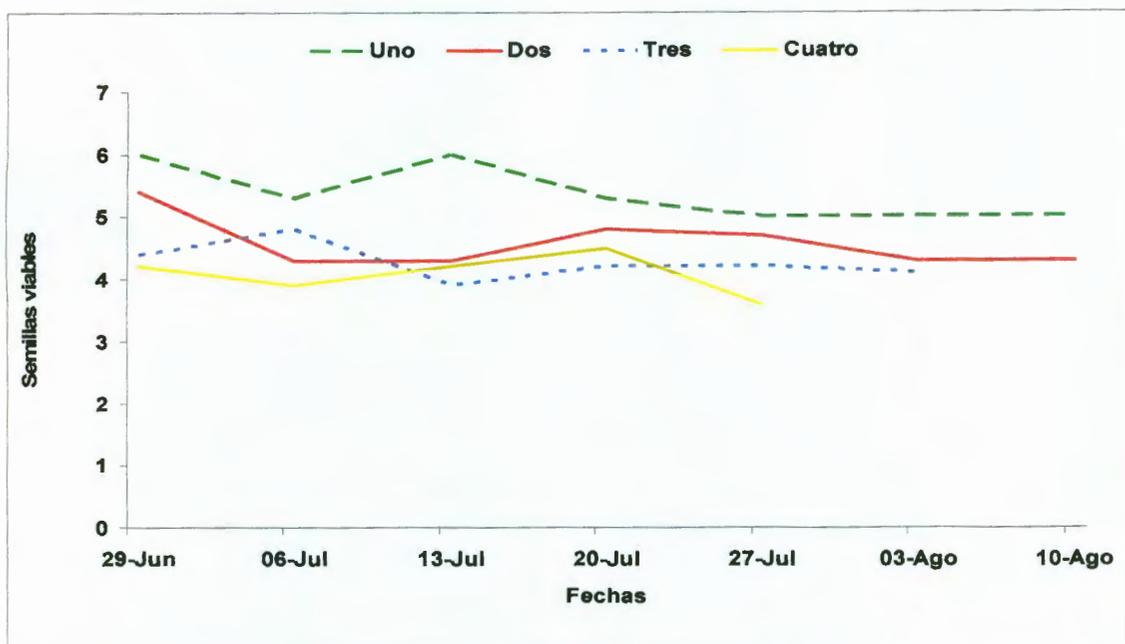


Figura 4.3. Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre el número de semillas viables de manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

4.1.3. Resistencia a la punción y a la compresión y contenido de calcio

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.7 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística de la resistencia a la punción, la compresión y la concentración de calcio de los frutos. En los frutos por racimo, solo hubo diferencia en la concentración de calcio y en lo que se refiere a la fecha de corte se constataron diferencias significativas en todas las variables a excepción de la resistencia de la pulpa a la punción (0.59 ns). Finalmente, solo para calcio se presentó una interacción importante.

Tabla 4.7. Valores de "F" y significancia estadística para la resistencia a la punción y a la compresión y para la concentración de calcio en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)	Calcio (mg 100g ⁻¹ PF)
	Cáscara	Pulpa		
Frutos por racimo	1.50 ns	1.21 ns	2.2 ns	3.8 *
Fecha de corte	15.0 **	0.59 ns	50.3 **	8.1 **
Interacción	0.59 ns	0.93 ns	0.94 ns	4.72 **

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del número de frutos

La firmeza de los frutos registrada como la resistencia de la cáscara y la pulpa a la penetración, así como la resistencia a la compresión, no fueron afectadas por el número de frutos por racimo (Tabla 4.8). Generalmente es aceptado que los frutos más grandes son menos firmes que los pequeños, ya que éstos tienen más pared celular por unidad de volumen, siendo más firmes que los frutos grandes (Wismer *et al.*, 1995). En la resistencia a la punción debida a la cáscara y a la compresión de tres y cuatro frutos por racimo se observó este comportamiento.

La mayor concentración de calcio se registró con un fruto por racimo (10.8 mg 100 g⁻¹ peso en fresco [PF]), valor que superó al de dos y cuatro frutos por racimo (8.7 y 8.5 mg 100 g⁻¹ PF, respectivamente), lo que parecería lógico, si se piensa que en la medida que existan más frutos por racimo habrá menor área foliar por fruto y, consecuentemente, se reduciría la asimilación de calcio en cada fruto. Sin embargo, la concentración de calcio presente en tres frutos por racimo, fue estadísticamente significativa a la de un fruto por racimo.

Tabla 4.8. Efecto del número de frutos por racimo sobre la resistencia a la punción y a la compresión y a la concentración de calcio en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Frutos por racimo	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)	Calcio (mg 100g ⁻¹ PF)
	Cáscara	Pulpa		
1	16.5 b	6.7 a	146.1 a	10.86 a
2	16.8 a b	7.6 a	141.1 a	8.78 b
3	16.7 a b	7.0 a	148.0 a	9.86 a b
4	17.5 a	7.3 a	150.2 a	8.57 b
DMS	0.9	1.5	14.1	1.30

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

La capacidad de almacenamiento en la manzana depende parcialmente del contenido de elementos minerales. Está bien documentado que el calcio tiene una fuerte influencia sobre el metabolismo del fruto. La deficiencia de calcio en un estado temprano del desarrollo del fruto, limita la división celular y produce disturbios en la estructura de la pared celular y el plasmalema (Tomala, 1999). El papel fisiológico del calcio (Ca⁺²) consiste en actuar como material cementante en la pared celular y mantener la integridad y las propiedades semipermeables de la membrana citoplasmática (Percival *et al.*, 1999; Tomala, 1999; Johnson, 2000). Brookfield, *et al.* (1996) observaron una relación proporcional del contenido de calcio en manzanas con el número de semillas del fruto.

Volz y Ferguson (1999) encontraron una reducción en la concentración de calcio de manzanas 'Braeburn', de 8.3 mg 100 g⁻¹ PF con un fruto por racimo a 5.3 mg 100 g⁻¹ PF con cuatro frutos por racimo establecidos de manera natural. Las concentraciones de calcio obtenidas por estos autores en otro cultivar y otra región resultaron menores a las encontradas en el presente trabajo.

b. Efecto de la fecha de corte

La resistencia a la compresión de los frutos disminuyó en la medida que se retrasó la fecha de corte (Tabla 4.9), lo cual no fue tan evidente para las otras variables de firmeza. Ésta disminución es lógica, pues durante la maduración de los frutos ocurre degradación de las sustancias pécticas a partir de enzimas específicas (Seymour *et al.*, 1993). Por el contrario, aunque las concentraciones de calcio difirieron significativamente entre fechas de corte, no se observó tendencia

alguna a aumentar o disminuir en función de la fecha de corte o de la firmeza de los frutos.

Tabla 4.9. Efecto de la fecha de corte sobre la resistencia a la punción, a la compresión y a la concentración de calcio en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

Fecha de Corte	Resistencia a la penetración (N)		Resistencia a la compresión (N)	Calcio (mg 100 g ⁻¹ PF)
	Cáscara	Pulpa		
Junio 29	18.4 a	7.7 a	167.7 a	10.87 a
Julio 6	17.9 a b	7.3 a	168.0 a	8.17 b
Julio 13	16.6 b c d	6.6 a	165.8 a	10.75 a
Julio 20	17.0 bc	7.2 a	135.0 b	8.59 b
Julio 27	15.4 e	7.6 a	115.0 c	10.82 a
Agosto 3	15.5 d e	6.6 a	118.1 c	9.11 a b
Agosto 10	16.1 c d e	7.2 a	119.5 bc	8.22 b
DMS	1.1	2.1	14.3	1.88

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Volz y Ferguson (1999) reportan en estudios con 'Braeburn' y 'Fiesta', que la concentración de calcio se incrementó en proporción del área foliar por fruto.

c. Interacción del número de frutos por fecha de corte en la concentración de calcio

El mayor contenido de este nutrimento se presentó con un fruto por racimo, para junio 13 (Figura 4.4); el caso opuesto fue observado con cuatro frutos por racimo una semana anterior. Con dos y tres frutos por racimo se obtienen líneas que cruzan en ciertas fechas, lo que parece indicar que la significancia de la interacción se debe a la fecha de corte.

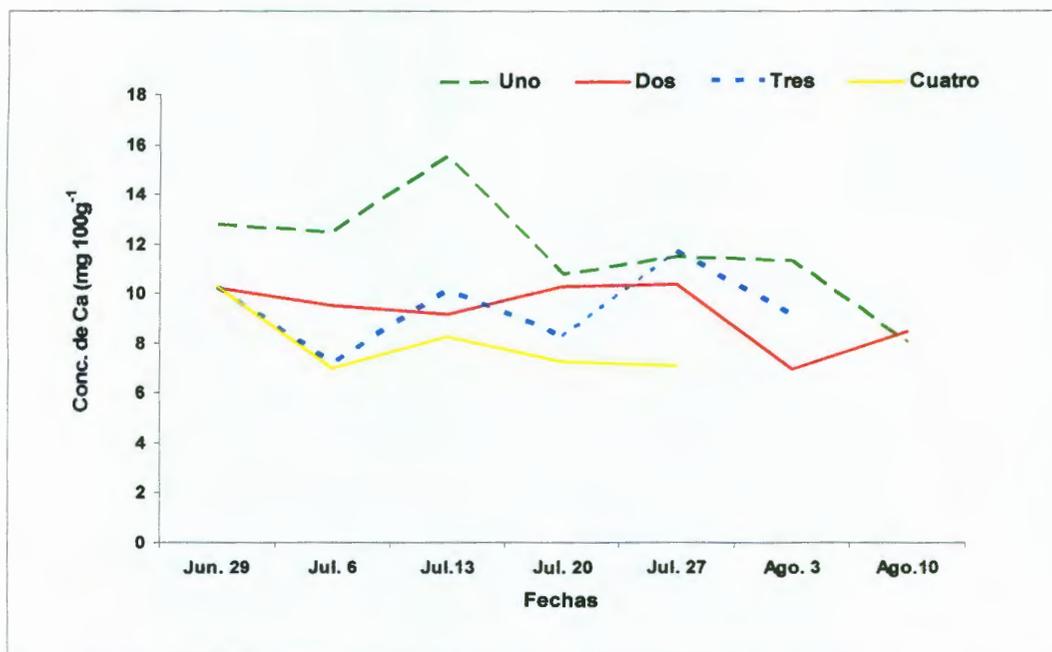


Figura 4.4. Interacción del número de racimos y la fecha de corte sobre la concentración de calcio en manzana 'Rayada' producida en Cadereyta, Qro.

4.2. Efecto del raleo en el comportamiento en poscosecha de la variedad 'Red Delicious'

4.2.1. Peso y diámetro

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.10 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística para el peso y el diámetro del fruto. Se observó un efecto altamente significativo del tiempo de almacenamiento con relación a los diámetros ecuatorial y meridional, sin embargo no es reflejado en el peso, por su parte el raleador mostró efectos significativos en el peso y el diámetro meridional. Respecto a las interacciones, no hubo diferencia significativa entre los factores de estudio (raleador vs. tiempo de almacenamiento) indicando que el comportamiento poscosecha de la variedad 'Red Delicious' no se vió afectado.

Tabla 4.10. Valores de “F” y significancia estadística para el peso del fruto y el diámetro en manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Peso	Diámetro ecuatorial	Diámetro meridional
Tiempo de almacenamiento	0.82 ns	13.92 **	24.12 **
Raleador	2.38 *	0.88 ns	2.21 *
Interacción	0.59 ns	0.97 ns	1.14 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

La Tabla 4.11 muestra la comparación de medias para el peso y los diámetros en función del tiempo de almacenamiento. Estadísticamente los resultados del peso del fruto fueron iguales, aunque se observó un decremento en los valores conforme transcurrió el tiempo, debido a la deshidratación que el fruto sufre durante el almacenamiento (Westwood, 1993). Por ejemplo, a los 90 días se tuvo una pérdida de 4.9 g respecto a los 30 días (94.4 g) y a los 0 días el promedio fue de 101.03 g (Zavala, 2005). Cabe señalar, que tanto para ‘Red Delicious’ como para ‘Golden Delicious’ los resultados iniciales al tiempo “0” (después de la cosecha) fueron de una investigación previa que se llevó a cabo al momento de la cosecha.

Tabla 4.11. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el peso y el diámetro del fruto, de manzana ‘Red Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	Peso (g)	Diámetro ecuatorial (mm.)	Diámetro meridional (mm.)
30 días	94.40 a	61.39 a	56.78 a
60 días	93.37 a	60.29 a	50.85 b
90 días	89.52 a	53.21 b	50.57 b
DMS	9.90	3.99	2.60

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Student $\alpha=0.05$)

Es de hacer notar que en los diámetros ecuatorial (DE) y meridional (DM), sí hubo diferencias significativas entre los días de almacenamiento, registrándose a los 30 días los valores más altos (61.39 mm. y 56.78 mm.). Sánchez (2001) midió durante el almacenamiento el DE y el DM de distintas variedades y el resultado de las muestras confundidas con respecto al tiempo fueron superiores a los presentados en la Tabla 4.11. A los 0 días obtuvo 64.4 y 60.1 mm, y a los 150 días, 61.5 y 56.8 mm., respectivamente.

Durante el almacenamiento en frío los frutos poseen una actividad metabólica muy baja, lo cual retarda notablemente los procesos normales que implican un avance en madurez. Por ello es necesario mantener una cadena de frío desde la cosecha hasta la distribución al público, procurando tener óptima calidad en la selección de los frutos para así prolongar la vida útil del producto (Alvarado *et al.*, 2004).

b. Efecto del raleador

De acuerdo con la Tabla 4.12, el mayor peso del fruto se obtuvo con BA a 50 ppm (108.0 g), aunque este tratamiento solamente fue significativamente diferente al testigo (85.0 g). Los resultados aquí obtenidos concuerdan con Zavala (2005).

Tabla 4.12. Efecto del raleador sobre el peso y diámetro de manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Raleador	Peso del fruto (g)	Diámetro ecuatorial (mm.)	Diámetro meridional (mm.)
BA 50 ppm	108.05 a	64.73 a	55.83 a
Carbaril 400 ppm	105.34 a b	63.50 a	54.21 a
BA 75 ppm	104.30 a b	62.22 a	54.09 a
ANA 10 ppm	103.44 a b	62.19 a	53.13 a
Carbaril 600 ppm	100.10 a b	61.66 a	52.68 a
Raleo manual	99.08 a b	61.11 a	52.41 a
ANA 5 ppm	95.40 a b	59.54 a	50.54 a
Testigo	85.09 b	59.40 a	50.06 a
DMS	19.56	10.18	6.85

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Investigaciones realizadas por Greene y Autio (1994) en la variedad 'Starkrimson Delicious' mostraron que usando BA a una dosis de 75 mg L⁻¹ se incrementó de manera significativa el peso. Yuan y Greene (2000a) utilizando la variedad 'McIntosh' reportaron una relación proporcional entre la concentración usada de BA y la respuesta de peso en el fruto. Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos en el presente estudio, pues a una concentración menor de BA el valor de peso es mayor (108.0 g).

En lo que respecta al diámetro ecuatorial y meridional, no se presentaron diferencias estadísticas, tal como se mostró en el análisis de varianza. Es decir, que estos resultados no reflejan las diferencias en peso que se obtuvieron con los distintos raleadores.

4.2.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.13 se aprecian diferencias importantes en la ATT y en las semillas no viables del fruto para el tiempo de almacenamiento mientras que, para el raleador empleado, se detectaron efectos significativos en SST y número de semillas viables. Sin embargo, no se presentaron interacciones entre el tiempo de almacenamiento y el raleador, lo que nuevamente indicaría que el raleador no afectó el comportamiento en poscosecha respecto al tiempo de almacenamiento de la variedad 'Red Delicious'.

Tabla 4.13. Valores de "F" y significancia estadística para SST, ATT y número de semillas en manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	SST	ATT	Número de semillas	
			Viables	No viables
Tiempo de almacenamiento	0.05 ns	1.53**	0.19 ns	16.42**
Raleador	5.41**	0.74 ns	1.10**	0.52 ns
Interacción	0.69 ns	0.31ns	1.47 ns	1.58 ns

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

En general no se encontró variabilidad en el contenido de SST (Tabla 4.14), aunque se observó un mínimo aumento conforme el tiempo de almacenamiento transcurrió. Al momento de la cosecha se registró un valor de 11.5 °Brix (Zavala, 2005) y a los 90 días se registró 11.6 °Brix, cifra ligeramente mayor al valor inicial. Este incremento es de esperarse tomando en consideración que la manzana es un fruto climatérico y que alcanza su máxima climatérico conforme transcurre el tiempo de almacenamiento (Sánchez, 2001). Además hay que considerar que el fruto se va deshidratando y tiende a concentrar azúcares (Fennema, 1996).

Tabla 4.14. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	SST (°Brix)	ATT (%)	Número de semillas	
			Viables	No viables
30 días	11.51 a	0.28 a	6.75 a	1.04 b
60 días	11.56 a	0.28 a	6.54 a	2.70 a
90 días	11.60 a	0.25 b	6.66 a	1.50 b
DMS	0.78	0.02	0.83	0.74

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Fernández (2003) durante 35 semanas, evaluó el comportamiento de SST en 'Red Delicious', no encontrando una tendencia clara a aumentar o disminuir.

El contenido de SST en los frutos está constituido de 80 a 95% de azúcares; y ésta determinación se encuentra asociada, por lo tanto, con los azúcares disueltos en el jugo celular. Para otras especies, como la chirimoya y el durazno, se han señalado comportamientos donde la tendencia de los SST aumenta a medida que el proceso de maduración se va desarrollando (Kader y Mitchell, 1989). Cabe señalar que durante la maduración del fruto se da un incremento en los SST debido a la degradación de grandes cadenas de carbohidratos almidones presentes en el fruto. En cuanto el fruto entra a la senescencia, los azúcares se ven disminuidos por su utilización en el metabolismo del fruto (Wills *et al.*, 1989).

Por lo que respecta a la ATT, a los 0 días se obtuvo un valor de 0.25% (Zavala, 2005) y en la Tabla 4.14 se observó que conforme el estado de madurez del fruto aumentaba, la ATT disminuía. En Cadereyta, Fernández (2003) corroboró éste comportamiento en manzanas 'Red Delicious' que fueron almacenadas 5 y 30 semanas reportando 0.20% y 0.13% de ácido málico, respectivamente y también en frutos de otras especies se ha observado esta tendencia como son la zarzamora (Jennings, 1988) y el níspero (López, 1998). Después de cosechado el fruto, parte de los ácidos orgánicos se utilizan en la respiración del mismo, éstos son considerados una reserva de energía y tienden a disminuir durante la mayor actividad metabólica que ocurre en la maduración en poscosecha (Wills *et al.*, 1989).

Respecto al número de semillas viables, se apreció que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, caso contrario para las no viables, donde a los 60 días de almacenamiento se tuvo un valor de 2.7 con 1.6 unidades de diferencia respecto al menor valor que correspondió a los primeros 30 días. Para los 0 días se registró un valor de 6.51 de semillas totales. Entre los tratamientos, el número de semillas totales difiere un poco, oscilando entre 7.7 y 9.2. Se ha reportado que para alcanzar un tamaño máximo de 'Delicious' se requiere un mínimo de 9 semillas por fruto (Yuan y Greene, 2000a).

La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual éstas conservan su capacidad para germinar. Este período es variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Pueden haber semillas que germinan, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. En el extremo opuesto están las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es el caso de las semillas de arce (*Acer*), sauces (*Salix*) y olmos (*Ulmus*) que pierden su viabilidad en unas semanas ó meses (Hartmann y Kester, 1976).

b. Efecto del raleador

En la Tabla 4.15 se observa que el contenido de sólidos solubles totales (SST), expresado en °Brix, fluctuó entre 10.9 (BA a 75 ppm) y los 13.0 (BA a

50 ppm). Siendo BA quien presenta un efecto significativo a comparación de los demás tratamientos.

Tabla 4.15. Efecto del raleador sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Fecha de corte	SST (°Brix)	ATT (%)	Número de semillas	
			Viables	No viables
BA 50 ppm	13.02 a	0.28 a	6.55 a b	2.22 a
Carbaril 400 ppm	12.10 ab	0.29 a	7.22 a	1.77 a
Testigo	11.78 ab	0.24 a	6.66 a b	1.88 a
Carbaril 600 ppm	11.65 b	0.28 a	6.77 a	1.44 a
ANA 10 ppm	11.17 b	0.27 a	6.77 a	1.66 a
Raleo manual	11.12 b	0.26 a	6.77 a	1.77 a
ANA 5 ppm	11.06 b	0.26 a	5.77 b	1.77 a
BA 75 ppm	10.94 b	0.26 a	6.66 a b	1.44 a
DMS	1.34	0.04	0.77	1.95

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Estudios realizados por Ouma y Matta (2002), donde usaron carbaril a concentraciones de 0.05, 0.1 y 0.2% y accel a 25, 50 y 75 ppm, reportaron incremento en los SST de los cultivares 'Empire' y 'Jon-A-Red'. Zavala (2005) en 'Red Delicious' usó carbaril a 400 ppm y también reportó un incremento en el contenido de azúcares totales.

El aumento de los azúcares presentes en el fruto se debe a la hidrólisis de almidón y/o síntesis de sacarosa, y de oxidación de ácidos, consumidos en la respiración (desdoblamiento de sustancias de reserva) (Fernández, 2001)

Los resultados de ATT y de semillas no viables no muestran diferencias entre los raleadores usados. En contraste, el número de semillas viables mostró efectos significativos, por mencionar un ejemplo se observó que aplicando carbaril a 400 ppm se cuantificaron más semillas viables (7.22) mientras que con ANA a 5 ppm el número fue menor (5.77).

Los resultados de semillas viables obtenidos en este estudio coinciden sensiblemente con otros trabajos realizados en el mismo cultivar, donde se ha

observado que la aplicación de ANA provocó reducción de semillas en los frutos (Greene y Autio 1994; Zavala, 2005). Aunque también se tienen otros resultados en cultivares como 'McIntosh', 'Golden Delicious', 'Winesap', 'Jonathan', 'Empire', 'Jon-A-Red' y 'Braeburn', donde el número de semillas no fue afectado por el raleador (Dennis, 2000; Ouma y Matta, 2002).

Uno de los mecanismos de acción por el cual se sugiere que ANA actúa como raleador es inhibiendo el crecimiento de las semillas, lo cual presumiblemente reduce la habilidad de los frutos para competir por nutrientes, provocando su caída. (Dennis, 2002).

4.2.3. Resistencia a la punción y a la compresión

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.16 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística para la resistencia a la punción y a la compresión. Únicamente se observó un efecto significativo en la resistencia a la compresión, del tiempo de almacenamiento y el raleador.

Tabla 4.16. Valores de "F" y significancia estadística para la resistencia a la punción, a la compresión en manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
Tiempo de almacenamiento	1.13 ns	0.51 ns	13.66 **
Raleador	2.08 ns	2.07 ns	3.46 **
Interacción	0.39 ns	0.78 ns	0.88 ns

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

En la Tabla 4.17 se muestran las pruebas de medias para la resistencia a la punción (cáscara y pulpa) y a la compresión de los frutos a través del tiempo. A pesar de que solo se detectaron diferencias significativas en esta última, se observó en las tres variables una disminución conforme transcurrió el tiempo.

A los 0 días, los resultados obtenidos de resistencia a la cáscara y a la pulpa, fueron de 31.34 N y 14.34 N respectivamente, mientras que los de resistencia a la compresión fue de 157.39 N (Zavala, 2005). No obstante, el abatimiento más pronunciado y significativo se tuvo en la resistencia a la compresión, existiendo un rango de 46.5 N entre los 30 y 90 días, por tanto, estadísticamente el primer tratamiento (a los 30 días) fue diferente a los demás (165.4 N).

Tabla 4.17. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia a la punción y a la compresión en manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
30 días	30.47 a	13.25 a	165.42 a
60 días	29.63 a	13.08 a	121.06 b
90 días	29.55 a	12.90 a	118.96 b
DMS	1.61	0.84	8.35

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con estudios realizados en 'Honeycrisp', 'Macoun', 'Honeygold', 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', donde se reportó que la turgencia celular en frutos se vio disminuida durante el tiempo de almacenamiento (Tong *et al.*, 1999; Sánchez, 2001 y Fernández 2003), lo cual se debió, en parte, a la evaporación y pérdida de agua del tejido del fruto durante su almacenamiento prolongado (Álvarez, 1996).

El ablandamiento es generalmente considerado indeseable en el proceso de maduración en las manzanas, pues el consumidor tiende a preferir manzanas firmes, jugosas, crujientes y frescas, pero además, facilita la colonización y desarrollo de patógenos, tales como hongos y bacterias. El ablandamiento está asociado con un incremento en la actividad de la pectina metil esterasa (PME) y en la reducción de la esterificación de las fracciones pécticas (Johnston y Hewett, 2002).

b. Efecto del raleador

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con respecto a la resistencia a la punción (Tabla 4.18), destacó ANA a 5 ppm, pues obtuvo los niveles más altos en ambas variables (30.4 N y 13.6 N, respectivamente). Carbaril a 400 ppm incrementó la resistencia a la compresión, con un valor de 167.9 N a comparación del testigo con 146.0 N, estos resultados coincidieron con lo reportado por Zavala (2005).

Tabla 4.18. Efecto del raleador sobre la resistencia a la punción, a la compresión en manzana 'Red Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Raleador	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
ANA 5 ppm	30.49 a	13.69 a	146.09 b
Carbaril 400 ppm	30.41 a	13.61 a	159.84 a b
Carbaril 600 ppm	30.20 a	13.48 a	167.90 a
BA 75 ppm	29.98 a	12.89 a	163.05 a b
ANA 10 ppm	29.61 a	12.62 a	150.57 a b
BA 50 ppm	29.13 a	12.54 a	152.69 a b
Testigo	28.85 a	12.52 a	156.06 a b
Raleo manual	28.46 a	11.26 a	152.94 a b
DMS	3.24	2.69	18.85

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Wisner *et al.* (1995) observaron una disminución en firmeza en la variedad '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) reportaron una disminución de firmeza en los frutos aplicando BA a 0.05, 0.1 y 0.15 mg g^{-1} . No obstante, Greene y Autio (1994) detectaron un incremento en la firmeza de manzanas 'McIntosh' tratadas con BA, lo que atribuyeron a la mayor cantidad de células presentes en los frutos raleados, como efecto del regulador de crecimiento aplicado.

Las auxinas y las giberelinas reducen la firmeza del fruto, aunque las auxinas pueden promover el ablandamiento para inducir la producción de etileno (Curry y Greene, 1993). En contraste, el uso de citoquininas y compuestos

citoquínicos favorecen la firmeza antes y después del almacenamiento (Elfving y Lougheed, 1994).

A manera de resumen respecto a los resultados de 'Red Delicious', se puede mencionar que no hay interacción entre el tiempo de almacenamiento y el raleador utilizado, a pesar de que se esperaba ver algún efecto del raleador sobre el comportamiento en poscosecha de la manzana.

4.3. Efecto del raleo en el comportamiento en poscosecha de la variedad 'Golden Delicious'

4.3.1. Peso y diámetro

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.19 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística para el peso y los diámetros del fruto. El tiempo de almacenamiento afectó el diámetro ecuatorial y meridional, mientras que el raleador afectó el peso y el diámetro ecuatorial. Asimismo, es de hacer notar que, a diferencia de lo ocurrido con 'Red Delicious', se presentaron interacciones significativas entre los dos factores de estudio para peso y diámetro ecuatorial del fruto.

Tabla 4.19. Valores de "F" y significancia estadística para el peso y el diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Peso	Diámetro ecuatorial	Diámetro meridional
Tiempo de almacenamiento	2.31 ns	32.60 *	25.19 *
Raleador	2.39 *	4.15 **	1.48 **
Interacción	1.88 *	1.84 *	2.51 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

En la Tabla 4.20 se advierte una pérdida de peso del fruto durante el almacenamiento, la cual sin embargo no fue significativa, a reserva de lo que ocurrió con los diámetros ecuatorial y meridional, lo cual fue de esperarse, pues

una vez cosechado el fruto éste tiende a perder agua debido a que la presión de vapor de agua del medio externo es menor que la del fruto internamente (Westwood, 1993). El mayor peso promedio del fruto fue de 73.4 g, correspondiente a los 30 días de almacenamiento, mientras que para 0 días de almacenamiento fue de 78.81 g (Zavala, 2005).

Tabla 4.20. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el peso y el diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	Peso (g)	Diámetro ecuatorial (mm.)	Diámetro meridional (mm.)
30 días	73.48 a	59.51 a	54.97 a
60 días	68.48 a	58.11 a	52.26 a
90 días	68.44 a	54.54 b	45.44 b
DMS	7.42	2.35	3.16

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Student $\alpha=0.05$)

La pérdida de agua trae como consecuencia una disminución de peso a lo largo del tiempo, esta pérdida es irreparable y los frutos tienen que recurrir al contenido poseído en el momento de la transpiración. El agua, generada por un gradiente entre la atmósfera y el fruto, se mueve a través de una serie de aberturas (estomas y lenticelas), fenómeno conocido como transpiración (Alvarado *et al.*, 2004).

b. Efecto del raleador

En la Tabla 4.21 se presenta la prueba de medias de los diferentes tratamientos de raleo para el peso y los diámetros. Referente al peso del fruto, se aprecian diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el raleo manual donde se obtuvo el mayor peso (91.9 gr) y el único diferente con relación al testigo. Por su parte, carbaril en ambas dosis (400 y 600 ppm), ANA a 5 ppm y BA a 50 ppm, también mostraron buenos resultados. En los diámetros se observaron diferencias significativas de acuerdo a los raleadores utilizados, los valores mayores pertenecientes al raleo manual y los menores al testigo.

Tabla 4.21. Efecto del raleador sobre el peso y el diámetro de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Raleador	Peso (g)	Diámetro ecuatorial (mm.)	Diámetro meridional (mm.)
Raleo manual	91.93 a	59.52 a	53.37 a
Carbaril 600 ppm	85.22 a b	58.87 a	51.71 a
Carbaril 400 ppm	79.96 a b	58.74 a b c	48.96 a b
ANA 5 ppm	79.14 a b	57.08 a b c	48.87 a b
BA 50 ppm	76.59 a b	56.50 b c	47.97 b
BA 75 ppm	73.48 b	54.42 c	43.33 b c
Testigo	73.04 b	54.22 c	40.10 c
ANA 10 ppm	72.21 b	55.79 b c	45.06 b c
DMS	15.33	6.06	8.38

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Como es conocido los raleadores químicos usualmente incrementan el tamaño del fruto pues su acción es reducir el número de frutos y, por lo tanto, la competencia por la cantidad de metabolitos restantes del fruto en el árbol. La combinación de los carbamatos, como el carbaril y el etefón provee una mayor capacidad raleadora que cada material por si solo no tendría y en algunas ocasiones resulta en un sobreraleo (Marini, 2004). Por otro lado, se han encontrado evidencias publicadas en la literatura respecto a la alta efectividad de la mezcla de BA y carbaril (Elfvig y Cline, 1993; Greene y Autio, 1994). Esta mezcla es excepcionalmente fuerte, a menudo causa una gran reducción en el total de la producción de manzanas, por esta razón la mezcla parece ser particularmente útil para cultivares difíciles de ralear (Basak, 2004) como es el caso de 'Golden Delicious'.

c. Interacción del tiempo de almacenamiento por raleador en el peso y el diámetro ecuatorial del fruto

En la Figura 4.5 se observa la evolución del peso del fruto en función del tiempo de almacenamiento y del raleador empleado. El raleo manual, carbaril a 400 y 600 ppm fueron los raleadores donde la disminución del peso fue menor, mientras

que en ANA a 10 ppm y en el tratamiento testigo hubo una mayor disminución a través del tiempo.

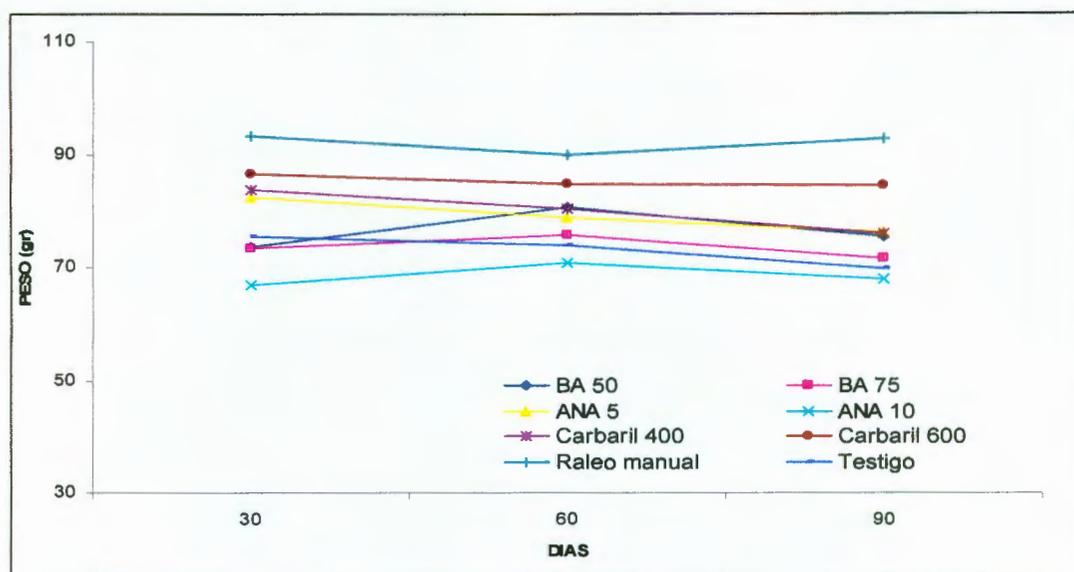


Figura 4.5. Interacción del tiempo de almacenamiento y del raleador en el peso de la manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

En la Figura 4.6 se muestra la interacción de los días de almacenamiento y el raleador empleado. El raleo manual y carbaril a 400 ppm presentaron un buen comportamiento en poscosecha respecto al tiempo de almacenamiento, pues conforme transcurrió el tiempo se tuvo menor pérdida de peso, reflejándose en el diámetro ecuatorial del fruto y claramente se observaron interacciones de carbaril a 600 ppm y ANA a 5 y 10 ppm.

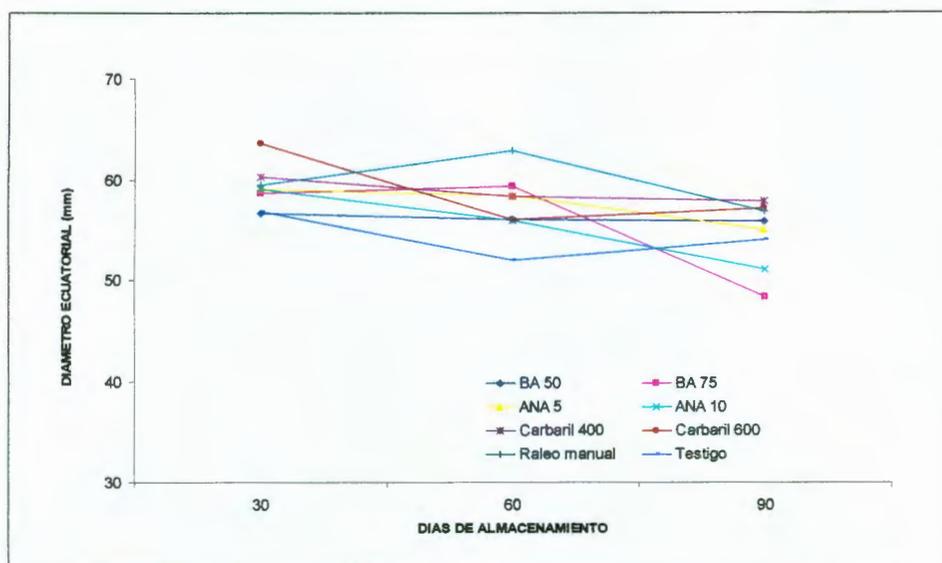


Figura 4.6. Interacción del tiempo de almacenamiento y del raleador en el diámetro ecuatorial de la manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

4.3.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.22 se muestran los valores de "F" y la significancia estadística para los SST, la ATT y el número de semillas. Se observó que no hubo efecto significativo de los factores en relación a las variables, excepto por el número de semillas no viables con respecto al tiempo de almacenamiento.

Tabla 4.22. Valores de "F" y significancia estadística para SST, ATT y el número de semillas en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	SST	ATT	Número de semillas	
			Viables	No viables
Tiempo de almacenamiento	0.64 ns	0.89 ns	0.56 ns	3.36 *
Raleador	0.66 ns	1.98 ns	1.72 ns	1.84 ns
Interacción	0.26 ns	0.45 ns	1.10 ns	0.81 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)
ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

En la Tabla 4.23 se muestra el comportamiento a través del tiempo de los sólidos solubles totales, la acidez y el número de semillas. No se observaron efectos significativos entre los tratamientos para los SST ni para el número de semillas viables, mientras que sí los hay para ATT. Los SST tendieron a incrementarse con el tiempo de almacenamiento (10.6 a 11.0), mientras que la ATT disminuyó (0.4 a 0.3). A los 0 días los resultados para SST y ATT habían sido de 10.20 y de 0.38, respectivamente (Zavala, 2005). Puede aseverarse que existió una combustión de ácidos y polisacáridos a sólidos solubles; esto concuerda con lo reportado en la literatura, a saber, que durante la maduración del fruto, los azúcares se incrementan debido a la ruptura de cadenas de almidón, hemicelulosa y sustancias pécticas (Wills *et al.*, 1989).

Tabla 4.23. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	SST (°Brix)	ATT (g L ⁻¹ de ác. málico)	Número de semillas	
			Viables	No viables
30 días	10.65 a	0.45 a	7.54 a b	2.41 a
60 días	10.89 a	0.38 b	7.95 a	2.16 a
90 días	11.00 a	0.32 c	7.33 b	2.33 a
DMS	0.67	0.06	0.60	0.60

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha = 0.05$)

Por su parte, Sánchez (2001) evaluó la evolución de los SST en nueve variedades de manzana y observó un aumento en los valores conforme el tiempo transcurrió, pasando de 14.77 a 0 días de almacenamiento, hasta 16.03 obtenidos a los 150 días de almacenamiento. Cabe mencionar que los valores que él obtuvo fueron superiores a los reportados en la Tabla 4.23. En 'Golden Delicious' Fernández (2003) reportó una disminución en SST, esto se puede atribuir a que, cuando la intensidad respiratoria aumenta, los sólidos solubles disminuyen debido a que una parte de los azúcares está siendo utilizada en el proceso respiratorio,

aunque cabe mencionar que muchas veces la síntesis de azúcares es mayor a la gastada en respiración (Wills *et al.*, 1998).

Los resultados de ATT mostraron un descenso, generalmente se considera que la acidez decrece al avanzar el proceso de maduración, debido a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos durante la respiración (Alvarado *et al.*, 2004).

El tamaño del fruto usualmente se relaciona de manera proporcional con el número de semillas (Yuan y Greene, 2000a), y puede variar para diferentes localidades, años, cargas de cultivo y cultivares (Lee, 2004). Para este caso, los resultados no presentan alguna relación entre el peso y el número de semillas viables. A los 0 días de almacenamiento se había obtenido un valor de 7.61 para las semillas totales (Zavala, 2005). En los tratamientos de almacenamiento, el número de semillas totales fue similar, presentándose un intervalo de 9.6 a 10.1 semillas por fruto, valores ligeramente superiores a 'Red Delicious' producida en la misma huerta (ver Tabla 4.15).

b. Efecto del raleador

En la Tabla 4.24 se observa que en el tratamiento del raleo manual la concentración de SST resultó la más alta (11.3), siendo diferente estadísticamente solo al tratamiento testigo (9.5), estos resultados coinciden con Zavala (2005). Diversos estudios relacionados con el efecto del raleo sobre la calidad del fruto han sido realizados, se puede citar a Greene y Autio (1994) quienes evaluaron el efecto solo y combinado de BA, ANA y carbaril en 'Redspur Delicious', en SST reportaron 10.4 % (BA), 10.1 % (ANA), 10.6 % (carbaril) y 11.2% (combinación de BA y carbaril); Elfving y Loughheed (1994) utilizaron BA y ANA en 'Empire' almacenando el fruto durante 19 semanas a 0.5 °C, ellos reportaron un ligero incremento en los SST debido al almacenamiento, de 11.6 a 12.1 % (BA) hasta 11.8 a 12.7 % (ANA).

Tabla 4.24. Efecto del raleador sobre SST, ATT y número de semillas de manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Raleadores	SST (°Brix)	ATT (g L ⁻¹ de ác. málico)	Número de semillas	
			Viabiles	No viabiles
Raleo manual	11.32 a	0.44 a	7.11 a	2.88 a
ANA 5 ppm	11.26 a	0.42 a	7.00 a	2.66 a
ANA 10 ppm	10.86 a	0.38 a b	8.11 a	1.66 a
Carbaril 400 ppm	10.77 a	0.40 a	7.88 a	2.22 a
BA 75 ppm	10.76 a	0.35 b	7.66 a	2.11 a
Carbaril 600 ppm	10.65 a	0.38 a b	7.55 a	2.33 a
BA 50 ppm	10.57 a	0.35 b	7.66 a	2.33 a
Testigo	9.57 b	0.38 a b	7.88 a	2.22 a
DMS	0.88	0.03	1.27	1.23

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

En lo que concierne a la ATT, se observaron diferencias estadísticas entre los raleadores empleados; nuevamente el raleo manual destacó por su valor. Comparando estos resultados con los obtenidos en 'Red Delicious' se mostró que BA a una dosis de 50 ppm produjo mejores resultados en SST (13.0) que en 'Golden Delicious' (10.5). De igual forma en ATT, se tuvo que las manzanas 'Red Delicious' son menos ácidas, pues presentaron un rango mucho menor (0.24 a 0.29) que las manzanas 'Golden Delicious' (0.38 a 0.44).

El número de semillas no presentó diferencias estadísticas, en las viabiles se tuvo como máximo 8.1 correspondiente a ANA a 10 ppm y el mínimo de las no viabiles también corresponde a ANA con 1.66.

Yuan y Greene (2000b) probaron diferentes concentraciones de BA en 'McIntosh' y evaluaron el número de semillas viabiles y no viabiles del fruto. Sus resultados mostraron que, conforme aumentaba el número de semillas viabiles y el número de hojas por fruto, las semillas no viabiles disminuyeron. BA decrece significativamente el número de semillas viabiles solo cuando las hojas que rodean la rama son menores de cuatro. Estos resultados sugieren que la reducción de carbohidratos provee una disminución en el número de hojas. Byers *et al.* (1990) en el fruto de 'Redspur Delicious' reportó que el sombreado, el cual disminuye la

fotosíntesis y por consiguiente los carbohidratos disponibles para el desarrollo del fruto y causa aborto en las semillas.

Greene y Autio (1994) argumenta que el transporte basipétalo de la auxina dentro del fruto carente de semillas puede tener reducción en los niveles de calcio, porque las auxinas están presentes en cantidades reducidas. Por lo tanto, ellos sugieren que las semillas producidas por auxinas son las causantes del transporte de calcio, ésto difiere con Ouma y Matta (2002) quienes no encontraron una vinculación del transporte de calcio con las semillas producidas por las auxinas.

El número de semillas se relacionada con el amarre del fruto, su retención y crecimiento, su origen es rico en hormonas. Greene y Yuan (2000) en el cultivar 'McIntosh', encontraron que el número total de semillas fue más bajo para los frutos que presentaron abscisión, independientemente del tratamiento con BA.

4.3.3. Resistencia a la punción y a la compresión

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.25 se advierte que el tiempo de almacenamiento y el raleador afectaron tanto la resistencia a la punción como a la compresión. Sin embargo, no se presentaron interacciones entre los dos factores de estudio.

Tabla 4.25. Valores de "F" y significancia estadística para la resistencia a la punción y a la compresión en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Factor	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
Tiempo de almacenamiento	8.98**	10.95 **	47.85 **
Raleador	3.32**	2.75 **	4.82 **
Interacción	0.90 ns	1.19 ns	1.46 ns

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del tiempo de almacenamiento

La firmeza de la manzana disminuyó en las tres variables consideradas respecto al tiempo de almacenamiento. La resistencia a la punción debida a la

cáscara comenzó con valores altos a los 30 días (25.8 N) y finalizó con tres unidades abajo a los 90 días (22 N) (Tabla 4.26). La respuesta que tuvo el fruto a la resistencia a la cáscara y a la pulpa a los 0 días de almacenamiento había sido de 27.58 N y de 10.97 N, respectivamente (Zavala, 2005). Esto concuerda con lo reportado en la literatura en el sentido de que los frutos pierden firmeza durante su almacenamiento prolongado (Wills, *et al.*, 1989 y Fernández, 2003). Por su parte, la pulpa, presenta diferencias pequeñas a través del tiempo (11.4 a 10.3).

Tabla 4.26. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la resistencia a la punción y a la compresión en manzana ‘Golden Delicious’ producida en Cadereyta, Qro.

Tiempo de almacenamiento	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
30 días	25.86 a	11.40 a	112.00 a
60 días	22.19 b	11.38 a	95.26 b
90 días	22.00 b	10.39 a	87.14 c
DMS	1.27	0.64	7.56

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

En la misma tabla se observó una disminución considerable en la resistencia a la compresión del fruto en función del tiempo de almacenamiento, fluctuó de 112 a 87.1 N. Es importante considerar que el valor a los 0 días había sido de 121.92 N (Zavala, 2005). El hecho de que esta variable fue más afectada pudo ser debido al sistema de refrigeración empleado (frío convencional); ya que se sabe que la mejor alternativa para conservar este fruto es el almacenamiento en atmósfera controlada, aunque los costos obviamente se ven incrementados (Moggia *et al.*, 1999). DeEll y Prange (1992) evaluaron la firmeza de manzanas ‘McIntosh’ durante su el almacenamiento en atmósferas controladas, encontrando una reducción de 63 a 58 N en un lapso de cuatro a ocho meses, respectivamente y de 43 y 38 N en frío convencional.

Lee y Smith (1995) al estudiar diversos parámetros en rebanadas de manzanas peladas, de 12 cultivares, almacenadas durante 12 días a 2 y a 3 °C con una H.R del 12%, observaron un decremento en la firmeza durante los primeros

siete días de almacenamiento (de 1.5 a 19%), y hasta los 12 días (de 15.5 a 52.9%). Un problema fundamental en extender la vida de anaquel de las frutas mínimamente procesadas, es la pérdida de la firmeza durante el almacenamiento y la distribución, debido a la acción de las enzimas endógenas relacionadas con la degradación de la pared celular y de los microorganismos.

b. Efecto del raleador

No hay diferencias significativas en ninguna de las variables, sin embargo, cabe mencionar que carbaril a 400 ppm propició los valores más altos de resistencia a la punción y a la compresión (Tabla 4.27). Resultados negativos se obtuvieron al usar una dosis más alta del mismo raleador, no obstante, al ralear 'Red Delicious' con carbaril a 600 ppm los resultados fueron exitosos.

Tabla 4.27. Efecto del raleador sobre la resistencia a la punción, y a la compresión en manzana 'Golden Delicious' producida en Cadereyta, Qro.

Raleador	Resistencia a la punción (N)		Resistencia a la compresión (N)
	Cáscara	Pulpa	
Carbaril 400 ppm	25.06 a	11.54 a	109.01 a
BA 50 ppm	24.81 a	11.47 a	106.18 a
BA 75 ppm	24.05 a	11.73 a	99.68 a
ANA 5 ppm	23.95 a	11.11 a	96.73 a
ANA 10 ppm	23.88 a	10.82 a	97.27 a
Raleo manual	23.94 a	10.57 a	90.47 a
Testigo	23.48 a	10.57 a	92.87 a
Carbaril 600 ppm	23.32 a	10.65 a	92.86 a
DMS	2.74	1.46	21.24

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Los resultados de resistencia a la compresión de 'Red Delicious' (146.0 a 167.9 N) contrastaron con los de 'Golden Delicious' (90.4 a 109.1 N), lo que confirmo que ésta última fue menos firme y crujiente que 'Red Delicious', lo cual está bien documentado en otros estudios (Fernández 2003 y Zavala, 2005).

La textura de los frutos se debe a la estructura de la pared celular y a la presión interna entre las células (turgencia), Huber (1983) mencionó que la pérdida de firmeza se ha asociado al incremento en la actividad pectinolítica de algunas enzimas (D-galacturonasas), como consecuencia de la maduración del fruto. Dichas enzimas solubilizan las estructuras pécticas de la lámina media y desestabilizan la pared celular del tejido.

4.4. Efecto del raleo y del portainjerto en la calidad de la variedad 'Gala'

4.4.1. Peso y diámetro

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.28 se observa que el portainjerto influye en el peso y en algunas de las categorías las clasificación de tamaño (1, 4 y 5), excepto en la número 2; mientras que, en contra de lo esperado, el raleo solo afectó las categorías 2, 3 y 5, aunque no el peso. Finalmente, solo fue encontrada una interacción significativa (raleador x portainjerto) para la categoría 2.

Tabla 4.28. Valores de "F" y significancia estadística para el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

FACTOR	PESO	CATEGORIA DE TAMAÑO				
		1 (3 in)	2 (2 ¾ in)	3 (2 ½ in)	4 (2 ¼ in)	5 (2 in)
Portainjerto	18.67 **	7.09 **	10.64 **	1.27 ns	7.72 **	3.65 **
Raleador	0.63 ns	0.84 ns	4.45 **	5.58 **	2.23 ns	4.17 **
Interacción	1.98 ns	1.39 ns	2.29 **	1.08 ns	1.59 ns	1.21 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del portainjerto

En la Tabla 4.29 se aprecia que con el portainjerto M.26 EMLA se obtuvo el mayor peso del fruto (134.2 g), clasificándose en segunda categoría el mayor porcentaje (37%); con el portainjerto V.1 se obtuvo el mayor porcentaje de primera categoría (10%) en contraste, en B.9 se obtuvieron frutos más pequeños (83.4 g.) y

casi el 50% de la fruta de los árboles injertados sobre este patrón se clasificaron en tercera categoría.

Tabla 4.29. Efecto del portainjerto sobre el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

Portainjerto	PESO (g)	CATEGORIA DE TAMAÑO				
		1 (3 in)	2 (2 ¾ in)	3 (2 ½ in)	4 (2 ¼ in)	5 (2 in)
M.26 EMLA	134.25 a	3.86 a b	36.80 a	41.33 a	16.00 b	2.00 b
V.1	132.13 a	9.86 a	33.40 a	38.06 a	16.80 b	1.86 b
B.491	107.96 b	0.00 b	10.66 b	36.00 a	38.93 a	14.40 a
M.9 EMLA	104.91 b	1.33 b	25.86 a b	43.26 a	23.80 a b	5.73 a b
B.9	83.49 c	0.33 b	12.13 b	48.13 a	32.53 a	6.86 a b
DMS	21.19	6.31	17.77	18.70	15.63	11.73

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Cabe recordar que para determinar las categorías se utilizó un calibrador con escala de 2.8 y 7.6 cm, de acuerdo a los estándares para manzana en fresco del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2002). Ésta se clasifica de acuerdo a la limpieza visual del fruto y al embalaje, como se menciona en la revisión bibliográfica los grados de calidad son Extra Fancy, Fancy, U.S No.1. Para poder compararla con al Norma Mexicana se usó el criterio de las categorías.

Estudios realizados en Massachussets, por Autio *et al.* (2000) en la variedad 'Gala', mostraron un incremento significativo en peso en los distintos portainjertos: M.9 Pajam 2 (180 g.); V.1 (175 g); B.9 (164 g.); M.9 EMLA (169 g) y M.26 EMLA (165 g).

Lorenzana (1980, citado por Martinez, 1993), encontró que 'Golden Delicious' sobre M.26 fue más productiva que sobre M.7 y MM.111. Marini (2000) concluyó que los árboles injertados sobre M.9 EMLA producen frutos más grandes que usando M.26 EMLA, lo cual se contrapone con los resultados aquí obtenidos. Este investigador también trabajó con el portainjerto B.9, pero los resultados de tamaño que obtuvo fueron inconsistentes, por ello no los compara con M.26 o M.9.

Javed *et al.* (2002), estudiaron 'Red Delicious' producida sobre dos portainjertos (M.9 EMLA y MM.106), el promedio de peso obtenido fue de 142.1 g., y 139.2 g., respectivamente. Ellos justificaron que la diferencia del peso entre los

dos portainjertos pudo ser debida al poco o mucho amarre del fruto. El mecanismo por el cual el portainjerto ejerce este control sobre el tamaño no es claro. Algunas hipótesis incluyen una reducción de nutrientes y movimiento de agua (Blake *et al.*, 1997; Kamboj *et al.*, 1997), y cambios en la concentración hormonal (Michalczuk, 2002), ambas podrían al menos ser parcialmente ciertas, debido a la anatomía de la unión del injerto de diferente combinación con en portainjerto. Otra característica deseable conferida por el portainjerto sobre el injerto incluye adelantar la maduración, mejorar la calidad del fruto e incrementar la resistencia a enfermedades (Jensen, 2003).

Se sabe que portainjertos enanizantes (B.9, M.9, V.1) producen árboles pequeños que facilitan la cosecha, la poda y la plantación de alta densidad. Por su parte Racskó *et al.* (2004), compararon los portainjertos semi-enanizantes (M.26, M.9/M.111, P.1) y vigorosos (MM.111 y francos) (Webster, 2002) con los enanizantes (V.1); observando que la floración y la densidad del fruto fueron más altas y la producción por árbol más baja en los enanizantes.

b. Efecto del raleador

Aunque no se presentaron diferencias significativas en el peso en función de los tratamientos de raleo aplicados, se observó que con ANA a 20 ppm se tuvo el mayor valor de peso (116.9 g), aunque en el tamaño el tratamiento testigo presentó frutos más grandes (4.6 vs. 4.5 %). En contraste, aplicando raleo manual se obtuvieron frutos más pequeños (106.4 g) y el mayor porcentaje se concentró en tercera (48%) y cuarta (31%) categoría. También se observó que BA produce un buen tamaño del fruto (114.1 g) (Tabla 4.30).

Tabla 4.30. Efecto del raleador sobre el peso y la categoría de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

Raleador	PESO (g)	CATEGORIA DE TAMAÑO				
		1 (3 in)	2 (2 ¼ in)	3 (2 ½ in)	4 (2 ¾ in)	5 (2 in)
ANA 20 ppm	116.98 a	4.53 a	34.13 a	25.26 b	21.73 a	14.40 a
BA 50 ppm	114.11 a	2.20 a	20.60 a	46.33 a	27.93 a	2.86 a
Carbaril 400 ppm	113.39 a	2.33 a	29.40 a	48.60 a	18.46 a	1.20 a
Testigo	111.81 a	4.66 a	19.53 a	38.53 a b	28.26 a	9.00 a
Raleo a mano	106.44 a	1.66 a	15.20 a	48.06 a	31.66 a	3.40 a
DMS	20.56	7.28	19.76	16.81	17.54	11.59

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Estudios sobre la mezcla de BA y carbaril en árboles de 'Gala' causaron incrementos en tamaño de fruto y en rendimiento del cultivo (diámetro >70 mm) comparado con otros métodos de raleo empleados (Elfving y Cline, 1993). Sin embargo, esta mezcla es excepcionalmente fuerte, a menudo causa reducción al total de la producción de manzana (Greene y Autio, 1994).

Roper *et al.* (1990), sugieren que la acción raleadora de carbaril no es completamente dependiente de la concentración utilizada, pues dosis bajas pueden ser usadas y además la combinación con ANA o NAD aumenta dicha acción. Una de sus desventajas es su toxicidad para las abejas, insectos predadores y otros insectos benéficos, éste riesgo es minimizado asperjando cuando las abejas están inactivas en el huerto.

4.4.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT), y número de semillas del fruto.

A) Análisis de varianza

El portainjerto afecta la ATT y los SST, mientras que el raleador no afecto ninguna de las variables evaluadas. Y no se observo ninguna interacción significativa (Tabla 4.31).

Tabla 4.31. Valores de "F" y significancia estadística para ATT, SST y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

FACTOR	SST (°Brix)	ATT (% ácido málico)	NÚMERO DE SEMILLAS	
			Viabiles	No viabiles
Portainjerto	5.66 **	3.03 *	1.91 ns	1.33 ns
Raleador	0.21 ns	0.58 ns	0.45 ns	1.51 ns
Interacción	0.36 ns	0.70 ns	0.84 ns	0.88 ns

* Diferencia significativa ($\alpha=0.05$)

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)

ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del portainjerto

Por lo que respecta a los SST, la concentración de azúcares en el fruto osciló entre 12.5 y 13.5 (Tabla 4.32), según el portainjerto, correspondiendo el mayor valor a B.491. Barden y Marini (1992), en la variedad 'Starkspur Supreme Delicious' injertada sobre 9 portainjertos, reportaron variaciones importantes en color y en SST, aunque no en firmeza. Kurlos y Lysiak (2001) analizaron el efecto de 15 portainjertos diferentes sobre la calidad de manzanas 'Jonagored' y detectaron que en M.9 Hol., Pajam 1 y M.9 EMLA los SST se incrementaban (14.3, 13.5 y 12.9 %).

M.26 EMLA, M.9 EMLA y V.1 incrementaron la ATT, lo que probablemente se debió a un retraso en la maduración del fruto propiciado por el portainjerto. En el ciruelo, se ha observado que la maduración temprana de los frutos está asociada con alguna dificultad en la unión de injerto, tal como una combinación incompatible, unión anormal o anillado parcial. En manzano, variedades injertadas sobre el patrón Mailing IX maduraron de 10 a 14 días antes que cuando esas mismas variedades se injertaron en patrones vigorosos (Venegas, 1999).

No se presentan diferencias estadísticas en el número de semillas viabiles ni en las no viabiles.

Tabla 4.32. Efecto del portainjerto sobre ATT, SSL y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

Portainjerto	SST (°Brix)	ATT (% ácido málico)	NÚMERO DE SEMILLAS	
			Viables	No viables
B.491	13.52 a	3.61 a b	5.86 a	3.40 a
B.9	13.16 a b	3.16 b	5.00 a	4.26 a
M.26 EMLA	13.12 a b c	3.76 a	5.13 a	4.33 a
M.9 EMLA	12.60 b c	3.71 a b	5.73 a	4.20 a
V.1	12.53 c	3.67 a b	5.13 a	4.40 a
DMS	0.62	0.52	1.09	1.40

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Las semillas u hormonas derivadas de éstas semillas presumiblemente afectan la retención del fruto indirectamente (Dennis, 1986). Se piensa que altos niveles de hormonas en las semillas causan un desvío de metabolitos al fruto, permitiéndoles competir más eficientemente con otros órganos en desarrollo de la planta. Por lo tanto, el fruto con un número normal de semillas podría tener altos niveles de hormonas y de esta manera más alta actividad metabólica o mayor cantidad de nutrimentos, destacando su éxito de supervivencia en la competencia con otros frutos, los cuales tienen relativamente menor número de semillas y brote vegetativo. Cuando la cantidad de nutrimentos es menor, tal como el fruto con un número bajo de semillas, éste compite con menor efectividad por nutrimentos y tiende a presentar abscisión (Yuan y Greene, 2000b).

Cabe señalar que la determinación de las semillas no viables se realizó en frutos que permanecieron en el árbol, no en frutos que cayeron durante la maduración.

b. Efecto del raleador

En relación a los SST, no se detectaron diferencias entre los tratamientos de raleo usados (Tabla 4.33), siendo el tratamiento testigo donde se presenta el mayor valor (13.0).

Empleando ANA a 20 ppm se obtuvieron los mayores valores de acidez (3.7) y de semillas viables (5.6).

Tabla 4.33. Efecto del raleador sobre ATT, SSL y número de semillas en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

RALEADOR	SST (°Brix)	ATT (% ácido málico)	NÚMERO DE SEMILLAS	
			Viabiles	No viabiles
Testigo	13.08 a	3.44 a	5.26 a	4.20 a
Carbaril 400 ppm	13.06 a	3.65 a	5.46 a	3.93 a
Raleo a mano	12.96 a	3.53 a	5.26 a	4.46 a
BA 50 ppm	12.92 a	3.58 a	5.20 a	4.53 a
ANA 20 ppm	12.91 a	3.70 a	5.66 a	3.46 a
DMS	0.73	0.55	1.14	1.39

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Yuan y Greene (2000a) encontraron que cuando BA es aplicado como un raleador químico, la división celular ocurre rápidamente en el fruto, y la frutilla en este estado funciona como reserva de nutrimentos. El desarrollo del fruto después de la floración es dependiente en gran parte del suministro de los fotosintatos debido al estímulo de las hojas. Johnson y Lakso (1986) mencionan que los brotes de las hojas no comienzan a exportar carbohidratos hasta que se hayan desarrollado de 10 ± 12 hojas, usualmente cuando la longitud del brote alcanza de 25 ± 30 cm.

Cuando BA es aplicada a los árboles de manzana, la fotosíntesis neta de las hojas es reducida y la disponibilidad de carbohidratos para el desarrollo de los frutos también (Yuan y Greene, 2000a). Ésta iniciativa intensifica la competencia entre el número de frutos y el crecimiento vegetativo, provocando por lo tanto más frutos con tendencia a la abscisión con un número menor de semillas.

4.4.3. Firmeza y color

A) Análisis de varianza

En la Tabla 4.34 se observa que ni el portainjerto ni el raleador afectaron la firmeza del fruto, no así para la luminosidad ("L") cuyo intervalo va de 0 % en negro a 100 % en blanco de color; ni para el valor de "a" (de verde a rojo) donde sí hubo diferencias significativas. Para el valor de "b" (de azul a amarillo) no hubo un efecto

importante de ninguno de los dos factores de estudio. Por su parte, el raleador no tuvo afectación en ninguna de las variables evaluadas. En lo que concierne a las interacciones entre los factores estudiados se observó que hay ausencia de ellas.

Tabla 4.34. Valores de "F" y significancia estadística para firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

FACTOR	FIRMEZA (N)	COLOR		
		L	a	B
Portainjerto	1.81 ns	3.58 **	3.92 **	2.12 ns
Raleador	0.55 ns	0.49 ns	0.36 ns	0.75 ns
Interacción	0.45 ns	0.62 ns	0.6 ns	0.6 ns

** Diferencia altamente significativa ($\alpha=0.01$)
 ns = No significancia

B) Comparación de medias

a. Efecto del portainjerto

En la Tabla 4.35 se observa para el caso específico de la firmeza con el portainjerto B.9 se obtuvo el mayor valor (23.2 N), sin embargo, no se encontraron diferencias importantes entre portainjerto.

En cuanto a color, la coordenada "L" que indica la luminosidad o brillo de los frutos, mostró resultados en un rango entre 50.4 para V.1 y de hasta 54.4 para M.9 EMLA, donde V.1 tuvo en promedio la tonalidad más roja en la epidermis y por consiguiente esto se manifestó en un menor valor de 'L', sin embargo se observaron mínimas diferencias entre portainjertos.

Tabla 4.35. Efecto del portainjerto sobre firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

PORTAINJERTO	FIRMEZA (N)	COLOR		
		L	a	b
B.9	23.28 a	54.03 a b	25.67 b	23.57 a b
B.491	22.98 a	50.43 b	31.22 a	22.97 a b
M.26 EMLA	22.48 a	52.17 a b	29.23 a b	22.78 a b
V.1	22.17 a	50.42 b	31.32 a	22.30 b
M.9 EMLA	21.66 a	54.44 a	26.13 b	24.29 a
DMS	1.73	3.76	5.05	1.97

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Tocante a los valores obtenidos para 'a', la cual mide la intensidad del fruto, se observó una variación entre 25.6 para B.9, hasta de 31.3 correspondiente a V.1, lo que permite suponer que la degradación de la clorofila fue con mayor intensidad en el portainjerto V.1 en comparación con B.9. Y el valor más bajo de 'b' (22.3), se presentó en el portainjerto V.1.

Embree *et al.* (1993) encontraron diferencias en el tamaño del fruto en un 23% y en el porcentaje de color rojo en dos cultivares de manzana injertados sobre 30 portainjertos distintos de la serie "Kentville Stock Clone". Por su parte, Barden y Marini (1992), en 'Starkspur Supreme Delicious' injertada sobre nueve portainjertos reportaron variaciones importantes en el color y la concentración de sólidos solubles, aunque no en firmeza.

Los cambios en color en los frutos dependen de la concentración de fenoles y otros cofactores en los tejidos y que además el color rojo se decolora más rápido que el verde en algunos frutos, presumiblemente debido a una diferencia en la concentración de precursores fenólicos y pigmentos de antocianinas en las áreas rojas (López, 1998).

b. Efecto del raleador

En la Tabla 4.36 se observa que el testigo (sin raleo) favorece la firmeza del fruto con 22.9 N, a pesar de que no hay diferencias con los demás tratamientos. Comparando éste resultado con los realizados en el tratamiento testigo para 'Red

Delicious' y 'Golden Delicious' se obtuvieron valores de 28.8 N y 23.4 respectivamente.

Tabla 4.36. Efecto del raleador sobre firmeza y parámetros de color (L, a, b) en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

RALEADOR	FIRMEZA (N)	COLOR		
		L	a	b
Testigo	22.95 a	51.31 a	29.12 a	22.70 a
Raleo a mano	22.66 a	52.55 a	28.16 a	23.10 a
Carbaril 400 ppm	22.65 a	52.07 a	29.84 a	23.13 a
ANA 20 ppm	22.25 a	53.27 a	27.71 a	23.94 a
BA 50 ppm	22.06 a	52.29 a	28.74 a	23.02 a
DMS	1.81	4.11	5.61	2.06

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

El valor más bajo de luminosidad (51.3), correspondió al tratamiento testigo, indicando que es quién presentó la tonalidad más roja en la epidermis, seguido de carbaril a 400 ppm (52.0), por lo que respecta a el valor "a", variable de color fundamental en manzanas rojas, se tuvo que carbaril a 400 ppm se posiciono como el raleador con mejor influencia sobre el fruto.

Stover (2001) propone que a través del raleo manual (un fruto por racimo) se ve favorecido el color rojo en las manzanas. En gran medida el raleo puede incrementar la coloración de las manzanas al evitar en efecto de sombreado entre los frutos pues es indispensable la presencia de la luz para el desarrollo del color rojo en las manzanas. Esto se debe a la síntesis de los pigmentos (antocianinas, clorofilas y carotenoides) a través de una reacción fotoquímica, generalmente, el color rojo de la cáscara no cambia después de la cosecha, excepto si hay una exposición directa del fruto a la luz (Westwood, 1993; Reay *et al.*, 1998)

4.5. Efecto del sitio de aplicación de ANA en el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de 'Gala' / M.9 NAKB 337

En la Tabla 4.37 se muestra el efecto del sitio de aplicación de ANA a 20 ppm sobre el porcentaje de caída del fruto. No hay diferencias significativas entre

los tratamientos, a pesar de que se observó un mayor porcentaje de caída cuando el producto se aplicó en el pedicelo de la hoja. Lo anterior quiere decir que el producto tuvo un efecto raleador independientemente de donde se aplicó, lo cual resulta conveniente para los productores de manzana porque pueden asperjar el fruto en cualquier parte de la estructura floral o las hojas circundantes al racimo.

Tabla 4.37. Efecto del sitio de aplicación raleado con ANA a 20 ppm sobre el porcentaje de caída en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

SITIO DE APLICACIÓN	% CAIDA
Pedicelo	35.3 a
Parte proximal	25.3 a
Testigo	25.0 a
Fruto completo	22.3 a
Hojas cercanas al fruto	21.0 a
Parte distal	19.6 a
F	1.22 ns
DMS	24.17

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)

Greene *et al.* (1992) investigaron el efecto del sitio de aplicación en la calidad de manzana 'McIntosh' injertada sobre M.26, raleando con BA a 100 mg.lt⁻¹, encontrando mayor efectividad en las hojas cercanas al fruto (con 0.9 frutos por racimo), que cuando se aplicó al fruto (con 1.2 frutos por racimo) o a ambos (fruto y hojas), mientras que el peso del fruto se incrementó al aplicar BA solo en el fruto.

4.5.1. Peso y diámetro

En la Tabla 4.38 se aprecia la prueba de medias para el peso y las categorías del fruto. Se observó que el peso del fruto no se afecta por el sitio de aplicación del raleador, los frutos más grandes se presentaron en donde no se raleó (123.9 g) y los más pequeños cuando se aplicó ANA en las hojas cercanas al fruto (83.8 g), una posible explicación a este comportamiento está en la dosis

empleada de ANA, pues se usaron 20 ppm y se observó que la dosis fue agresiva para el fruto.

Tabla 4.38. Efecto del sitio de aplicación sobre peso y categorías de tamaño en manzana 'Gala' producida en Urbana, IL.

SITIO DE APLICACION	PESO (g)	CATEGORIA DE TAMAÑO				
		1 (3 in)	2 (2 ¼ in)	3 (2 ½ in)	4 (2 ¾ in)	5 (2 in)
Testigo	123.94 a	10.00 a	18.66 a	46.33 a	21.66 a	3.33 a
Pedículo	119.03 a	7.66 a	36.33 a	41.00 a	15.33 a	---- a
Parte proximal	116.75 a	---- a	24.66 a	59.00 a	16.33 a	----- a
Parte distal	114.24 a	3.66 a	30.00 a	60.33 a	47.66 a	--- a
Fruto completo	94.04 a	2.00 a	24.00 a	49.33 a	22.66 a	2.00 a
Hojas cercanas al fruto	83.83 a	-- a	---- a	45.66 a	6.00 a	6.66 a
F	0.88 ns	1.54 ns	2.43 ns	0.59 ns	1.88 ns	0.71 ns
DMS	80.50	15.78	37.93	47.83	48.76	14.96

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)
ns = No significancia

4.5.2. Sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y número de semillas

En la Tabla 4.39 se observa que, pese a que no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio (sitio de aplicación), los SST fluctuaron entre 13.3 y 13.9, siendo el pedicelo la zona de aplicación donde se identificó la mayor cantidad de SST (13.9). Para el caso de la ATT, el rango de valores osciló entre 3.87 (pedicelo) hasta 4.28 que se presentó en las hojas cercanas al fruto y cuando se aplicó en el fruto completo.

En lo concerniente al número de semillas, se tuvo que aplicando ANA al fruto completo resultó en frutos con más semillas viables (6) y las hojas cercanas al fruto presentaron el menor número de semillas no viables (3).

Tabla 4.39. Efecto del sitio de aplicación sobre ATT, SST y número de semillas de manzanas 'Gala' producida en Urbana, IL.

SITIO DE APLICACIÓN	SST (°Brix)	ATT (% ácido málico)	NÚMERO DE SEMILLAS	
			Viables	No viables
Pedicelo	13.96 a	3.87 a	5.00 a	3.33 a
Testigo	13.86 a	4.21 a	5.66 a	4.00 a
Hojas cercanas al fruto	13.76 a	4.28 a	4.66 a	3.00 a
Fruto completo	13.73 a	4.28 a	6.00 a	3.66 a
Parte proximal	13.33 a	3.91 a	3.66 a	5.00 a
Parte distal	13.30 a	4.02 a	5.33 a	4.66 a
F	0.52 ns	0.81 ns	0.75 ns	0.82 ns
DMS	1.83	0.97	4.52	4.03

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)
ns = No significancia

4.5.3. Firmeza

En la Tabla 4.40 no se apreciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, aunque el mayor valor se presentó en las hojas cercanas al fruto (22.0 N) y el menor en el testigo (20.1 N).

Tabla 4.40. Efecto del sitio de aplicación sobre la firmeza de manzana producida en Urbana, IL.

SITIO DE APLICACIÓN	FIRMEZA (N)
Hojas cercanas al fruto	22.03 a
Parte proximal	21.70 a
Fruto completo	20.83 a
Parte distal	20.33 a
Pedicelo	20.10 a
Testigo	20.10 a
F	0.64 ns
DMS	4.96

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Student $\alpha=0.05$)
ns = No significancia

Las fracciones pécticas analizadas en diversos estudios mostraron que el ablandamiento en las manzanas es usualmente asociado con el incremento del contenido de pectina soluble-agua, y la reducción de galactosa y residuos de arabinosa, con pequeñas depolimerizaciones que ocurren en alguna fracción péctica durante la maduración. Por lo tanto, aun no se conoce si éste proceso de solubilización de la pectina y la pérdida de galactosa son causa, coincidencia o una consecuencia del ablandamiento del fruto. La enzima considerada responsable de la solubilización de la pectina y por lo tanto el ablandamiento del fruto en la mayoría de los frutos es la poligalacturonasa (PG), con ambas actividades exo-PG y endo-PG detectada en la maduración de las manzanas (Johnston, 2002).

V. CONCLUSIONES

Efecto del número de frutos por racimos y la fecha de corte en la calidad de la variedad 'Rayada'

- El máximo peso y diámetro ecuatorial de la manzana se obtuvieron con un solo fruto por racimo y cuando el fruto fue cosechado el 3 de agosto del 2004. Los valores obtenidos se ubican en la primera categoría según la Norma Mexicana para comercializar manzana en fresco (NMX-FF-061-SCFI-2003). A pesar de que los pesos obtenidos con dos frutos por racimo fueron ligeramente inferiores, se recomienda que al ralearse se deje de uno a dos frutos por racimo para no afectar el rendimiento por árbol.
- El contenido de SST de todos los tratamientos superó 11° Brix, que es el valor mínimo establecido para la comercialización de manzanas rojas (NMX-FF-061-SCFI-2003). Sin embargo, no se detectaron diferencias en estas variables en función del número de frutos por racimo.
- La mayor relación SST/ATT se obtuvo en la cosecha del 27 de julio (1.95) seguida del 3 de agosto (1.74), por lo que estas fechas de corte fueron las óptimas para la manzana 'Rayada' en la región en 2004.
- La simetría de los frutos se incrementó en la medida en que disminuyó el número de frutos por racimo.
- A medida que se retrasó la fecha de corte, la resistencia a la compresión y a la punción en el epicarpio tendieron a disminuir.
- La máxima concentración de calcio se obtuvo con un fruto por racimo (10.8 mg 100 g⁻¹ PF).
- Las concentraciones de calcio difirieron significativamente entre fechas de corte, sin embargo, no se observó ninguna tendencia a aumentar o disminuir ni en función de la fecha de corte ni de la firmeza del fruto.

Efecto del raleo en el comportamiento en poscosecha de la variedad 'Red Delicious'

- El peso del fruto no se vio significativamente disminuido después de 90 días de almacenamiento.
- Los tratamientos de raleo consistentes en: BA a 50 y 75 ppm, ANA a 10 ppm y carbaril a 400 ppm incrementaron significativamente el peso y el diámetro del fruto.
- El raleo no afectó ni la ATT, ni el número de semillas no viables, mientras que carbaril a 400 ppm propició la mayor cantidad de semillas viables por fruto (7.22).
- Solamente el tratamiento de BA a 50 ppm incrementó los SST (13° Brix).
- La ATT se vio disminuida después de 90 días de almacenamiento.
- No se presentó una interacción entre el tiempo de almacenamiento y el raleador utilizado, lo que indica que el raleo no afectó el comportamiento en poscosecha de la manzana 'Red Delicious' producida en la región.

Efecto del raleo en el comportamiento en poscosecha de 'Golden Delicious'

- Al igual que en 'Red Delicious', el peso del fruto no disminuyó significativamente después de 90 días de almacenamiento.
- El raleo manual y el carbaril a 600 ppm incrementaron el peso del fruto y su capacidad de almacenamiento, a diferencia de lo ocurrido en 'Red Delicious'.
- La ATT disminuyó durante el almacenamiento y se vio incrementada con ANA a 5 ppm y con el raleo manual.
- El almacenamiento disminuyó la resistencia a la punción y a la compresión.

Efecto del raleo y del portainjerto en la calidad de la variedad 'Gala'

- M.26 EMLA y V.1 propiciaron el mayor incremento en el tamaño y el peso del fruto.
- B.491 y B.9 incrementaron SST, mientras que M.26 EMLA, M.9 EMLA y V.1 produjeron un aumento en la ATT, lo que probablemente se debió a un retraso en la maduración del fruto propiciado por el portainjerto.

- El portainjerto V.1 incrementó el color rojo de los frutos.
- Los tratamientos de raleo no presentaron un efecto significativo sobre el peso del fruto, SST, ATT, firmeza, color y número de semillas.

Efecto del sitio de aplicación de ANA en el porcentaje de caída del fruto y sobre la calidad de 'Gala' / M.9 NAKB 337

- La aplicación de ANA en el fruto (8 a 10 mm. de diámetro) y en las hojas adyacentes a éste, no tuvo efecto alguno sobre el porcentaje de caída de los propios frutos ni sobre su calidad al momento de la madurez (peso, SST, ATT, número de semillas y firmeza).

Recomendaciones

Para futuros trabajos de investigación, se recomienda:

1. Realizar experimentos sobre distintos métodos de raleo en 'Rayada'.
 2. Realizar ensayos semicomerciales de 'Rayada' en distintos huertos de la región y darle difusión para posicionarla en el mercado regional.
- Dada la variabilidad climática a través de los años en la región, y a que los huertos se encuentran bajo temporal, se recomienda repetir los experimentos de raleo en 'Golden Delicious y 'Red Delicious' agregando en éstos otros raleadores, distintas épocas de aplicación y diferentes dosis.
 - Una vez que se determinen las condiciones óptimas de raleo, será necesario evaluar la rentabilidad de la utilización de estos productos.
 - Introducir en la región y realizar estudios con distintos portainjertos con diferentes efectos vigorizantes y tolerantes a la sequía.
 - Realizar la identificación genética de la variedad 'Rayada'.

VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA
- Abruzzese, A., Mignani, I. y Cocucci S. M. 1995. Nutricional status in apples and june drop. J. Amer. Soc. Sci. 120 (1): 71-74
- Agnello, A. 2006. Cornell Geneva NY. URL:<http://www.nysaes.cornell.edu>. Fecha de consulta: 07/01/06
- Agrios, G. J. 1999. Fitopatología. Limusa. 2^a Ed. Limusa. Traducción de Plant Pathology Academic Press Inc. México. p 828
- Alvarado P.A, Berdugo, C. y Fischer, G. 2004. Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5° C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. Rev. Agron. Colomb. 22 (2): 147-159
- Álvarez, R.S. 1996. El manzano. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación. 4^a Ed. Madrid, España. p 503.
- Anderson, L., Robinson, T.L., Azarenko, A., Barritt, B.H. Kushad, M., Ferree, D., Marini R.E, Perry, R., Autio, W. and Cowgil, W. 2004. Performance of Cornell-Geneva Rootstocks across North America in Multi-Location NC-140 Rootstock Trials. Acta Hort 658: 241-245
- Ann, B.J. 1997. Evaluation of two lipid-based edible coatings for their ability to preserve post harvest quality of green bell peppers. Chapter: Physiological Processes Important to Post Harvest Fruit Quality. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute. Blacksburg, Virginia. Master of Science in Human Nutrition, Foods, and Exercise. pp 3-12.
- Autio, W., Clements, J., Greene, D. W., and Cooley, D. 2000. Annual Report to NC-140. Massachusetts Agricultural Experiment Station. UMASS. pp 1-8
- Autio, W. and Krupa, J. 2001. Performance of the V series apple rootstocks during six growing seasons. Fruit Notes. Department of Plant and Soil Sciences. University of Massachusetts. 67:18-19

- Bakker, J. and Timberlake, C.F. 1997. Isolation, identification, and characterization of new color-stable anthocyanins occurring in some red wines. *J. Agric. Food Chem.* 45: 37-43
- Barden, A. J. and Marini, E. M. 1992. Maturity and quality of 'Delicious' apples as influenced by rootstock. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(4): 547-550
- Basak, A. 2004. Fruit thinning by using benzyladenine (BA) with ethephon, ATS, NAA, urea and carbaryl in some apple cultivars. *Proc. 9th on Plant Bioregulators. Acta Hort.* 653: 99-106
- Batjer, L.P. and Westwood, M.N. 1960. 1-Naphthyl-Nmethylcarbamate, a new chemical for thinning apples. *Proc Amer Soc Hort Sci* 75: 1-4
- Bawa, K.S and Webb, C.J. 1984. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. *Amer. J. Bot.* 7: 736-751
- Bianchini, F. y Corbetta, F. 1974. *Frutos de la tierra*. Ed. Aedos. Barcelona, España. p126
- Blake, P., Webster, T. and Atkinson, C. 1997. Understanding the way rootstocks dwarf fruit trees. *Annu. Rep. Hort. Res. Int.* 97: 32-35.
- Brookfield, P.L, Ferguson, I.B, Watkins, C.B and Bowen, J.H. 1996. Seed number and calcium concentrations of 'Braeburn' apple fruit. *J. Hort. Sci.* 71(2): 265-271
- Byers, R. E., Barden, J. A. y Carbaugh, D. H. 1990. Thinning of spur 'Delicious' apples by shade, terbacil, carbaryl and ethephon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 (1): 9-13
- Bound, S.A., Jones, K.M. and Oakford, M. J. 1997. Post – bloom thinning with 6-benzyladenine. *Acta Hort.* 463: 493-499
- Calderón, E. 1987. *Fruticultura General*. 3^a Ed. Limusa. México D.F. pp. 80-216
- Cano, F.M, Delfín, P.F, Díaz, C. A., García, L. T. y Kauffman, G. S. 2001. *Compilación de principios y normas nacionales e internacionales de calidad total*. I.I.E.S.C.A. URL:<http://www.uv.mx/iiesca/revista2001-1/normas.htm>.
Fecha de consulta: 15/06/06

- Campbell, R. J. 2005. Resistences and susceptibilities to pest and disease.
URL:<http://www.agric.nsw.gov.au/>
Fecha de consulta: 08/03/06
- Castaño, T. E. y Domínguez, D. J. 2001. Experimentos para el Desarrollo y Mejora Industrial. Ed. Jit Press. México, D.F. p 312
- Cerdas, A.M. 2002. Guía técnica poscosecha: Calidad en los productos hortofrutícolas. URL:<http://www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/>
Fecha de consulta: 04/09/05
- Childers, F.N. 1983. Modern fruit science. Horticultural publications, Florida. p 615
- Comisión Nacional del Agua, 2006. Subgerencia de Ingeniería.
- Cordovés, G.C, Varela F., Larrigaudiere, C. y Vendrell, M. 1996. Effect of ethephon and seniphos treatment on the anthocyanin composition of 'Starking' apples. J. Agric. Food Chem. 44 (11): 3449-3452
- Cronquist, A. 1991. Introducción a la botánica. 2ª Ed. Compañía Editorial Continental S.A de C.V. México, D.F. pp 586-665
- Curry, E. A. y Greene, D. W. 1993. CPPU influences fruit quality, fruit set, return bloom, and preharvest drop of apples. HortScience 28: 115-119
- DeEll, J. and Prange R.1992.Postharvest quality and sensory attributes of organically and conventionally grown apples. HortSci 27(10):1096-1099
- D'Esclapon, G.R. 1976. Nuevo tratado practico de fruticultura. Ed. Blume. Barcelona, España. pp.444.
- Delahaye, T. et Vin, P. 1997. Le pommier. Ed Actes Sud. France. 9-14 pp.
- Dennis, F. G. 2002. Mechanisms of action of apple thinning chemicals. HortScience. 37(3): 471-474
- Dennis, F. G. 2000. The history of fruit thinning. Plant Growth Regul. 31: 1-16.
- De Ravel, G. 1970. Variedades americanas de manzana. Nueva enciclopedia de agricultura. Ed. Acribia. Barcelona, España. pp. 18-75
- Díaz, M. D. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor. Barcelona, España. pp. 4-86
- Dixon, J. and Hewett, W.E. 2000. Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. New Zealand J Crop and Hort Sci. 28: 155-173

- Eileen, M. K. 1999. Apple of your pie
 URL: <http://www.appleofyourpie.com/apples/>
 Fecha de consulta: 11/06/05
- Elfving, D.C. and Cline, R. A. 1993. Benzyladenine and other chemicals for thinning 'Empire' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(5):593-598
- Elfving, D. C. and Lougheed, E.C. 1994. Storage responses of 'Empire' apples to benzyladenine and other chemical thinners. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (2): 253-257
- Embree, C.G., Lesser, B.H., and Crowe, A.D. 1993.Characterization of the Kentville Stock Clone Apple Rootstocks. I. Grow and Efficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(28): 170-172
- Emden Y. 2002. Análisis de la Industria de la Manzana Fresca:
 Situación actual y sus perspectivas. URL:<http://www.puc.cl/agronomía/>
 Fecha de consulta: 18/05/06
- Enríquez, J. 1991. Manejo de huertos de manzano en poscosecha. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario A. C. Manual técnico. México, D.F. p 35
- Escamilla, C.E y Azúa, C.F. 2000. Frutales: Manuales tecnológicos. Sagarpa. México, D.F. pp 1-45. URL: <http://www.conevyt.org.mx>. Fecha de consulta: 12/05/06
- Escobedo, J. 2003. III Conceptos básicos de fruticultura. Programa de Frutales
 URL:<http://www.sira-arequipa.org.pe/>. Fecha de consulta: 06/11/05
- Fallahi, E., Conway, W. S., Hickey, K. D. and Sams, C. E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. HortScience. 32 (5): 831-835
- FAO. 2005. URL: <http://www.fao.org/> Fecha de consulta: 02/04/05
- FAOSTAT, 2006. URL: <http://www.faostat.fao.org/>. Fecha de consulta: 23/06/06
- FAS. 2003.Foreign Agricultural Service. URL: <http://www.fas.usda.gov>.
 Fecha de consulta: 12/05/05
- Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. Marcel Dekker Inc. Madison, Wisconsin. USA. pp 999-1007

- Fernández, F. 2003. Efecto de la aplicación de ethrel y cloruro de calcio sobre la calidad y la capacidad de conservación de manzana 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' producidas en Cadereyta, Querétaro. Tesis de Maestría Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Querétaro, México. p 88
- Ferre, C.D. 2000. What determines fruit size. *American Fruit Grower*. 120(6): 33-34.
- Forshey, C. G. 1986. Chemical fruit thinning of apples. *New York's Food and Life Sci Bull* 116:1-7
- Forshey, C.G. and Elfving, D.C. 1977. Fruit numbers, fruit size, and yield relationships in 'McIntosh' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:399-402.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a Ed. UNAM. México. 217 p
- Gil, S.G. 1999. El potencial productivo. 2^a Ed. Ediciones Alfaomega. México, D.F. 342 p.
- Goto, M. 1992. Fundamentals of bacterial plant pathology. Academic Press Inc. San Diego, California, USA. pp 458
- Greene, D. W., Autio, W. R., Erf, J. A. and Mao, Z. 1992. Mode of action of benzyladenine when used as a chemical thinner on apples. *J. Ame. Soc. Hort. Sci.* 117(5): 775-779
- Greene, D. W. 2004. Blossom thinning as a strategy in chemical thinning of apples in New England. *Acta Hort.* 636:331-337
- Greene, D. W. and Autio, W. R. 1994. Combination sprays with benzyladenine to chemically thin spur-type 'Delicious' apples. *HortScience* 29(8): 887-890.
- Greene, D. W. 2002. Chemicals, timing, and environmental factors involved in thinner efficacy on apple. *HortScience* 37(3): 477-480
- Hartmann, T.H y Kester, E.D. 1976. Propagación de plantas. CECSA 5^{ta} imp. México, D.F. pp 180-190
- Herrera, E. 2002. Rootstocks for Size Control in Apple Trees. Guide H-307. pp 1-4
- Herrera, E. 1996. Apple Orchard Management in New Mexico. Guide H-321. pp 1-8

- Huber, D.J. 1983. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. Hort. Reviews. 5: 169-219.
- Janick , J., Cummins, J. N., Brown, S. K and Hemmat. 1996. Fruit Breeding: tree and tropical fruits. Sons Inc. Indiana, USA. 1:1-117
- Javed T.M., Qadir T.A., Ullah K.F., Razaq R.A. and Ahmed K.J. 2002. Influence of rootstocks on "Red Delicious" apple grown in Balochistan. J. Biology. Sci. 2 (8): 528-530.
- Jennings, D.L. 1988. Raspberries and blackberries: their breeding deseases and growth . Academic Press, San Diego California, USA. 184 p.
- Jensen P.J, Rytter Jo, Detwiler A.E, Travis W. J. and McNellis W.T. 2003. Rootstock effects on gene expression patterns in apple tree scions. Plant Molecular Biology 493: 493–511.
- Jeremy, C.2001.Dwarf Apple Rootstocks and the NC-140 Trials. Yankee Grower. 3(1):13-16. URL: <http://www.hort.uconn.edu/ipm/>. Fecha de consulta:18/07/06
- Johnston J.W and Hewett E.W. 2002. Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 30: 145–160
- Johnson, D.S. 2000. Mineral composition, harvest maturity and storage quality of 'Red Pippin', 'Gala' and 'Jonagold' apples. Hort. Sci. 75 (6): 697-704.
- Johnson, R.S., Lakso, A.N., 1986. Carbon balance model of a growing apple shoot. Part II.Simulated effects of light and temperature on long and short shoots. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111:164-169
- Kader, A. A. 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. Davis, Cal. USA. pp 47-51
- Kader, A.A. and Mitchell, F.G. 1989. Postharvest Physiology. *In* Peach, plums and nectarines: growing and handling for fresch market. Cooperative Extension University of California. Division Agriculture and Natural Resources Technical. Chapter 22. pp.158-164
- Kamboj, J.S., Blake, P.S., Quinlan, J.D. and Webster, A.D. 1997. Recent advances in studies on the dwarfing mechanism of apple rootstocks. Acta Hort. 457: 75–82.

- Knee, M. 2002. Fruit Quality and its Biological Basis. CRC Press. USA and Canada, pp. 2, 180-224
- Knight, J.N and Spencer, J.E. 1987. Timing of application of carbaril used as an apple fruitlet thinner. J. Hort. Sci. 62: 11-16
- Kurlus, R. and Lysiak G. 2001. Effect of rootstock on storage quality of 'Jonagored' apples. Apple rootstocks for intensive orchards. Department of Pomology. Faculty of horticulture Warsaw Agricultural University, Poland.9-11 pp.
- Lalatta, F. 1999. Guía completa del cultivo de las manzanas. Editorial de Vecchi Barcelona, España. pp. 43-50
- Lancaster, J.E. 1992. Regulation of skin color in apples. Crit. Rev. Plant Sci. 10: 487-502
- Larrigaudiere, C., Pinto, E. and Vendrell, M. 1996. Differential effects of ethephon and seniphos on color development of 'Starking Delicious'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (4): 746-750
- Lee C. Y. and Smith N. L. 1995. Minimal processing of New York apples. New York's food and life sciences 145:1-11
- Lee, W.D. 2004. Factors Affecting Preharvest Fruit Drop of Apple. Thesis of PhD. Psilo Horticultura. Chapter 1 and 5. Virginia Polytechnic Institute and State University. p 132.
- Link, H. 1998. Effects of thinning in a long-term trial with six apple cultivars on yield and fruit size. Acta Hort. 466: 59-64
- López L. L. 1998. Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero. Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. Coatepec Harinas, México. 109-114
- MacDougall, B. D, 2002. Color in food.Chapter 10: Analsing changes in fruit pigments. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, North America. pp 248-275
- Manrique, K.K. 2002. Nociones del manejo de post-cosecha. Departamento de Mejoramiento y Recursos Genéticos Centro Internacional de Papa
URL: <http://www.cipotato.org/>. Fecha de consulta: 27/03/06

- Marchand L.L, Murphy P.S, Hankin H.J, Wilkens R.L and Kolonel N.L. 2000 Intake of flavonoids and lung cancer. J. Natl Cancer Institute. 92: 150-160
- Marin, T.F. 2004. Guías técnica: Aspectos generales sobre Aseguramiento de Calidad e Inocuidad de Hortifrutícolas Frescos. URL: <http://www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/>. Fecha de consulta: 15/11/05.
- Marini, R. P. 2001. Estimating mean fruit weight and mean fruit value for apple trees: comparison of two sampling methods with the true mean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(4): 503-510
- Marini, R. P. 2004. Combinations of ethephon and accel for thinning 'Delicious' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(2): 175-181
- Marini, R. 2000. The Effect of Rootstock on Apple fruit Size in Virginia. Department of Horticulture, Virginia Tech. URL:<http://www.hort.vt.edu/faculty/>. Fecha de consulta: 16/01/04
- Marini, T. 1997. Oxamil is an effective apple fruit thinner when used alone or when combined with others thinners. HorTechnology 7 (3): 253-258
- Martinez, P.R., Montes, F.R.,Castillo, T.J, Simpson, J. y Venegas, G.C. 2003. Estudio de diversidad genética, la calidad y la capacidad de almacenamiento del fruto de las poblaciones de manzano (*Malus spp*) en Querétaro y Guanajuato. Cuaderno de trabajo. Sist. Inv. Miguel Hidalgo, Área de Alimentos. CONACYT. Querétaro, México. 23 p
- Martinez, P.R y Perez, M.M. 1997. La planta de manzano. Queretaro Tiempo nuevo. Epoca II.138: 42-46
- Martínez, R. O. 1993. Algunas características de los portainjertos de manzano. 1ª Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp: 15-17
- Mason, S. 2004. Manzanas y más. Extensión de la Universidad de Illinois. URL: <http://www.urbanext.uiuc.edu>. Fecha de consulta: 20/03/05
- Mattews, C.K y Van Holde, K.E. 2000. Bioquímica. 2 ed. Ed McGraw-Hill. Madrid España. pp 650-700
- Mazza, G. and Miniati, E. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. CRC Press. ISA, pp. 29-57

- Mejía, G. V. 2006. Aceptación sensorial de distintos genotipos de manzana introducidos en la Sierra de Querétaro. Tesis de Licenciatura Químico en Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. México. pp 45-56
- Mendoza, L.A., Kushad, M., Zavala, I Martínez, P.R. 2006. Efecto del número de frutos por racimo y fecha de corte en la calidad de manzana 'Rayada'. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29 (Núm. Especial 2): 45 – 50
- Michalczyk, L. 2002. Indole-3-acetic acid level in wood, bark and cambial sap of apple rootstocks differing in growth vigour. Acta Physiol. Plant. 24: 131–136.
- Mitcham, J. E., Crisosto, H.C. y Kader, A.A. 2004. Departamento de Pomología. Universidad de California, Davis. URL: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/>
Fecha de consulta: 09/02/04
- Moggia, C., Moya, M.A, Sepúlveda, G. y Veloz, A. 1999. Evolución de la madurez de las enzimas que degradan pared celular en manzanas almacenadas en frío convencional o atmósfera controlada. Rev. Iber. Tecn. Post. 1(2):126-131
- Moore, N.J y Janick, J. 1988 Métodos genotécnicos en frutales. AGT Editor S.A., México, D.F. pp 10-15
- Moreira, J. 2000. Washington apples. URL: <http://www.bestapples.com>. Fecha de consulta: 09/12/05
- Nakamura, R. 1989. Seed abortion and seed size variation within fruits of *Phaseolus vulgaris*: pollen donor and resource limitation effects. Amer. J. Bot. 75:1003-1010
- NMX-FF-061-SCFI (2003) Fruta fresca – Manzana (*Malus pumila* Mill) – Especificaciones. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de febrero de 2003
- Norelli, J, Jones, A. and Aldwinckle, H. 2003. Fire Blight Management in the Twenty-first Century. Plant Dis. 87(7): 756-765
- Ouma, G and Matta, F. 2002. Responses of several apple cultivars to chemical thinning sprays. J. Food Tech. Africa 7: 16-20

- Pantástico, E.B. 1984. Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. p 709.
- Parra, Q. R., Becerril, R. E, Martínez, H. J y Acosta, H. R. 2001. Distribución de materia seca, N, P y K en manzano 'Golden Delicious' afectado por humedad, fertilización y portainjertos. *Terra* 19(3): 273-279
- Parra, Q.R., Becerril, R.E y López, C.C. 2002. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en manzano 'Golden Delicious' injertado sobre portainjertos clonales. *Terra* 20 (2): 113-121
- Percival G.C, Boyle C. and Baird L. 1999. The influence of calcium supplementation on the freezing tolerance of woody plants. *J. Arboric.* 25(6): 285-291.
- Perry, R. 2000. Fruit Tree Rootstocks for Michigan. URL: <http://www.hrt.msu.edu/>
- Petracek, P.D., Silverman, F.P and Greene, D.W. 2003. A history of commercial plant growth regulators in apple production. *HortScience* 38 (5): 937-942
- Ponce, G.A., Sanz, T.A.A., Gómez, G.A.A. y Caamal, C. I. 1999. Producción y comercialización de manzana en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. D.F. p 20-25
- Racskó, J., Nyéki J., Szabó, Z., Soltész, M. and Farkas, E. 2004. Effect of Rootstocks on Blooming Capacity and Productivity of Apple Cultivars. *J. Agricul. Sci.* 15:14-20
- Ramírez R. H. y Cepeda, M. 1993. El manzano. 2ª Ed. Trillas. México, D.F. 160 pp
- Reay, P.F., Fletcher, R.H. and Thomas, V.J. 1998. Chlorophylls, carotenoids and anthocyanin concentrations in the skin of 'Gala' apples during maturation and the influence of foliar applications of nitrogen and magnesium. *J. Sci. Food Agric.* 76:63-71.
- Robinson, T., Hoying, S, Fargione, M. and Lungerman, K. 2002. Evaluation of new apple rootstocks. Dept. Hortic. Sci., Cornell NY. *Fruit Quarterly* 10(2): 1-36
- Rocha, O. and Stephenson, A.G. 1991. Effect of nonrandom seed abortion on progeny performance in *Phaseolus coccineus*. L. *Evol.* 45: 1198-1208.

- Rojas, G.M y Ramirez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Cap. 10: Formación y desarrollo del fruto. Ed. Limusa 2 ed. Mexico, D.F. pp 143-163
- Roper T.R and Stang E.J. 1990. Plant growth regulator use in apple. Agricultural Bull. Madison, Wisconsin. p. 25
- Ryugo, K. 1988. Fruit production its science and art. Sons, New York. p 344
- SAGARPA, 2004. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), www.siap.sagarpa.gob.mx. Fecha de consulta: 15/12/05
- SAGARPA, 2006. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), www.siap.sagarpa.gob.mx. Fecha de consulta: 11/07/06
- Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. 1995. Handbook of fruit science and technology. Marcel Dekker, Inc. New. York .1995. p 611
- Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1988. Effects of agricultural practices, handling, processing, and storage on vegetables. Avi Book, Van Nostrand Reinhold Co., New York. pp 23-71.
- Sánchez, V. S. 2001. Evaluación de la calidad y la evolución en almacenamiento de variedades de manzana (*Malus spp*) establecidas en Cadereyta, Qro. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Escuela de Quimicofarmacobiología. México. p 112
- Schneider, G.W. y Scarborough, C.C. 1975. Cultivo de árboles frutales. 1ª Ed. Compañía editorial continental. México, D.F. pp. 41-170
- SEDEA, 2000. Requerimientos Agroecologicos de cultivos. URL:<http://www/queretaro.gob.mx/sede>. Fecha de consulta: 24/06/06
- Snowdon, L.A.1990. Post-Harvest Diseases and disorders of fruit and vegetables. Colour Atlas. Press, INC. Florida USA. pp 172-200.
- Stanley C.J., Tustin D.S, Lupton G.B., McArney S., Cashmore W.M and DeSilva H.N. 2000. Towards understanding the role of temperature in apple fruit growth responses in tree geographical regions within New Zealand. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75: 413-422.
- S.A.S. Institute, Inc. 2001. Statistics SAS Inst, Inc., Cary, N.C

- Seymour, G.B., Taylor, J.E. y Tucker, G.A. 1993. Biochemistry of fruit ripening. 1ª Ed. Chapman & Hall. London, England. pp 327-341
- Stopar, M. 1998. Apple fruitlet thinning and photosynthate supply. *J. Hort. Sci. and Biotech.* 73(4): 461-466
- Stopar, M. 2002. Thinning of 'Gala' and 'Golden Delicious' apples with BA, NAA and their combinations. *JCEA.* 3(1): 85-90
- Stopar, M. and Tojnko S. 2005. Small fruit appearance on 'Fuji/M.9' apples thinned by the most known thinning agents. *Plante forsk.* 9: 105-108
- Stover, E., Fargione, M. Risio, R. y Yang, X. 2002. Crop load reduction and fruit size following multi-step thinning of 'Empire' apple. *HortScience.* 37(1): 130-133
- Stover, E., Fargione, M. Risio, R., Yang, X. and Robinson, T. 2001. Fruit weight, cropload, and return bloom of 'Empire' apple following thinning with 6-benzyladenine and NAA at several phonological stages. *HortScience.* 36(6): 1077-1081
- Stuttgart, 1991. Souci-Fachmann-Kraut. WVG.Garching bei Munchen. URL: <http://www.food-allergens.de/smposium>. Fecha de consulta: 22/04/06
- Swietlik, D. and Faust M. 1984. Foliar nutrition of fruit crops.pp. 287-355. In: Janik (ed). *Horticultural reviews.* Vol. 6 AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. USA. 7: 287-356.
- Tamaro, D. 1968. *Tratado de Fruticultura.* Ed. Gustavo Gili. Barcelona,España. p 492.
- Tong, C., Krueger, D., Vickers, Z., Bedford, D., Luby, J. and El-Shiekh, A. 1999. Comparison of softening-related changes during storage of 'Honeycrisp' apple, its parents, and 'Delicious'. *J. Ame. Soc. Hort. Sci.* 124(4):407-415
- Tomala, K. 1999. Orchard factors affecting fruit storage quality and prediction of harvest date of apples. *Acta Hort* 485: 373-382
- Tyler, H. 1998. Effects of mulch on soil moisture and growth of desert willow. *HortTechnology.* 8(4): 588-590

- Urribarren A.R. 2000. Control de plagas y enfermedades en el manzano. Depto. para el Desarrollo del Medio Rural. URL: <http://www4.gipuzkoa.net/Corporac/Agricultura/Manzanos/esp/index.htm>.
Fecha de consulta: 16/04/06
- USDA, 2001. Agr. Bul. pp 1-13. URL: <http://www.ams.usda.gov/>. Fecha de consulta: 11/04/06
- Uys, D.C. 1996. Firmness meter for grape berries: ¿How firm are our table grapes really? *Deciduous Fruit Grower*. 4(10): 379-838.
- Venegas, G. M. 1999. Evaluación de la calidad y capacidad de conservación de la uva de mesa cv. Ruby Sedles (*Vitis vinifera* L.) sobre portainjertos resistentes a la filoxera y/o nematodos. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Querétaro, México. pp 45-55
- Volz, K.R. and Ferguson, B. I. 1999. Flower thinning method affects mineral composition of 'Braeburn' and 'Fiesta' apple fruit. *J. Hort. Sci. and Biotech.* 74(4): 452-457
- Wallace, T. 1980. Producción comercial de manzanas y peras. Grupo Frutícola N.A.A.S. Ed. Acribia. Zaragoza, España. p 35.
- Webster, T. 2002. Dwarfing Rootstocks: Past, Present and Future. *The compact fruit tree*. 35 (3):67-72
- Weichmann, J. 1987. *Postharvest Physiology of Vegetables*. Ed. Dekker. New York. pp 305-319.
- Westwood, N. M. 1993. *Temperate-Zone Pomology*. 3th ed. Timber Press. Singapur. pp 65-425.
- Williams, M.W. and Edgerton, L.J. 1981. Fruit thinning of apples and pears with chemical. *US Dept. Agr. Information Bull.* 1981. p 289.
- Williams, M. W. and Batjer. 1964. Site and mode of action of 1-naphthyl N-metilcarbamate (Sevin) in thinning apples. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 85: 1-10.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D., 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutos, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acribia. España. pp.13-28.

- Wills, R. McGlasson W.B, Gram., D. Lee T.H and Hall. E.G, 1989. Postharvest. Van Nostrand Reinhold. 3ed. U.S.A. 174 p.
- Wismer, P. T., Proctor, J. T. A. and Elfving, D. C. 1995. Benzyladenine affects cell division and cell size during apple fruit thinning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (5): 802-807
- Yuan, R. and Greene, W. D. 2000a. Benzyladenine as a chemical thinner for 'McIntosh' apples. I. Fruit thinning effects and associated relationships with photosynthesis, assimilate translocation, and nonstructural carbohydrates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(2): 169-176
- Yuan, R. and Greene, W. D. 2000b. Benzyladenine as a chemical thinner for 'McIntosh' apples. II. Effects of Benzl adenine, bourse shoot tip removal, and leaf number on fruit retention. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(2): 177-182
- Zavala, I. 2005. Efecto del raleo y el acolchado sobre la calidad de manzanas 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' producidas en la Sierra de Querétaro. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química. Querétaro, México. pp 108
- Zoffoli, G. J.P. 2000. Avances en el control del escaldado superficial de manzanas Granny Smith. Departamento de Fruticultura y Enología. Santiago, Chile. 37 (3): 481-483

ANEXO 1

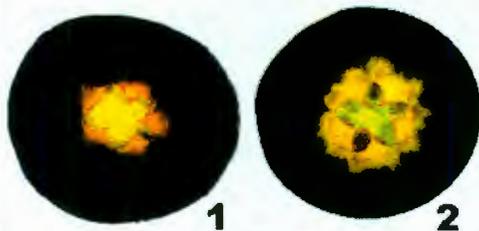
CARTA DE ALMIDÓN (VARIEDAD 'GALA')

Cut 5 apples and spray the iodine solution.

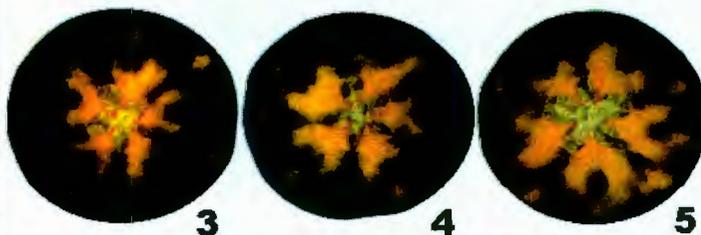
A Condition: 3, 4 or 5 apples #5 or less on Gala starch chart

C Condition: 0, 1 or 2 apples #5 or less on Gala starch chart

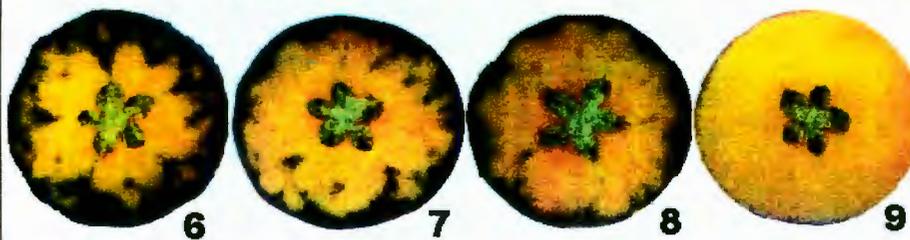
NOT READY Starch changes @ 1.0 to 1.5 units/week



HARVEST WINDOW Optimal storage quality



OVER-MATURE Not suitable for storage



ANEXO 2

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACIÓN "EL DOCTOR" EN CADEREYTA, QUERETARO

MES	PRECIPITACIÓN (mm.)		TEMPERATURA (° C)	
	2004	2005	2004	2005
ENE	47.5	8.0	8.4	10.0
FEB	0.0	14.5	10.4	9.9
MAR	51.8	6.5	11.6	13.3
ABR	19.0	-	13.5	-
MAY	96.0	-	14.7	13.3
JUN	287.0	43.0	12.9	15.9
JUL	105.5	66	12.7	15.2
AGO	81.0	-	13.0	-
SEP	68.50	-	11.6	-
OCT	75.5	-	12.7	-
NOV	9.5	-	11.5	-
DIC	2.5	-	9.6	-
TOTAL ANUAL	843.8	-	11.9	6.5

* - : Datos no reportados (Comisión Nacional del Agua, 2006)