

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto en el Fruto de la Polinización en Flores de Manzano con Diferentes
Variedades Polinizadoras

Por:

DELSI AURELIA VELÁZQUEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto en el Fruto de la Polinización en Flores de Manzano con Diferentes
Variedades Polinizadoras

Por:

DELSI AURELIA VELÁZQUEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Approbada

Dr. Andrés Martínez Cano
Asesor Principal

Dr. José Antonio Vázquez Ramos
Coesesor

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Coesesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

En todo este tiempo de trabajo en investigación recibí una cantidad innumerable de apoyos, consejos, críticas, enseñanzas, compañías, experiencias, y discusiones, que me acompañaron en mi vida personal y en mi carrera académica permitiendo la realización de esta tesis. Creí oportuno poder ocupar un espacio para poder agradecer a las personas que transitaron conmigo este viaje, con mayor o menor intensidad.

“Gracias Dios por haberme permitido vivir hasta este día, el sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo, ya que muchos iniciamos el mismo camino pero pocos pudimos llegar hasta el final, por haberme dado sabiduría durante todo este tiempo, y ahora finalmente podre titularme”.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (**Mi Alma Terra Mater**), por abrirme las puertas del conocimiento.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias C.E Saltillo por el apoyo para la realización de esta investigación.

Agradezco al Dr. Andrés Martínez Cano, por su apoyo y confianza, críticas y comentarios durante la revisión de mi investigación.

Quiero expresar también mi más sincero agradecimiento al Dr. José Antonio Vázquez Ramos, por su valiosa asesoría, observaciones y sugerencias que fueron de gran ayuda en el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, por su disponibilidad y apoyo brindado en la asesoría del presente trabajo.

Agradezco al Dr. Juan José Galván Luna, por su valiosa colaboración en revisión para culminar esta investigación.

A los que me hicieron los días menos grises lejos de casa. Por sus ánimos en este largo viaje. Cesi, Melecio, Roció, Paloma, Ere, Brenda, Gaby, Eli, Melqui, Pau.

DEDICATORIAS

A MIS ABUELOS: Maximiliano Velázquez López (†), Aurelia Pérez López (†),

Adelido Hernández (†) y Ofelia Roblero Gabriel (†).

Gracias por darme a mis sagrados padres.

A mis padres: Leonidez Velázquez Pérez

Juana Hernández Roblero

NADIE ES SABIO DE NACIMIENTO, EL TIEMPO Y LA EXPERIENCIA ENSEÑAN. Gracias por darme la vida. A ustedes les debo gran parte de mi esencia que reflejo. ¡Sí! a ustedes padres. Les dedico el escrito haciéndoles honra a su propio nombre a quienes admiro y respeto porque siempre se han preocupado por educarme y corregirme, quienes con sus sabios consejos, confianza, paciencia, sacrificios y apoyo incondicional me ayudaron a finalizar uno de mis grandes objetivos en la vida.

A aquellas hermosas personas que formaron parte de mis juegos, grandes amigos, y mejores compañeros. Quiero decirles que los estimo mucho y que tienen un lugar muy especial en mi corazón.

Mis hermanos: Armando, Amanda, Erubey, Deyli, Oni, Omeli e Isaac.

A mis dos hermosos sobrinos:

Omar y Cristian, por sus sonrisas e inocencia que nos animan a que debemos luchar por construir un mundo mejor; que esta meta que cumplo hoy, sea un gran ejemplo para ustedes.

A mi tío:

Laurentino Velázquez Pérez, por su gran calidad humana, para mi es un ejemplo a seguir.

A la persona que comparte mis pasos en el camino de la vida Francisco Marcos Bernardo, por no dejar que mis ilusiones se apagasen nunca, esta tesis también es para ti.

A mis padres”

“Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para entrar en el maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

INDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Características generales del manzano.....	4
2.1.1 Origen del manzano	4
2.1.2 Producción del manzano en el estado de Coahuila	7
2.2 Descripción botánica del manzano	7
2.2.1 Raíz	7
2.2.2 Tallo.....	8
2.2.3 Hojas	8
2.2.4 Inflorescencia.....	9
2.2.5 Flores	9
2.2.6 Fruto.....	9
2.3 Biología floral del manzano	9
2.3.1 Pedúnculo.....	10
2.3.2 Cáliz	10
2.3.3 Corola.....	10
2.3.4 Androceo	10
2.3.5 Gineceo	11
2.4 La floración del manzano.....	11
2.5 Requerimiento de frío en manzano	12
2.6 Formación del saco embrionario (megaesporogénesis).....	13
2.7 Formación del grano de polen (microesporogénesis)	14
2.8 Doble fecundación en angiospermas.....	15
2.9 La emasculación.....	17

2.10 La polinización del manzano	18
2.10.1 Tipos de polinización.....	19
2.10.1.1 Polinización anemófila.....	19
2.10.1.2 Polinización entomófila	20
2.11. Factores que afectan la polinización	20
2.11.1 Compatibilidad	20
2.11.2 Viabilidad del polen.....	20
2.11.3 Crecimiento del tubo polínico	20
2.11.4 Longevidad del óvulo	21
2.11.5 Receptividad del estigma.....	21
2.11.6 Periodo efectivo de polinización	21
2.11.7 Distribución del polinizador	21
2.11.8 Clima.....	22
2.11.9 Actividad de las abejas	22
2.12 Amarre de fruto y desarrollo.....	22
2.13 Madurez de fruto.....	23
2.14 Tamaño y forma.....	23
2.15 Cosecha	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Área de estudio	24
3.2 Material vegetativo utilizado	24
3.3 Material utilizado	25
3.4 Metodología para seguimiento de las fases fenológicas de variedades y polinizadores	25
3.5 Metodología para colecta del polen	26
3.6 Metodología para la realización de la polinización en campo	27
3.7 Diseño experimental	28
3.8 Análisis estadístico.....	28
3.9 Descripción de los tratamientos	29
3.10 Variables evaluadas.....	29
3.10.1 Peso de fruto	29
3.10.2 Tamaño de fruto.....	29
3.10.3 Diámetro polar y ecuatorial del fruto.....	29

3.10.4 Número de semillas por fruto	30
3.11 Metodología para la evaluación de calidad de fruto cosechado como producto de los tratamientos de polinización.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
4.1 Análisis de varianza para calidad de fruto durante el ciclo 2010-2011	31
4.2 Ciclo 2010-2011 efecto de las variedades.....	32
4.3 Ciclo 2010-2011 efecto de los polinizadores	37
4.4 Análisis de varianza para calidad de fruto durante el ciclo 2011-2012	41
4.5 Ciclo 2011-2012 efecto de las variedades.....	42
4.6 Ciclo 2011-2012 efecto de los polinizadores	47
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. LITERATURA CITADA.....	53

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Principales países productores del manzano.....	5
2	Situación de la producción de manzano en México por estados en 2010. Tomada de Siap 2011.....	6
3	Combinación de variedades y polinizadores realizada en el experimento.....	25
4	Cuadrados medios de las variables bajo estudio para la localidad de Huachichil en el ciclo 2010-2011 (Tukey $P \leq 05$).....	31
5	Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor variedades (VAR) en Huachichil, ciclo 2010-2011.....	34
6	Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor polinizador (POL) en Huachichil, ciclo 2010-2011.....	38
7	Cuadrados medios de las variables bajo estudio para la localidad de Huachichil en el ciclo 2011-2012 (Tukey $P \leq 05$).....	42
8	Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor variedades (VAR) en Huachichil, ciclo 2011-2012.....	44
9	Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor polinizador (POL) en Huachichil, ciclo 2011-2012.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
1	Representación esquemática típica de una megasporogénesis. (Cuevas, 2009).....	13
2	Granos de polen. Tomada de Scott F. Gilbert. 2005.....	14
3	Ubicación de la localidad de estudio, Huachichil en el municipio de Arteaga, Coahuila.....	24
4	Flores de manzano en estado de globo, fase adecuada para colecta de polen.....	26
5	Tamizado de las flores para obtención de polen.....	27
6	Imagen de un árbol con los tratamientos de polinización (o cruza).....	28
7	Calidad de fruto, DP, DE, TF y NS en los tratamientos con las variedades comerciales utilizadas en la evaluación.....	30
8	Porcentaje de amarre de fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	34
9	Comportamiento del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2010-2011.....	35
10	Peso de fruto (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	35
11	Rendimiento de rama (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	36
12	Número de semillas por fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila ciclo 2010-2011.....	36
13	Porcentaje de amarre de fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	39

14	Comparación del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2010-2011.....	39
15	Peso de fruto (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	40
16	Rendimiento de rama (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	40
17	Comportamiento del número de semillas por fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.....	41
18	Porcentaje de amarre de fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	45
19	Diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2011-2012.....	45
20	Peso del fruto (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	46
21	Rendimiento de rama (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	46
22	Número de semillas por fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	47
23	Porcentaje del amarre de fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	49
24	Comparación del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	50
25	Peso del fruto (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	50

26	Rendimiento de rama (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	51
27	Número de semillas por fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.....	51

RESUMEN

La presente investigación se desarrollo en la Sierra de Arteaga, Coahuila, México, en la localidad de Huachichil, ubicada en las coordenadas 25° 11'' Latitud Norte y 100° 45' 35.90'' Longitud Oeste; a una altura de 2,240 msnm, en el ciclo 2010-2011 y 2011-2012. El objetivo fue evaluar el efecto de la polinización en la producción y la calidad del fruto del manzano, utilizando diferentes variedades polinizadoras. El material vegetativo utilizado fue: variedades comerciales como; Golden Normal (testigo), Golden Vigas, Golden Mario, Golden Verde, y Golden Aguanueva II, mientras que como polinizadores se utilizaron las variedades Top Red, Manchurian, Rome Beauty, Red Ace, Red Shiff y Golden Vigas. La metodología fue hibridación sin emasculación con un pincel, seguida de monitoreo al desarrollo de fruto hasta la cosecha. La evaluación de fruto se realizó tomando en consideración las variables amarre de fruto (AF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), tamaño de fruto (TF), peso de fruto (PF), rendimiento de rama (RR) y número de semillas (NS). Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS V8.0 y se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). En los resultados se observó que durante el ciclo 2010-2011 el polinizador Top Red influyó positivamente en la variedad comercial Golden Verde en los parámetros; diámetro polar, diámetro ecuatorial, tamaño de fruto, peso de fruto y rendimiento de rama; por lo que la combinación de polinizador y variedad aumenta considerablemente la producción y rendimiento total. En el caso del ciclo 2011-2012 el polinizador Top Red resultó ser nuevamente el que más influyó positivamente en la variedad Golden Vigas en los parámetros; diámetro polar, diámetro ecuatorial, tamaño de fruto, peso de fruto y rendimiento de rama. Se concluye que Top Red se considera uno de los polinizadores que más ayuda a obtener buenos resultados y ser apto para ser considerado como polinizador comercial.

Palabras claves: *Malus doméstica* Bork, polinización, variedades

I. INTRODUCCIÓN

En la región manzanera de Coahuila, existe un serio problema con la polinización debido a que algunas de las variedades comerciales y polinizadores que se utilizan, no presentan una adecuada adaptación a las condiciones agroclimáticas, principalmente a la acumulación de frío, ya que no es suficiente para cubrir sus requerimientos en las diferentes localidades en donde se produce este frutal. Lo anterior da como resultado una brotación deficiente y fuera de fecha entre las variedades comerciales y los polinizadores, lo que provoca que no se disponga de polen en las fechas requeridas, presentándose formas y tamaños de fruto no deseables, ausencia de semillas y por lo tanto, mala calidad de fruta.

El manzano (*Malus domestica* Bork) es una especie con requerimiento de frío invernal relativamente alto, indispensable para lograr una brotación floral y foliar que garantice un desarrollo adecuado. En la región frutícola del Estado de Coahuila se acumulan solamente en promedio, 550 unidades frío durante la temporada invernal, lo cual es insuficiente para el cultivo de manzano que requiere para su buen desarrollo, de 1000 a 1200 unidades frío. Esto ha causado que los árboles presenten alteraciones fisiológicas que propician, deficiente brotación, flores pequeñas, periodo de floración prolongado, bajo rendimiento y frutos de calidad deficiente, causando que el promedio de la producción sea significativamente bajo.

Debido a las alteraciones mencionadas, se han generado algunas mutaciones en la variedad Golden Delicious, las cuales han sobresalido por sus bajos requerimientos de frío y buena calidad de fruto, entre las que podemos mencionar; Aguanueva I, Aguanueva II, Verde, Vigas, Brotador, Primicia (conocido también como “Paco”), y otros más recientes como; Tunal y Alazanas. Estos materiales se han manejado por los productores desde hace algunos años, y han sido multiplicados de manera clonal. Con el paso de los años, el productor también ha eliminado en gran parte la variedad roja (Red Delicious) que desempeñaba perfectamente la función de polinizador del Golden Normal, lo que ha tenido consecuencias (buenas o malas) muy importantes

en la calidad de fruta y productividad del manzano, pues han venido manejando cultivares polinizadores traídos de otras regiones y/o países para tratar de cubrir las necesidades de polinización de los materiales mutantes, buscando éxito en la polinización.

Considerando esta problemática en la producción, se desarrolló la presente investigación en la localidad de la Sierra de Arteaga, Coahuila (Huachichil), con la finalidad de caracterizar los frutos que se obtienen con la polinización local de la región, lo cual permitirá encontrar la mejor opción de polinizador para las variedades comerciales de la Sierra, principalmente los mutantes del Golden Delicious.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la polinización en la producción y la calidad de fruto del manzano, utilizando diferentes variedades polinizadoras.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de la polinización en el desarrollo de fruto del manzano en diferentes variedades comerciales.

Definir el polinizador más adecuado para las diferentes variedades comerciales de manzano en la sierra de Arteaga.

1.3 HIPÓTESIS

La adecuada polinización de las flores del manzano incrementa el rendimiento y calidad del fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características generales del manzano

2.1.1 Origen del manzano

El género *Malus* tiene, de acuerdo a la mayoría de las autoridades, de 25 a 30 especies y varias subespecies de las llamadas manzanas ácidas, de las cuales, muchas son cultivadas como árboles ornamentales por su abundante floración y lo atractivo de sus frutos.

El manzano cultivado es generalmente referido como (*Malus pumila* Mill). Pero sin duda que *Malus sylvestris* Mill y otras especies han estado involucradas en su evolución. *Malus baccata* Borkh, se ha usado con la intención de inducir resistencia al frío y más recientemente, resistencia a enfermedades de *Malus floribunda* Sieb., *Malus micromalus* Mak., *Malus prunifolia* Borkh., *Malus atrasanguinea* Schneid. Y otras especies que han sido introducidas a la manzana cultivada por un programa de retrocruza y selección.

Malus pumila Mill., es generalmente considerada como el padre de la mayoría de las manzanas cultivadas y es endémica del área comprendida de los Balcanes y sureste de Rusia y este del Trascáucaso, Irán, Turquestán y al Norte hasta las montañas Altai en Rusia Central.

El centro de origen o de mayor diversidad del manzano se encuentra en Asia Sudoccidental y, Vavilov (1931), en sus expediciones encontró muchas manzanas silvestres en los bosques de Cáucaso y en Turquestán, produciendo frutos en un amplio rango de tamaños y algunos de muy buena calidad. Moore y Janick (1993).

Importancia económica del manzano

Cuadro 1. Principales países productores del manzano

País	Cantidad (Ton)		Rendimiento (Ton ha ⁻¹)
	Año 2008	Año 2009	
China	29,851, 163	31,684,445	6%
Usa	4,358,710	4,514,880	4%
Turquía	2,504,490	2.782,370	11%
Polonia	2,830,870	2,626,270	-7%
Irán (Rep. del Islámica)	2,718,780	2,431,990	-11%
Italia	2,210,100	2,313,600	5%
Francia	1,940,200	1,953,600	1%
India	1,985,000	1,795,200	-10%
Federación de Rusia	1,467,000	1,596,000	9%
Brasil	1,124,160	1,222,890	9%
Chile	1,280.000	1,090,000	-15%
Alemania	1,047.000	1,070,680	2%
Argentina	950.000	1,027,090	8%
Japón	910,700	845,600	-7%
Ucrania	719,300	853,400	19%
Rep. Pop. Democrática de Corea	680,564	719,682	6%
Sudáfrica	770, 741	702, 682	-9
Uzbekistán	585.000	702,284	9
España	661.754	635.000	-10
Hungría	568,600	575,368	1%

Fuente: Propia elaborado con datos FAOSTAT. 28 de agosto del 2011.

Principales estados productores del manzano en México

Cuadro 2. Situación de la producción de manzano en México por estados en 2010. Tomada de Siap 2011.

Estado	Superficie (ha)		Producción (Ton)	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)
	Sembrada	Cosechada		
Aguascalientes	49	49	352	7.188
Baja california	16	1	2	2.000
Coahuila	7.028	7.018	36.752	5.232
Chiapas	1.192	1.108	3.762	3.394
Chihuahua	26.666	25.876	208.169	8.045
D.F	131	98	658	6.750
Durango	10.890	10.508	60.803	5.786
Guanajuato	26	25	58	2.302
Guerrero	36	28	108	3.798
Hidalgo	998	986	4.119	4.175
Jalisco	28	12	61	4.982
México	154	144	844	5.859
Michoacán	162	148	1.024	6.941
Morelos	13	5	75	15.000
Nuevo León	1.959	1.749	6.406	3.663
Oaxaca	703	601	2.108	3.505
Puebla	8.499	8.280	34.316	4.144
Querétaro	644	620	999	1.613
S.L.P	21	20	152	7.625
Sonora	183	161	3.318	20.652
Tlaxcala	14	14	118	8.429
Veracruz	876	836	9.221	11.023
Zacatecas	1.206	759	3.578	4.714
Total	61,495	59,047	377,004	6.385

2.1.2 Producción del manzano en el estado de Coahuila

En el estado de Coahuila, el municipio con la mayor participación es Arteaga con el 97% de la producción estatal siendo la sierra de Arteaga la principal zona productora de manzano (SAGARPA, 2007); en la región de Arteaga, Coahuila existen aproximadamente 2'250,000 arboles en producción, 1'150,000 en desarrollo y anualmente se establecen un promedio de 80,000 árboles; mientras que en superficie plantada la sierra de Arteaga comprende 7,015 has con una producción de 35,250.5 ton y un valor comercial de 92' 911,800 miles de pesos (INEGI, 2008). El 78% es destinado para el consumo en fresco, y el 22% a un uso industrial, (SAGARPA, 2007).

La manzana es una fuente nutricional por contener en cada 100 g de fruta en promedio 84% de agua, 56 calorías, 14.1 g de carbohidratos (celulosa y pectina), vitamina A, B₁, C, 0.2 gramos de proteínas, 0.6 gramos de grasas y 12 por ciento de minerales (Westwood, 1993), además encontramos numerosos antioxidantes y metabolitos secundarios como: ácidos fenólicos, flavonoides y antocianinas, que son esenciales para la nutrición humana (Nybom *et al.*, 2008).

2.2 Descripción botánica del manzano

El manzano es un árbol de tercera dimensión, su altura es de 6 a 10 m, de raíces con magnitudes de 3 a 8 m; su tronco generalmente es tortuoso y tiene ramas gruesas, copa ancha y poco regular.

2.2.1 Raíz

La raíz del manzano es típica, rastrera, ramificada, con derivaciones secundarias extendidas y una masa de raicillas que, en conjunto, forman la cabellera, poseen cofia y pelos absorbentes y alcanzan una longitud vertical de 1.5 a 2.0 m y una longitud horizontal de 3.0 a 6.0 m.

La raíz es el conducto de la alimentación. Los arboles absorben del suelo una parte de los elementos que le son necesarios; esta absorción se realiza a través de los

pelos absorbentes. Las raíces almacenan en sus tejidos sustancias de reservas procedentes de la sabia elaborada, que serán necesarias para el primer desarrollo primaveral, el almacenaje de sustancias de reserva empieza cuando termina el periodo de gran desarrollo, a finales de junio, llega aun punto máximo cuando termina el crecimiento de los frutos y continúa hasta la caída de las hojas.

La función respiratoria de las raíces, aunque débil, es importante porque todo factor que lo impida actúa en perjuicio del árbol; aunque la función de anclaje sea considerada, desde el punto de vista fisiológico, como secundaria, es importante por la resistencia que le proporciona al árbol contra las corrientes de viento. En años recientes se ha demostrado que este órgano participa en otros fenómenos importantes como el de la formación de yemas florales (Ramírez y Hood, 1981).

2.2.2 Tallo

El tallo es un órgano que se desarrolla a partir del embrión de la semilla; y efectúa cierta acción fotosintética, función que posteriormente pierde al hacerse leñoso y constituirse en el tronco definitivo; presenta corteza cubierta de lenticelas, lisa, unida, de color ceniciento verdoso sobre las ramas y escamoso y gris pardo sobre las partes viejas. La altura del tallo es variable, alcanza a medir de 2.5 a 6.0 m y sus funciones son muy importantes, ya que trasporta a las hojas los elementos nutritivos disueltos en el agua (sabia bruta) que han entrado a través de los pelos absorbentes; transporta y proporciona a las raíces, brotes, hojas, flores y frutos, la sabia elaborada para el crecimiento, fructificación y formación de reservas.

2.2.3 Hojas

Las hojas del manzano son caducas, alternas, acuminadas (es decir, terminan en una punta corta, aserrada y con dientes obtusos) y son de color verde oscuro por el haz y leñoso y blanquecino por el envés y lo doble de largo que el peciolo, de cuatro a ocho nervios alternados y bien desarrollados. En las hojas es donde se efectúa la transformación de la sabia bruta en sabia elaborada, necesaria para la formación y desarrollo de los órganos jóvenes y, por consiguiente, para el crecimiento, y fructificación del árbol.

Estos órganos están formados por el peciolo y el limbo, y presentan en su base un pequeño órgano llamado estípula, de color verde; el haz no presenta estomas, ya que éstos solo están en el envés, donde se han encontrado hasta 29 400 por cm²; en estos órganos es donde se efectúa la transformación de la savia bruta en savia elaborada, y de su buen funcionamiento depende el desarrollo del árbol y su producción.

2.2.4 Inflorescencia

La inflorescencia del manzano es un corimbo formado de tres a ocho flores, cada botón floral tiene en su base dos yemas de madera; los botones florales pueden ocupar una posición lateral sobre la madera de dos años, o una posición terminal en la ramilla de dos años.

2.2.5 Flores

Las flores son del grupo pentámero, con los estambres en la parte alta del pistilo; el ovario presenta cinco alveolos formados por la testa y el tegumento. El embrión contiene la radícula, el talluelo, y dos cotiledones que envuelven la plúmula; estos cotiledones son utilizados como reserva nutritiva.

2.2.6 Fruto

El fruto del manzano es un pomo con cinco alvéolos; endocarpio cartilaginoso, cada alvéolo cuenta con una o dos semillas, tiene un pedúnculo de longitud variable, cáliz persistente y su forma depende de la variedad.

2.3 Biología floral del manzano

Las flores de los cultivares de manzano y plantas de semilla varían considerablemente en tamaño, forma de pétalos y en color de blanco a rosa intenso. Se producen al mismo tiempo que las hojas y aparecen en inflorescencias cemosas, de pedicelos relativamente cortos, usualmente en crecimientos cortos, pero en algunos casos en las yemas terminales o axilares del crecimiento del año anterior, la flor se compone de 5 pétalos, un cáliz de 5 sépalos, alrededor de 20 estambres y el pistilo dividido en 5 estilos; el ovario tiene 5 carpelos cada uno contiene dos semillas

y óvulos de tal manera que en la mayoría de los casos el número de semillas es de diez pocos cultivares tienen más de diez semillas y el máximo es probablemente 20. (Moore y Janick, 1993).

Las Partes de una flor completa son las siguientes; a) Pedúnculo, b) Cáliz, c) Corola, d) Androceo y e) Gineceo.

2.3.1 Pedúnculo

Es la parte delgada y alargada, generalmente ensanchada en su ápice, que une la flor al tallo. Al ensanchamiento se le llama receptáculo y en algunas especies es de gran importancia, como sucede en el peral y en el manzano, en los cuales la parte comestible del fruto corresponde precisamente al receptáculo crecido y engrosado.

2.3.2 Cáliz

Está compuesto por varios elementos foliares de color generalmente verde, llamados sépalos y que constituyen las envolturas más externas de la flor, a la cual protegen.

2.3.3 Corola

Es la segunda envoltura de la flor y se compone de una serie de hojas modificadas llamadas pétalos los cuales suelen ser más grandes que los sépalos y son de color llamativo su función principal es la de proteger a los órganos sexuales al igual que los sépalos, su color y perfume atraen a los insectos y con esto se ayudan a la polinización.

2.3.4 Androceo

Comprende el conjunto de estambres u órganos masculinos de la flor, estos son de tamaño variado y las partes de cada estambre son:

1. Filamento: Eje cilíndrico generalmente alargado, insertado en la base de la flor.
2. Antera: Es la parte importante del estambre y presenta forma variable pero muy comúnmente ovoide o arriñonada, ésta se compone de dos partes llamadas tecas, cada una de ellas contiene 2 sacos polínicos con

granos de polen, los cuales contienen los gametos masculinos encargados de la fecundación del óvulo para formar el embrión.

2.3.5 Gineceo

Llamado también pistilo, se ubica en el centro de la flor y es el órgano femenino de la misma, está formado por una o varias hojas modificadas llamadas carpelos, los cuales suelen estar soldados entre sí formando una sola unidad. Las partes importantes del gineceo son tres:

1. Ovario: Es la parte basal unida al receptáculo o embutida en él, como en los frutos pomos, es ancho y voluminoso con formas muy variadas y en el se encuentran los óvulos, tiene una prolongación llamada estilo.
2. Estilo: Es un filamento delgado y alargado que sobrepasa los estambres en algunas especies.
3. Estigma: Se encuentra en la terminación del estilo y toma diferentes formas, posee además una sustancia mucosa para que se adhiera el grano de polen. De acuerdo a la posición que guarda el ovario con respecto a los sépalos se denomina súpero o ínfero.

Súpero: El ovario está por arriba del receptáculo

Ínfero: El ovario está por debajo del receptáculo.

Calderón (1985).

2.4 La floración del manzano

Ramírez y Cepeda (2001) mencionan que el ciclo del manzano para la entidad Coahuilense inicia con la caída de las hojas a mediados del mes de octubre hasta mediados del mes de noviembre; posteriormente comienza el reposo invernal del árbol, prolongándose éste hasta el mes de febrero, seguido por el desborre en el mes de marzo, que es cuando se renueva la actividad vegetativa, presentándose a inicios del mes de abril la floración. Salen en inflorescencia donde el racimo está compuesto de cinco a seis flores, y nacen en brotes de 0.5 y 50.8 centímetros de diámetro en ramas de 1 a 3 años.

Los racimos se encuentran en la extremidad de los brotes, en las axilas de las hojas y se forman en el verano anterior. En donde la flor reina abre primero que es la que produce la fruta más grande. Si la flor reina falla, las flores laterales abren uno o más días en adelante que también pueden producir fruta (McGregor, 1997). Por otro lado el periodo de floración es muy breve, con una duración promedio de 9 días, aunque días fríos lo alargan, y días cálidos y secos lo acortan (Devoto y Martínez, 2000). Sin embargo, el árbol del manzano, puede presentar hasta 100,000 flores y sólo basta que amarre un 4 a 5% para asegurar una buena cosecha.

2.5 Requerimiento de frío en manzano

El manzano es un árbol caducifolio y requiere frío invernal para lograr una brotación de yemas florales que se traduzca en buenos rendimientos y cosecha uniforme (Ramírez y Cepeda, 1993). Un problema de los manzanos desarrollados en condiciones benignas de invierno es la baja acumulación de unidades frío (UF) por temperaturas diurnas elevadas. Los arboles exhiben alteraciones fisiológicas como retraso de brotación, flores pequeñas, un periodo de floración prolongado, bajo rendimiento y frutos de calidad deficiente. Esto se debe fundamentalmente a que en el periodo de reposo se presentan temperaturas altas durante el día (mayores de 20° C), lo cual reduce las UF acumuladas durante la noche. Esta variación de temperatura ocasiona que se acumule sólo entre 60 y 80 % de las UF requeridas, por lo que el árbol brota y florece en forma deficiente, causando con esto que el rendimiento final se reduzca significativamente (Paz *et al.*, 2003; Ramírez y Cepeda, 1993).

La temperatura a la que debe estar expuesto un manzano para acumular satisfactoriamente su necesidad de frío parece estar entre los 4 y 10 °C. Las temperaturas pueden tener un diferente valor efectivo como frío para terminar la endodormancia, de tal forma que temperaturas inferiores a 4 °C y superiores a 10 °C , aun son efectivos pero hasta ciertos limites 0 y 20°C . Debajo de 0°C el frío ya no es efectivo para causar cambios fisiológicos mientras que temperaturas arriba de 20°C resultan perjudiciales y reducen parte del frío acumulado. (Díaz, 1993).

Cada cultivar tiene su periodo de brotación bien definido, para la aplicación de compensadores, la mejor época es desde los 21 días hasta los 8 días antes de la brotación.

2.6 Formación del saco embrionario (megaesporogénesis)

En el ovulo, se desarrolla la placenta del ovario, la célula madre de las microsporas sufre, al igual que la célula madre de las microsporas, un evento de meiosis, que da como resultado la formación de las cuatro macrosporas. De estas, generalmente tres degeneran, y la cuarta sufre tres divisiones mitóticas sucesivas, para formar el saco embrionario. Un saco embrionario típico tiene siete células: tres antípodas, dos sinérgidas, una célula central (que contiene dos núcleos polares) y el ovulo. (Enrique, 2005)

Con este término se define el proceso de la formación de gametos femeninos en la estructura botánica y del gineceo; este ultimo, esta configurado básicamente por el ovario, el estilo y estigma.

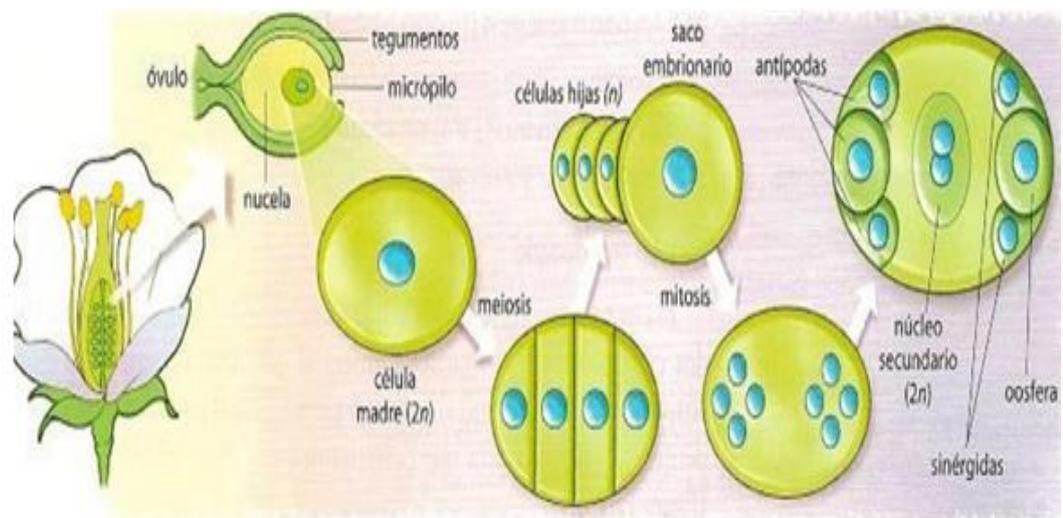


Figura 1. Representación esquemática típica de una megaesporogénesis. (Cuevas, 2009).

2.7 Formación del grano de polen (microesporogénesis)

Los granos de polen quedan libres y escapan de la antera una vez que ésta realiza la dehiscencia, es decir, la apertura cuando ya los primeros han alcanzado la madurez y están en posibilidades de realizar la fecundación.

Los granos de polen que, en conjunto constituyen un polvo amarillo, son corpúsculos de diversas formas y tamaños que en su interior encierran a los gametos masculinos y los protegen del medio ambiente hostil, como son la sequedad, altas y bajas temperaturas. El interior del grano de polen está ocupado por dos células, una mayor que la otra, estando la menor dentro de la mayor.

Esta es la llamada célula vegetativa y posee un gran núcleo y citoplasma con abundantes sustancias de gran valor nutritivo, la otra, la pequeña, posee núcleo y escaso citoplasma y es la llamada célula generatriz debido a que a partir de ella se forman los gametos masculinos. Ambas células están rodeadas de dos paredes, una interna y bastante delgada, constituida exclusivamente por celulosa llamada **intina**, también una capa externa sumamente gruesa y cutinizada llamada **exina**, que presenta una superficie exterior rugosa o provista de salientes o picos para realizar importantes funciones de protección de las células que están en el interior, además su forma sinuosa sirve para que el polen quede adherido al cuerpo y las patas de los insectos. Calderón (1985).

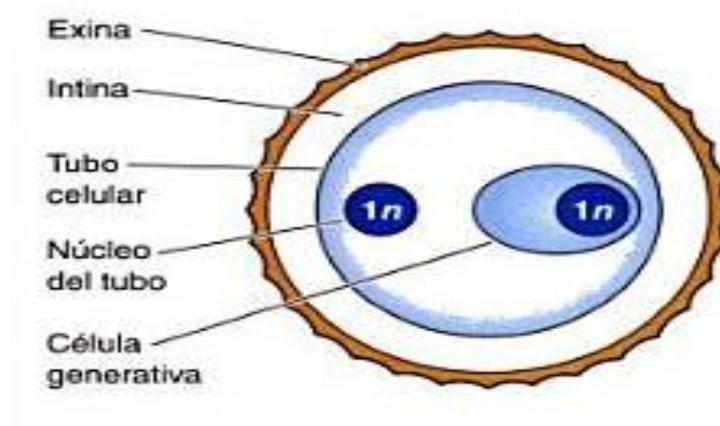


Figura 2. Granos de polen. Tomada de (Scott F. Gilbert. 2005).

Las anteras de las angiospermas están formadas por dos lóbulos llamados tecas, los cuales están fusionados por medio de un tejido conectivo de células vegetativas que contienen un pequeño haz vascular central. Cada lóbulo de una antera tiene dos sacos polínicos elongados en los cuales ocurre la formación del polen.

La diferenciación de las células del arquesporio en una capa de células parietales y tejido esporogéneo ocurre al principio del desarrollo de la antera. Las células parietales producen la pared externa de la antera y la capa nutritiva interna, (el tapatum), mientras que el tejido esporogéneo da origen a muchas células madre del polen. (Stanley, 1985).

La célula madre del polen experimenta dos divisiones meióticas, con lo cual se producen cuatro microsporas haploides. La transformación de las microsporas en granos de polen maduros adopta tres formas en las angiospermas "normal", "juncus" y "triglochis" clasificación que se basa en el tiempo que dura el crecimiento del polen y la formación de la exina en relación con la división del núcleo. Las especies frutícolas siguen generalmente el tipo de transformación denominada "normal", donde las microsporas comienzan a elongarse y la formación de la exina se inicia inmediatamente después de la meiosis. Al término de la primera división mitótica, en el cual las vacuolas ocupan la mayor parte del volumen de la microsporas, el citoplasma queda confinado a la periferia de la misma y el núcleo tiene una posición acéntrica. Entonces el núcleo se divide para formar dos núcleos, uno generativo y el otro es el del tubo. La sincronización de la primera división mitótica es rara entre los granos de polen en formación de una misma flor y aún dentro de la misma antera.

El polen puede ser soltado ya sea después de una o de las dos divisiones mitóticas dando origen a granos de polen binucleados o trinucleados respectivamente. (Stanley, 1985 citado por Moore y Janick, 1988).

2.8 Doble fecundación en angiospermas

Antes de explicar el proceso de la doble fecundación en las plantas, se dice que éstas pasan por un ciclo de vida, uno es el estado esporofítico (diploide), el otro es el gametofítico (haploide); constituyendo ambos ciclos vitales completos y normales, el

ciclo de vida diploháplontico. Las angiospermas son plantas cuyos carpelos forman un ovario y dentro de éste los óvulos, que al fecundarse, forman semillas que contienen al embrión.

Para que se realice el proceso de la doble fecundación en plantas, previamente el gineceo debe ser receptivo respecto a sus estigmas, estilo, ovario, óvulos con sus núcleos haploides y saco embrionario; además, los granos de polen deben ser viables después de hacer dehiscencia las anteras del androceo, cuyos granos de polen liberados serán trasladados a los estigmas por el viento (polinización anemófila) o, por los insectos (polinización entomófila), para el caso de las especies autógamias simplemente caen en forma directa para realizar la fecundación.

La doble fecundación en las angiospermas, se inicia con la llegada de un grano de polen al estigma. El grano de polen es seco y al estar en contacto con el estigma, el cual es húmedo, el grano de polen se va hidratando paulatinamente, hasta que, al aumentar el volumen, se revienta y emerge al tubo polínico que transporta su núcleo haploide; por la acción de las auxinas, el tubo polínico va abriendo un canalículo (microtúbulo) a lo largo del estilo, hasta llegar al micrópilo del ovulo, que integra el saco embrionario. El núcleo del tubo polínico hasta aquí termina su función; se desintegra y reabsorbe, pero ya abrió camino para que un núcleo generatriz del grano de polen, se una con los dos núcleos polares del ovulo, para formar una célula triploide; la cual, por continuas divisiones por mitosis, forma al endospermo durante el proceso de diferenciación de tejidos del fruto.

El otro núcleo generatriz del grano de polen, se une con el oozfero del ovulo, integrándose una célula diploide, la cual por mitosis sucesivas y diferenciación de tejidos, forma al embrión, básicamente representado por la plúmula que originará posteriormente la parte aérea de la planta, como es el tallo, ramas, hojas, flores, frutos, semillas, etc. La otra parte básica del embrión es la radícula que como su nombre lo indica, originara las raíces primarias, secundarias, hasta llegar a los pelos absorbentes. La separación entre la radícula y la plúmula es el nudo cotiledonar.

Por lo antes explicado, la doble fecundación es la unión de un núcleo generatriz con los dos núcleos polares, y por otra parte, la unión de otro núcleo generatriz con el oozfero u ovocélula. El endospermo es un tejido triploide ($3n$), que sirve como almacén de nutrientes. El embrión diploide ($2n$), en cada una de sus células contiene un genomio del progenitor masculino y otro del progenitor femenino; puesto que todas las células se han dividido por mitosis, contendrán un mismo genotipo.

En las monocotiledóneas como el maíz, el pericarpio es un tejido con dos genomios ($2n$), el que proviene de células somáticas del progenitor femenino. Sintetizando el grano de maíz propia o botánicamente, es un fruto integrado por: un pericarpio ($2n$), que es la cubierta o cáscara, cuya función es de protección. El endospermo ($3n$), que sirve como almacén de nutrientes para consumirse en los procesos de germinación de la semilla, (fruto en carióspside en maíz) y en las primeras fases de plántula, hasta que ésta agota esos nutrientes y desarrolla sus raíces para su establecimiento, desarrollo y crecimiento definitivo. El embrión ($2n$), cuya función es básica en la formación de una nueva planta. (Raul, 1986).

2.9 La emasculación

Antes del cruzamiento, las flores del árbol "hembra" deben emascularse. Esto consiste en remover las anteras antes que abran. Lo anterior tiene dos propósitos, prevenir la autofecundación y contaminación y exponer los estigmas para facilitar la polinización cruzada. Aún cuando se tienen bajo invernadero o protegido de los insectos y el árbol "hembra" sea autoincompatible ayuda mucho emascularse. Con árboles en el huerto, la emasculación es esencial porque los estambres y pétalos atraen a los insectos que portan polen indeseable y contaminan las cruces.

Cuando las hibridaciones se hacen con propósitos de investigación genética, así como mejoramiento genético, deben tomarse precauciones muy estrictas para prevenir contaminaciones, si las cruces son parte de un programa de mejoramiento genético que tiene como único propósito la creación de cultivares mejorados, entonces no es esencial un 100% de control.

Una forma de evitar que las abejas sean atraídas a las flores, es remover los pétalos, sépalos y estambres con las uñas del dedo pulgar e índice justo antes de que las yemas alcancen el estado de balón o globo. Con un poco de práctica uno puede volverse un experto haciendo esto. Solo los estilos se dejan sobre el receptáculo del ovario. Hay otros métodos incluyendo el uso de tijeras de costura con una apertura en una de las hojas que ha probado ser muy eficiente. Barrett y Arisumi (1952), Citado por (Moore y Janick, 1993).

Los árboles del manzano producen flores en abundancia y solo una pequeña cantidad amarra y produce frutos, por lo que no es necesario emascular todas las flores de una inflorescencia, como una regla, dos flores por inflorescencia es suficiente y las demás deben removerse. Cualquier flor no emascularada que produzca fruto puede ser identificada, ya que el fruto de flores emascularadas no presentará vestigios de las anteras en el cáliz.

Experimentalmente se ha demostrado que los insectos no visitan las flores cuyos estambres y pétalos han sido removidos y por lo tanto no hay necesidad de protección contra ellos, no obstante, el amarre de fruto se mejora embolsando, ya que se reduce la desecación de las partes florales dañadas. Bajo condiciones de exposición al viento, tal protección es muy deseable. (Visser 1951) Citado por (Moore y Janick, 1993).

2.10 La polinización del manzano

La polinización se define como la transferencia de los granos de polen de la antera al estigma de la flor o de otra flor de la misma especie (Guerrero, *et al.*, 1998). Cuando el polen se adhiere al estigma, germina y produce un tubo polínico que crece en dirección al ovario, el gameto masculino se transfiere a través del tubo y se une al gameto femenino (ovocélula) para formar un cigoto; permitiendo de esta forma el desarrollo del fruto que protege a las semillas (García, *et al.*, 1988). Si dicha transferencia se realiza de la antera al estigma de la misma flor o al de otra flor ubicada en la misma variedad se le conoce como auto-polinización y si la

transferencia se realiza al estigma de flores de otras variedades se le denomina polinización cruzada.

El manzano es una planta alógama debido a que la mayoría de sus variedades son autoincompatibles (su propio polen es incapaz de fecundar su pistilo) como la Red Delicious y sus mutantes, Gala, Fuji y otras, que requieren de la polinización cruzada. (Polen de otra variedad) para amarrar fruta y de un vehículo polinizador. (Simó, 2003); incluso las variedades denominadas auto-fértiles como la Golden Delicious, Rome, Wealthy, Baldwin y Jonathan necesitan otra variedad cercana que funcione como fuente de polen ya que ninguna variedad de manzana es lo suficientemente auto-fértil como para ser confiablemente productiva cuando se planta sola (Norton, 2001).

La polinización debe efectuarse cuando el estigma sea receptivo, esto puede reconocerse por la apertura de las flores y el completo desarrollo del estigma. La polinización provoca un incremento de la producción (aumento del número de frutos y tamaño de frutos) y el incremento de su diversidad genética. A si mismo provoca un aumento en el número y calidad de frutos cuajados (Simó, 2003). Una cosecha económica de manzana depende de la polinización cruzada acertada (Wilson y Elfving, 2003). La posibilidad de éxito aumenta cuando se tienen diversas variedades polinizadoras, la selección se realiza con el criterio que la variedad polinizadora cuente con polen en cantidades abundantes y de alta germinación (Hjeltnes y Normes, 2007), durante, antes y después de su floración.

2.10.1 Tipos de polinización

Existen dos vías principales de polinización, esta puede ser conducida por el viento **a)** anemófilo, o por medio de insectos **b)** entomófila.

2.10.1.1 Polinización anemófila

Son los transportados por el viento por lo que poseen características que facilitan dicho transporte: son granos pequeños 15-50 mm, ligeros y en general de superficie más lisa (Emberlin, 1997). Estas propiedades facilitan, a su vez, el acceso

a las vías respiratorias y la penetración en las mucosas de los pacientes provocando la reacción alérgica. Además estos pólenes se liberan en enormes concentraciones a la atmósfera para asegurar una polinización eficaz.

2.10.1.2 Polinización entomófila

Son aquellos pólenes transportados por insectos por lo que raramente causan polinosis, los granos de polen son grandes (hasta 100 μ m), esculpidos en su superficie y recubiertos por una sustancia denominada polenquita (Hesse, 1991) de carácter pegajoso que facilita la adhesión de los granos de polen a las patas de los insectos que lo transportan.

2.11. Factores que afectan la polinización

2.11.1 Compatibilidad

El manzano tiene una auto-incompatibilidad representada gametofíticamente que es denominada por un locus multialelico S, ya que cuando son idénticos los locus S las variedades se comportan completamente auto-incompatibles y si uno de los locus es idéntico y el otro diferente se comportan como semi-compatibles y para que las variedades sean completamente compatibles es necesario que sus locus S sean diferentes (Schneider *et al.*, 2005).

2.11.2 Viabilidad del polen

Bajo condiciones de campo a temperaturas moderadas, alta humedad y alta intensidad lumínica, el polen tiene poca longevidad, y normalmente tan solo es viable durante unas horas. Puede permanecer viable durante varios años con humedad e intensidad lumínica baja y a temperaturas inferiores a las de congelación.

2.11.3 Crecimiento del tubo polínico

El tiempo que se requiere para que el crecimiento del tubo polínico llegue al ovulo y lo fertilice, depende de la temperatura, esta puede monitorearse diariamente cuando el árbol se encuentre en el 50% de floración hasta el 90% de la misma, y así llegar a estimar su crecimiento hasta que alcance el 100% de crecimiento

(fecundación), se determinó que la temperatura óptima para el crecimiento del tubo polínico es de 24 °C.

2.11.4 Longevidad del óvulo

La longevidad del óvulo es un factor importante que afecta al cuajado de frutos y que, si la fecundación no se produce dentro de un periodo específico, el saco embrionario pierde su viabilidad y la fecundación no puede realizarse aunque tenga lugar la polinización y el crecimiento del tubo polínico. En el manzano, la longevidad del ovulo puede ser de 11 a 12 días a un promedio de temperatura de 11 °C (Williams, 1966).

2.11.5 Receptividad del estigma

Asegura la rápida germinación del polen y facilita el rápido inicio del crecimiento del tubo polínico a través del estilo. Las papilas estigmáticas pierden su turbidez de dos a tres días después de la antesis. Las especies frutales que son polinizadas por insectos, secretan sustancias pegajosas en el estigma para asegurar la adhesión del polen y el desarrollo del tubo polínico (Stanley, 1985).

2.11.6 Periodo efectivo de polinización

Es el periodo durante el cual el óvulo es capaz de ser fertilizado menos el tiempo requerido para que el tubo polínico crezca desde el estigma hasta el ovulo (Williams, 1970). Los estigmas ya son receptivos en el estado fenológico “botón rosa”, manteniéndose la receptividad hasta tres días después de la apertura floral (Rallo, 1986).

2.11.7 Distribución del polinizador

La colocación de polinizadores cerca de los cultivares a polinizar da lugar a un cuajado de fruto mayor. El polinizador debe ser compatible con la variedad comercial. El periodo de floración del polinizador debería comenzar un poco antes que el cultivar comercial. (Westwood, 1982).

2.11.8 Clima

Es importante considerar a las condiciones ambientales así el clima en el momento de floración juega un papel importante en la polinización y por ende en la fecundación. A medida que la temperatura cae a $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, la formación de hielo dentro de los tejidos de la flor puede causar lesión en la capa superficial del fruto. A los $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a temperaturas más inferiores, los estilos y óvulos pueden ser destruidos, evitando la fecundación. A los $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ puede hacer que el polen no germine y a los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ el crecimiento del tubo polínico sea muy lento (Norton, 2002); es por ello que Childers (1982) menciona que las condiciones óptimas para la germinación del grano de polen en el estigma y el crecimiento del tubo polínico debe estar entre 21 y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.11.9 Actividad de las abejas

Aproximadamente entre el 20 y 25% de las abejas colectoras en manzano colectan polen entre el 75 y 80% colectan néctar (Rallo, 1986). Por lo tanto las abejas que colectan néctar no ayudan en la polinización ya que las flores tienen los filamentos de los estambres en forma vertical separados por aberturas suficientemente amplias para permitir que la abeja extraiga néctar sin tocar los estigmas (sideworking). Otros tipos de comportamiento son “trabajan desde arriba o por encima” (topworking) y “dispersando los filamentos” (dispersoras) ayudando estas en la polinización (Robinson, 1979). Ya que cada abeja puede transportar aproximadamente 100 000 granos de polen. Dicho insecto al visitar una flor y luego otras en forma sucesiva, al frotar su cuerpo, va dejando polen sobre los estigmas y a su vez toma polen adicional, provocando la autopolinización o la polinización cruzada. En manzano una abeja visita de 700 a 1,000 flores por día e indirectamente se reconoce que la existencia de un promedio de 20 a 25 abejas por árbol por minuto indica tener un buen amarre de fruta (Mayer, *et al.*, 1985).

2.12 Amarre de fruto y desarrollo

Leza (2008), explica que el cuajado viene acompañado por el marchitamiento de los pétalos, desprendimiento de anteras y cáliz además menciona que en manzano solo el 5% de las flores “prenden”. De mayo a septiembre, empieza el periodo de máxima vegetación en el cual se presenta el desarrollo del fruto, así como la

acumulación de reservas para el próximo ciclo. (Ramírez y Cepeda, 1993). Ramírez (2002), afirma que el objetivo del árbol es conservar la especie, por esta razón el árbol producirá abundantes frutos y desechará los que tengan pocas semillas, por lo tanto, los frutos con muchas semillas atraen más metabolitos comparados con aquellos con pocas semillas, lo que originaría su abscisión.

2.13 Madurez de fruto

Se denomina así a los procesos por los que el fruto evoluciona hasta un estado a partir del cual podrá llegar a ser aceptable para el consumo. Durante la maduración se producen en los frutos ciertos cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos. Los cambios físicos incluyen disminución de la consistencia, cambios de textura, disminución de la clorofila e incremento de xantofilas y antocianinas. Los cambios químicos y fisiológicos internos incluyen una disminución del almidón, un incremento de azúcares, sólidos solubles y pectinas solubles, una disminución de la acidez y, en algunos casos, una disminución de la actividad respiratoria. (Westwood, 1982).

2.14 Tamaño y forma

Para López, (2003) el tamaño es uno de los principales indicadores del momento de cosecha y en muchos casos está directamente asociado a otros aspectos de la calidad como el sabor o textura. Al respecto Escobar, (2012) encontró valores de tamaño de fruto desde 65.7 mm con sus estudios de bromatología en la variedad Golden Verde.

2.15 Cosecha

La cosecha inicia a finales de agosto y se alarga, en algunas regiones, hasta finales de septiembre. Para determinar el tiempo de cosecha existen diversos indicadores, tales como: firmeza, contenido de sólidos solubles, coloración de fruto, coloración café de la semilla y los días transcurridos desde la fecha de floración media hasta la madurez (Ramírez y Cepeda, 1993). Barrios (1993), explica que la madurez del fruto para ser cosechado está determinada por su fisiología y por las exigencias del mercado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el ejido Huachichil, localizado en el municipio de Arteaga, Coahuila, Rancho la Gloria ubicado en los 25° 11'' Latitud Norte y 100° 45' 35.90'' Longitud Oeste, a una altura de 2,240 msnm. (Olvera *et al.*, 2010) (Figura 3).



Figura 3. Ubicación de la localidad de estudio, Huachichil en el municipio de Arteaga, Coahuila.

3.2 Material vegetativo utilizado

Los materiales utilizados en la localidad para la realización de los trabajos de polinización con los diferentes tipos de polen fueron los siguientes:

En Huachichil se utilizaron las variedades comerciales; Golden Delicious “Normal” como testigo, Golden Vigas, Golden Mario (Brotador), Golden Verde y Golden Aguanueva II, en las cuales se probaron los pólenes de los genotipos; Top Red, Manchurian, Rome Beauty, Red Ace, Red Shiff y Golden Vigas.

Cuadro 3. Combinación de variedades y polinizadores realizada en el experimento.

Polinizadores	Variedades				
	Golden Normal	Golden Vigas	Golden Mario	Golden Verde	Golden Aguanueva II
Top Red	X	X	X	X	X
Manchurian	X	X	X	X	X
Rome Beauty	X	X	X	X	X
Red Ace	X	X	X	X	X
Red Shiff	X	X	X	X	X
Golden Vigas	X	X	X	X	X

3.3 Material utilizado

Para desarrollar estas actividades se utilizó material y equipo de laboratorio, etiquetas, pinceles, equipo para medir calidad de fruto y vernier para mediciones, computadora y software para microfotografías y análisis estadísticos, entre otros muchos incluyendo reactivos y soluciones.

3.4 Metodología para seguimiento de las fases fenológicas de variedades y polinizadores

Tanto en los polinizadores como en las variedades se llevó a cabo el seguimiento de la fenología para determinar el tiempo adecuado de polinización de cada variedad con el material correspondiente, mediante visitas continuas a las huertas se levantaron datos de la evolución de las variedades y los polinizadores.

Una vez obtenidos los datos de campo se contabilizaron los días a cada una de las fases a partir del 15 de diciembre del año anterior y se graficaron para tener un mejor punto de comparación entre polinizadores con la variedades respectivas de la localidad.

Para determinar la presencia de una fase fenológica en el árbol, se consideró cuando más del 5% de las yemas manifiestan este cambio, de igual manera, la definición del término de dicha fase, se considera cuando más del 95% de las yemas del árbol lo manifiestan. Por ejemplo; Fase de botón rosa, Figura 4.

3.5 Metodología para colecta del polen

La colecta de polen para establecer los tratamientos de polinización manual, se realizó cuando las flores se encontraban en estado de globo (30 de febrero a 25 de marzo) o botón rosa (Figura 4), las cuales se cosecharon y depositaron en vasos desechables para transportarlas al laboratorio, donde fueron colocadas sobre papel estraza a 18-20 °C a la sombra.



Figura 4. Flores de manzano en estado de globo, fase adecuada para colecta de polen.

Para coleccionar las anteras, se frotaron las flores a través de una malla de tul con dimensiones de 2 x 2 mm.

Posteriormente, las anteras se colocaron sobre papel sanitas a temperatura ambiente, a la sombra para su maduración y extracción del polen por dehiscencia, el cual se conservó en refrigeración a 5 °C para disponer de él en el momento adecuado de la floración de las variedades correspondientes,

Una vez obtenido el polen se colocó en recipientes de plástico con capacidad de 20 ml tapados herméticamente y cubiertos con papel aluminio para evitar la desecación y daño por la luz; después se colocaron en refrigeración a $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$, donde se mantuvieron durante el tiempo requerido para la realización de pruebas de viabilidad y germinación, así como para el periodo de floración de las variedades comerciales, en las que se realizaron las polinizaciones correspondientes.



Figura 5. Tamizado de las flores para obtención de polen.

Con polen disponible para trabajar en campo y laboratorio, se procedió a realizar las pruebas de polinización en campo, al mismo tiempo que en laboratorio se realizaban las pruebas correspondientes al polen de cada genotipo.

3.6 Metodología para la realización de la polinización en campo

Cada una de las ramas de los cuatro puntos cardinales fue etiquetada e identificadas de acuerdo al tratamiento de polinización correspondiente, registrando los datos iniciales de campo para el cálculo de las estimaciones porcentuales necesarias.

La polinización manual se realizó mediante aplicación de polen a las flores que se presentaron abiertas, realizando esta operación cada tres días, con un borrador de

lápiz y pinceles de cerdas finas sin emascularlas, posteriormente se colocó pintura de esmalte en aerosol a la rama correspondiente, además de sus etiquetas con la identificación.



Figura 6. Imagen de un árbol con los tratamientos de polinización (o cruzas).

3.7 Diseño experimental

Para determinar si hubo diferencias entre los tratamientos, el paquete estadístico utilizado fue el programa (SAS) para un diseño bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

3.8 Analisis estadístico

El Diseño Bloques al azar en la localidad independiente resulta ser el más adecuado para esta investigación.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + P_j + R_k + R_l + T_n + VT_{in} + VR_{ik} + TR_{nk} + E_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = respuesta de variables evaluadas.

μ = Efecto de la media general de los datos.

V_i = Efecto de la i -ésima variedad.

P_j = Efecto del j -ésimo polinizador.

R_k = Efecto de la k-ésima repetición.

R_l = Efecto de la l-ésima rama.

T_n = Efecto del n-ésimo tratamiento.

VT_{in} = Interacción de la i-ésima variedad con el n-ésimo tratamiento.

VR_{ik} = Interacción de la i-ésima variedad con la k-ésima repetición.

TR_{nk} = Interacción del n-ésimo tratamiento con la k-ésima repetición.

E_{ijkln} = Error experimental

3.9 Descripción de los tratamientos

Las variedades comerciales fueron utilizadas como madres para verificar la efectividad de cada uno de los polinizadores, seleccionando árboles de cada variedad, de 10 años de edad promedio, injertados sobre porta injerto MM-106, en cada árbol fueron seleccionadas cuatro ramas con un mínimo de cuarenta racimos florales y se realizó en cada una de ellas la polinización.

3.10 Variables evaluadas

Las evaluaciones se llevaron a cabo en las instalaciones del INIFAP Campo Experimental Saltillo.

3.10.1 Peso de fruto

Se cosecharon y se pesaron 5 frutos en forma individual con una báscula marca Torrey con capacidad para 5 kg, los datos obtenidos se expresaron en gramos y se determinó la media aritmética de los mismos.

3.10.2 Tamaño de fruto

Se consideró realizar un promedio entre el diámetro polar y ecuatorial para tener una apreciación más clara del tamaño del fruto.

3.10.3 Diámetro polar y ecuatorial del fruto

A cada uno de los frutos cosechados se midió el diámetro polar y ecuatorial con un Vernier digital marca Surtek de 6", reportándose los resultados en milímetros.

3.10.4 Número de semillas por fruto

Se partieron los frutos y se contó el número de semillas que contenía cada fruto.

3.11 Metodología para la evaluación de calidad de fruto cosechado como producto de los tratamientos de polinización

La prueba de calidad de fruto, una vez cosechada cada rama (tratamientos de polinización), se obtuvo el dato de rendimiento de la rama RR y número de frutos NF, posteriormente fueron valorados cinco frutos de cada tratamiento para determinar; diámetro polar DP, diámetro ecuatorial DE, tamaño de fruto TF y número de semillas NS, (Figura 7).



Figura 7. Calidad de fruto, DP, DE, TF y NS en los tratamientos con las variedades comerciales utilizadas en la evaluación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis de varianza para calidad de fruto durante el ciclo 2010-2011

En 2010-2011, el análisis de varianza indicó significancia para las fuentes de variación Trat, Rep, así como en la interacción Var*Pol, y Var*Pol*Rep para la variable AF con $P \leq 0.05$. En cuanto a la variable DP, se encontró significancia para las fuentes de variación Var, Pol, Trat y para la interacción Var*Trat, lo mismo sucedió en la variable DE, mientras que para las variables TF, PF, RR se observó diferencia significativa para las fuentes de variación Var, Pol, Trat y para las interacciones Var*Trat y Var*Rep. Por otro lado para la variable NS presentó significancia para las fuentes de variación Var, Trat y para las interacciones Var*Pol, Var*Trat, Var*Pol*Trat, Var*Pol*Rep y Pol*Trat*Rep. Lo anterior demuestra que existe efecto importante entre los tratamientos, variables y polinizadores si se toma en cuenta las variables evaluadas en esta investigación. Como se ve en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Cuadrados medios de las variables bajo estudio para la localidad de Huachichil en el ciclo 2010-2011 (Tukey $P \leq 0.05$).

FV	GL	AF	F	DP	F	DE	F	TF	F
VAR	4	3.089	0.9704	8395.89	<.0001	10363.57	<.0001	9352.84	<.0001
POL	5	10.77	0.8059	1246.16	0.017	1476.27	0.017	1357.89	0.0169
TRAT	3	346.26	<.0001	11721.16	<.0001	14167.86	<.0001	12914.49	<.0001
REP	1	134.05	0.0196	12.06	0.8657	45.56	0.7629	26.06	0.8117
VAR*POL	20	77.83	0.0001	635.64	0.1021	729.27	0.1206	680.11	0.1115
VAR*TRAT	12	14.73	0.8128	1027.7	0.0097	1274	0.0069	1145.09	0.0081
VAR*REP	4	27.42	0.3328	853.58	0.0982	1006.66	0.0997	927.97	0.0985
POL*TRAT	15	14.68	0.8454	400.06	0.5104	453.23	0.5543	424.29	0.5355
POL*REP	5	29.62	0.2906	311.72	0.5932	330.63	0.6508	320.33	0.6234
VAR*POL*TRAT	60	21.94	0.6054	317.67	0.8648	373.71	0.8714	343.57	0.8702
VAR*POL*REP	20	49.89	0.0108	392.05	0.5463	464.93	0.5459	426.11	0.5477
POL*TRAT*REP	18	20.62	0.6061	514.82	0.2629	592.59	0.2901	550.88	0.2784
ERROR	72	23.51		419.05		496.77		4842.92	<.0001
TOTAL	239								
CV (%)		112.87		46.09		45.89		45.94	

Continuación del Cuadro 4

FV	GL	PF	F	RR	F	NS	F
VAR	4	37317.6	<.0001	11812231.4	<.0001	44.26	<.0001
POL	5	6229.89	0.0464	1477088.35	0.0249	5.62	0.0907
TRAT	3	60893.49	<.0001	16624504.6	<.0001	120.02	<.0001
REP	1	794.53	0.5829	117705.1	0.641	0.5	0.6742
VAR*POL	20	4242.69	0.07	672368.41	0.2399	10.77	<.0001
VAR*TRAT	12	6959.09	0.0051	1365267.31	0.0074	27.02	<.0001
VAR*REP	4	7249.81	0.0332	1300897.55	0.0559	3.47	0.3068
POL*TRAT	15	2618.1	0.4623	520083.97	0.4959	3.84	0.1914
POL*REP	5	1155.44	0.8173	177560.85	0.8928	2.82	0.4251
VAR*POL*TRAT	60	1926.67	0.8868	366235.06	0.9357	4.71	0.0192
VAR*POL*REP	20	2066.93	0.7146	760207.68	0.1433	5.18	0.0329
POL*TRAT*REP	18	2529.09	0.504	368399.34	0.8133	5.2	0.0364
ERROR	72	4842.92		536773.2		2.82	
TOTAL	239						
CV		50.70%		85.12%		62.98%	

Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \leq 0.05$.

4.2 Ciclo 2010-2011 efecto de las variedades

La prueba de comparación de medias (Tukey al 95% de confiabilidad) por variedades no presentó diferencia estadísticamente significativa para la variable amarre de fruto (AF), sin embargo, la variedad Aguanueva II manifiesta una tendencia superior al resto de las variedades con valor de 4.7% seguida de Golden Verde cuyo valor es de 4.6 % de amarre. Lo anterior puede apreciarse en el Cuadro 5 y Figura 8. Valor que se aproxima a lo reportado por Leza (2008), quien menciona que en el manzano solo el 5% de las flores amarran.

En la variable diámetro polar (DP) se encontró que la variedad Golden Verde; con 56.2 mm de diámetro polar, destacó el valor más alto al resto de las variedades, mientras que el testigo Golden Normal con 22.0 mm fue la variedad que presentó el menor valor. En este sentido, Escobar, (2012), encontró resultados similares en su estudio bromatológico con esta misma variedad, reportando valores de DP en el orden de 68 mm. Aspectos que pueden observarse en el Cuadro 5 y Figura 9.

Considerando la variable diámetro ecuatorial (DE), la variedad que manifestó el valor superior también fue Golden Verde, superando también al testigo como en el caso del diámetro polar, que se encuentra en el Cuadro 5 y Figura 9.

El tamaño del fruto (TF), fue también superior en la variedad Golden Verde, cuyo valor fue de 59.0 mm encontrándose diferencia estadísticamente significativa, principalmente con las variedades Golden Normal y Agua Nueva II, valor que puede apreciarse en la Figura 9.

Es importante considerar que diámetro polar (DP) y (DE) son variables componentes del tamaño del fruto (TF), a este respecto López, (2003) menciona que el tamaño es uno de los principales indicadores del momento de cosecha y en muchos casos está directamente asociado a otros aspectos de la calidad como el sabor o textura. Al respecto Escobar, (2012) encontró valores de tamaño de fruto desde 65.7 mm con sus estudios de bromatología en la variedad Golden Verde.

En cuanto a la variable peso de fruto (PF), indicó la misma tendencia y con la misma variedad, por lo que es importante tomar en cuenta que esta variable está altamente relacionada con la calidad de fruto y otros atributos del mismo, según lo menciona (López, 2003), Figura 10.

Sobre el rendimiento de la rama (RR), al comparar el testigo, en cuanto a las demás variedades, Golden Verde fue el mejor, seguida de AN-II, cuyos valores son de 1524.5 g y 1084.9 g, respectivamente. Esto se debe a que presenta una excelente compatibilidad con los polinizadores que se utilizaron para la obtención de frutos híbridos (Figura 11).

Se puede observar el número de semillas (NS) en la Figura 12. De acuerdo a la prueba de comparación de medias (Tukey al 95% de confiabilidad) obtenido (Cuadro 5) existe diferencia estadísticamente significativa en la variedad Aguanueva II con 4.1 semillas por fruto, lo que se relaciona con lo que dicen (Ramírez y Hood, 1981), que el fruto del manzano es un pomo con cinco alveolos; endocarpio cartilaginoso,

cada alvéolo cuenta con una o dos semillas, tiene un pedúnculo de longitud variable, cáliz persistente y su forma depende de la variedad.

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor variedades (VAR) en Huachichil, ciclo 2010-2011.

Características de fruto 2010-2011							
Var.	AF (%)	DP (mm)	DE (mm)	TF (mm)	PF (g)	RR (g)	NS
G. N.	4.5a	22.0c	23.7c	22.9c	53.1b	193.6d	1.6c
G. Vi.	4.0a	48.6ab	52.7ab	50.7ab	110.6a	640.4c	2.1c
G. M.	4.1a	50.9ab	55.9ab	53.4ab	112.0a	860.4bc	2.3bc
G. V.	4.6a	56.2a	61.8a	59.0a	125.4a	1524.5a	1.7c
AN-II	4.7a	44.2b	48.8b	46.6b	102.8b	1084.9b	4.1a
Dms	2.76	11.69	12.73	12.19	29.18	418.46	0.96

GN = Golden Normal, GVi = Golden Vigas, GM = Golden Mario, GV = Golden Verde y AN-II = Agua nueva II. Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \leq 0.05$.

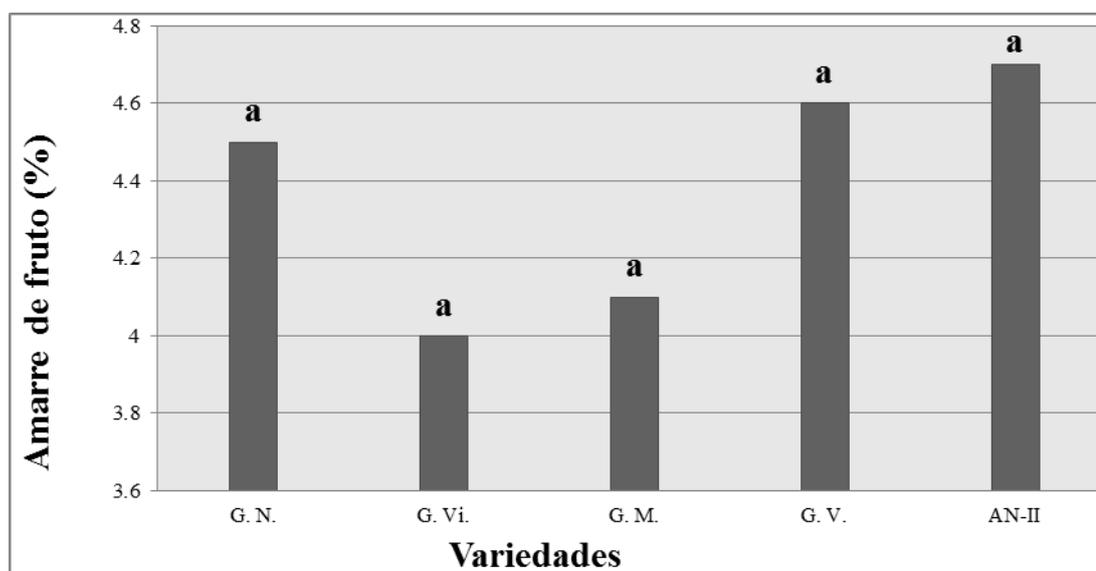


Figura 8. Porcentaje de amarre de fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

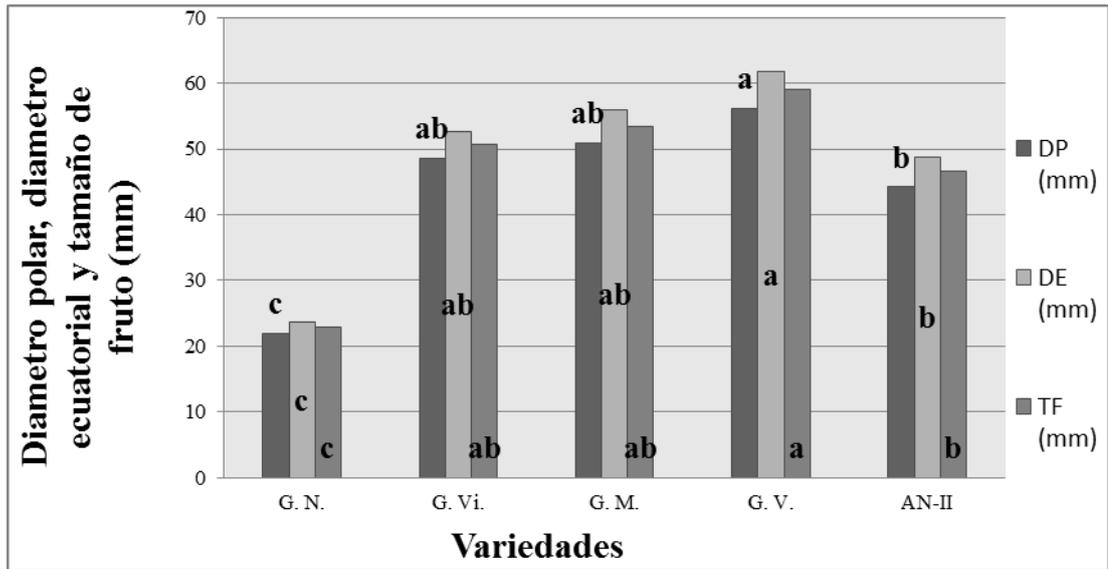


Figura 9. Comportamiento del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2010-2011.

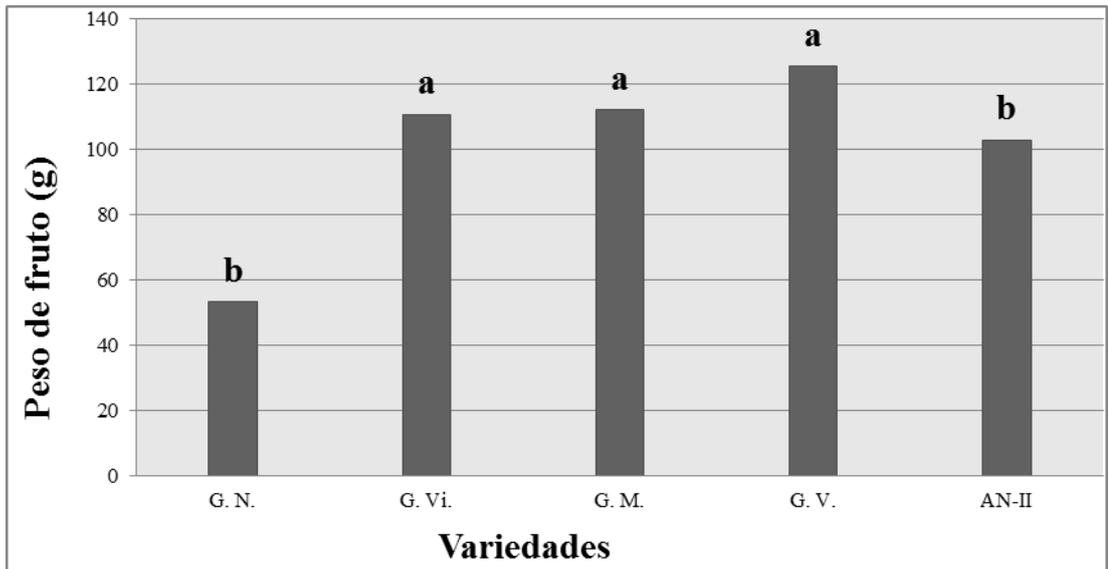


Figura 10. Peso de fruto (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

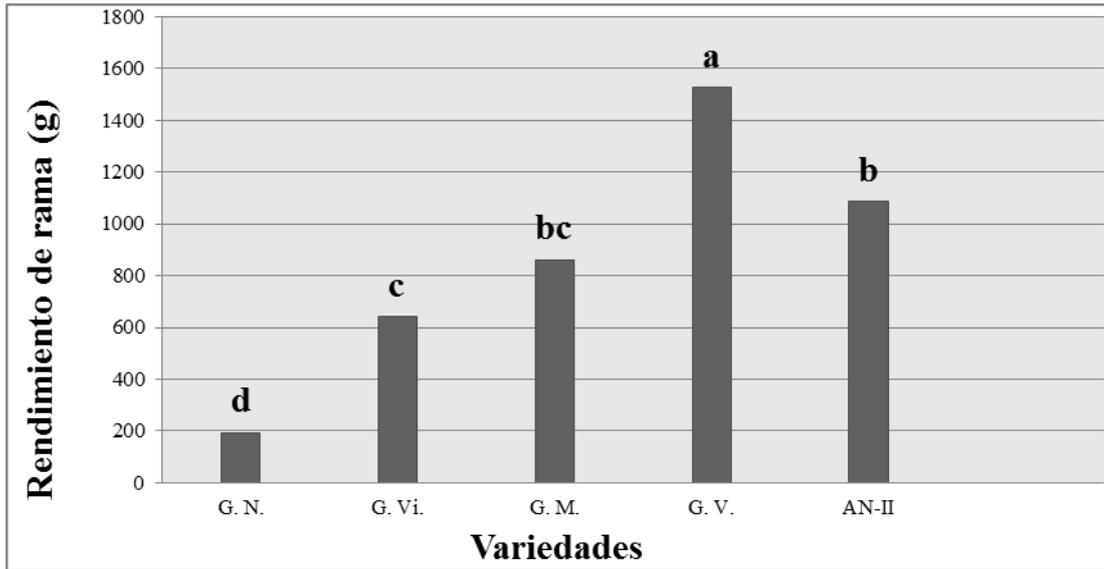


Figura 11. Rendimiento de rama (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

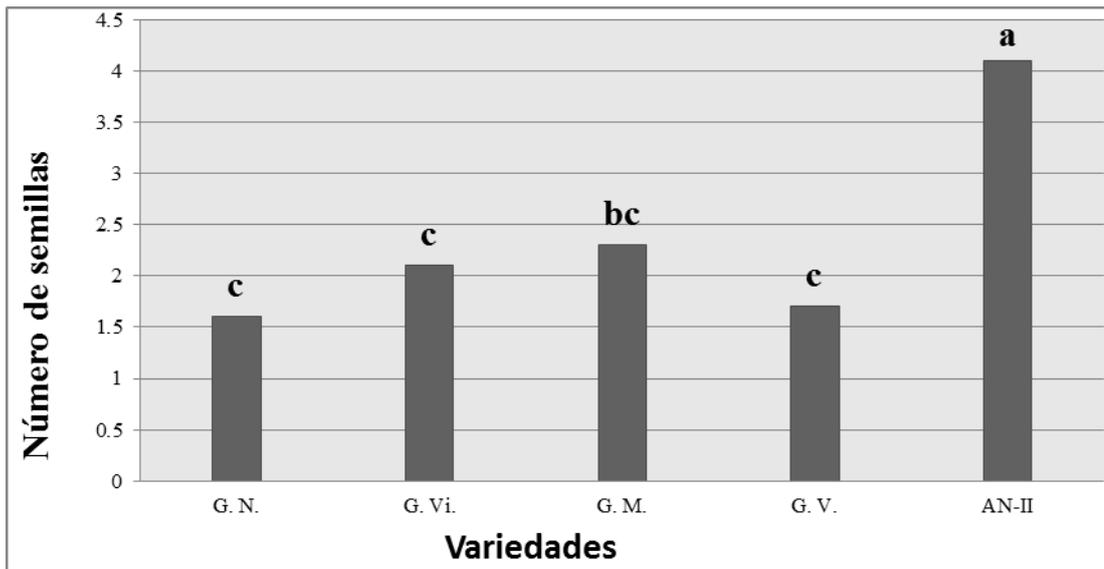


Figura 12. Número de semillas por fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila ciclo 2010-2011.

4.3 Ciclo 2010-2011 efecto de los polinizadores

La prueba de comparación de medias (Tukey al 95% de confiabilidad) por polinizadores no presentó diferencia significativa para la variable amarre de fruto (AF) lo anterior puede observarse en el Cuadro 6 y Figura 13. Se ha mencionado que múltiples factores pueden afectar el amarre como lo menciona Gazit *et al.*, (1982). En los que describió que el amarre de fruto no ocurre por polinización natural en condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa.

No se discute aspectos de diámetro polar (DP) y diámetro ecuatorial (DE) debido a que ambos son componentes del tamaño del fruto (este último se discutirá donde corresponde (como se refleja en el Cuadro 6 Figura 14).

Dentro del tamaño de fruto (TF) se encontraron resultados importantes el cuál el polinizador Top Red manifestó mejores resultados con (54.7mm), es decir existe significancia, dicha diferencias tienen relación con lo que manifiestan Moore y Janick, (1998), citan que el tamaño y forma del fruto es una característica muy importante para los frutos que serán procesados industrialmente como se muestra en la (Figura 14).

Como se detalla en la Figura 15 y Cuadro 6 con respecto a la variable peso de fruto (PF) se puede ver claramente que el polinizador Top Red sobresalió en el comportamiento de los tratamientos evaluados en el experimento con (117.5g) el cual existe diferencia estadística significativa. Así como en la variedad Golden Vigas con 80.6 g mostró el resultado inferior. Mientras que (Hampson *et al.*, 2000) menciona que dentro de la calidad de fruto se tienen diversos factores importantes, dentro de los cuales, es el peso el que influye directamente sobre el rendimiento.

En la variable evaluada rendimiento de rama (RR) se consideró que el mejor polinizador fue Top Red con 1099.1 g (Cuadro 6 Figura 16). Existiendo diferencia estadística significativa. De acuerdo a estos resultados se concluye que el valor inferior al resto de los polinizadores es para Golden Vigas con (545.0g), esto concuerda con lo que explica Rodríguez, (2011) quien cita a (Pimienta, 1986) que

asegura para que la polinización sea eficiente, es necesario que el estigma este receptivo cuando el polen llega. En algunos casos la dehiscencia del polen y la receptibilidad del estigma no están sincronizados (dicogamia) existe poca información relacionada con el periodo en que los estigma son receptivos a los granos de polen. La receptibilidad del estigma en drupáceas permanece receptivo de 4 a 5 días y se reporta que se puede prolongar hasta 13 días con la aplicación de nitrógeno, en verano previo a la floración.

En la Figura 17, se presenta la prueba de comparación de medias para esta variable, con resultados que dejan ver que Red Ace fue el polinizador con mayor número de semillas (NS), ya que el contenido de semillas por fruto para polinizadores osciló entre 2.2 y 3.2 observándose diferencias no significativas. Aunque coincide con Loney *et al.*, (1997) al no encontrar diferencia significativa para el número de semillas

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor polinizador (POL) en Huachichil, ciclo 2010-2011.

Características de fruto 2010-2011							
Pol.	AF (%)	DP (mm)	DE (mm)	TF (mm)	PF (g)	RR (g)	NS
T. R.	5.0a	52.1a	57.3a	54.7a	117.5a	1099.1a	2.9a
Man.	4.2a	46.8ab	51.1ab	48.9ab	106.7ab	976.3ab	2.7a
R. B.	3.7a	43.9ab	48.0ab	45.9ab	101.6ab	939.4ab	2.6a
R. A.	4.3a	46.1ab	50.3ab	48.2ab	104.1ab	832.4ab	3.2a
R. S.	4.7a	42.0ab	45.5ab	43.8ab	94.2ab	772.5ab	2.3a
G. Vi	3.8a	35.4b	39.1b	37.3b	80.6b	545.0b	2.2a
Dms	3.17	13.40	14.59	13.98	33.45	479.66	1.10

TR = Top Red, Man = Manchurian, RB = Rome Beauty, RA = Red Ace, RS = Red Shiff, GVi = Golden Vigas, Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \leq 0.05$.

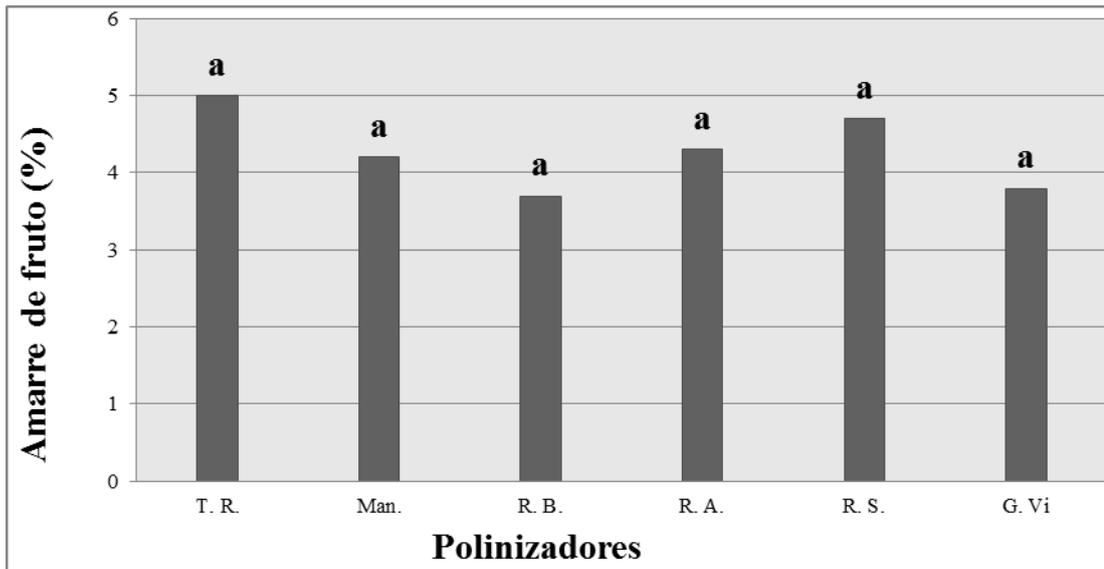


Figura 13. Porcentaje de amarre de fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

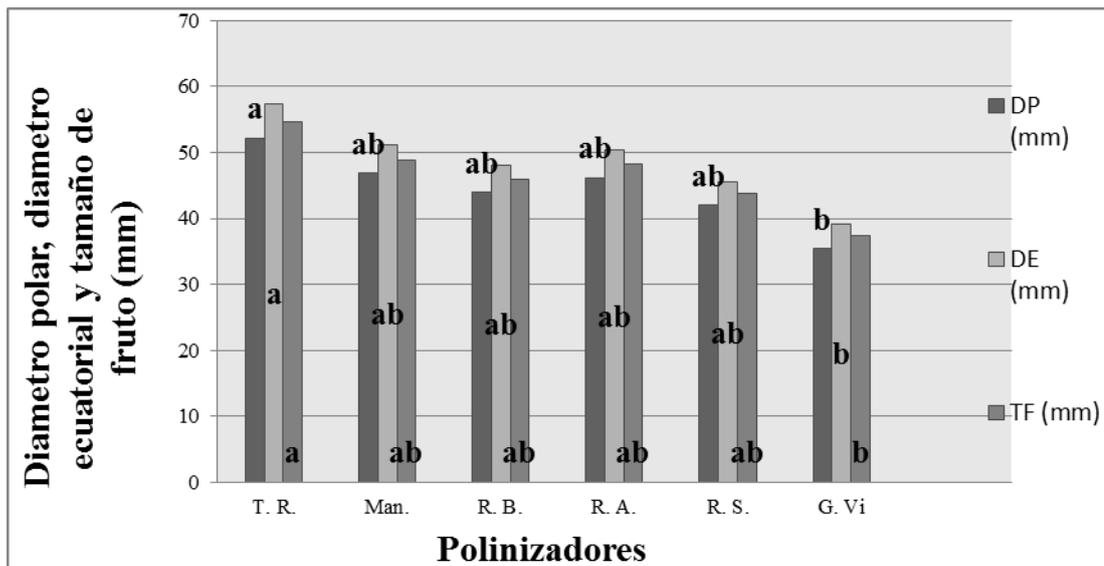


Figura 14. Comparación del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2010-2011.

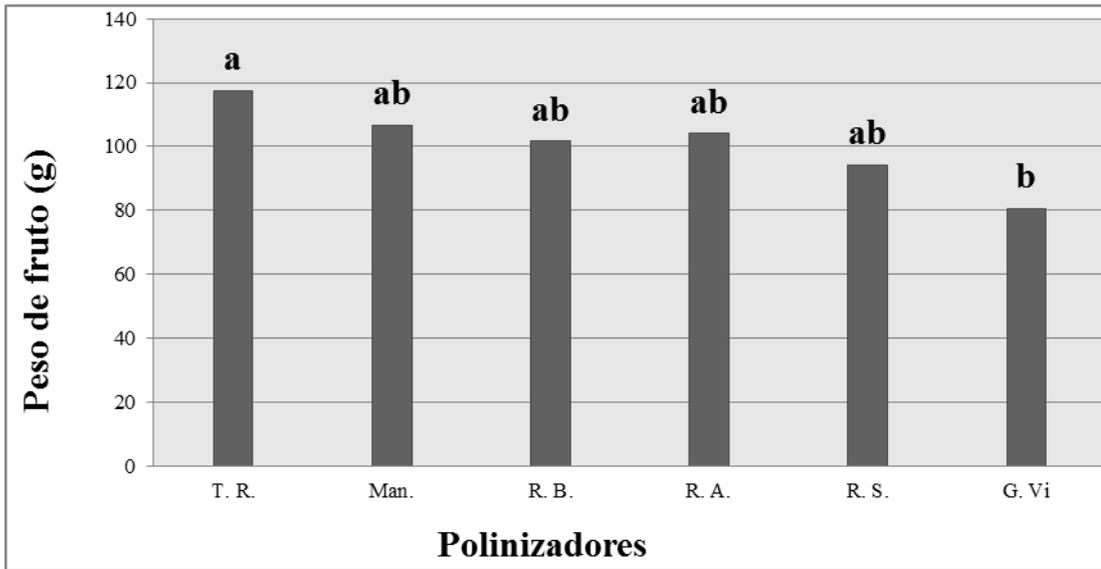


Figura 15. Peso de fruto (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

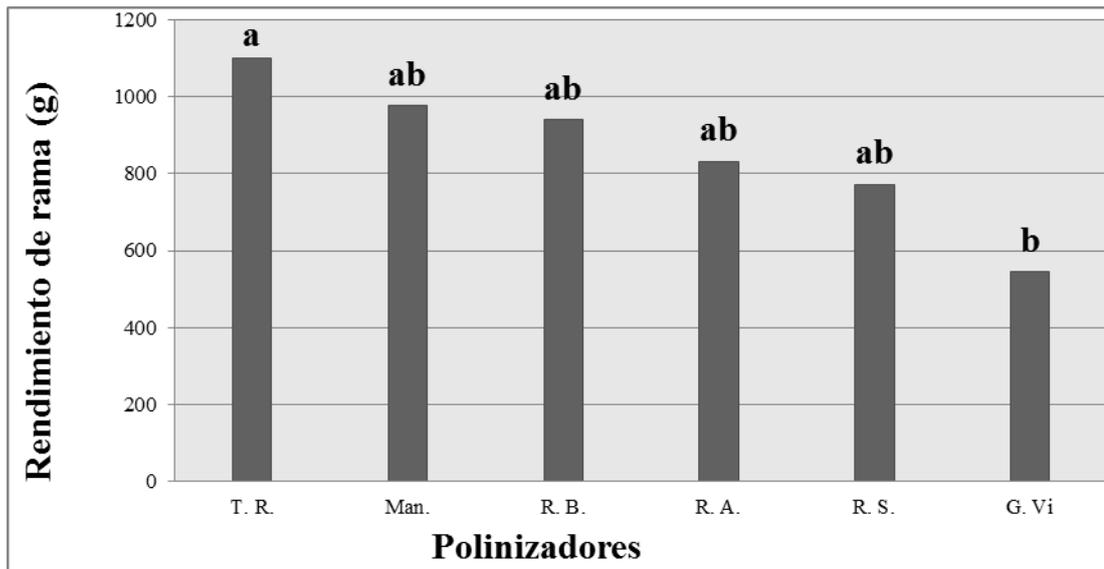


Figura 16. Rendimiento de rama (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

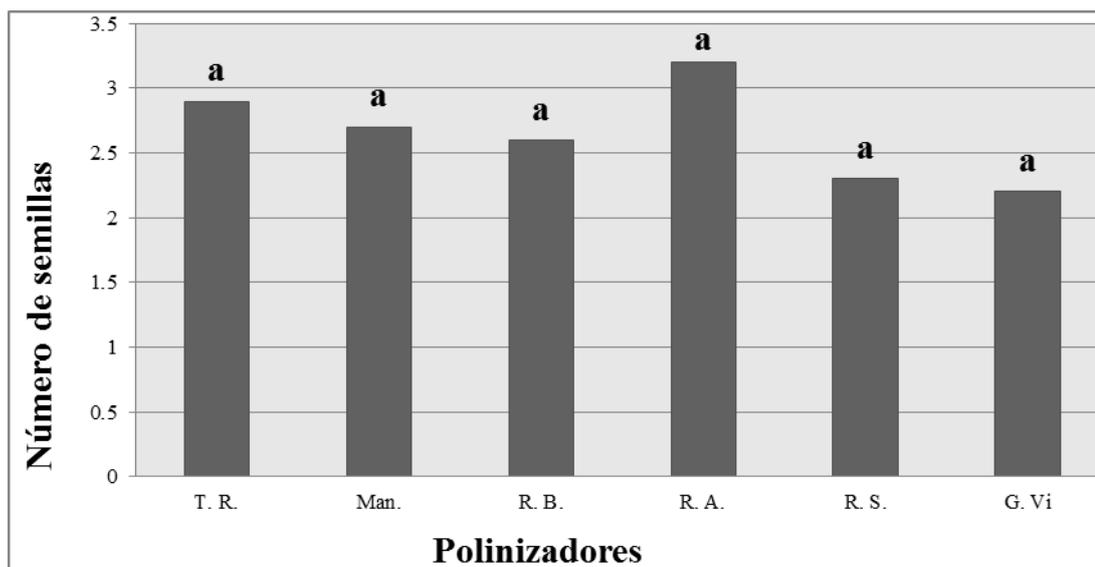


Figura 17. Comportamiento del número de semillas por fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2010-2011.

4.4 Análisis de varianza para calidad de fruto durante el ciclo 2011-2012

En 2011-2012, el análisis de varianza presentó significancia con $P \leq 0.05$. Para las fuentes de variación Rep, Trat, Var*Pol, para la variable AF En cuanto a la variable DP, se encontró significancia para las fuentes de variación Var, Trat y para la interacción Var*Trat, lo mismo sucedió en las variables DE, TF, mientras que para la variable PF, existió diferencia significativa para la fuente de variación Var, Trat, y para la interacción Var*Pol Y Var*Rep. Sin embargo para la variable RR mostró significancia en la fuente de variación Variedad y la interacción Var*Trat de igual manera para la variable NS mostró significancia para la fuente de variación Var, Pol, Trat y para la interacción Var*Trat. Lo anterior demuestra que existe un efecto importante entre los tratamientos, variables y polinizadores si se toma en cuenta las variables evaluadas en esta investigación. Lo cuál se refleja en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Cuadrados medios de las variables bajo estudio para la localidad de Huachichil en el ciclo 2011-2012 (Tukey $P \leq 0.05$).

FV	GL	AF	F	DP	F	DE	F	TF	F
VAR	4	3.08	0.9752	761075.92	<.0001	816.99	0.0042	929.45	0.0005
POL	5	10.77	0.8355	113.29	0.6271	137.93	0.6467	121.18	0.6375
REP	1	134.05	0.0238	228.77	0.2375	154.6	0.3874	189.83	0.3027
TRAT	3	346.26	<.0001	6267.41	<.0001	6117.37	<.0001	6189.17	<.0001
VAR*POL	20	77.83	<.0001	114.31	0.8162	160.49	0.7353	134.21	0.763
VAR*REP	4	27.42	0.3756	275.31	0.1542	306.11	0.2082	287.45	0.1718
VAR*TRAT	12	14.73	0.8626	318.7	0.0309	394.6	0.0354	322.39	0.0491
POL*REP	5	29.62	0.3359	170.86	0.3903	245.15	0.3156	205.09	0.3337
POL*TRAT	15	14.68	0.8947	141.6	0.5987	155.14	0.7268	139.78	0.6908
ERROR	170	25.75		162.76.		205.84		177.61	
TOTAL	239								
CV		11813.00%		25.37		2613.00%		25.34	

Continuación del Cuadro 7.

FV	GL	PF	F	RR	F	NS	F
VAR	4	5825.42	0.0023	3576759.39	0.0003	481.03	<.0001
POL	5	2161.96	0.1606	1260103.55	0.1302	24.063	0.0281
REP	1	946.72	0.4026	484561.07	0.4158	4.81	0.4787
TRAT	3	32025.08	<.0001	1115636.68	0.208	422.03	<.0001
VAR*POL	20	2623.57	0.0119	883549.65	0.2487	5.74	0.9083
VAR*REP	4	3683.21	0.0304	521140.69	0.5823	12.55	0.2667
VAR*TRAT	12	1057.93	0.6637	4363810.45	<.0001	63.08	<.0001
POL*REP	5	860.98	0.6693	295751.22	0.8441	3.1	0.8973
POL*TRAT	15	730.65	0.9129	634311.87	0.5975	8.65	0.5585
ERROR	170	1344.9		728231.5		9.55	
TOTAL	239						
CV		3744.00%		8358.00%		4767.00%	

Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \leq 0.05$.

4.5 Ciclo 2011-2012 efecto de las variedades

Para 2011-2012, la prueba de comparación de medias (Tukey al 95% de confiabilidad) por variedades no indicó significancia para la variable amarre de fruto (AF), con valores comprendidos entre 4.0 y 4.6 % los cuáles manifiesta valores con el mismo comportamiento obtenido del Cuadro 8 y Figura 18 respectivamente. Lo cuál coincidió con lo mencionado por Ryugo (1993), posiblemente fue debido a una deficiente acumulación de frío o fallas en la polinización.

No se discute aspectos de diámetro polar y diámetro ecuatorial debido a que ambos son componentes del tamaño del fruto (este último se discutirá donde corresponde).

Los análisis demostraron que la variedad Aguanueva II resultó tener el valor inferior con 46.2 mm al resto de las variedades aunque si mostraron diferencias significativas para esta variable tamaño de fruto (TF) con Golden Vigas cuyo valor es de 58.2 mm de promedio. Lo anterior se muestra en el Cuadro 8 y Figura 19. Que se asemeja a lo reportado por (Janick y Moore, 1988; Fidler, 1980; y Hampson *et al.*, 2000) mencionan que dentro de la calidad del fruto, la firmeza y el tamaño son los factores más importantes para la selección de nuevas líneas genéticas (Figura 19).

En el Cuadro 8 y Figura 20 se expresa el comportamiento del peso de fruto (PF) manifestándose la variedad Aguanueva II con 80.3 g que reportó el valor inferior. Mientras que la variedad Golden Vigas sobresale con 110.6 g lo cual indica diferencia significativa. Lo cual confirma (Cogez y Lyannaz, 1994) que a mayor grado de polinización en frutos de anonáceas, éstos tendrán mayor peso y mejor calidad en su forma (Nakasone y Paull, 1997).

En la Figura 21 se muestran los resultados más bajos para la variedad Golden Verde cuyo valor es de 795.6 g de igual manera se aprecia diferencia significativa con el rendimiento de rama (RR) del manzano, considerando a la mejor variedad comercial Golden Vigas con 1482.6 g, mientras que los valores medios es para es con Golden Normal y Aguanueva II con 957 g. Los rendimientos experimentales por rama, dependieron del peso promedio y número de fruto/rama como altos en Golden Vigas, medios en Golden Normal y Aguanueva II y bajos en Golden Verde. Fue notorio que una alta carga de fruta flexionó las ramas debido al peso. Esto puede causar que las ramas se quiebren si no se flejan adecuadamente o se ralean manual o químicamente los frutos.

En el Cuadro 8 y Figura 22 se expresan los resultados indicando que la variedad Aguanueva II manifiesta diferencias significativas para la variable número de semillas (NS) ya que el contenido de semillas es de 10. Sin embargo la variedad Golden Vigas y Golden Mario demostraron los valores más bajos con 3 semillas. Esto coincide con lo que menciona (Herrera, 1999) el dice que la polinización permite la formación de semillas, y a su vez las semillas produce las hormonas que estimulan el desarrollo del fruto. Y con Moore (1993) el dice de tal manera que en la mayoría de los casos el número de semillas es de diez pocos cultivares tienen más de diez semillas y el máximo es probablemente 20. (Moore y Janick, 1993).

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor variedades (VAR) en Huachichil, ciclo 2011-2012.

Características de fruto 2011-2012							
Var.	AF (%)	DP (mm)	DE (mm)	TF (mm)	PF (g)	RR (g)	NS
G. N.	4.5a	50.0ab	53.6ab	51.8ab	98.8ab	957.2b	6.1b
G. Vi.	4.0a	56.6a	59.9a	58.2a	110.6a	1482.6a	3.5c
G. M.	4.1a	52.2ab	56.9ab	54.5ab	98.2ab	1021.9a	3.4c
G. V.	4.6a	49.0bc	55.2ab	52.0ab	101.8a	795.6b	9.0b
AN-II	4.4a	43.6ab	48.8b	46.2b	80.3b	957.7b	10.4a
Dms	2.85	7.18	8.07	7.50	2064	480.3	1.73

GN = Golden Normal, GV_i = Golden Vigas, GM = Golden Mario, GV = Golden Verde, y AN-II = Agua nueva II. Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \geq 0.05$.

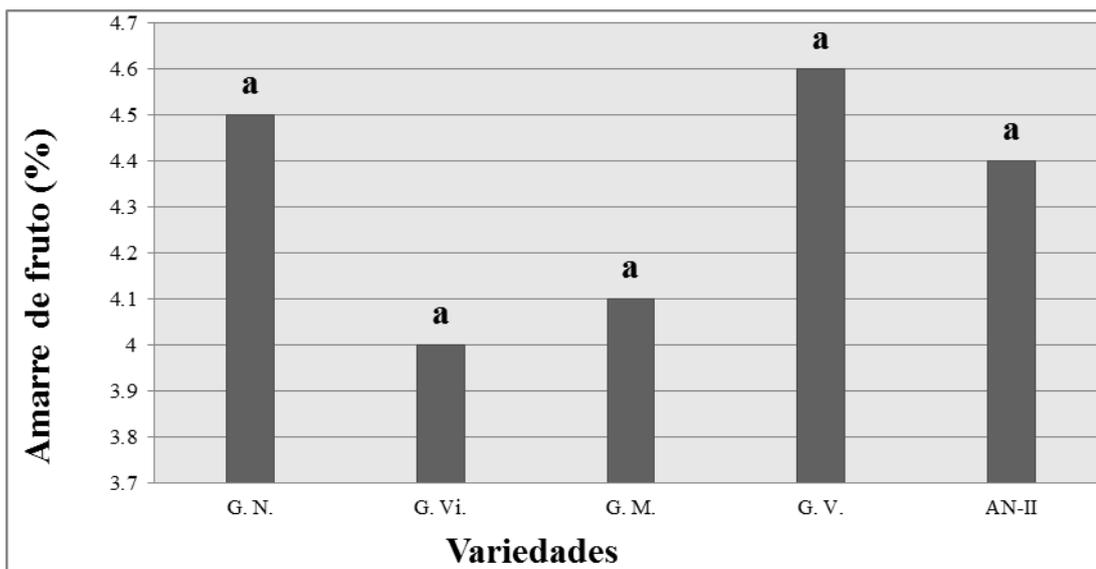


Figura 18. Porcentaje de amarre de fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

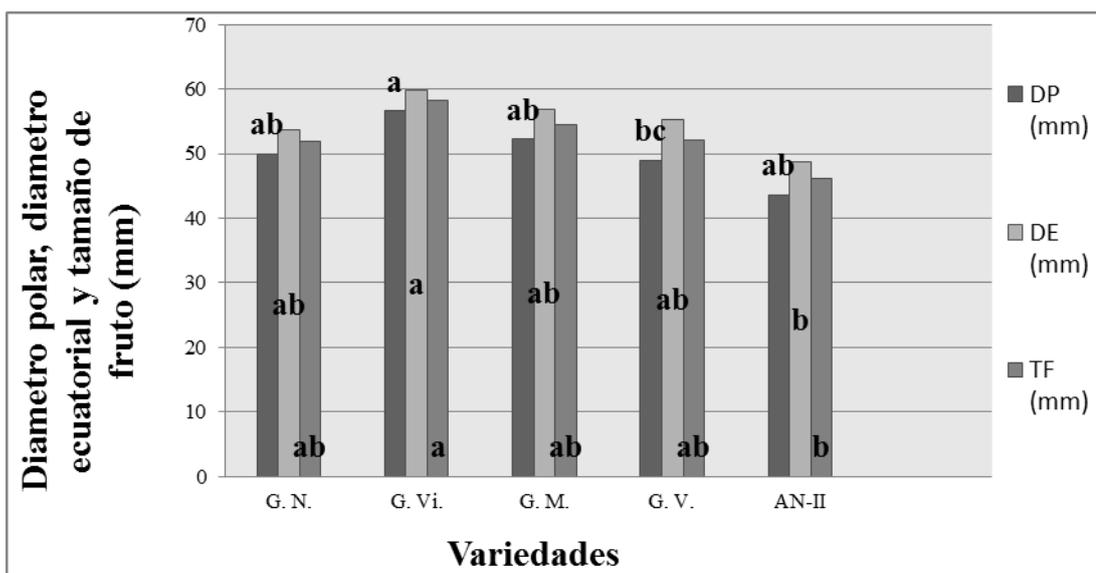


Figura 19. Diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, ciclo 2011-2012.

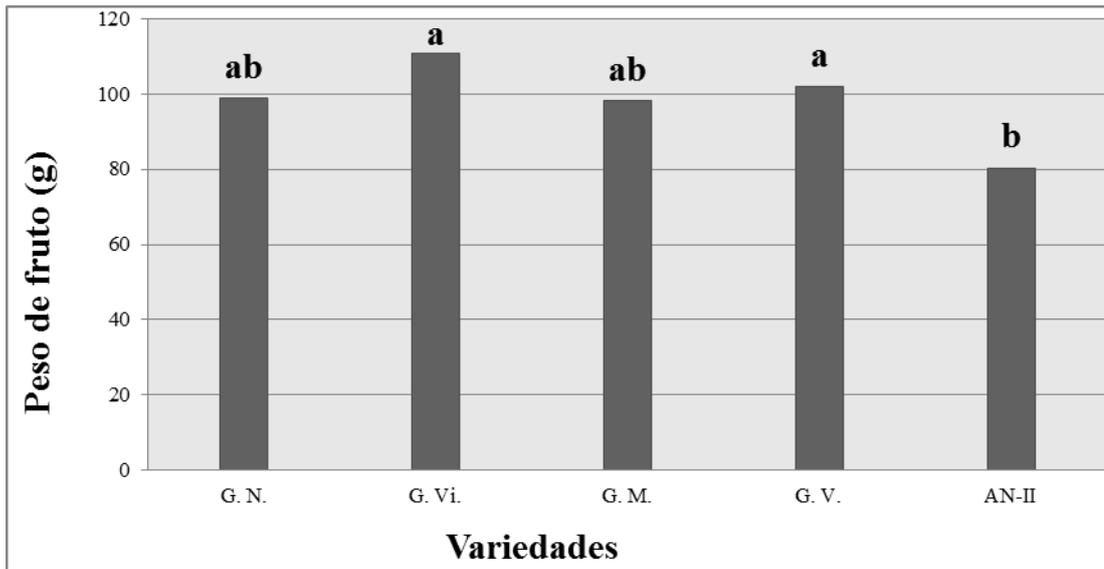


Figura 20. Peso del fruto (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

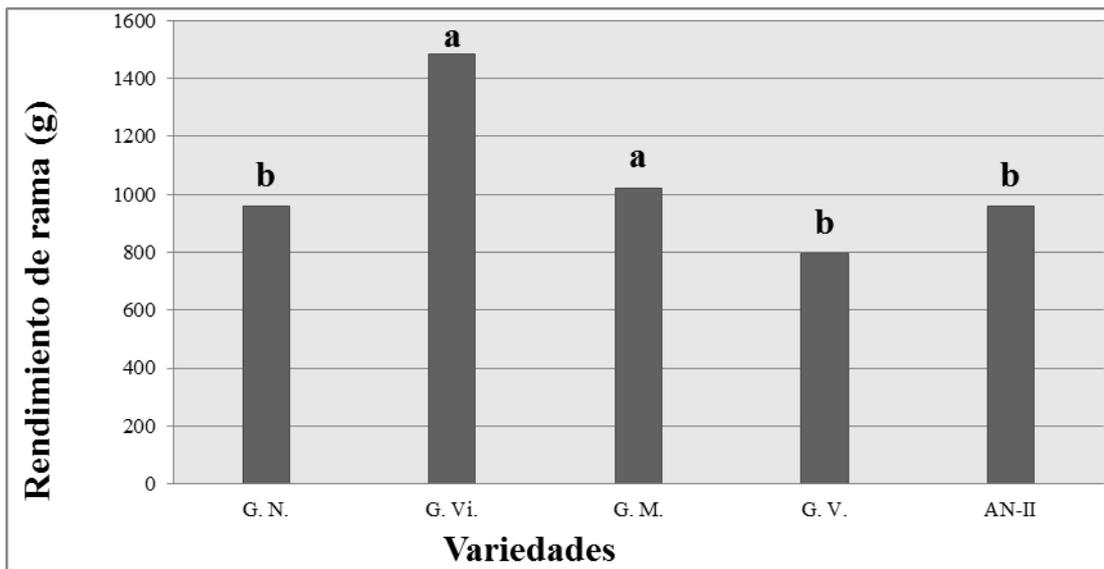


Figura 21. Rendimiento de rama (g) de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

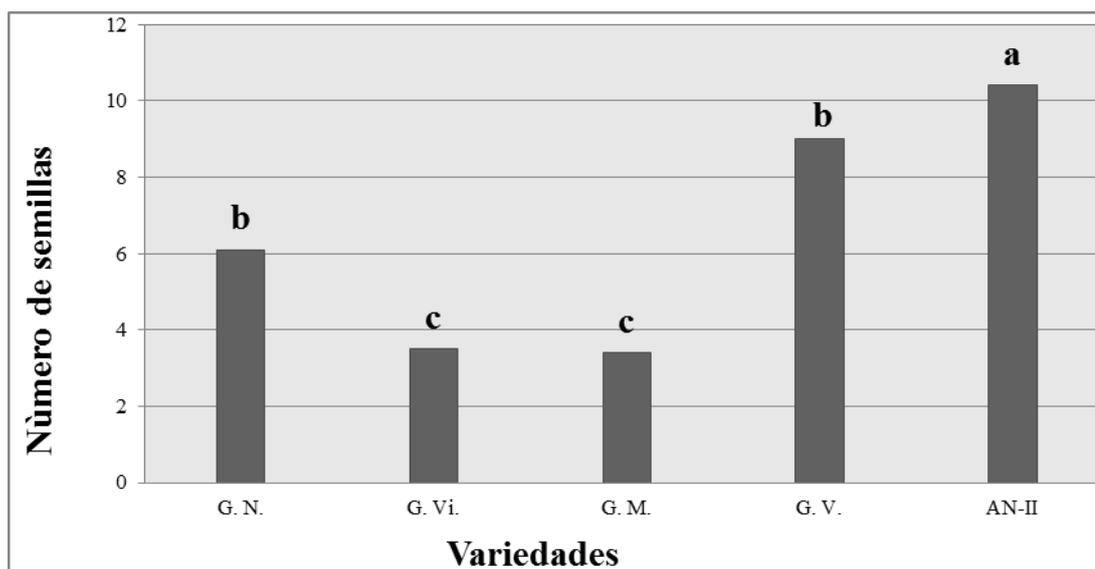


Figura 22. Número de semillas por fruto de las variedades comerciales polinizadas en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

4.6 Ciclo 2011-2012 efecto de los polinizadores

Como se puede apreciar en el cuadro 9, los polinizadores Rome Beauty con (3.7%) y Golden Vigas cuyo valor es de (3.8%) tuvieron un escaso amarre de fruto, manifestando diferencia no significativa. Como se observa en la Figura 23 lo cuál coincide con lo expresado por Gazit *et al.*, (1982). El reporta mejor polinización Cuando hay alta humedad relativa, lo cuál evita la desecación del estigma antes de la dehiscencia de las anteras.

No se discute aspectos de diámetro polar y diámetro ecuatorial debido a que ambos son componentes del tamaño del fruto (este último se discutirá donde corresponde).

En la Figura 24 se determinó que el polinizador Top Red presentó mejores resultados con (54.7 mm) para tamaño de fruto lo cuál indica diferencias significativas. Así como (Kramer y Twigg, 1970) señalaron varias maneras de medir el tamaño de los productos crudos; densidad, peso, ancho, longitud, diámetro, simetría etc.

En la Figura 25 de la variable peso de fruto (PF) la diferencia significativa fue para el polinizador Top Red con un valor de 117.5 g, por otro lado el polinizador Golden Vigas reportó el valor más bajo con 80.6 g. Como ya había sido reportado por (Stushnoff y Quamme, 1988). El peso de la fruta se incrementa cuando existe un mayor número de hojas en el árbol.

Se ha demostrado que para la variable rendimiento de rama (RR) contamos con el polinizador Top Red como sobresaliente con valor de 1099.1 g demostrando diferencia significativa, mientras que Golden Vigas obtuvo un valor por debajo del resto de los polinizadores con 545 g. En durazno las variables del árbol asociadas directamente con el rendimiento son: densidad de yemas, flores y brotes vegetativos (número por longitud de ramo mixto), así como por la capacidad de brotación de yemas a flores, o bien, el número de flores/ número de yemas antes de la apertura (Pérez- González, 1992). lo anterior se ve reflejado en la Figura 26.

Cabe indicar que para la variable número de semillas (NS) de las variedades polinizadoras del ciclo 2010-2011 y 2011-2012 presentan valores semejantes entre Top Red, con 2 semillas, Manchurian 2 semillas y Golden Vigas con 2 semillas. Además se observó que Red Ace es el polinizador con mayor número de semillas para ambos ciclos. Sin embargo no se mostraron diferencias significativas. Como se observa en la Figura 27.

Por último, conseguiremos responder a nuestra pregunta inicial **¿Existe una diferencia significativa entre las variedades comerciales y polinizadores?**

Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de las variables estudiadas para el factor polinizador (POL) en Huachichil, ciclo 2011-2012.

Características de fruto 2011-2012							
Pol.	AF (%)	DP (mm)	DE (mm)	TF (mm)	PF (g)	RR (g)	NS
T. R.	5.0a	52.1a	57.3a	54.7a	117.5a	1099.1a	2.9a
Man.	4.2a	46.8ab	51.1ab	49.0ab	106.7ab	976.3ab	2.7a
R. B.	3.7a	43.9ab	48.0ab	46.0ab	101.6ab	939.4ab	2.7a
R. A.	4.3a	46.1ab	50.3ab	48.2ab	104.1ab	832.4ab	3.6a
R. S.	4.7a	42.0ab	45.5ab	43.8ab	94.2ab	772.5ab	2.4a
G. Vi	3.8a	35.4b	39.1b	37.3b	80.6b	545.0b	2.2a
Dms	3.27	8.22	9.24	8.59	23.63	550.03	1.99

TR = Top Red, Man = Manchurian, RB = Rome Beauty, RA = Red Ace, RS = Red Shiff y GVi = Golden Vigas, Amarre de fruto (AF), Diámetro polar (DP), Diámetro ecuatorial (DE), Tamaño de fruto (TF), Peso de fruto (PF), Rendimiento de rama (RR) y Número de semillas (NS). Números con diferente letra presentan diferencia estadísticamente significativa a $P \geq 0.05$.

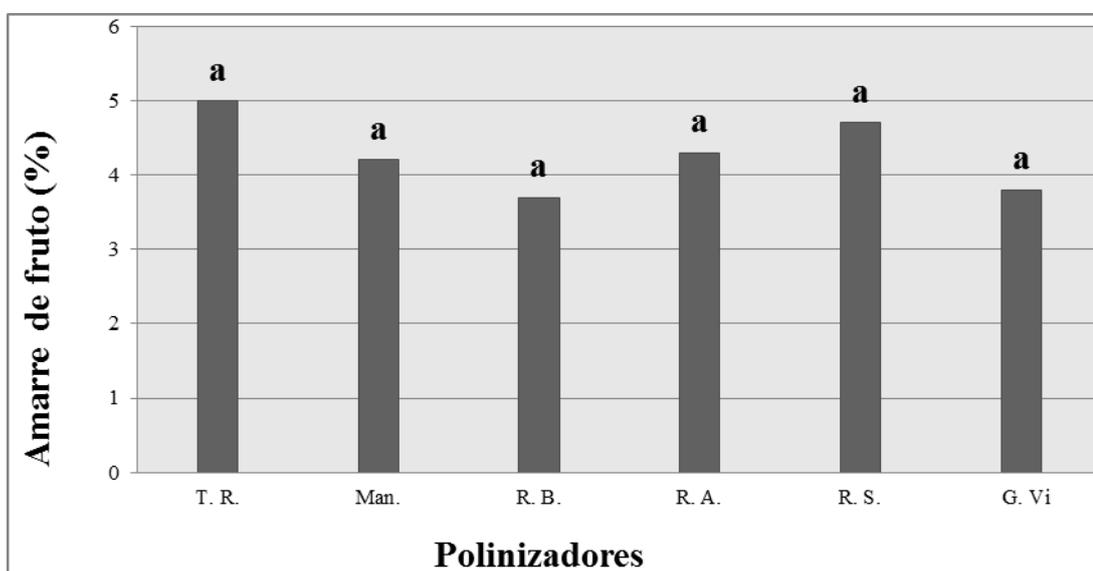


Figura 23. Porcentaje del amarre de fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

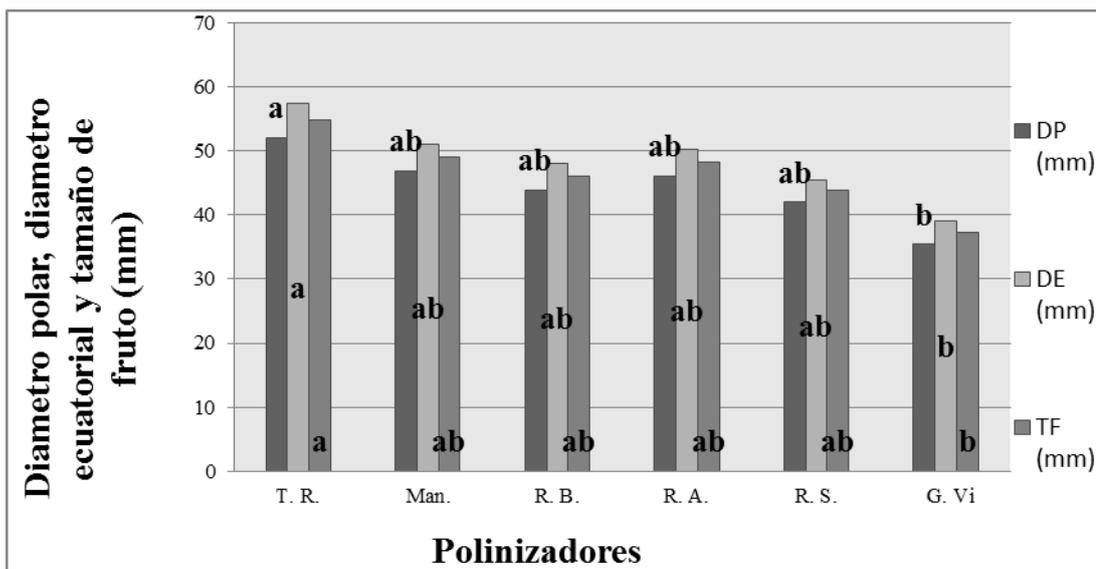


Figura 24. Comparación del diámetro polar, diámetro ecuatorial y tamaño de fruto (mm) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

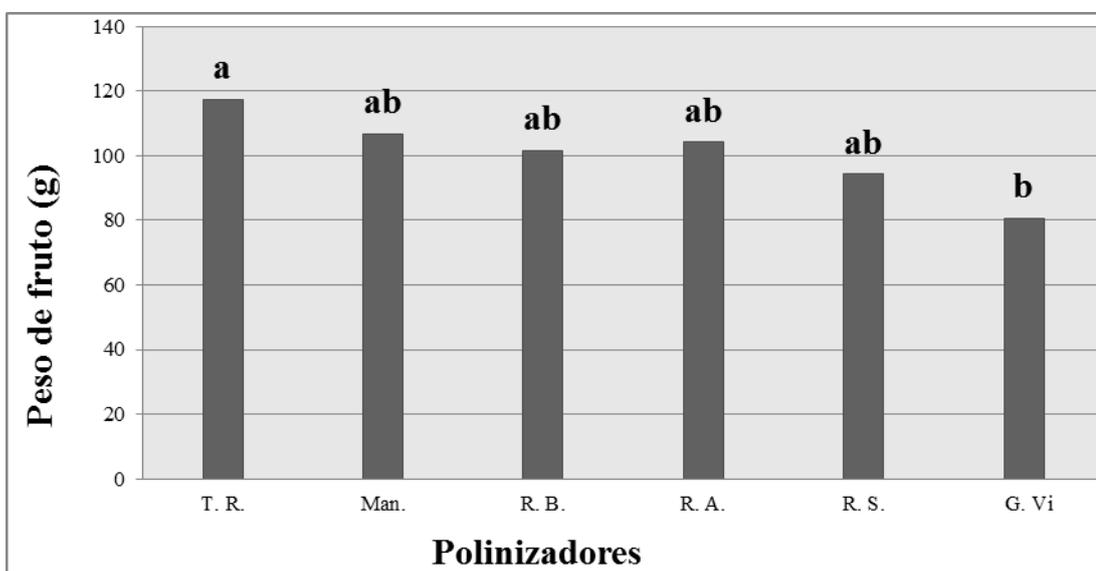


Figura 25. Peso del fruto (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

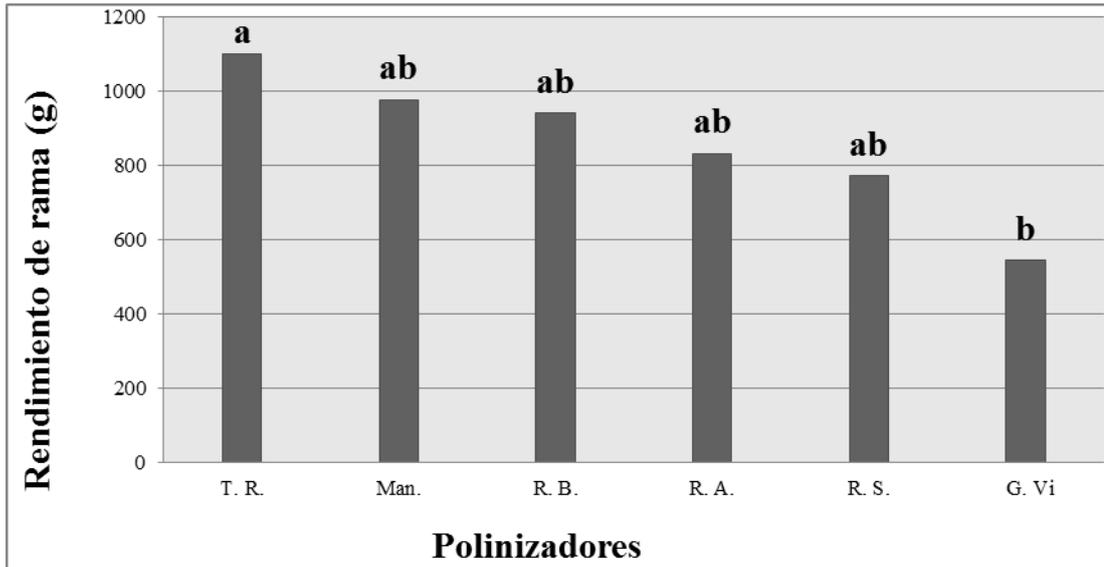


Figura 26. Rendimiento de rama (g) de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

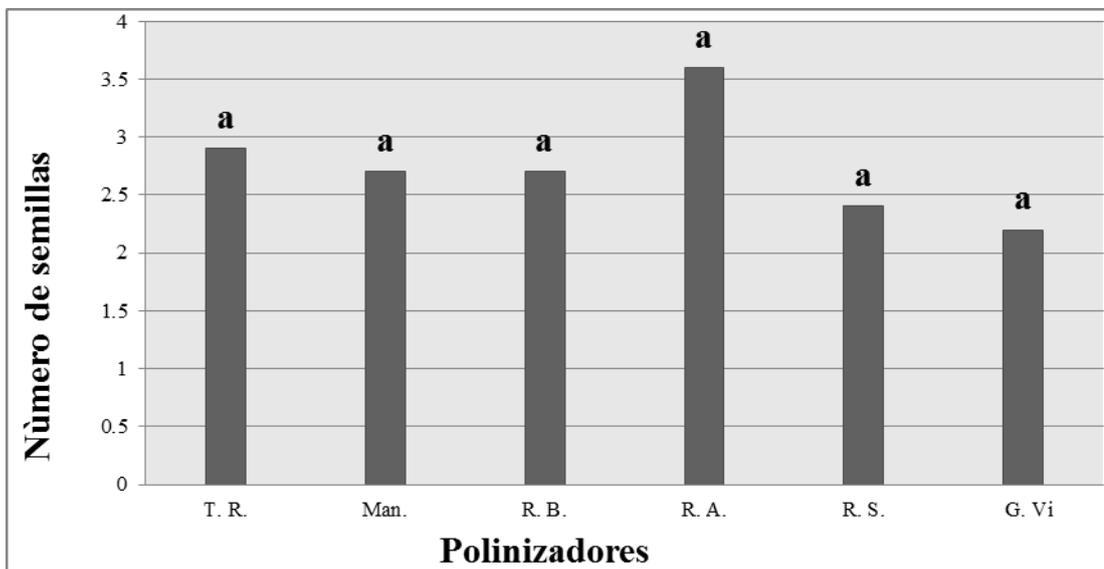


Figura 27. Número de semillas por fruto de las variedades polinizadoras en Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, ciclo 2011-2012.

V. CONCLUSIONES

- Durante el ciclo 2010-2011 el polinizador Top Red influyó positivamente en la variedad comercial Golden Verde en los parámetros; diámetro polar, diámetro ecuatorial, tamaño de fruto, peso de fruto y rendimiento de rama.
- Los mayores porcentajes de amarre de fruto se observaron en la variedad Agua Nueva II con el polinizador Top Red y el número de semillas el polinizador Red Ace es excelente para la variedad Agua Nueva II
- Durante el ciclo 2011-2012 el polinizador Top Red influyó positivamente en la variedad Golden Vigas en los parámetros; diámetro polar, diámetro ecuatorial, tamaño de fruto, peso de fruto y rendimiento de rama.
- Con base en los porcentajes de amarre de fruto el polinizador probado Top Red es excelente para la variedad comercial Golden Verde y el número de semillas el polinizador Red Ace es excelente para la variedad Agua Nueva II.

VI. LITERATURA CITADA

- Barrett, H. C. and Arisumi, T. (1952).** Methods of pollen collection emasculation and pollination in fruit breeding, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 59-259-262.
- Barrios, B. L. (1993).** Estimación de la unidades calor requeridas en la fenología del Manzano (*Mallus pumilla Mill*) cvs. Golden Delicious y Starkjrimson, bajo condiciones de Arteaga, Coahuila. pp. 52-60.
- Calderón, A. E. (1985).** "Fruticultura General" El esfuerzo del hombre. 3a Edición, Ed. LIMUSA pp 103- 104- 117- 118.
- Childers, N. F. (1982).** Fruticultura Moderna. Editorial Hemisferio Sur. México, D. F. pp 51-143-181.
- Cogez X. and J. P. Lyannaz. (1994).** Hand pollination in sugar apple. Fruits 49(5-6): 359-360.
- Cuevas, G. E. (2009).** Revista biológicas No. 11. Laboratorio de Ecología de Interacciones Bióticas, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria. Morelia Michoacán. México.
- Devoto, M. y Martínez, Q. (2000).** Polinización en Frutales de Pepita. Buenos Aires, Argentina. <http://usuarios.advance.com.ar/itea/pepita.html>
- Díaz D. H. (1989).** Fisiología de la floración y comportamiento de árboles de clima templado en los subtrópicos. In: Memorias del simposium de producción forzada en frutales. Centro de fruticultura. C.P. Chapingo, México. Pp. 9-12.
- Díaz, D. (1993).** Fisiología de la dormancia y regulación de la brotación en manzano. I Simposio Internacional sobre el Manzano. Manizales. pp. 28-34.

- Díaz, M. D. (2002).** Fisiología de Arboles Frutales. Primera Edición. AGT Editor, S. A p. 184.
- Edwards, G.R. (1987b).** Producing temperate zone fruits at low latitudes: Avoiding rest and the chilling requirements. HortScience 22(6):1236-1240.
- Emberlin, J. C. (1997).** Grass, tree and weed pollens. En Allergy and allergic diseases (Kay A. B., ed). Blackwell Sc. Publ., Oxford. pp. 497.
- Enrique, Villalobos R. Febrero, (2005).** Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. pp. 26.
- Escobar Rocha M. A. (2012)** Caracterización bromatológica y/o epigenética de mutaciones de manzano para bajos requerimientos de frío. Tesis de Maestría. UA de C., Octubre de 2012.
- FAOSTAT 28 de agosto (2011).** Estadísticas- Producción, país por producto (Manzana) en 2009.
- Fidler, J. C. y Mann, G. 1980.** Refrigeración de manzanas y peras. Guía práctica, Editorial Acribia. Zaragoza, España. 12-16 pp.
- García, M. E.; Berkett, L. P.; Clements, J.; Neff, G.; Brouillette, R. (1998).** Vermont apple newsletter. Department Plant and Soil Science. University of Vermon Burlington.
<http://usuarios.advance.com.ar/itea/pepita.html>
- Gazit S, I Galon, H Podoler (1982).** The role of Nitidulid beetles in natural pollination of Annona en Israel. Journal of the American Society for Horticultural Science 107:849-852.

- Guerrero, p. V. M.; Sastrè, F. B. Y Gardea, B. A. (1998).** Polinización, Viabilidad y Recolección de polen. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. CIAD. Vol.1 Num.2 Chihuahua, México.
- González, P. M.; Valencia, L. H. (2001).** Respuesta del manzano delicious a la aplicación de tres estimuladores de brotación en condiciones de bajo frío invernal. IX Congreso Nacional de Horticultura. Oaxtepec, Morelos, México.
- Herrera, S.A. (1999).** Residuos en la Miel, Exigencias de los Mercados. Apitec. 13: 13-15.
- Hesse, M. (1991).** Cytology and morphogenesis of pollen and spores. Progress in Botany. pp. 52-19.
- Hjeltnes, H. S. and Nornes, L. (2007).** Pollination and Pollen Germination of Some New Plum Cultivars. ISHS. VII Symposium on Plum and Prune. Acta Hort.734. Leikanger, Norway. pp. 317-319.
- INEGI. (2008).** Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, Anuario Estadístico. Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. pp. 330, 345, 346.
- Kramer, S., R. Aschurich y Freedich G. (1975).** Fruticultura. Compañía Editorial Continental. S. A. de C. V. México. 217. p.
- Leza, P. C. (2008).** Caracterización Fenológica de 10 Selecciones de Manzano en el Ejido Los Lirios, Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 24-47-55.
- López, A. (2003).** Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151. INTA Balcarce, Argentina. p.p. 95-111.

- Loney, E. N. Beulah, M and Yakota, K. (1997).** Chemical Thinning of Fuji Apple. EDFTA, Compact Fruit Tree, Vol 31.Núm. 2.
- Mayer, D. F.; Johansen, C. A.; and Landen, J. D. (1985).** Pollinizer selection critical for adequate pollination. The good fruit grower. 36 (8): 12-14.
- McGregor, S. E. (1997).** Pollination of crops. United Status. Beekeeping Topic Nùm Nùm. pp.74.
- Moore, J. N.; y Janick, J. (1993).** “Avances en la genotecnia en frutales” AGT EDITORS, S.A. la Ed. en español. pp 4.
- Nakasone H.Y. and R.E. Paull. (1997).** Tropical fruits. CAB International. USA. pp. 45-75.
- Norton, R. (2001).** Effective fruit pollination. A short course Cornell cooperative.
- Norton, R. (2002).** Polinización efectiva de frutas. Revista Apitec. (Junio-julio) Nùm. 33. pp. 4-5.
- Nybom, H., Rumpunen, K., Persson, S., Marttila, M., Rur G., Garkava and Olsson, M. (2008).** Towards a Healthier Apple –Chemical Characterization of an Apple Gene Bank. ISHS. Plants as Food and Medicine. Acta Hort. 765. Kristianstad, Sweden. pp. 157-159.
- Osborne, O. M. (1921).** The development of the apple from the flower: the value of the honey bee to the apple-grower. En: ROOT, E.R. (Ed.). The beekeeper and the fruit-grower. Medina, USA: The A.I. Root Company, 1921. p. 21-30.
- Paz, E. R.; Reyes, L. A.; y Benavides, A. (2003).** El cargado de yemas como alternativa para inducir el brote de manzanos bajo condiciones extremas de deficiencia de frío. Agraria 19: pp 1-14.

- Pérez- González, S. (1992).** Análisis de componentes de rendimiento en duraznero. Universidad Autónoma de Querétaro, Avances III (12):8-15.
- Ramírez, H. y Hoad, G. V. (1981).** Effects of growth substance on the process of fruit bud initiation in Apple, Acta Horticulturae 120: 131-136.
- Ramírez, H. y Cepeda. (1993).** El Manzano. Ed. Trillas, México, D.F. pp. 72.
- Ramírez, H. (2002).** Fisiología y manejo de manzano. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. pp. 13-158.
- Rallo, G. (1986).** Frutales y abejas. Publicaciones de extensión Agraria. Madrid, España. pp. 231.
- Raul, R. S. (1986).** Genética elemental y Fitomejoramiento práctico. pág. 71- 72-73.
- Robinson, W. S. (1979).** Effect of Apple cultivar on foraging behavior and pollen transfer by honey bees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:596-598.
- Ryugo, K. (1993).** Fruticultura. Ciencia y arte. AGT editor, S.A. México, D.F. 460 p.
- SAGARPA. (2007).** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. www.sagarpa.gob.mx.
- Schneider, D.; Stern, R. A. and Goldway M. (2005).** A Comparison between Semi- and Fully Compatible Apple Pollinators Grown under Suboptimal Pollination Conditions. HortScience 40(5):1280-1282.
- SIAP (2011).** www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view. El 15 de enero del 2013.

Simó, Z. E. (2003). Unió de Llauradors i Ramaders-COAG. Las abejas de miel y la polinización.

www.beekeeping.com/articulos/Zaragoza/abejas_polinizaciòn.htm

Stanley, E. A. (1985). Pollen development, fertilization and fruit drop. Pollination and fruit set. Proceedings of the short course by Washington State University. U.S.A. pp. 19-35.

Stushnoff y Quamme H. (1988). Adaptación a clima y suelo. En: J. y Janick (eds) Métodos genotécnicos de frutales, Ed AJT, México Págs. 361-363.

Vavilov, N. I. (1931). Wild progenitors of the fruit trees of Turquistán and the Caucasus and the problems of the origin of fruit trees. Proc 9th Int. Hort. Cong. pp. 271-286.

Rodríguez Fonseca Víctor Manuel. (2011). Crecimiento vegetativo del chabacano (*prunus armeniaca*) con la aplicación de vermicomposta al suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.

Visser, T. (1951). Floral biology and Crossing technique in apple and pear. Meded Dir. Tuinb, pp.14-707-726.

Westwood, M. N. (1982). Fruticultura de zonas templadas. Edición Mundi-prensa. Madrid. pp. 185-216.

Westwood, M. N. (1993). Temperate zone pomology, Physiology and Culture. 3rd ed. Timber Press. Portland, Oregon, USA. pp. 11-24.

Wilson, K and Elfving, D. C. (2003). Crabapple pollenizers for apples. Ministry of agriculture and Food, Ontario. N. 211.

Williams, R. R. (1966). Pollination studies in fruit trees. III. The effective pollination period for some apple and pear varieties. Report, Agricultural and Horticultural Research Station, University of Bristol, 1965. pp. 136 - 138.