

1 9 9 0 - B

081463948

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

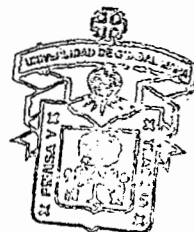
---

---

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



CUCBA



BI<sup>o</sup>LIOTECA CENTRAL

“VIABILIDAD DE SEMILLAS Y POLIEMBRIONIA EN  
MORFOESPECIES CULTIVADAS Y SILVESTES DE NOPAL  
TUNERO (*Opuntia* spp.)”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

CELIA PEREZ REYES

GUADALAJARA, JALISCO. 1993

## INDICE GENERAL DE CONTENIDO

SECCION	PAG.
1. INTRODUCCION.....	1
2. HIPOTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	3
4. ANTECEDENTES.....	4
4.1 Distribución Geográfica.....	4
4.2 Clasificación Taxonómica del Género <i>Opuntia</i> .....	4
4.3 La Reproducción en las Plantas Superiores.....	4
4.3.1 Reproducción en el Subgénero <i>Opuntia</i> .....	5
4.4 Morfología de Semillas en Cactáceas.....	6
4.5 Letargo de Semillas.....	8
4.5.1 Tipos de Letargo.....	8
4.6 Descripción de las Nopaleras.....	12
4.7 Hibridación y Esterilidad.....	12
4.7.1 Hibridación Natural en <i>Opuntia</i> .....	13
4.8 Poliploidía.....	14
4.8.1 Significado Evolutivo de la Poliploidía.....	15
4.8.2 Poliploidia en <i>Opuntia</i> .....	15
4.9 Apomixis.....	16
4.9.1 Tipos de Apoxis.....	17
4.9.1.1 Apomixis Facultativa.....	17
2.9.1.2 Apomixis Obligada.....	18
5 MATERIALES Y METODOS.....	19
5.1 Colecta de Frutos.....	19
5.2 Determinación del Peso del Fruto y sus.. Componentes.....	19
5.3 Separación y Conteo de Semillas.....	19
5.4 Tratamientos para Estimular la Germinación...	20
5.5 Evaluación de la Intensidad del Letargo.... y la presencia de Poliembrionía.....	21
5.6 Análisis Estadísticos.....	21
6 Resultados.....	22
6.1 Evaluación del Peso del Fruto y sus.... Componentes.....	22

6.2	Numero de Semillas Normales y Abortivas...	23
6.3	Germinacion de Semillas en Condiciones de Laboratorio.....	24
6.4	Evaluacion de la Intensidad de Letargo en Condiciones de Campo.....	24
6.5	Presencia de Poliembrionia.....	25
7.	DISCUSION.....	39
8.	CONCLUSIONES.....	42
9.	LITERATURA CITADA.....	43

## DEDICATORIAS

A mis padres con todo mi amor y respeto:

Jorge y Dolores

por enseñarme la importancia tan grande que tiene en esta vida luchar por un ideal.

A mis hermanos:

Elena, Dolores, Luz, Eduardo, Esther y Arturo por su cariño y comprensión.

A mis sobrinos :

con mucho cariño especialmente a Angélica esperando que este trabajo sirva de estímulo para su superación profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Mil gracias a:

La Universidad De Guadalajara por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios en ella.

A todos y cada uno de mis maestros que contribuyeron a mi formación profesional.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios. Maestro e Investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad De Guadalajara, por su magnífica asesoría y su gran amistad que me brindó durante mi estancia en el laboratorio.

A mi hermana Esther, por su labor mecanográfica y su gran cariño que me ha demostrado.

A mis compañeros del laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal, muy especialmente a "Marce" por su ayuda y gran amistad que me demostró durante la realización de este trabajo.

A todos los integrantes de el programa de Protección y Conservación de la Tortuga Marina, por su valiosa ayuda que me brindaron para la realización de este trabajo.

A la maestra Laura Guzman por sus valiosos y acertados comentarios y correcciones. Extiendo también el mismo tipo de agradecimiento al biólogo Miguel A. Macias.

A Miguel De Santiago Ramirez por su ayuda en la elaboración de las gráficas que aparecen en este trabajo.

## INTRODUCCION

El nopal tunero es una especie nativa de las zonas áridas y semiáridas de México. de hábitos perennes que se caracteriza por presentar un amplio polimorfismo que refleja la variación genética que presenta esta especie. Esta variación es el resultado de hibridaciones naturales, ya que en el subgénero *Opuntia* al cual pertenecen los nopales, es común la coincidencia en los periodos de floración en las formas silvestres y cultivadas, y las flores son visitadas por polinizadores no selectivos. los cuales visitan hasta cuatro especies diferentes durante un mismo vuelo de forraje (Pimienta, 1990; García, 1984).

Se considera que el proceso evolutivo, que posiblemente han seguido las formas de nopal para diferenciarse, involucra hibridaciones entre especies distintas, seguidas por el aumento en el número de cromosomas (poliploidía), constituyendo en *Opuntia* complejos híbridos poliploides de origen alopoloide (Gibson y Nobel, 1986). En este tipo de complejos, es común que se presenten disturbios meióticos, debido a que los cromosomas homólogos no se aparean normalmente para formar bivalentes y no se separan bien hacia los polos durante la anafase; o bien se aparean, pero se segregan para producir núcleos hijos que llevan deficiencias y duplicaciones, por lo que es común que se manifieste el fenómeno de esterilidad, el cual se expresa a través de la formación de polen, ovocélulas y semillas estériles o semiestériles (Grant, 1989). Este mismo autor menciona que en los complejos híbridos poliploides a menudo se mezclan la esterilidad sexual con la formación de semillas apomicticas. Esta estrategia reproductiva ayuda a *Opuntia* a la estabilización de sus híbridos y a compensar la esterilidad sexual, ya que mediante este sistema la planta asegura la formación de un cierto número de semillas las cuales preservan y propagan el germoplasma teniendo la posibilidad de dispersarse y colonizar nuevos habitats perturbados dando así mas posibilidades de éxito ecológico (Abrahamson, 1980).

La información disponible sobre aspectos de biología reproductiva en *Opuntia* es escasa y hasta donde tenemos conocimiento no se tienen evidencias que demuestren que la presencia de poliploidía en *Opuntia*, se relacione con la expresión de esterilidad.

## 2.- OBJETIVO.

Evaluar la presencia de esterilidad sexual y de poliembrionía en semillas de diferentes morfoespecies silvestres de solar y cultivadas de nopal tunero que difieren en el grado de domesticación, niveles de ploidia y de simpatria, y que aparentemente forman parte de un complejo híbrido poliploide.

## 3.- HIPOTESIS.

La variación genética en el nopal tunero se atribuye al proceso de hibridación natural, la que se ha acompañado por el incremento en el número de cromosomas; ésto a dado origen a complejos híbridos de origen alopoloide, los que comunmente causan disturbios meióticos, por lo que es de esperarse variación en el sistema reproductivo, que se expresa por un alto grado de esterilidad y expresión de apomixis.



#### 4. - ANTECEDENTES.

##### 4.1. - Distribución Geográfica.

Los nopales tuneros se originaron en America tropical, en la que probablemente sus ancestros fueron plantas sin espinas. Actualmente se encuentran distribuidos en todo el continente Americano, desde los litorales hasta el altiplano (Bravo, 1978; Cronquist, 1981). México, por sus peculiares condiciones de latitud, topografía y clima está densamente poblado de estas especies, distribuidas especialmente en las regiones áridas y semiáridas de altura que se encuentran en los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Queretaro, Jalisco y Durango en donde forman asociaciones denominadas nopaleras (Marroquin *et al.* 1964; Bravo, 1978; Gibson y Nobel, 1986; Pimienta, 1990).

##### 4.2. - Clasificación Taxonómica del Género *Opuntia*.

En México la doctora Helia Bravo ha dedicado una gran parte de su trabajo científico al estudio de las cactáceas, incluyendo una clasificación taxonómica de los nopales tuneros, ubicándolos de la siguiente forma. El género *Opuntia* pertenece al orden Cactales, a la familia Cactaceae, a la subfamilia Opuntioideae, a la tribu Opuntiae, y tiene cinco subgéneros: *Cylindropuntia*, *Grusonia*, *Corynopuntia*, *Opuntia* y *Stenopuntia* (Bravo, *op.cit.*). Las especies que producen frutos comestibles son *Opuntia ficus-indica*, *O. lindheimeri* y *O. streptacantha* (Pimienta, *op.cit.*).

##### 4.3. - La Reproducción en las Plantas Superiores.

Las plantas superiores poseen reproducción sexual y asexual; estos procesos tienen un carácter adaptativo a las demandas que presentan los diferentes tipos de habitat (Grant, 1989).

La reproducción sexual es un mecanismo que ocasiona la recombinación de material genético; esto asegura que cada generación sea diferente a sus progenitores, respondiendo

positivamente a cambios ambientales que ocurren en periodos cortos de tiempo, promoviendo una rápida producción de diversos genotipos que pueden o no ser resistentes o superiores a factores bióticos o abióticos adversos a estas poblaciones (Ornduff, 1983; Grant, 1989).

En la reproducción asexual o vegetativa, no ocurre recombinación genética y se lleva a cabo empleando partes vegetativas de la planta como: yemas, trozos de raíces, trozos de tallos que tengan yemas o brotes, bulbos y tubérculos. Esto constituye una ventaja en un ambiente más o menos constante, al cual la especie ya está bien adaptada, dado que con estos mecanismos se evita o se reduce al mínimo la formación de tipos recombinados mal adaptados (Grant, 1989; Hartmann y Kester, 1989).

#### 4.3.1.- Reproducción en el subgénero *Opuntia*.

En el subgénero *Opuntia* la reproducción es extremadamente versátil encontrándose en forma combinada la reproducción sexual y asexual (Pimienta, 1990). Abrahamson (1980) menciona que aquellos grupos vegetales que presentan la combinación de estos dos procesos reproductivos tienen más posibilidades de éxito ecológico.

Los estudios de reproducción sexual consumen bastante tiempo, ya que en un gran número de especies las semillas tienen problema de latencia, por lo que la germinación es lenta y reducida; además, la cubierta de la semilla es extremadamente dura provocando una barrera física para la absorción del agua (Potter et al., 1983). Otro inconveniente que se presenta radica en el hecho de que en las plántulas que se obtienen presentan un periodo juvenil largo el cual puede ser de hasta cinco años (Pimienta, 1990; Rangel, 1981).

La reproducción asexual se lleva a cabo por cladodios que se desprenden de la planta por abscisión natural o por la acción del viento, animales silvestres, ganado, y por el hombre al cosechar sus frutos (Ting, 1982; Hamilton, 1990).

En *Opuntia* se ha registrado el fenómeno de agamospermia (formación de semillas sin fecundación), éste se percibe por la manifestación de poliembrionia, que se manifiesta por la formación de dos o más embriones a partir de una semilla (Flores y Engleman, 1976). Al menos uno de estos embriones es de origen sexual, y los restantes provienen de células del mismo saco embrional o de los tejidos de la nucela, incluso de los tegumentos (Pimienta, 1990; Grant, 1989).

#### 4.4.- Morfología de Semillas en Cactáceas.

Con frecuencia se utiliza la morfología de las semillas de las cactáceas para propósitos de clasificación, debido a que éstas presentan variación en su forma, tamaño, estructura y color de la testa (Cullmann *et al.* 1986).

Las semillas de *Opuntia* son pequeñas presentando una longitud que varía entre 0.5 mm a 0.5 cm; son ovoides, arrañonadas; la envoltura exterior es amarillenta, color mate, café o negra, tomando algunas veces el color de la pulpa (Moreno, 1962).

En una semilla madura de nopales se encuentran las siguientes partes: a) testa, b) embrión, c) endospermo, d) perisperma, e) cobertura funicular, f) hilo. La carúncula, estrófilo o rafe son consideradas estructuras especiales que existen en las semillas de algunos géneros (Flores, 1973).

La testa es la cubierta de la semilla que corresponde a los tegumentos del rudimiento seminal. Cada tegumento consta de dos capas celulares, excepto en la región micropilar en donde las capas celulares aumentan. El tegumento interno deja una pequeña abertura, que es el micropilo por el cual saldrá la radícula del embrión durante la germinación. El tegumento externo es más corto y no llega al micropilo y su célula contiene abundantes taninos responsables de la dureza de la testa y de su color, más o menos obscuro (Bravo, *op.cit.*).

El embrión es el resultado de la fertilización de la célula huevo por un espermatozoides y constituye el primordio de la planta. En las cactáceas es grande y ocupa toda la cavidad de la semilla. Consta de un eje primordial, radícula y dos pequeñas hojas (los cotiledones); el epicótilo y el hipocótilo corresponden a las zonas del eje primordial situados arriba y abajo, respectivamente; en el ápice del epicótilo existe un meristema embrionario a expensas del cual se desarrollará, al efectuarse la germinación, la parte aérea de la planta. En *Opuntia* el embrión posee cotiledones grandes y laminares; sin embargo, el hipocótilo es más grueso (Bravo, *op. cit.*).

El endospermo es el tejido resultante de la fusión entre un espermatozoides y los dos núcleos polares de la célula central del saco embrional y da origen a un tejido de almacenamiento (Flores, 1973). Algunas semillas presentan perisperma el cual también es un tejido de almacenamiento pero de origen nucelar (Bravo, *op. cit.*).

En *Opuntioideae* el funículo es largo y envuelve a la semilla constituyendo un "arilo" o tercer tegumento. Cuando la semilla madura el funículo se lignifica proporcionando dureza a la cubierta de ésta y una forma irregular (Buxbaum, 1955).

Se considera que la cobertura funicular es una adaptación ecológica que protege a la semilla de la abrasión que produce el suelo (Flores, *op. cit.*). El hilo es la región de la semilla en donde se separa el funículo de la semilla en la madurez. La carúncula es una excrescencia que se origina cerca del micrópilo. El estrófilo o rafe es la estructura que se desarrolla del funículo; la carúncula y el funículo comparten la característica de ser carnosos. Pimienta y Engleman (1985) mencionan que es conveniente aplicar el término de hueso a la cobertura funicular, ya que esta formada por tejidos lignificados (esclereidas).

#### 4.5.- Letargo de Semillas.

El término letargo, conocido con el anglicismo "dormancia", es el resultado de condiciones fisiológicas internas de la semilla (distintas a la no viabilidad) que impiden la germinación, aun cuando se tienen condiciones ambientales favorables para la germinación.

Una semilla con letargo es aquella que no llega a germinar aunque el embrión esté vivo, absorba humedad, y esté expuesto a condiciones favorables de temperatura y de concentración de oxígeno (Hartmann y Kester, 1989). Es un estado de inanimación suspendida, el cual permite la supervivencia de numerosas especies de plantas silvestres; sin embargo, para los agricultores esta condición fisiológica genera problemas, ya que necesitan romper artificialmente el letargo de las semillas para lograr que éstas germinen en el tiempo deseado y de manera uniforme. Por el contrario, el letargo también se maneja para controlar la germinación de aquellas semillas que producen plantas perjudiciales para los cultivos (Cohn, 1987).

##### 4.5.1.- Tipos de letargo.

Nicolaeva en 1964 citado por Hartmann y Kester (1989), ha definido varios tipos de letargo, los cuales se describen a continuación y se complementan con información reciente:

##### 4.5.1.1.- Letargo físico.

Es característico de un gran número de familias de plantas en las cuales la testa, y en ocasiones secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla, son impermeables, permitiendo el paso del agua hacia el embrión, sólo cuando la semilla es erosionada por la aspereza de el suelo o es atacada por microorganismos, o bien cuando por medios químicos o mecánicos el hombre degrada las cubiertas endurecidas.

#### 4.5.1.2. - Letargo mecánico.

Esta categoría comprende la situación en que las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. En *Rosa* spp. La cubierta de la semilla es mecánicamente resistente impidiendo la germinación mientras, que las cáscaras de nueces y los huesos de varios frutos pueden retardar la germinación.

#### 4.5.1.3. - Letargo químico.

De varias partes de la planta se han extraído e identificado sustancias químicas que actúan como inhibidores de la germinación. Estas sustancias se producen y acumulan en el fruto, así como en las cubiertas de la semilla. Se ha observado que en algunas semillas en letargo se encuentran grandes cantidades de una hormona denominada ácido abscísico (ABA), y una disminución de ésta coincide con la terminación del letargo (Cohn, 1987). En algunas semillas el ABA se remueve por lixiviación a medida que las semillas reciben agua de lluvia; mientras que en otras semillas las enzimas degradan gradualmente el ABA durante el invierno (Rost *et al.* 1985).

Además del ABA se han identificado otros inhibidores, que se encuentran por lo general en frutos y semillas. Los más comunes son: compuestos de cianuro, amoníaco, aceite de mostaza, alcaloides (cafeína, cocaína), y varios ácidos orgánicos (Moore y Janick, 1988).

#### 4.5.1.4. - Letargo fisiológico.

El letargo fisiológico reside dentro de las cubiertas de las semillas vivas y fisiológicamente activas. En este tipo de letargo la semilla semipermeable absorbe agua pero los movimientos de gases están restringidos (entrada de oxígeno y escape de bióxido de carbono), impidiendo de esta manera la lixiviación de los inhibidores de la germinación en el interior de las semillas.

#### 4.5.1.5.- Letargo morfológico.

Este tipo de letargo se presenta en familias de plantas en cuyas semillas, el embrión no se ha desarrollado por completo durante la diferenciación y maduración. Después de la separación de la semilla de la planta y antes de que pueda haber germinación, es necesario que el embrión tenga un crecimiento adicional. Dentro de esta categoría hay dos grupos:

#### 4.5.1.6.- Embriones rudimentarios.

Las plantas con embriones rudimentarios producen semillas cuyos embriones son apenas algo más que un proembrión embebido en un endospermo en la época de la maduración del fruto. Estas semillas deben de pasar por un período de maduración en el que ocurren cambios bioquímicos en el interior de las células del embrión. Estos cambios se producen a una velocidad más o menos constante y mientras no se lleven a cabo el embrión no podrá comenzar su desarrollo, aunque se encuentre en condiciones favorables.

#### 4.5.1.7.- Embriones no desarrollados.

Algunas semillas en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados (con forma de torpedos) que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

#### 4.5.1.8.- Letargo interno.

En varias especies de semillas el letargo es controlado internamente por sus tejidos vivos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de la cubierta de la semilla; el segundo es un letargo presente dentro del embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

#### 4.5.1.9. - Temperaturas fluctuantes.

Las semillas adaptadas a responder a las fluctuaciones de temperatura tienen mecanismos enzimáticos que funcionan a diferentes temperaturas; de esta manera sólo cuando ocurren varias temperaturas a lo largo del proceso catalizado por dichas enzimas es posible desencadenar la germinación.

#### 4.5.1.10. - Letargo térmico.

Las semillas de muchas especies presentan una sensibilidad al calor que puede terminar con el letargo. Algunas semillas requieren de temperaturas muy bajas; ciertas semillas como las de manzano, pera, y melocotón no germinan o lo hacen anormalmente si no han sido enfriadas alrededor de 3 hasta 7°C. Los requerimientos de enfriamiento varían desde unas pocas semanas hasta meses, dependiendo de la especie. Existen taxa que están unidos por la característica de poseer semillas con un letargo fácilmente interrumpido por intensos "shock" de calor como incendios. En estos taxa las semillas se denominan "semillas refractarias" y son comunes en los chaparrales de California (Keeley, 1991).

#### 4.5.1.11. - Letargo del embrión.

El letargo del embrión se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere de un periodo de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de la testa para germinar.

#### 4.5.1.12. - Letargo secundario.

Es una inhabilidad adquirida para germinar, debido a algunas condiciones ambientales experimentadas por la semilla después de quitarla de la planta madre. Estas condiciones pueden incluir alta temperatura, baja provisión de oxígeno y falta de luz (Hartmann y Kester, *op.cit.*).



#### 4.6. - Descripción de las Nopaleras.

El subgénero *Opuntia* incluye especies que forman asociaciones vegetales denominadas "nopaleras" (Miranda y Hernández-X ,1963). Estas formas vegetales se ubican principalmente en el centro y norte de México (Marroquin *et al.* 1964). La variación más abundante en especies se localiza en el altiplano Potosino-Zacatecano y estados circunvecinos (Pimienta, 1990). Y se encuentra en tres tipos de nopaleras, silvestres, de solar y cultivadas (Pimienta y Mauricio, 1989; Pimienta *et al.* 1987).

Las nopaleras silvestres ocupan una superficie cercana a los tres millones de hectáreas, de las cuales el 60 % se localiza en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco. Las nopaleras de solar, constituyen pequeños huertos en la vecindad de las casas en las poblaciones rurales, las cuales satisfacen necesidades de autoconsumo y estética (Pimienta, *op.cit.*).

Las nopaleras cultivadas son el resultado de un proceso de selección empírica practicada por los habitantes de estas zonas con el objeto de obtener frutos con características óptimas, las cuales pueden competir en el mercado (Pimienta y Mauricio , 1989).

#### 4.7. Hibridación y esterilidad.

Stebbins (1950) definió la hibridación como el cruzamiento entre individuos que pertenecen a poblaciones separadas que tienen diferentes normas adaptativas. Cronquist (1981) menciona que La hibridación es el cruzamiento al azar y espontáneo entre especies relacionadas o entre diferentes variedades o razas de una sola especie.

Los híbridos usualmente son semiestériles o altamente estériles debido a la segregación anormal de cromosomas completos o de bloques de genes de segmentos cromosómicos durante la meiosis (Stebbins, 1978). Grant (1989) menciona que los cromosomas homólogos no se aparean normalmente para formar bivalentes y no se

separan bien hasta los polos en la anafase, o se aparean pero se segregan para producir núcleos hijos que llevan deficiencias y duplicaciones, provocando con ésto que no se forme polen ni ovocélulas viables en los híbridos resultantes.

#### 4.7.1.- Hibridación Natural en *Opuntia*.

La posibilidad de que se lleve a cabo la hibridación entre especies de *Opuntia* spp. se apoya en los siguientes evidencias:

a) Traslape en los periodos de floración. Se ha observado que en las poblaciones de *Opuntia* es común la coincidencia en los periodos de floración. Por lo general, ésta ocurre durante los meses de abril y mayo en las formas y variedades silvestres y cultivadas que se desarrollan en los estados de Zacatecas y San Luis Potosi (Pimienta, 1990). En estos estados se han documentado traslapes considerables de la floración de *Opuntia streptacantha* Lemaire, *O. robusta* Wendland, *O. cochinera* Miller y *O. leucotricha* Britton et Rose, (Rodríguez, 1981).

b) Polinizadores no selectivos. Algunas formas de nopal comparten visitantes y polinizadores florales (García, 1984). Las flores son visitadas por coleópteros, lepidópteros, dípteros, e himenópteros, considerándose las abejas y escarabajos como los principales insectos polinizadores en *Opuntia* (Grant y Grant, 1979).

En el centro de México el principal polinizador de *Opuntia*, tanto por su abundancia como por su conducta dentro y entre flores, es la abeja de tamaño mediano *Diadasia rinconis* L. la cual visita flores de hasta cuatro especies durante un mismo vuelo de forrajeo para completar su carga de polen (García, 1984). Beutelpacher (1971) realizó estudios de polinización en el Pedregal de San Angel México, con *Opuntia tomentosa* Salm - Dyck y *Opuntia robusta* Wendland, determinando que poseen polinización cruzada gracias a la actividad de la abeja *Apis mellifera* L.

c) Cruzas Interespecíficas. Trujillo (1986) realizó y evaluó la capacidad de hibridación entre cinco especies coexistentes de *Opuntia streptacantha* Lemaire, *O. robusta* Wendland, *O. cochineria* Miller, *O. leucotricha* Britton et Rose y *O. rastrera* Weber, en nopaleras silvestres de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, obteniendo fructificación, producción de semillas y germinación.

#### 4.8.- Poliploidía.

La poliploidía es un fenómeno que se presenta cuando el número de cromosomas es mayor de dos, debido a la multiplicación de estos. Los híbridos estériles formados por especies con cromosomas diferentes pueden recuperar la fertilidad si duplican sus cromosomas (Solbrig, 1970; Grant, 1989). Esta duplicación de cromosomas puede llevarse a cabo mediante dos tipos principales de poliploidía conocidas como autopoliploidía y alopoliploidía, las que se describen a continuación:

a) Autopoliploidía. Los autopoliploides se producen por la multiplicación de juegos cromosómicos de una sola especie. Aunque éstos presentan esterilidad parcial, las ventajas de su ploidía son mayores.

b) Alopoliploidía. Esta se origina de la combinación de juegos cromosómicos a través de la hibridación de dos especies diferentes. En la naturaleza las especies alopoliploides son más frecuentes que las autopoliploides (Grant, 1989).

En las especies vegetales no es rara la poliploidía, ya que aproximadamente un 47 % de angiospermas son poliploides. Es común en las familias Rosaceae, Rubiaceae, Compositae, Iridaceae, Gramíneas, y muchas otras, mientras que en las gimnospermas se presenta este fenómeno muy raras veces. Se ha observado que la poliploidía es más frecuente en las plantas perennes que en las anuales y en organismos que usualmente poseen medios de propagación vegetativa (Jones, 1988; Brewbaker, 1967; Muntzing, 1936). Ambas características se combinan en las diferentes formas de nopal tunero.

En los animales el fenómeno de poliploidía es relativamente raro porque a menudo rompe el equilibrio entre los cromosomas, que es lo que determina el sexo en los animales (Ayala y Valentine, 1983).

#### 4.8.1.- Significado evolutivo de la poliploidía.

En las plantas la poliploidía aporta flores de mayor tamaño y textura mas firme así como semillas de mayor tamaño. No obstante, no incrementa necesariamente el vigor conjunto de la planta (Dobzhansky *et al.* 1983).

Grant (1989) menciona que los poliploides presentan una mayor adaptabilidad en comparación con sus parientes diploides. Con la poliploidía puede adquirirse instantáneamente aislamiento reproductivo (Solbrig, 1970).

La evolución de la poliploidía, que ha sido un proceso dominante en muchos grupos de plantas superiores, ha implicado una serie de equilibrios con éxito entre los efectos disruptivos de la amplia hibridación (tanto entre poblaciones adaptativas de formas distintas de la misma especie como entre especies distintas) y los efectos estabilizadores o conservadores de la duplicación cromosómica. La poliploidía es la forma más eficiente de colonización en habitats nuevos y alterados, ya que presentan una gran adaptabilidad a condiciones extremas (Barber, 1970; Stebbins, 1971).

Los crecientes niveles de ploidía en las diversas formas de nopal tunero se reflejan en un incremento en vigor de cladodios, peso del fruto y tamaño de los estomas (Pimienta, *op. cit.*).

#### 4.8.2.- Poliploidía en *Opuntia*.

Se considera que el proceso evolutivo que posiblemente han seguido las formas de nopal para diferenciarse, involucra la hibridación entre especies distintas seguidas por la poliploidía,

lo que dió origen a individuos alopoloides con dos genómas distintos (Mauricio, 1985).

En especies de *Opuntia* colectadas en México se han encontrado niveles de ploidía de  $2n$ ,  $4n$ ,  $6n$ , y  $8n$  (Darlington y Wylie, 1955, citado por Pimienta, 1990). Se estima que el 40 % de las especies de *Opuntia* son diploides y el 60 % son tanto diploides como poliploides (Lewis, 1980).

En general los nopales tuneros considerados silvestres ("tapón", "cardón", "pachón", etcétera), son diploides  $2n$  o tetraploides  $4n$ ; el grado más alto de poliploidía corresponde a los nopales cultivados (Sosa, 1964).

Las nopales con niveles mas altos de poliploidía ( $6n$  y  $8n$ ) tienen mayor dispersión geográfica que los diploides ( $2n$ ); de hecho la mayoría de las variedades de nopal tunero que se han dispersado en Europa, Africa, Australia y Sudamérica corresponden a la especie *Opuntia ficus-indica* L. que es octaploide en la mayoría de sus formas y variedades (Brutsch, 1984).

#### 4.9. - Apomixis.

La mayoría de las plantas superiores se reproducen sexualmente a través de la unión de un gameto femenino (huevo) y un gameto masculino (esperma) reducidos cromosómicamente por meiosis, permitiendo la recombinación genética, segregación y producción de una diversidad de genotipos. Sin embargo, las plantas de algunas especies forman sus semillas por un proceso asexual o vegetativo llamado apomixis. En la reproducción apomictica el embrión se deriva de una division mitótica de una célula madre de la megaspóra, o una célula somática del óvulo, lo cual implica pasar por alto tanto la meiosis como la fecundación en el curso de el desarrollo embrional así la progenie derivada de las plantas apomicticas son réplicas exactas del progenitor femenino.

La polinización puede ser o no necesaria para algunas angiospermas; esta proporciona un estímulo general para iniciar el desarrollo del embrión; o más frecuentemente, la polinización es seguida de la fusión de un núcleo espermático con los núcleos del endosperma (seudogamia). Este proceso de fecundación inicia entonces el desarrollo del endosperma esencial para el crecimiento adecuado del embrión; sin embargo, el embrión mismo no recibe ningún material genético del polen parental, y es de genotipo completamente materno (Grant, *op.cit.*).

Así la apomixis provee un método de clonación de plantas a través de semillas y tiene una importante implicación para utilizarse como un instrumento en plantas cultivadas (Hanna y Bashaw, 1987). Estos mismos autores mencionan que la apomixis ha sido reportada en más de 35 familias de plantas, incluyendo más de 300 especies.

#### 4.9.1.- Tipos de apomixis.

Se reconocen tres mecanismos principales de apomixis tomando como criterio de clasificación, el origen y desarrollo de la célula de la cual se desarrollan los embriones. El embrión puede desarrollarse directamente de una célula somática de la nucela o de el integumento de el óvulo en la planta materna (embrionía adventicia), o se puede desarrollar de un huevo no reducido, en el saco embrionario derivado de una célula nucelar (aposporia) o de una división mitótica de la célula madre de la megaspora (diplosporia) (Burson. *et al.* 1990 ).

##### 4.9.1.1.- Apomixis facultativa.

En la naturaleza las plantas superiores especialmente aquellas que presentan diferentes niveles de ploidía y hábitos perennes presentan sistemas más flexibles, en los que si bien prevalece la apomixis, también se manifiesta la sexualidad en diferentes grados. Estas alternativas marcan la diferencia entre la apomixis obligada y la facultativa, así se pueden formar nuevos genotipos adaptados, los cuales son capaces de colonizar habitats

perturbados. Estos grupos de especies presentan un equilibrio entre la constancia temporal y la variabilidad a largo plazo (Greene, 1984; Ornduff, 1983; Raven y Curtis, 1985). Cabe mencionar que muchas especies de *Opuntia* de importancia económica son apomicticas facultativas (Gustafsson, 1947; Grant, 1989).

Estudios realizados por Burson *et al.* (1990) con *Tripsacum dactiloides* L. una planta nativa y perenne de América la cual presenta diferentes niveles de ploidía  $2n = 36, 45, 54, 72, 90$  y  $108$  y un alto nivel de poliembrionias, demostraron que los genotipos diploides son sexuales y que la apomixis diplospórica ocurre en genotipos poliploides, en los cuales es necesario la pseudogamia.

Tang *et al.* (1980) reportaron que el *Sorghum bicolor* L. es apomictico facultativo de tipo aposporico, pero predominantemente sexual. Hilden (1986) reporta que el subgénero *Rubus* presenta reproducción sexual en las taxa diploides, mientras que en las taxa poliploides prevalece la apomixis. Hanna y Bashaw, (1987) ubican a *Opuntia ficus-indica* como un apomictico facultativo con embrionia adventicia.

#### 4.9.1.2.- Apomixis obligada.

En la naturaleza existen plantas agamospermas que producen semillas exclusivamente por procesos asexuales, tal es el caso de *Calamagrostis stricta* Rupr. especie que solo depende de la agamosperma para producir frutos (Greene, 1984).

Dobzhansky *et al.* (1983) mencionan que los grupos que presentan este tipo de agamosperma han llegado a un "punto muerto" y solo podrán producir nuevas variantes por el lento proceso de mutación.

## 5.- MATERIALES Y METODOS.

### 5.1.- Colecta de Frutos.

La colecta de frutos se llevó a cabo en poblaciones silvestres y cultivadas localizadas en las zonas semiáridas de los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, y Jalisco, que incluye partes territoriales de los municipios de Ojuelos, Jal., Pinos, Zac. Villa de Arriaga, S L P. En cada una de las localidades se realizó la elección de 23 morfoespecies y variedades representativas de la zona, estas fueron: burrona, cristalina, naranjona, pico chulo, amarilla huesona, chapeada, rojo palmera, amarilla calabazona, blanca, blanca lisa, camuesa, rojo 1, reina, sangre de toro, roja 10 cardona castilla, morada, rojo ruby, rojo carmin gomelilla 1, tapona, cardona blanca, y negrita. De cada una de éstas se colectaron 10 frutos que presentaban un estado de madurez fisiológica y sin síntomas visibles de daños causados por plagas y enfermedades, en los que se realizó el registro de las variables que se describen a continuación.

### 5.2.- Determinación de el Peso del Fruto y sus Componentes.

De cada uno de los frutos colectados se registraron los siguientes datos: peso del fruto y sus componentes (cáscara, loculo y semilla). El peso de la porción comestible (pulpa) se estimó por diferencia entre el peso del loculo y las semillas.

### 5.3.- Separación y Conteo de Semillas.

Se determinó el número de semillas normales y abortivas contenidas en los frutos, para lo cual se separó la pulpa de las semillas empleando una manta de cielo bajo el chorro de agua de la llave. Posteriormente las semillas fueron expuestas a temperatura



ambiente por varios días sobre hojas de papel, éstas fueron separadas y contadas manualmente, así como almacenadas en bolsas de papel glassine para ser utilizadas en los experimentos de germinación.

#### 5.4.- Tratamientos para Estimular la Germinación.

Con el fin de determinar el tipo de letargo y la intensidad de este, se tomaron 40 semillas de cada una de las 23 diferentes variedades (920 semillas) para cada uno de los tratamientos que se alistan a continuación:

a) Escarificación mecánica con lija (lijadas).

b) Escarificación en una solución de ácido sulfúrico (10 %) durante 15 minutos, para después ser lavados con agua corriente.

c) Escarificación en agua caliente a (60°C) durante 10 minutos y enfriadas a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas, para después ser lavadas con agua corriente.

d) Tratamiento con ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) (10<sup>-4</sup>M), durante 24 horas, para después ser enjuagadas con agua corriente.

En cada uno de los tratamientos las semillas antes de ser sembradas fueron tratadas con hipoclorito de sodio (10 %), durante 15 minutos para prevenir el crecimiento de microorganismos. Una vez aplicados los tratamientos citados, las semillas fueron sembradas en cajas de petri sobre papel filtro y posteriormente se les adicionó 5 ml de agua destilada.

Se utilizaron 92 cajas de petri con 40 semillas cada una para los tratamientos mencionados anteriormente estas se colocaron sobre las mesas del laboratorio por lo que estuvieron expuestas a un régimen variable de luz, oscuridad y temperatura. El registro de germinación o emergencia de la radícula se llevó a cabo diariamente a partir de la fecha de siembra por un periodo de 75 días, durante el cual las semillas fueron regadas con agua

destilada, cada vez que se evaporaba una parte importante del agua aplicada previamente. La temperatura se registró diariamente, con intervalos de frecuencia de dos horas.

#### 5.5.- Evaluación de la Intensidad del Letargo y la Presencia de Poliembrionia.

Para evaluar la intensidad del letargo y la presencia de poliembrionia se sembraron 40 semillas por cada una de las 23 diferentes variedades (920 semillas) sin ningún tratamiento previo directamente en recipientes de plástico con capacidad de un litro. Estos fueron llenados con tierra y perforados en la base para facilitar el drenaje. Los recipientes fueron ubicados en el jardín de la Facultad de Ciencias Biológicas.

A partir de el momento en que empezaron a germinar las primeras semillas, se registró la germinación en todas las variedades con intervalos de frecuencia de dos días. En forma simultánea se registró la presencia de poliembrionia, a través del conteo directo de el número de plántulas que se formaban en cada semilla individual.

#### 5.6.- Análisis Estadísticos.

Con las semillas obtenidas de los frutos de las 23 variedades diferentes y sin ningún tratamiento previo (semillas sembradas en los botes de plástico) se realizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. La primera repetición corresponde a la primera fecha de siembra que fue a los 7 meses después de cosechados los frutos; la segunda a los 8 meses; la tercera a los 10 meses; la cuarta a los 11 meses y la quinta a los 12 meses.

## 6. - RESULTADOS.

### 6.1.- Peso del Fruto y sus Componentes.

En los cuadros 1, 2, y 3 se presentan los valores promedios de la evaluación de el peso del fruto y sus componentes, los cuales se realizaron inmediatamente despues de que los frutos fueron cosechados. En estos cuadros es evidente la amplia variación en el peso del fruto y sus componentes (cáscara, pulpa y semilla). La evaluación del peso del fruto en las diferentes variedades, reveló que los frutos provenientes de nopaleras cultivadas presentaron los pesos mas altos y estos correspondieron a las variedades burrona (208.3 g) y cristalina (200.7 g). Los pesos mas bajos se observaron en las variedades provenientes de nopaleras silvestres especialmente la variedad negrita (20.3 g) (Cuadro 3). En el resto de las variedades el peso osciló de 99 a 170 g.

Con respecto al peso de la cáscara el porcentaje mayor de esta se observó en la variedad burrona (85.7 g) (Cuadro 1), mientras que el menor fue para la variedad negrita (9.6 g) que fue colectada en nopalera silvestre (Cuadro 3).

El mayor porcentaje de pulpa se registró en la variedad cristalina (133.0 g) seguida de la variedad burrona (112.4 g), y el menor porcentaje de pulpa se observó en la variedad negrita (9.8 g), (Cuadros 1 y 3).

La evaluación de el peso de las semillas en las diferentes variedades, reveló que las variedades cultivadas presentaron los pesos más altos y estos correspondieron a las variedades cristalina (10.3 g) y burrona (10.2 g), mientras que los pesos más bajos se observaron en las variedades provenientes de nopaleras silvestres especialmente en la variedad negrita (0.9 g) (Cuadros 1 y 3).

## 6.2.- Número de Semillas Normales y Abortivas.

En un fruto maduro las semillas abortivas se distinguen por su tamaño pequeño y color café-claro, en contraste con las semillas normales que son de mayor tamaño y de color oscuro.

En los frutos provenientes de nopaleras cultivadas el número promedio más alto de semillas normales (viables) se encontró en las variedades cristalina (319.1) y burrona (354.6), mientras que en los frutos provenientes de las nopaleras de solar el mayor número promedio de semillas viables se encontró en las variedades sangre de toro (409.3), roja 1 (297.5), camuesa (286) y amarilla calabazona (271.9) ver (Cuadros 4 y 5). En las nopaleras silvestres el número promedio de semillas viables varió de 161.5 a 467.4, registrandose el valor más alto en las variedades tapona y negrita, mientras que el menor valor fue para la variedad y cardona blanca (Cuadro 6).

Se encontró variación en la cantidad de semillas abortivas entre los tres tipos de nopaleras. Los frutos procedentes de nopaleras cultivadas tuvieron un número promedio de semillas abortivas (pequeñas) que osciló entre 13.1 y 65.3, lo cual expresado en porcentajes corresponde a un 4.8 y 15.54. % respectivamente (Cuadro 4). En los frutos provenientes de nopaleras de solar el número promedio de semillas abortivas fue muy variable, éste osciló entre 0.4 a 77.5, lo cual expresado en porcentajes corresponde a un 0.12 y 20.0 %, respectivamente (Cuadro 5), mientras que en los frutos provenientes de nopaleras silvestres se presentó un número promedio de semillas abortivas que osciló entre 5.1 y 29.9, lo cual expresado en porcentaje corresponde a un 5.8 y 8.9 %, respectivamente (Cuadro 6). Estos datos nos señalan que en general los frutos de las variedades estudiadas en este trabajo presentaron un porcentaje relativamente bajo de semillas abortivas.

### 6.3.- Germinación de Semillas en Condiciones de Laboratorio bajo Diferentes Tratamientos.

La evaluación de los diferentes tratamientos usados para estimular la germinación de semillas de las 23 diferentes variedades cultivadas, silvestres y de solar de nopal tunero, reveló que la primera respuesta a estos tratamientos se obtuvo en semillas que tenían 4 meses después de que estas fueron separadas de los frutos (diciembre). En evaluaciones realizadas, en meses previos (septiembre, octubre y noviembre), no se registró germinación. Sin embargo, no todos los tratamientos estimularon la germinación, ya que únicamente se encontró respuesta positiva a la aplicación de ácido giberélico ( $AG_3, 10^{-4}$  M) y agua caliente ( $60^\circ C$ ). El porcentaje más alto de germinación se registró en semillas de las variedades denominadas rojo 1 y negrita (19.8 y 9.9 respectivamente), y en la variedad taponá (16.5%). En las dos primeras se aplicó  $AG_3$  y en la última agua a  $60^\circ C$ . Con la escarificación mecánica únicamente se registró germinación en las variedades naranjón y cristalina, aunque en porcentajes bajos (3.3% para ambas). Llama la atención que estas dos variedades no presentaron respuesta a la aplicación de ácido giberélico y agua caliente. No se encontró respuesta a la aplicación de ácido sulfúrico. Las variedades que no presentaron respuesta a ninguno de los tratamientos mencionados anteriormente no aparecen en el (Cuadro 7).

### 6.4.- Evaluación de la Intensidad del Letargo, en Condiciones de Campo.

En los cuadros 8, 9 y 10, se presentan los porcentajes de germinación en condiciones de campo, en semillas almacenadas a diferentes intervalos de tiempo en condiciones de obscuridad. Se encontró que la germinación se incrementa en función del tiempo de almacenamiento de las semillas. Por otro lado, este incremento en la germinación no presenta relación positiva con las condiciones ambientales, ya que el análisis de correlación y regresión lineal reveló que no existe correlación positiva directa entre los porcentajes de germinación en las diferentes fechas de siembra y la temperatura del suelo (Figura 1).

El mayor porcentaje de germinación para los tres tipos de nopaleras se registró en el cuarto tratamiento, que es el tiempo en que las semillas tenían 11 meses después de la fecha de colecta del fruto (Figuras 2 a, 2 b, y 2 c). Los máximos porcentajes de germinación se obtuvieron en las siguientes variedades: cristalina (90 %), cardona de castilla (100 %), roja 10 (100 %), amarilla calabazona (100 %) y negrita 67.2 ver (Cuadros 8, 9, y 10).

Las semillas procedentes de nopaleras silvestres presentaron el mayor porcentaje de germinación, mientras que las semillas procedentes de nopaleras cultivadas tuvieron bajos porcentajes de germinación (Figuras 2 a, 2 b, y 2 c).

#### 6.5.- Presencia de Poliembriónia.

El Cuadro 11 muestra los resultados obtenidos al evaluar la presencia de poliembriónia. En los estadios iniciales de la germinación se encontraron variedades cuyas semillas dieron origen a una sola plántula (semillas monoembriónicas), estas fueron: amarilla huesona, rojo ruby y rojo palmera. Sin embargo, en todas las variedades restantes se observaron semillas que dieron origen a más de una plántula, fenómeno conocido como poliembriónia, siendo más frecuente la ocurrencia de semillas que formaban dos embriones. En estos casos se observó que siempre uno de ellos era más vigoroso. La poliembriónia fue común incluso en las variedades con bajos porcentajes de germinación. Los porcentajes más altos de poliembriónia se registraron en la variedad blanca lisa (15.5) y sangre de toro (9.5) (Cuadro 11)

Cuadro 1. Variación en el peso del fruto y sus componentes en farras cultivadas de nopal tunero.

Nombre Común	Fruto (g)	Cáscara (g)	Pulpa (g)	Semilla (g)
Buena	208.3	85.7	112.4	10.2
Crustalina	200.7	56.0	133	10.8
Naranjona	178.4	85.5	85.9	7
Piso Chulo	120.9	56.2	67	6.7
Acañilla Bursona	115	42.5	67.4	5.2
Chapach	99.8	39.6	55.3	4.9

Cuadro 2. Variación en el peso del fruto y sus componentes en frutales de nopal tunero de Sidar.

NOMBRE ORACIÓN	Fruto (g)	Cáscara (g)	Pulpa (g)	Semilla (g)
Rojo Palmera	152.8	62.3	64.4	6.1
Acandilla Calabazona	150.2	63.8	65	21.4
Blanca	137.9	58	73.4	6.6
Blanca Lisa	122.3	47.4	69.8	5.1
Carameña	112.5	51.1	57.2	4.2
Rojo 1	109.5	41.6	64.3	3.6
Beana	106.5	39.2	61.7	5.6
Sangre de Toro	105.6	43.6	56.8	5.2
Rojo 10	93.8	29.9	60	3.9
Carbón Castilla	88.1	31.1	52.9	4.12
Morabá	79.8	44.5	32.2	3.1
Rojo feuby	71.2	26.5	39.5	3.2
Rojo Carroán	60.6	31.2	26.4	3
Guandilla 1	30.1	9.7	18.5	1.9



Cuadro 3. Variación en el peso del fruto y sus componentes en tarzonc silvestres de nopal tunero.

Nombre tarzonc	Fruto (g)	Cáscara (g)	Pulpa (g)	Semilla (g)
Tapoca	92.6	41.6	45.1	5.9
Carbona Blanca	64.5	32.2	29.7	2.6
Negrita	20.3	9.6	9.8	0.9

CUADRO 4. Variación en el número total de semillas y en el número de diferentes tamaños de semillas en fincas cultivadas de maíz blanco.

Nombre Comunal	Total	Grandes	Medianas	Pequeñas	Minúsculas
Cristalina	420	206.6	14.6	65.3	319.1
Barranca	342.3	263.3	35.8	23.3	354.6
Narciso	317.4	245.7	54.2	17.4	269.9
Asocanilla Hueyocua	269.6	223.7	32.7	13.1	247.7
Pico Chulo	265.2	202.3	45.4	17.5	256.4
Chapach	240	164.7	12.1	43.1	167.2

\* Semillas abortivas

Cuadro 5. Variación en el número total de semillas y en el número de diferentes tamaños de semillas, en Cocon de nopal tunero de solar.

Nombre cocón	Total	Grandes	Medianas	* Pequeñas	Viables
Amarilla Calabazona	437	354.5	54.8	27.7	271.9
Sangre de Toro	313.9	222.6	57	34.3	409.3
Blanca Lisa	312	175.4	59.1	77.5	239.2
Blanca	305	200.7	38.5	66.3	234.5
Reina	299.5	198.7	67.2	13.5	226
Rojo Palmera	283	250.8	21.16	11	221.9
Carnosa	253.3	191.9	34.1	27.2	286
Rojo 1	231.7	203.2	18.7	9.7	297.5
Rojo Ruby	220.5	196.7	9.6	13.9	190.4
Rojo 10	195.4	177.38	13.07	5.5	182.6
Rojo Carmín	188.5	170.7	12	5.7	185
Morada	187.7	171.1	14	2.5	206.3
Cardona Castilla	183	159	23.6	0.4	182.7
Gomelilla 1	156.76	63.3	70.8	22.6	134.1

\* Semillas Alérgicas

Cuadro 6. Variación en el número total de semillas y en el número de diferentes tamaño de semillas alveolares de un árbol tunero.

Nombre Corinto	Total	Grandes	Medianas	Pequeñas*	Viables
Tapoca	497.4	443.4	24	29.9	467.4
Carbona Blanca	178	159.5	2	16.4	161.5
Negrita	80.7	15.6	60.0	5.1	467.4

\* Semillas Alveolares

Quadro 7. Porcentajes de germinación de semillas de copal tucuro con diferentes tratamientos en condiciones de laboratorio.

Nombre Común	Tratamientos AG3 (10-4M)	EE0 (60 C)	Esmerilación Mecánica	EE304 (10%)
hoja 1	19.8	3.3	0	0
Negrita	9.9	6.6	0	0
Paja Palmetra	6.6	6.6	0	0
Rajo Ruby	6.6	6.6	0	0
Araucilla Calabazana	3.3	6.6	0	0
Naranjara	0	0	3.3	0
Taprona	0	16.5	0	0
Crustalina	0	0	3.3	0

Cuadro 8. Variación en el porcentaje de germinación de semillas en formas cultivadas de nopal tunero, a diferentes intervalos de tiempo.

Nombre Común	Período de registro de germinación					$\bar{X}$
	a	b	c	d	e	
	% de Germinación					
Pico Chulo	0	5	37.5	42.5	5	18
Cristalina	2.5	7.5	85	90	17.5	40.5
Burrona	0	0	0	2.5	0	0.5
Naranjaña	0	5	42.5	27.5	37.5	22.5
Chapado	0	0	27.5	65	80	34.5
Amarilla Blanca	0	2.5	10	17.5	37.5	13.5
$\bar{X}$	0.3	2.8	28.0	35	21.7	21.7

**Períodos de evaluación de Germinación de Semillas**

- a) Del 5 de Marzo al 17 de Mayo de 1991.
- b) Del 22 de Abril al 5 de Julio de 1991.
- c) Del 10 de Julio al 20 de Septiembre de 1991.
- d) Del 12 de Agosto al 25 de Octubre de 1991.
- e) Del 14 de Octubre al 27 de Diciembre de 1991.

Cuadro 9. Variación en el porcentaje de germinación de semillas en formas de nopal tunero de solar.

Nombre Común	Período de registro de germinación					$\bar{x}$
	a	b	c	d	e	
	% de Germinación					
Carlota Castilla	20	37.5	80	100	40	55
Roja Ruby	12.5	7.5	40	82.5	32.5	35
Gornetilla 1	10	5	30	45	0	57.5
Reina	7.5	10	60	55	0	26.5
Blanca Lisa	7.5	25	77.5	57.5	70	47.5
Roja 10	7.5	25	90	100	65	26
Roja Palmera	5	10	27.5	72.5	10	25
Sangre de Toro	5	0	70	45	10	26
Roja 1	2.5	7.5	97.5	57.5	15	36
Acazrilla Calabazona	2.5	5	97.5	100	80	57.5
Blanca	0	0	20	77.5	17.5	23
Roja Cartón	0	7.5	52.5	45	42.5	29.5
Morada	0	0	7.5	22.5	10	8
Caronesa	0	22.5	47.5	45	15	26
$\bar{x}$	3.26	7.06	34.64	39.34	17.71	20

Períodos de evaluación de Germinación de Semillas

- a) Del 5 de Marzo al 17 de Mayo de 1991.
- b) Del 22 de Abril al 5 de Julio de 1991.
- c) Del 10 de Julio al 20 de Septiembre de 1991.
- d) Del 12 de Agosto al 25 de Octubre de 1991.
- e) Del 14 de Octubre al 27 de Diciembre de 1991.

Cuadro 10. Variación en el porcentaje de germinación de semillas en formas silvestres de nopal tunero a diferentes intervalos de tiempo.

Nombre Común	Periodo de registro de germinación					$\bar{X}$
	a	b	c	d	e	
	% de Germinación					
Negrita	12.5	32.5	55	67.2	100	24.5
Carbón Blanca	2.5	30	22.5	40	30	34.9
Tapona	0	7.5	2.5	80	32	25
$\bar{X}$	5.83	23.3	26.6		54.14	28.1

Periodos de evaluación de Germinación de Semillas

- a) Del 5 de Marzo al 17 de Mayo de 1991.
- b) Del 22 de Abril al 5 de Julio de 1991.
- c) Del 10 de Julio al 20 de Septiembre de 1991.
- d) Del 12 de Agosto al 25 de Octubre de 1991.
- e) Del 14 de Octubre al 27 de Diciembre de 1991.



Cuadro 11. Proceso de germinación de semillas, el número de estas que presentaron poliembrionia y el número de embriones que se diferenciaron por Semilla.

Nombre Común	Número total de Semillas Germinadas	Porcentaje de Germinación	% de Semillas con Poliembrionia	Frecuencia de Embriones por semilla			
				1	2	3	4
Roja 10	54	26	8	45	7	2	0
Amarilla Calabazosa	115	57.5	0.5	113	2	0	0
Cardosa Castilla	110	55	4.5	101	7	2	0
Blanca Lisa	95	47.5	15.5	65	28	2	0
Cristalina	81	40.5	7	67	11	2	1
Roja 1	72	36	2.5	68	4	0	0
Roja Ruby	70	35	0	70	0	0	0
Blanca	46	23	3.5	39	7	0	0
Chapada	60	34.5	3	64	5	0	0
Roja Curcúin	59	29.5	1.5	56	3	0	0
Reyna	53	26.5	3.5	46	7	0	0
Camuesa	52	26	5.5	39	13	0	0
Sangre de Toro	52	26	9.5	37	13	2	0
Tapona	50	25	4.5	38	11	1	0
Rojal Palmera	50	25	0	50	0	0	0
Negrita	49	24.5	11	32	17	0	0
Blanco	46	23	2	42	4	0	0
Naranja	45	22.5	0.5	44	0	1	0
Pico chulo	36	18	2.5	31	4	1	0
Gomelilla I	115	57.5	1.5	112	3	0	0
Morada	16	8	0.5	115	1	0	0
Burroca	1	0.5	0.5	1	1	0	0
Amarilla Bluesona	27	13.5	0	27	0	0	0

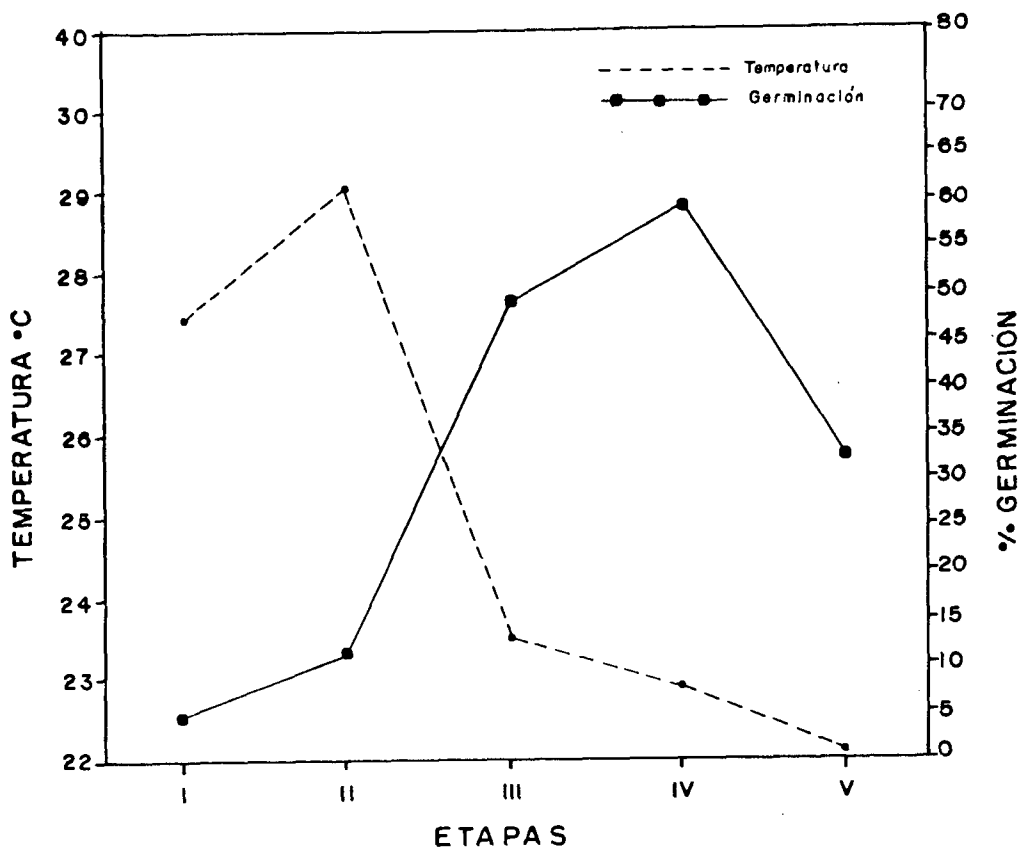


Figura 1. Representación gráfica de la relación temperatura y % de germinación en semillas de diferentes morfoespecies de *Opuntia* spp. a diferentes intervalos de tiempo (repeticiones) después de la fecha de cosecha de el fruto.

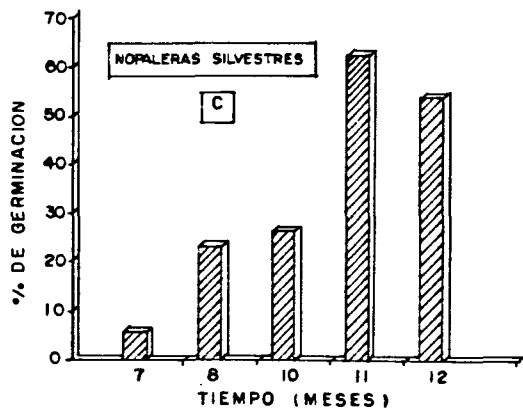
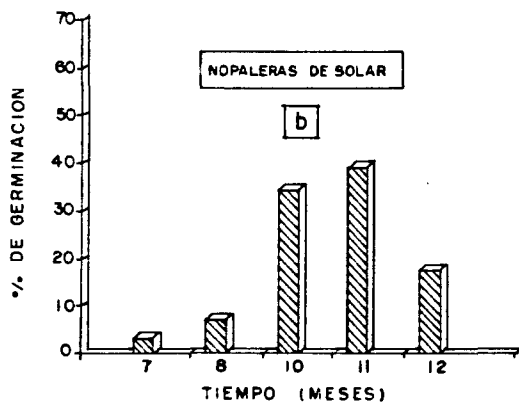
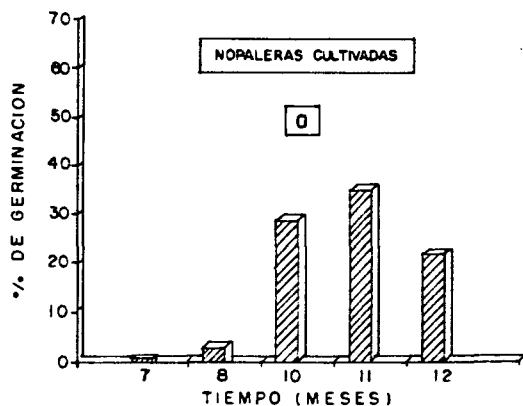


Figura 2. Porcentajes de germinación en semillas colectadas en nopaleras cultivadas (2a), de solar (2b), y silvestres (2c), a diferentes intervalos de tiempo después de la cosecha del fruto.

## 7.- DISCUSION.

Se ha observado que por lo general en las formas de Nopal tunero que presentan altos niveles de ploidía, los frutos, cladodios y estomas son de mayor tamaño (Pimienta, 1990; Loera, 1991). Por otra parte, Sosa (1964), mencionan que los nopales cultivados presentan un alto grado de poliploidía en comparación con los nopales silvestres. Apoyandonos en estas observaciones podemos inferir que los frutos provenientes de nopaleras cultivadas evaluadas en este trabajo presentaron los pesos mas altos debido a su mayor grado de poliplodia, en comparación con los frutos provenientes de nopaleras de solar y silvestres.

Vasek y Weang (1984) consideran que la variación en el número y peso de las semillas son parte de la estrategia reproductiva, ya que un número alto de semillas pequeñas es considerado como una estrategia para ambientes favorables, mientras que pocas semillas y grandes pueden ser la mejor estrategia para ambientes limitantes como son las zonas aridas y semiáridas. En *Opuntia* la diferenciación floral, y los estadios iniciales del desarrollo del fruto se llevan a cabo bajo condiciones de sequía extrema (Pimienta, 1990). Bajo estas condiciones cabria esperar frutos con pocas semillas y grandes; sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo revelaron que la mayoría de las variedades presentaron un número relativamente alto de semillas y variación en su tamaño, por lo que se puede inferir que en los nopales tuneros la formación de semillas y el peso de estas no es afectado por las restricciones ambientales que prevalecen en estos ambientes. Esto se puede atribuir al hecho de que los nopales por ser plantas con metabolismo ácido crasuláceo, tienen la capacidad de almacenar agua y mantener su actividad fotosintética durante períodos secos, manteniendo así condiciones fisiológicas adecuadas durante el crecimiento reproductivo (Nobel y Hartsak 1984).

El letargo es un periodo en el cual una semilla no llega a germinar aunque este expuesta a condiciones ambientales favorables (e g. temperatura , humedad) (Hartmann y Kester, 1988). Generalmente el período de letargo varía de unos meses , hasta

varios años (Rappaport y Sachs, 1973), dependiendo de la especie. En algunas ocasiones este puede deberse a la presencia de inhibidores químicos como el ácido abscísico (Cohn 1987), el cual puede removerse por lixiviación por medio del agua de lluvia (Rost et al. 1985). En nuestro experimento se logró obtener germinación en algunas variedades en condiciones de laboratorio cuando las semillas fueron tratadas con agua caliente, por lo cual es probable que el agua aplicada remueva un inhibidor químico presente en las semillas. Observaciones similares fueron registradas por Potter et al. (1983) en semillas de *Opuntia*. Este mismo autor encontró que el estímulo era mayor en semillas que tenían mas tiempo de almacenamiento.

Es ampliamente aceptado que las giberelinas son hormonas que están implicadas en el control y estímulo de la germinación, debido a que pueden contrarrestar el efecto inhibitorio de la germinación por el ácido abscísico. En este experimento también se logró estimular la germinación de algunas variedades con la aplicación de esta fitohormona. Esta observación también refuerza el hecho de que el letargo de las semillas de *Opuntia* esta regulado por inhibidores químicos del tipo del ABA, ya que esta fitohormona contrarresta los efectos de inhibidores químicos de la germinación (Salisbury y Ross, 1978).

La evaluación de la tasa de germinación de semillas en diferentes fechas después de haberse extraído de los frutos, reveló que el fenómeno de el letargo es común en las semillas de las variedades de nopal evaluadas en este estudio, y además se constató que este período de letargo se prolonga hasta por más de siete meses, ya que después de este tiempo las semillas son capaces de germinar en respuesta a las condiciones ambientales favorables. Por lo anterior y basandonos en la clasificación de tipos de letargo por Hartman y Kester, 1989. Se concluye que las semillas evaluadas en este trabajo presentan letargo de tipo fisiológico.

Grant (1989) menciona que en *Opuntia ficus indica* es común la apomixis (formación de semillas sin fecundación), en la cual el embrión asexual puede diferenciarse de tejidos del megasporangio (nucela, tegumento) e incluso de células del gameto femenino. Este

fenómeno se expresa por la diferenciación de más de un embrión o plantula por semilla (poliembrionia). En este trabajo se encontró que la apomixis es común en las semillas de las diferentes variedades evaluadas, en las que además de presentarse semillas provenientes de *Opuntia ficus - indica*, también provienen de otras especies como *O. robusta*, *O. streptacanthae*, *O. amyclaeae* y otras morfoespecies no identificadas taxonómicamente que se considera que son híbridos interespecíficos. Por lo que se concluye que este tipo de reproducción asexual es común en el subgénero *Opuntia*, ya que con excepción de tres variedades (rojo ruby, rojo palmera, y amarilla huesona), el resto de las variedades presentaron poliembrionia. El hecho de que se presenten más de dos embriones por semilla y que la polinización no sea una limitante durante la fase progámica (Rosas, 1984), permite inferir que la apomixis es de tipo facultativa. Sin embargo, esto debe verificarse con estudios citológicos.

Es común que en especies perennes la poliploidia se encuentre asociada con la agamosperma, y que esta forma de reproducción asexual sea utilizada por las plantas como un escape a la esterilidad cuando los híbridos son estériles o cuando el incremento en los niveles de poliploidia afectan la reproducción sexual. Grant (1989). Sin embargo, en nuestro experimento se observó que en los tres tipos de nopaleras se presentó este fenómeno independientemente de el nivel de poliploidia que presentan las variedades, ya que fue común en variedades cultivadas, de solar y silvestres las cuales difieren en el nivel de ploidia, se ha reportado que las cultivadas son poliploides y las silvestres diploides (Sosa, 1964).

Los resultados obtenidos revelan que en los miembros del subgénero *Opuntia* las formas reproductivas son versátiles ya que pueden combinar estrategias sexuales y asexuales; esta última es ventajosa ya que además de propagarse por partes vegetativas que presentan una alta capacidad de reproducción en ambientes adversos por poseer metabolismo CAM, también lo puede hacer por medio de semillas asexuales y sexuales, lo cual aumenta su capacidad de dispersión y adaptación en años favorables y desfavorables para la reproducción, situación que es común en ambientes semáridos.

## 8.- CONCLUSIONES.

1.- Las semillas de las variedades de nopal (*Opuntia* spp.) evaluadas en este trabajo presentaron letargo de tipo fisiológico, el cual reduce su intensidad después de 7 a 11 meses de almacenamiento.

2.- El letargo de las semillas puede ser acortado con la aplicación de agua y ácido gibérelico, lo cual permite sugerir que esta regulado por inhibidores químicos y no por características morfológicas o físicas, debido a que no se encontró respuesta a la aplicación de ácido sulfúrico.

3.- El fenómeno de agamosperma es común en nopal y su expresión más frecuente es la formación de dos plántulas por semilla; aunque el número de plántulas que se diferencian por semilla llega a ser hasta de cuatro.

4.- Se encontró que la agamosperma es un fenómeno independiente de la poliploidía, ya que su ocurrencia es común en variedades silvestres ( $2n$  y  $4n$ ) así como en cultivadas ( $6n$  y  $8n$ ).

5.- Se presume que la agamosperma es de tipo facultativo, ya que la polinización natural no es un factor limitante en el ciclo reproductivo de los nopales.

## 9. LITERATURA CITADA

- Abrahamson, W. G. P. 1980. Demography and Vegetative Reproduction In: Solbrig O.T. (ed.). Demography and Evolution in Plant Populations. Blackwell Scientific Publications. Oxford, pp. 86-106.
- Ayala, J. F. y J. Valentine. W. 1983. La Evolución en Acción. Ed. Alhambra, México, D.F. 412 p.
- Barber, H. N. 1970. Hybridization and the evolution of plants. *Taxon* 19: 154-160.
- Beutelpacher, B. C. R. 1971. Polinizaciones in *Opuntia tomentosa* and *Opuntia robusta*, en el pedregal de San Angel. *Cact. Succ. Mex.* 4: 84-86.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Segunda edición. UNAM, Mexico. D. F. 735 P.
- Brewbaker, L. J. 1967. Genética agrícola. Manuales UTEHA, Num. 303, 262 p.
- Brutsch, O. M. 1984. "Prickly pear (*Opuntia ficus - indica*) cultivation in Southern Africa". Symposium on Agricultural use of Cactaceae. Prospects and Problems. 18th Congress of the international Organization for Succulent plant Study, Frankfurt W. Manuscrito inedito.



- Burson, B. L., P. Voigt ; R. Sherman y C. Dewald. 1990. Apomixis and sexuality in Easter Gamagrass. *Crop. Sci.* 30: 86-90.
- Buxbaum, F. 1955. Morphology of Cacti. Section III. Fruits and seed. Abbey Garden Press. Pasadena, California. 222 p.
- Cronquist. A. 1981. Introducción a la Botánica. Cuarta impresión. Ed. CECSA. México, D.F. 848 p.
- Cohn, M.A. 1987. Mechanisms of physiological seed Dormancy. In: Frasier, W.G. y R.A. Evans. Seed and Seedbed Ecology of Rangelands. USDA-ARS, Washington, DC. pp. 14-17.
- Cullmann, W., E. Gotz., y J. Groner 1986. The encyclopedia of Cacti. Ed. Alphabooks, 340 p.
- Dobzhansky T., F. Ayala., G. Ledyard y J. Valentine 1983. Evolución. Ed. Omega, Barcelona, 558 p.
- Flores, V. E. 1973. Algo sobre morfología y anatomía de semillas de Cactaceae. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 167 p.
- \_\_\_\_\_ . y E. M. Engleman .1976. Apuntes sobre anatomía y morfología de las semillas de Cactáceas. I. Desarrollo y estructura. *Biol. Trop.* 24 (2): 199-227.

- García. S. R. 1984. Patrones de polinización y fenología floral en poblaciones de *Opuntia* spp. en San Luis Potosí y Zacatecas. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Zaragoza", UNAM 128 p.
- Gibson. C. A. y P. Nobel. 1986. The Cactus Primer. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, 286 p.
- Grant, V. y P. Hurd. D. 1979. Pollination of the Southwestern *Opuntias*. Plant Systematics and Evolution 133: 15-28.
- . \_\_\_\_\_ ,1989. Especiación Vegetal. Primera edición en español. Ed. LIMUSA, Mexico, D.F. 587 P.
- Grant, V. y K.A. Grant.1989. Hybridization and variation in the *Opuntia phaeacantha* group in central Texas. Bot. Gaz. 140: 101-106.
- Greene, C. W. 1984. Sexual and apomictic reproduction in *Calamagrostis* (Gramineae) from Eastern North America. A. J. Bot. 71: 285-293.
- Greulich, A. V. y J. Adams. E. 1980. Las plantas. Primera edición en español, 1970. Ed. LIMUSA, S.A, México, D.F. 679 p.
- Gustafson, A. 1947. Apomixis in Higher Plants. Lunds Universitet. Arsskrift 42-43: 1-370.

- Hacker, J. E. 1988. Polyploid Distribution and seed Dormancy in relation to Provenance Rainfall in the *Digitaria milangiana* complex. Amer. J. Bot. 36., 693-700.
- Hamilton, W.M. 1970. Seedling Development of *Opuntia Bradtiana* (Cactaceae). Amer. J. Bot. 57 (5): 599-603.
- Hanna, W.W. y E.C. Bashaw 1987. Apomixis: Its Identification and Use in Plant Breeding. Crop Sci. 27: 1136-1139.
- Hartmann, H. T. y D. Kester. 1989. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Tercera edición en español español. Ed. CECSA. México, D.F. 760 p.
- Hilden, N. S. 1986. Apomixis versus sexuality in blackberries (*Rubus* subgen. *Rubus*, *Rosaceae*). Plant Syst. and Evol. 160: 207-218.
- Jones, B. S. 1988. Sistemática Vegetal. Segunda edición en español Ed. Mc. Graw Hill, México, D.F. 536 p.
- Keeley, J. L. 1991. Seed Germination y Life Staries Syndromes In the California Chaparral . Bot. Rev. 57 (2): 81-111.
- Loera, Q. M. 1990. Estudio morfológico-anatómico de la epidermis en morfoespecies cultivadas y silvestres de nopal (*Opuntia* spp.) Tunero. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad de Guadalajara. 48 p.
- Lewis, H. W. 1980. Poliploidy in Angiosperms: Dicotyledons. Poliploidy, Biological Relevance. Plenum Press, Nueva York.

- Marroquín. S. J., L. Borja., C.R. Velásquez y J. A. De la Cruz. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Publ. esp. num. 2, INIF, SAG, México.D.F. 166 p.
- Mauricio, L. R. 1985. Caracterización fenológica y morfológica de formas de nopal (*Opuntia* spp.) tunero en el altiplano Potosino - Zacatecano. I primavera verano, 1983. Tesis de licenciatura. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara, 113 pp.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 28: 29-179.
- Moreno, G. J. 1962. Datos sobre nopales tuneros e introducción al Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Mexico. 60 p.
- Moore, J. N. y J. Janick 1988. Métodos Genotécnicos en frutales. Primera edición en español. AGT EDITOR, SA. Mexico, D.F. 606 p.
- Muntzing, A. 1936. The evolutionary significance of autopolyploidy. Hereditas 21: 263-370.
- Ornduff. R. 1983. Interpretation of sex in higher plants. In: Strategies of Plant reproduction: BARC Symposium number 6. (ed.). Allanheld, Osmun, Totowa. pp. 21-32.

- Pimienta, E. 1974. Estudios de las causas que producen engrosamiento de cladodios en nopal (*Opuntia* spp.) en las zona de Chapingo. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. ENA, Chapingo, México. 67 p.
- \_\_\_\_\_ . y E.M. Engleman. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller ). *Agrociencia* 62: 51-56.
- \_\_\_\_\_ . E.; A. Delgado. y R. Mauricio . 1987. Evaluación de la variación en formas de nopal (*Opuntia* spp.) tunero en la zona centro de México. In: *Strategies for Classification and Management of Vegetation for Food Production in Arid Zones*. Tucson Arizona. 82-86. pp.
- \_\_\_\_\_ . y R. Mauricio L. 1989. Variación en componentes del fruto maduro entre formas de nopal (*Opuntia* spp.) tunero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 12: 183-196.
- \_\_\_\_\_ . 1990. El Nopal Tunero. Series Libros Tiempos de Ciencia Ed. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 246 p.
- Potter, L. R.; J. Petersen y D. Veckert. 1983. Germination response of (*Opuntia* spp.) to temperature, scarification, and other seed treatments. *Weed Science* 32: 106-110.

- Rangel, L. L. 1981. El Nopal. Gaceta Agrícola, Guadalajara, 226 p.
- Rappaport, L. y R, Sachs M. 1973. Physiology of Cultivated Plants. Course Notes, University of California Davis, 425 p.
- Raven, H.P y H. Curtis. 1975. Biología Vegetal. Ed. Omega, Madrid, 715 p.
- Rodríguez, Z. O. 1981. Fenología reproductiva y aporte de frutos semillas en dos nopaleras del altiplano potosino zacatecano. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León, 50 p.
- Rosas. R.C. 1984. Polinización y fase progámica en *Opuntia* spp. Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, 76 p.
- Rost, L. T., M. G. Barbour, T. Weier, y C. Ralphs. 1985. Introducción a la Biología Vegetal. Primera reimpresión. Editorial Limusa, México, D.F. 255 p.
- Salisbury, F y C. Ross, 1978. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. 421 p.
- Sinnott, W.E. and K. Wilson. S. 1979. Botánica Principios y Problemas. Octava Edición. Ed. CECSA. México, D.F. 450 p.

- Solbrig, O. T. 1970. Principles and Methods of Plant Biosystematics. Mcmillan, Nueva york. U.S.A.
- Sosa, Ch. R. 1964. Microesporogénesis, importancia económica distribución de tres especies del género (*Opuntia*). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 60 p.
- Stebbins, G. L. 1950. Variation and Evolution in plants. Columbia University Press, Nueva york, U.S.A.
- \_\_\_\_\_. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Ed. Arnold, Londres.
- \_\_\_\_\_. 1978. Procesos de la Evolución Orgánica. Ed. del Castillo, Madrid.
- Tang, C. L, K. Schertz y E. Bashaw. 1980. Apomixis in Sorghum lines and their F1 progenies. Bot. Gaz 14 (3): 294-299.
- Ting, P. I. 1982. Plant Physiology. Eddison-Wesley University of California 642 p.
- Trujillo, A. S. 1986. Hibridación, aislamiento y formas de reproducción en (*Opuntia* spp.) Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 735 p.
- Vasek. C.F. y V. Weang. 1988. Breeding System of *Clarkia* seed phaestomas (*Onagranacea*): 1 polen -Ovulo ratios. Sistematic Botany 13: (3) 336-350.

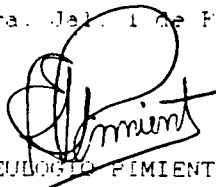
M. C. JUAN LUIS CIFUENTES  
DIRECTOR  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que, habiendo revisado el trabajo de Tesis "VIABILIDAD DE SEMILLAS Y POLIEMBRIONIA EN MORFOESPECIES CULTIVADAS Y SILVESIRES DE NOPAL TUNERO (*Opuntia* spp.)" que presenta la Pasante de Biología Celia Perez Reyes para obtener la Licenciatura en Biología y de la cual fundí como director, considero que este ha sido concluido satisfactoriamente, por lo que puede procederse a la presentación de la Tesis para su revisión en la Facultad y el Examen Profesional respectivo.

Sin otro particular por el momento aprovecho la ocasión para reiterarle mi consideración mas distinguida.

A T E N T A M E N T E

Guadalajara, Jalisco, 1 de Febrero de 1993



DR. EUDOCIO FIMIENTA BARRIOS

Director de Tesis





UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Expediente .....

Número .....

Sección .....

SRITA. CELIA PEREZ REYES  
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado el tema de tesis "VIABILIDAD DE SEMILLAS Y POLIEMBRIÓNIA EN MORFOESPECIES CULTIVADAS, Y SILVESTRES DE NOPAL TUNERO - (Opuntia spp.) para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis el Dr. Eulogio Pimienta Barríos.



FACULTAD DE  
CIENCIAS BIOLÓGICAS

A T E N T A M E N T E  
"PIENSA Y TRABAJA"  
Guadalajara, Jal., 26 de Enero de 1993  
EL DIRECTOR

M. EN C. *Juan Luis Fuentes Lemus* FUENTES LEMUS

EL SECRETARIO

*Jesús Alberto Espinosa Arias*  
BIOL. JESUS ALBERTO ESPINOSA ARIAS

JLCL/JAEA/cglr.