

1989

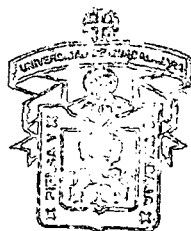
REG. No. 081182795

Universidad de Guadalajara

FACULTAD DE CIENCIAS



CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

“ EFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y ORGANICA EN
COMPONENTES REPRODUCTIVOS DEL NOPAL (*Opuntia ficus -
indica* (L) Miller) TUNERO, VARIEDAD NARANJONA”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIATURA EN BIOLOGIA

P R E S E N T A
ALVAREZ NUÑO BERTHA

GUADALAJARA, JALISCO.

1990

"EFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA
Y ORGANICA EN COMPONENTES
REPRODUCTIVOS DEL NOPAL
(*Opuntia ficus-indica* (L) Miller)
TUNERO VARIEDAD NARANJONA".

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Anatomía y Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara bajo la dirección del Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

DEDICATORIA

A mis padres, con amor y respeto:

Carlos y Victoria

quienes han confiado en mí y continúan siendo el motivo de mi deseo por superarme.

A mis hermanos:

Charlie, Nora, Alma, Lorena, Heri y Josué

con cariño, y a quienes invito a continuar por este maravilloso mundo de aprendizaje.

Con cariño a:

Hugo

quien con su apoyo, confianza y cariño, mantuvo en mí el interés por seguir adelante.

Con respeto y admiración a mi asesor y director:

Dr. Eulogio Pimiento Barrios

por su ayuda y apoyo incondicional.

Con cariño a mis amigas y compañeras:

María del Carmen y Maribel

por su apoyo y comprensión, a través de mis estudios.

A todos mis compañeros del grupo "C", X generación por su amistad durante toda la carrera.

A mis maestros con agradecimiento por haber
contribuido a mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se hizo posible gracias a la contribución de muchas personas, quienes de una u otra forma colaboraron conmigo.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Maestro e Investigador de la Facultad de Ciencias de la U de G. por su ayuda otorgada durante todo mi trabajo.

A Beto, por su valiosa ayuda en la impresión de este trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Fisiología Vegetal, muy especialmente a: Maribel Loera y Alejandro Muñoz, por su ayuda y apoyo incondicional, a lo largo de este trabajo.

A mi compañero y amigo: Armando Arias, por su valiosa ayuda, durante la traducción de algunos trabajos.

CONTENIDO

pag.

1.	Introducción	1
2.	Revisión de literatura.....	4
2.1	Descripción del género <u>Couuntia</u>	4
2.1.1	Clasificación taxonómica.....	4
2.1.2	Morfología de la planta.....	4
2.1.3	Tallo.....	5
2.1.4	Raíz.....	6
2.2	Flor.....	7
2.3	Polinización.....	8
2.4	Fecundación.....	9
2.5	Fruto.....	10
2.6	Semilla.....	10
3.	Materiales y métodos.....	12
3.1	Descripción del área.....	12
3.1.1	Localización.....	12
3.1.2	Clima.....	12
3.1.3	Suelos.....	12
3.1.4	Vegetación.....	13
3.2	Características de la plantación.....	13
3.3	Diseño de tratamientos y experimental.....	13
3.4	Toma de datos.....	16
3.4.1	Toma de datos de campo.....	16
3.4.2	Toma de datos de laboratorio.....	16

3.4.3 Evaluación de los componentes.....	17
3.5 Análisis estadístico.....	18
4. Resultados.....	19
4.1 Variables evaluadas	
4.1.1 Número promedio de venas florales por planta.....	19
4.1.2 Número promedio de cladodios de un año con flor.....	20
4.1.3 Número promedio de óvulos por flor.....	22
4.1.4 Peso seco de óvulos.....	24
4.1.5 Número promedio de semillas.....	26
4.1.6 Peso promedio de semillas por fruto.....	27
4.1.7 Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas.....	29
5. Discusión.....	34
6. Conclusiones.....	42
7. Literatura citada.....	44
8. Apéndice.....	49

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

pag.

CUADRO 1. Análisis de varianza para el número promedio de yemas florales por planta.....	49
CUADRO 2. Número promedio de yemas florales por planta.....	49
CUADRO 3. Análisis de varianza para el número promedio de cladodios de un año con flor.....	50
CUADRO 4. Número promedio de cladodios de un año con flor.....	50
CUADRO 5. Análisis de varianza para el número promedio de óvulos por flor.....	51
CUADRO 6. Número promedio de óvulos por flor.....	51
CUADRO 7. Análisis de varianza para el peso seco de óvulos.....	52
CUADRO 8. Peso seco de óvulos.....	52
CUADRO 9. Análisis de varianza para el número promedio de semillas por fruto.....	53
CUADRO 10. Número promedio de semillas por fruto.....	53

CUADRO 11. Análisis de varianza para el peso promedio de semillas por fruto.....	54
CUADRO 12. Peso promedio de semillas por fruto.....	54
FIGURA 1. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4 en el número promedio de yemas florales.....	55
FIGURA 2a y 2b. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno en el número promedio de yemas florales.....	56
FIGURA 3. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4 en el número promedio de cladodios de un año con flor....	57
FIGURA 4a y 4b. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno en el número promedio de cladodios de un año con flor.....	58
FIGURA 5. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4 en el número promedio de óvulos por flor.....	59

FIGURA 6A Y 6B. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno en el número promedio de óvulos por flor.....	60
FIGURA 7. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4, en el peso seco de óvulos.....	61
FIGURA 8a y 8b. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno en el peso seco de óvulos.....	62
FIGURA 9. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4, en el número promedio de semillas por fruto.....	63
FIGURA 10a y 10b. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno, en el número promedio de semillas por fruto.....	64
FIGURA 11. Comparación de los tratamientos 9, 10, 11 y 12 con el tratamiento 4 en el peso promedio de semillas por fruto.....	65
FIGURA 12a y 12b. Comparación de las 3 dosis de gallinaza con el nitrógeno, en el peso promedio de semillas por fruto.....	66

FIGURA 13. Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas, comparación entre los tratamientos 1, 2, 3 y 4.....	67
FIGURA 14. Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas, comparación entre los tratamientos 4, 9, 10 y 11.....	68
FIGURA 15. Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas, comparación entre los tratamientos 2, 4, 6, 8 y 12.....	69

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

En los últimos años ha surgido un interés especial por el entendimiento de los patrones y mecanismos que regulan la formación y distribución de los recursos maternos ("reservas"), tanto en plantas cultivadas como silvestres. Este tipo de información es de utilidad en el entendimiento de algunos procesos que determinen el esfuerzo reproductivo en poblaciones silvestres y cultivadas.

El incremento en el esfuerzo reproductivo que se refleja en primera instancia en el número de flores y el número de óvulos y que culmina finalmente con el número de frutos que maduran y el número y peso de semillas que se forman. Esto depende de una gran diversidad de factores, entre los cuales destacan los siguientes: el número de flores polinizadas, el número de óvulos fecundados, depredación de frutos/semillas, condiciones del clima y la habilidad del padre paterno de proporcionar los recursos necesarios para el desarrollo de las funciones reproductivas (Stephenson, 1981).

De los factores anteriormente citados destaca el factor recurso materno ("reservas"), ya que un gran número de trabajos experimentales parecen apoyar que el esfuerzo reproductivo depende en gran parte de la disponibilidad de recursos (Marshall, 1988; Vasek,

et.al. 1987), ya que bajo condiciones en que los recursos son limitados, es común que se incremente la absorción de semillas y frutos (Marshall y Ellstrand, 1985).

El esfuerzo reproductivo así como la distribución de recursos a las actividades reproductivas, se logra a través del mejoramiento genético y la manipulación artificial de algunos factores ambientales (e.g. riego, fertilización). En particular, se tienen evidencias concretas que la aplicación de nutrimentos minerales incrementa la base del recurso materno, y por consiguiente el esfuerzo reproductivo (Willson y Burley, 1983; Willson y Price, 1980; Lee y Bazzaz, 1982; Marshall, et.al. 1986). Sin embargo, este incremento en la producción de flores y frutos en respuesta a la aplicación de nutrimentos minerales, puede ser inhibida con la aplicación de niveles altos de algunos minerales (Arthur y Hedley, 1976; Breen y Martin, 1981).

De hecho, la aplicación de nutrimentos minerales incrementa el recurso materno (Vasek, et.al. 1987), con lo que se incrementa la cantidad de recursos que la planta utiliza en las funciones reproductivas, lo cual se refleja generalmente en un mayor número de semillas, las que es bien conocido, influyen en el tamaño y forma de los frutos (Dennis, 1967), además de disminuir la

posibilidad de aborción de frutos (Stephenson, 1983).

En el caso del nopal tunero, resultados experimentales recientes sobre polinización y amarre de frutos y semillas, han revelado que no existen limitantes de polinización y de fecundación de óvulos, ya que la densidad de polinización en forma natural es alta, lo cual se refleja en porcentajes relativamente altos de asentamiento de frutos y semillas (Rosas, 1984; Rosas y Pimienta, 1986). Aunque las condiciones climáticas adversas (e.g. heladas en floración), pueden reducir el rendimiento sexual.

En este trabajo se pretende evaluar el efecto residual de la fertilización química y orgánica en el esfuerzo reproductivo del nopal Opuntia spp. tunero, en un experimento en el que se tienen 4 años consecutivos de aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, y en el que se espera que después de este tiempo se haya logrado incrementar el recurso materno y con esto la capacidad reproductiva de esta planta.

2. REVISION DE LITERATURA

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción del género Opuntia

2.1.1 Clasificación taxonómica

El género Opuntia pertenece al orden Cactales, a la familia Cactaceae, a la subfamilia Opuntioidea, a la tribu Opuntiaea y tiene 5 subgéneros: Cylindropuntia, Grusonia, Corynopuntia, Opuntia y Stenopuntia (Bravo, 1978). Esta misma autora ubica dentro del género Opuntia 17 series, indicando a ficus-indica y streptacantha como las series en que se producen frutos comestibles.

2.1.2 Morfología de la planta

Las cactáceas por sus caracteres de organización estructuralmente semejantes a las demás dicotiledóneas, presentan hábitos y estructuras anatómicas de adaptación altamente especializadas, que les imparten una fisonomía particular (Bravo, 1978).

La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas. Esta puede considerarse como el sello distintivo de su parte aérea (tallo, flores y frutos) y resulta de la proliferación masiva de células de ciertos tejidos parenquimatosos, asociada a un aumento en el

tamaño de las vacuolas y a una disminución de los espacios intercelulares (Anónimo, 1981).

2.1.3 Tallo

Los tallos de las cactáceas tienen formas muy diversas pero constantes para cada entidad taxonómica. En el subgénero Opuntia (Platyopuntia) las especies son arbustivas si están provistas de un tronco bien definido, rastreras si carecen de él y arborescentes cuando tienen un tallo cilíndrico formado por cladodios viejos (Bravo, 1978).

La epidermis del tallo se encuentra revestida por una cutícula gruesa, que protege a la planta de la evaporación (Bravo, 1978). Debajo de la epidermis, existe una capa de células que constituyen la hipodermis. La que se caracteriza por presentar inclusiones de oxalato de calcio y células mucilaginosas (Bravo, 1978; Haberlandt, 1965). Dichas células mucilaginosas son comunes también en la cáscara de los frutos que son considerados como un tallo modificado (Pimienta y Engleman, 1985).

Inmediatamente abajo de la epidermis se encuentra una capa de células clorenquimatosas (Bravo, 1978). Este tejido es importante debido a que en el género Opuntia

las hojas son pequeñas y efímeras, por lo que en la ausencia de hojas el proceso fotosintético se realiza en las partes verdes del tallo (Benson, 1968). En la parte más interna (médula) se encuentran células de parénquima, que se especializan en el almacenamiento de agua y carbohidratos. Este tejido imparte el carácter de succulencia en este tipo de plantas (Bravo, 1978).

Según Boke (1980), la reducción en el tamaño de la lámina foliar y el peciolo en cactáceas, es consecuencia de la evolución de tallos succulentos en estas plantas. Las espinas son comunes en los tallos de Opuntia, y son considerados como hojas esclerificadas modificadas (Bravo, 1978 y Buxbaum, 1955). Las espinas se originan a partir de estructuras vegetales llamadas areólas (Buxbaum, 1955) las que se consideran homólogas de las yemas axilares de otras dicotiledóneas (Boke, 1980). Además en las areólas se originan las flores, tallos, espinas, glóquidas, tricomas y raíces adventicias (Buxbaum, 1955; Bravo, 1978; Boke, 1980).

2.1.4 Raíz

Las raíces del subgénero Opuntia, al nacer de una semilla se comporta como cualquier otra planta dicotiledónea, siendo la raíz, la radícula del embrión desarrollado (Lozano, 1958). y en algunas ocasiones se

comporta como adventicia cuando se estimula el desarrollo a partir del tallo (Anónimo, 1981). El sistema radical es poco profundo y particularmente denso. Las raíces muertas proporcionan grandes cantidades de materia orgánica, al grado de cambiar el color de los horizontes superficiales de las plantaciones viejas. El parénquima cortical de las raíces gruesas es generalmente turquesa y funciona como órgano de almacenamiento de agua (Barrientos, 1981).

2.2 Flor

En las especies del subgénero Opuntia las flores son hermafroditas, existiendo casos en que son unisexuales por atrofia del androceo o gineceo (Sosa y Acosta, 1966). El ovario es infero (Buxbaum, 1955; Pimienta y Engleman, 1985) y está rodeado por un tejido vegetativo que se interpreta como el receptáculo (Ross, 1982). La flor tiene numerosos estambres y un estilo simple (Benson, 1968; Dawson, 1963); el estilo se caracteriza por presentar un estigma amplio lobulado y por ser hueco. La epidermis del canal es glandular (Pimienta, et.al. 1985). En el lóculo infero de la flor, se diferencian un número elevado de óvulos los cuales están dispuestos en una placentación parietal (Bravo, 1978; Pimienta, et.al. 1985).

2.3 Polinización

A las flores de Opuntia se les incluye dentro del grupo de flores promiscuas, polinizadas por abejas y coleópteros (Grant y Grant, 1979a,b). Estos mismos autores reportan que los coleópteros no son polinizadores de importancia en poblaciones de Opuntia.

Las flores abren únicamente un día (Rosas, 1984). En las primeras horas ocurre la dehiscencia de las anteras. Las primeras flores y las intermedias en la estación son noautógamas, y forman frutas gracias a la visita de insectos polinizadores. Las flores tardías por el contrario, son autógamas (Grant, et al. 1979).

Rosas (1984) registró dos comportamientos florales en relación con la hora del día en que se inicia la apertura. En un grupo de flores la apertura empieza a las 9 horas registrándose la apertura total de las flores entre las 11 y 12 horas, y las flores permanecen abiertas hasta las 18 horas. Se observó un segundo grupo de flores que empezaron la apertura a las 15 horas, abriendo completamente a las 17 horas y cerraban completamente a las 19 horas; este grupo de flores abren de nuevo al día siguiente, iniciándose la apertura a las 10 horas cerrando a las 16 horas. Es importante mencionar que la hora de apertura de las flores es

dependiente de la orientación de la flor con respecto a la incidencia de los rayos solares.

Los estambres presentan sensibilidad tigmotrópica. Los filamentos se doblan y mueven en respuesta al contacto. La función de la sensibilidad de los estambres no es completamente entendida: sin embargo, se sugiere que los movimientos de los estambres facilitan la depositación del polen en el cuerpo de los insectos (Toumev, 1879; citado por Grant y Hurd, 1979).

En las flores de algunas especies de Opuntia, no se detecta la presencia de nectarios. Se menciona que la pérdida en la formación de nectarios en Opuntia está correlacionada con la aridez y la necesidad de conservar la humedad (Grant y Hurd, 1979).

2.4 Fecundación

Un alto número de granos de polen se deposita en los estigmas de las flores. Por su morfología los granos de polen se caracterizan por ser: esféricos poliporados, lisos y de tipo binucleado (Rosas, 1984). Esta misma autora, observó que la germinación de los granos de polen ocurre rápidamente, lográndose registrar tubos polínicos en la base de los estilos 24 horas después de la apertura; con respecto a la fecundación de óvulos, observó que empieza dos días después de la apertura y

términa hasta los 10 días. La penetración de los óvulos es a través del micropilo, lo que indica que es una penetración de tipo porogámico.

El número de óvulos que se fecunda por flor es alto, de un promedio de 200 óvulos por flor, un 90% de estos se fecundan y forman semillas (Rosas, 1984).

2.5 Fruto

El fruto es una baya unilocular, polispermica y generalmente carnosa (Bravo, 1978), y se origina de un ovario infero unilocular que presenta placentación parietal. El receptáculo que rodea al ovario da origen a la cáscara en el fruto maduro. La parte comestible (pulpa), está formada por células epidérmicas dorsales de las envolturas funiculares y los funiculos. La envoltura funicular contribuye al 90% de la parte comestible y el funiculo sólo 10%. No se encontró evidencia de la contribución de la superficie del lóculo en la formación de la pulpa (Pimienta y Engleman, 1985).

2.6 Semilla

Las partes que constituyen la semilla son: 1) testa; 2) embrión; 3) endosperma; 4) perisperma; 5) cobertura funicular e 6) hilo. La cubierta funicular de Opuntiaes, por lo común denominada "arilo o tercer

tegumento", es en realidad una cubierta funicular de estructura y desarrollo diferente al arilo (Flores, 1973); esta misma autora considera que la cubierta funicular es una adaptación ecológica, que protege a la semilla de la abrasión que produce el suelo.

La cubierta de la semilla consta de 2 capas de células llenas de taninos. La cobertura funicular de las semillas está endurecido en la madurez (Buxbaum, 1955), y se une a los tegumentos externos del óvulo, formando una capa endurecida (Pimienta y Engleman, 1985). Los embriones se curvan rodeando al perisperma sin embargo los cotiledones son reducidos en tamaño comparados con las semillas de otras cactáceas (Buxbaum, 1955).

3. MATERIALES Y METODO

3. MATERIALES Y METODO

3.1 Descripción del Area

3.1.1 Localización

El municipio de Djuelos está ubicado en la región fisiográfica conocida como los Llanos de Djuelos. la que queda comprendida entre las coordenadas 21 51' y 20 55' latitud norte y 101 35' longitud oeste y a una altitud de alrededor de 2200 m.s.n.m.

3.1.2 Clima

El clima es clasificado como templado seco (Bs); la temperatura media anual es entre 16 C y 18 C; registrándose las temperaturas medias altas (24 C) en los meses de Mayo y Junio, y las mínimas medias (7.5 C) en los meses de Diciembre y Enero. La precipitación media anual es de 513.4 mm (SARH, 1985). Las lluvias se presentan en el verano (de Mayo a Octubre), aunque hay algunas lluvias en invierno.

3.1.3 Suelos

Predominan los suelos de textura media (migajón-arcilloso; migajón-arenoso) los que se identifican como xeroso háplico con pendientes menores al 8% limitados

por una fase dórica a menos de 50 cm. de profundidad (DETENAL, 1983).

3.1.4 Vegetaci3n

Se desarrolla una vegetaci3n primaria de pastizal natural, frecuentemente asociada con nopales silvestres.

3.2 Caracteristicas de la Plantaci3n

La plantaci3n de nopal en estudio se encuentra en un rancho conocido como "La Campana". Es tambi3n una plantaci3n joven; la edad de las plantas al inicio del experimento fue de 5 años y la variedad comercial se conoce como "Naranjona" o "Picochulo". Se encuentra en un terreno con pendiente aproximada de 5%, con sistemas de captaci3n de agua de lluvia paralelo a las hileras de las plantas. Al empezar el experimento se formaron cuencas individuales de captaci3n cuadrangulares, en cada una de las plantas seleccionadas para el experimento. Los suelos son someros, de textura media y ligeramente ácidos.

3.3 Diseño de Tratamientos y Experimental

Los tratamientos de fertilizaci3n fueron seleccionados usando la matriz experimental Plan Puebla 1. que permite evaluar la respuesta simultanea a más de

un factor limitativo. Se evaluaron dos factores: dosis de estiércol y fertilizante nitrogenado, a la cual se agregaron como tratamientos adicionales, fertilizante fosfórico, potasio y estiércol vacuno. Los niveles probados fueron: estiércol de gallina 0, 3, 6, 9 ton/ha, estiércol vacuno 0 y 6 ton/ha; fertilizante nitrogenado 0, 20, 40, 60 Kg/ha; fertilizante fosfórico 0 y 20 Kg/ha.

El estiércol de gallina fue obtenido de una granja productora de huevo y el estiércol vacuno del establo de un solar de vivienda rural, de animales de doble propósito. Como fuente de nitrógeno se usó sulfato de amonio; de fósforo, superfosfato de calcio simple y cloruro de potasio, como fuente de potasio.

El diseño experimental es completamente al azar; la unidad experimental es de 1 planta con 10 repeticiones.

La dosis de estiércol y fertilizantes químicos de los diferentes tratamientos fueron aplicados a cada planta en forma dispersa alrededor de la planta en el área de goteo; inmediatamente después fueron cubiertos por tierra.

El experimento se inicio en el mes de Julio de 1985. Los fertilizantes químicos se aplicaron cada año en el verano; los estiércoles se aplicaron cada 2 años empezando en el año de 1985.

Las dosis que se aplicaron por planta y la evaluación de la respuesta en rendimiento se realizó considerando una densidad de plantación ajustada a 550 pl/ha.

La siguiente tabla, muestra las cantidades y tipos de fertilizantes que se aplicaron por tratamiento:

No.	T. Estiércol		Estiércol		
	gallina (Ton/ha)	N (Kg/ha)	P2O5 (Kg/ha)	K2O (Kg/ha)	vacuno (Ton/ha)
1	3	20	0	0	0
2	3	40	0	0	0
3	6	20	0	0	0
4	6	40	0	0	0
5	0	20	0	0	0
6	9	40	0	0	0
7	3	0	0	0	0
8	6	60	0	0	0
9	6	40	20	0	0
10	6	40	0	20	0
11	0	40	0	0	6
12	0	0	0	0	0

3.4 Toma de Datos

3.4.1 Toma de Datos de Campo

En las localidades donde se realizaron las colectas, se registró la siguiente información para cada uno de los tratamientos: número de cladodios de un año con flor y número de yemas florales por planta.

3.4.2 Toma de Datos de Laboratorio:

Colecta de yemas florales:

De cada uno de los tratamientos, se colectaron 10 yemas florales, tomados de cladodios situados en la periferia de la planta. Debido a que en el tratamiento testigo la formación era casi nula, se determinó coleccionar yemas florales de las plantas testigo del huerto comercial en el que se encuentra establecido el experimento.

De estas muestras, 9 yemas florales por tratamiento se utilizaron para evaluar el número de óvulos contenidos en el lóculo de las yemas florales y evaluar además el peso seco de óvulos.

Colecta de frutos:

Fueron colectados 15 frutos de los diferentes tratamientos de fertilización. De estos frutos, 10 de

cada tratamiento se utilizaron para evaluar los siguientes datos:

1. Número de semillas por fruto
2. Peso de semillas por fruto
3. Peso de semillas individuales

3.4.3 Evaluación de los componentes:

a) Yemas florales:

1. Número de óvulos: Esta evaluación se realizó mediante conteo directo.
2. Peso seco de óvulos: Se determinó usando una balanza analítica "Sartorius" con una precisión de 0.1 a 200 mg.

b) Frutos:

3. Número de semillas: El conteo de semillas se realizó mediante conteo directo.
4. Peso de semillas por fruto: El peso de las semillas por fruto de cada tratamiento se realizó usando una balanza analítica "Sartorius" con precisión de 0.1 a 200 mg.
5. Peso de semillas individuales: Fueron elegidas al azar 50 semillas por tratamiento: el peso de cada una de ellas se determinó usando una balanza analítica "Sartorius" con precisión de 0.1 a 200 mg.

3.5 Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar; la unidad experimental es de una planta con 10 repeticiones. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y cuando se encontraron estadísticamente significativos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan, usando métodos estadísticos descritos por Little y Hills (1987) y Chou (1975).

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1.1 Número Promedio de Yemas Florales por Planta.

El análisis de varianza (ANDEVA) para el número de yemas florales por planta mostró diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 1, apéndice). La prueba de comparación de medias reveló que el tratamiento 6 supera estadísticamente al resto de los tratamientos; en segundo término y con el mismo nivel de significancia se encuentran los tratamientos 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 y 10, y con el menor nivel de significancia los tratamientos 5 y 12 (Cuadro 2, apéndice).

Al contrastar el efecto de los tratamientos adicionales, que incluyen la aplicación adicional de fósforo, potasio y estiércol vacuno (T-9, 10 y 11), con el tratamiento 4, se encontró que la adición de fósforo además de gallinaza y nitrógeno incrementó el número de yemas florales. Sin embargo, la aplicación de potasio disminuyó el número de flores que se diferenciaron por planta. Pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas: aunque superan ampliamente al tratamiento testigo (T-12).

Al comparar el efecto de las dos fuentes de estiércol (gallinaza y vacuno) en el número de flores, se encontró que aunque la gallinaza supera al estiércol

de vacuno, estas diferencias no son estadísticamente significativas. (Fig. 1).

La evaluación de la interacción de las 3 dosis de Gallinaza con 20 Kg/ha de Nitrógeno (N), reveló una tendencia positiva en respuesta, encontrando el límite máximo de respuesta con 6 ton/ha de gallinaza (G). En contraste con la respuesta a 40 Kg/ha de N, la cual se registró el límite máximo con 9 ton. de G/ha con 343 yemas florales por planta, siendo esta combinación estadísticamente superior al resto de los tratamientos. (Fig. 2a).

Relacionando las dosis de N con 3 ton/ha de G se observa una respuesta positiva, encontrando el número máximo de yemas florales por planta con 40 Kg de N/ha. Sin embargo, la respuesta a 6 ton de G/ha fue mayor que con 3 ton., encontrando el límite máximo de respuesta con 40 Kg de N/ha y declinando con 20 y 60 Kg/ha de N.

Todas las combinaciones de G y N superan ampliamente al tratamiento testigo. (Fig. 2b).

4.1.2 Número Promedio de Cladodios de un Año con Flor

El análisis de varianza (ANDEVA) para el número de cladodios de un año con flor, indicó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3, apéndice). El número más alto de cladodios de un año con

flor se observó en el tratamiento 6 y el menor en el tratamiento 12; aunque estadísticamente la prueba de medias de Duncan reveló semejanza estadística entre los tratamientos 6 y 3 los cuales son superiores al resto. Con menor nivel de significancia se encontraron los tratamientos 12 y 5, los cuales son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos. (Cuadro 4, apéndice).

Comparando el efecto de los tratamientos adicionales (f-9, 10 y 11) con el tratamiento 4, se encontró que la adición de fósforo, potasio y estiércol vacuno aumenta el número de cladodios de un año con flor, aunque esta diferencia no es estadística. Sin embargo, al compararlos con el testigo presentan una gran diferencia aritmética y por consiguiente estadística (Fig. 3).

Al evaluar la respuesta gráfica de la interacción de dosis de G con 20 Kg/ha, se nota una respuesta positiva encontrando el límite máximo con 6 ton/ha de G. Con 40 Kg de N/ha el límite máximo de respuesta se registró con 9 ton/ha de G, siendo esta combinación la que registró el mayor número de cladodios de un año con flor (62.3), el cual es estadísticamente superior al resto de tratamientos. La respuesta observada en este caso, nos indica que la demanda fisiológica de la planta supero a las dosis aplicadas de

G y N, ya que la respuesta observada supera al espacio de exploración seleccionado previamente. (Fig. 4a).

Con relación a la respuesta a N, se encontró que la interacción de las 3 dosis de N con 3 ton/ha de G muestra un límite máximo de respuesta con 20 Kg de N/ha. al aumentar la dosis de N (20 a 40 Kg) se reduce el número de cladodios aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa. La evaluación de la interacción de la dosis de N con 6 ton/ha de G revela una respuesta negativa, encontrando el límite máximo de respuesta con 20 Kg de N/ha y declinando con el aumento de N (40 y 60 Kg/ha). (Fig. 4b).

4.1.3 Número Promedio de Ovulos por Flor

La evaluación del número promedio de óvulos por flor bajo diferentes tratamientos de fertilización química y orgánica, reveló que la fertilización tiene efectos en el número de óvulos que se diferencia por flor, y además que existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 5, apéndice).

El número más alto de óvulos se registró en el tratamiento 6 (306.3) y el menor con el tratamiento 4 (245.6); aunque estadísticamente el T-6 es similar a los tratamientos 1, 3, 7, 8, 9, 10 y 11, y superior a los tratamientos 2, 4 y 12. La prueba de medias (Duncan

0.05) demostró la existencia de diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos evaluados. (Cuadro 6. apéndice).

Contrastando el efecto de los tratamientos adicionales, que incluyen la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno (T-9, 10 y 11) con el tratamiento 4, se observa que la adición de fósforo y potasio, además de G y N, incrementa el número de óvulos por flor, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas comparadas con el tratamiento 4. Sin embargo, se encontró que el estiércol vacuno (T-11) fue más eficiente al incrementar el número de óvulos siendo esta diferencia estadísticamente significativa. (Fig. 5).

Al evaluar la respuesta gráfica de la interacción de las 3 dosis de G con 20 Kg/ha de N, se encontró que el límite máximo de respuesta fue con 3 ton/ha de G. En cambio con 40 Kg/ha de N el límite máximo de respuesta se registró con 9 ton/ha. con esta combinación se registró el número más alto de óvulos por flor (306.3) el cual es estadísticamente superior al testigo.

De estas combinaciones, 2 (3 y 6 ton/ha de G con 40 Kg/ha de N) fueron inferiores al testigo, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. (Fig. 6a).

En relación a la respuesta a N, se encontró que la interacción de las 3 dosis de N con 3 ton/ha de G, mostraron un límite máximo de respuesta con 20 Kg de N/ha. Se observa que al aumentar la dosis de N (20 a 40 Kg/ha) se reduce el número de óvulos; esta reducción fue ligeramente inferior al que se registró con el testigo.

La evaluación de la interacción de los 3 niveles de N con 6 ton/ha de G, reveló que el número más alto de óvulos se encontró con el nivel más bajo de N (20 Kg/ha de N) y declinó con 40 y 60 Kg de N/ha. (Fig. 6b).

4.1.4 Peso Seco de Ovulos

El análisis de varianza para el peso seco de óvulos, indicó diferencia significativa ($P=0.05$) entre tratamientos (Cuadro 7, apéndice). La prueba de comparación de medias (Duncan 0.05) reveló que el peso seco más alto de óvulos se registró en los tratamientos 3, 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 y 11, que muestran el mismo nivel de significancia estadística, aunque son superiores al resto de tratamientos (6, 12 y 5). (Cuadro 8, apéndice).

Al cotejar los tratamientos adicionales (7-9 y 10) con el tratamiento 4, se observa que la adición de fósforo y potasio, incrementa el peso seco de óvulos, pero esta diferencia no es significativa

estadísticamente. Lo mismo ocurre al comparar el tratamiento 4 con el tratamiento 11, que presentan diferencia aritmética, aunque no estadística.

Sin embargo, se encuentra que los tratamientos 4 y 11 son superiores estadísticamente al testigo y este a su vez semejante a los T-9 y 10. (Fig. 7).

En contraste con el número de óvulos por flor, el peso seco de óvulos mostró un mayor grado de respuesta a la aplicación de N y G, ya que los límites de respuesta superan ampliamente al testigo.

Con respecto a la respuesta a G, se encontró respuesta positiva hasta 6 ton/ha cuando se acompañó con 20 Kg de N/ha; cuando se acompañó con 40 Kg de N/ha se encontró respuesta negativa, ya que el peso seco de los óvulos declinó con el incremento de las dosis de gallinaza. Con excepción de 0 ton/ha de G, el resto de las combinaciones de G y N, fueron superiores al testigo. (Fig. 8a).

La evaluación de las 3 dosis de N con 3 ton/ha de G, reveló un límite máximo de incremento de peso seco de óvulos con 20 Kg de N y 6 ton/ha de G.

La evaluación de la respuesta de las 3 dosis de N con 3 y 6 ton/ha de G, mostró respuesta positiva con 3 ton de G; con 6 ton de G, la respuesta fue mayor con 20 Kg de N, declinó con 40 y se incrementó de nuevo con 60

Kg de N.

Todas las combinaciones fueron superiores al testigo. (Fig. 8b).

4.1.5 Número Promedio de Semillas

Al evaluar el número promedio de semillas por fruto se encontró diferencia significativa entre los tratamientos según el ANDEVA (Cuadro 9, apéndice) y la prueba de medias de Duncan, reveló semejanza estadística entre los tratamientos 2, 8 y 4 los cuales son superiores al resto de los tratamientos. Se registró el menor número de semillas por fruto en los tratamientos 11 y 12, por lo que son estadísticamente inferiores al resto de los tratamientos. (Cuadro 10, apéndice).

Confrontando los tratamientos 9, 10 y 11 (tratamientos adicionales) con el tratamiento 4, se observa que al agregar fósforo y potasio además de gallinaza y Nitrógeno, disminuye el número de semillas por fruto, aunque esta disminución no es estadísticamente significativa, lo mismo ocurre con la comparación entre el T-4 y el T-11; se observa diferencia, pero ésta no es estadística.

Aun así, se observa semejanza estadística entre el tratamiento 11 y el tratamiento testigo, el cual es superado por los tratamientos 4, 9 y 10. (Fig. 9).

Con relación de la evaluación del número promedio de semillas por fruto se observa semejanza en cuanto a respuesta con el peso promedio de semillas, encontrando que la interacción de las 3 dosis de G con 20 Kg. de N/ha, muestra un límite máximo de respuesta con 6 ton/ha. Con 40 Kg de N/ha se nota una respuesta negativa encontrando el límite máximo con 3 ton de G/ha, siendo esta combinación la que registró el mayor número de semillas por fruto (316.8). (Fig. 10a).

En cuanto a la respuesta a N, se nota que la interacción de las 3 dosis de N con 3 ton/ha de G, muestra un límite máximo de respuesta con 40 Kg de N/ha y con 6 ton/ha de G se observa de nuevo una respuesta positiva obteniendo el límite máximo con 60 Kg de N/ha. (Fig. 10b)

4.1.6 Peso Promedio de Semillas por Fruto

Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para el peso promedio de semillas por fruto. (Cuadro 11, apéndice).

Comparando las medias de los diferentes tratamientos evaluados según la prueba de medias de Duncan ($P=0.05$) se observó que uno de los tratamientos (T-2) fue estadísticamente superior en peso promedio de semillas por fruto al resto de los tratamientos.

Como era de esperarse, con el tratamiento testigo se registró el menor peso promedio de semillas por fruto, por lo que fue estadísticamente inferior al resto de los tratamientos. (Cuadro 12, apéndice).

Al comparar los tratamientos adicionales (T-9 y 10) con el tratamiento 4, observamos que la adición de fósforo incrementa debilmente el peso de las semillas, lo cual no es suficiente para dar una diferencia estadística entre los tratamientos.

Al agregar estiércol vacuno (T-11) en lugar de G. además de N, encontramos que el estiércol disminuye el peso de las semillas pero aun así no es una diferencia estadística; aunque estos tratamientos superan ampliamente al tratamiento testigo. (Fig. 11).

La evaluación de respuesta gráfica de la interacción de las 3 dosis de G con 20 Kg de N/ha, se encontró que el límite máximo de respuesta fue con 6 ton/ha. Con 40 Kg de N, el límite de respuesta se registró con 3 ton/ha, en esta combinación se registró el peso promedio de semillas más alto (8 g) el cual es estadísticamente superior al resto de los tratamientos.

Todas estas combinaciones son superiores estadísticamente al tratamiento testigo. (Fig. 12a).

En relación a la respuesta a N, se encontró que la interacción de las 3 dosis de N con 3 ton/ha de G.

mostraron un límite máximo con 40 Kg de N/ha. Sin embargo, la evaluación de la interacción de los 3 niveles de N con 6 ton/ha de G, revela que no hay diferencia estadística entre estos 3 tratamientos. (Fig. 12b).

4.1.7 Variación en Clase y Frecuencia en los Pesos de Semillas.

Al comparar los diferentes tratamientos de fertilización, se observan diferencias en la forma de los histogramas que resultan de evaluar la variación en clase y frecuencia del peso de semillas.

En el tratamiento 1 (T-1) (3G-20N), el rango de variación en el peso promedio de semillas, varía de 16 a 32 mg; la media aritmética de esta población es de 23.8 ± 2.93 y un coeficiente de variación (C.V) de 12.31. La clase de peso de semilla con mayor frecuencia es de 26 a 28 mg. con un número de 12. Al aumentar el nivel de nitrógeno de 20 a 40 Kg/ha (T-2), se observa un menor rango de variación en el peso promedio de semillas ya que este varía de 20 a 30 mg. aunque la frecuencia más grande se registró en una clase menor que la anterior (24 a 26 mg.) con 18 semillas. La media fue superior en 40 Kg. de N/ha (24.3 ± 1.93) que con 20 Kg; aunque se incrementó el C.V (12.5).

El T-1 presenta un histograma con una frecuencia de distribución bimodal de la población evaluada, en contraste con el T-2, en que se encontró una distribución normal.

Cuando se incrementa la cantidad de G de 3 ton/ha a 6 ton/ha (T-3) el rango de variación varía de 16 a 30 mg. encontrando una media aritmética de 24.1 ± 2.54 y con un C.V de 10.54. La clase de peso de semilla con mayor frecuencia es de 22 a 24 mg. con 13 semillas. Al cotejar lo anterior con el T-4 el cual contiene 6 ton/ha de G y 40 Kg de N/ha, se encuentra una pequeña disminución en el rango de variación (18 a 30 mg.), en la media aritmética ($X = 23.8 \pm 2.51$) pero un C.V igual al anterior (C.V=10.54). La clase de peso con mayor frecuencia es de 22 a 24 mg. aunque un número mayor de semillas (15).

La curva obtenida en el histograma de frecuencia del T-3 presenta tendencia de distribución normal de la población, en cambio el T-4 una tendencia asimétrica negativa de distribución (Fig. 13).

Confrontando el T-4 con el T-9 (6 G- 40N y 6G- 40N-20P, respectivamente) notamos similitud en ambos tratamientos en cuanto a sus medidas de tendencia central: $X=23.8 \pm 2.51$; C.V=10.54 en el T-4 y $X= 23.8 \pm 2.49$; C.V= 10.46 en el T-9.

El rango de variación en el T-4 es de 18 a 30 mg. con mayor frecuencia en la clase 22 a 24 con 15 semillas. Al agregar fosforo (T-9) se observa aumento del rango de variación (18 a 32 mg.), aunque la frecuencia más grande se registró en la clase de peso de semilla de 24 a 26 con 14 semillas. La curva observada en este tratamiento es de distribución asimétrica positiva de la población, en tanto la curva en el T-4 presenta tendencia asimétrica negativa.

Agregando K en lugar de P notamos una disminución en la media aritmética (23.1 \pm 2.40) y en el C.V (10.38). El rango de variación en el peso promedio de semillas fluctúa de 18 a 30 mg. encontrando la mayor frecuencia de semillas en la clase 20 a 22 mg. con 16 semillas. El histograma de frecuencia nos revela una curva bimodal de la población evaluada.

Comparando el T-11 (40N-6E) con el T-4 (6G-40N) observamos similitud en el rango de variación: 18 a 30 mg., pero disminución en la media aritmética en el tratamiento estiércol vacuno (23.3 \pm 2.19) y en el C.V (9.39) la clase de peso de semillas con mayor frecuencia en este tratamiento es de 20 a 22 mg. (una clase menor que el T-4) con 15 semillas, aunque se nota una pequeña disminución y otro aumento en frecuencia pero ahora en la clase de peso de semilla 24 a 26 mg. con 14 semillas.

Como se ve, la curva de frecuencia obtenida en este tratamiento es de distribución bimodal de la población evaluada. (Fig. 14).

Comparando ahora los tratamientos 2, 4 y 6, notamos un rango de variación de clase de peso de semilla similar entre los tratamientos 2 y 6 (20 a 30 mg.) y un poco más amplio en el T-4 (18 a 30 mg.). La media aritmética más alta se observa en el T-2 con 24.3 ± 1.93 y con un C.V de 7.94 y la menor en el T-4 con 23.8 ± 2.51 y con un C.V de 10.67, en cuanto al T-6 las medidas de tendencia central fueron: $X = 24.1 \pm 2.02$ el C.V= 8.38, obteniendo este tratamiento la frecuencia de peso de semilla más grande con 19 semillas en la clase de 22 a 24 mg. y observando la menor en el T-4 con 15 semillas en la misma clase que la anterior.

El T-2 presenta un histograma con una tendencia de distribución normal, el T-4 presenta tendencia a una curva asimétrica negativa y en cuanto al T-6 se observa un histograma con tendencia de distribución asimétrica negativa de la población.

Observando el T-8 (6G-60N) notamos un rango de variación que varía de 14 a 34 mg. encontrando la frecuencia más alta en la clase de peso de semilla 24 a 26 mg. con 16 semillas. La curva obtenida en el

histograma de frecuencia es de tendencia de distribución normal de la población evaluada.

Comparando los anteriores tratamientos con el tratamiento testigo (T-12) notamos una marcada diferencia en la media aritmética en comparación con los otros tratamientos ($X = 22 \pm 2.54$ con un C.V= 11.54) el rango de variación fluctua entre 14 a 28 mg. encontrando la frecuencia más alta en la clase que va de 20 a 22 mg. con 15 semillas. El histograma observado es de tendencia asimétrica positiva. (Fig. 15).

5. DISCUSSION

5. DISCUSION

Los resultados presentados demuestran la plasticidad reproductiva del nopal tunero a la fertilización, lo cual muestra un efecto sinérgico cuando en esta se combinan fertilizantes químicos y orgánicos, mostrando además una mayor respuesta reproductiva a la aplicación de estiércol de gallinaza que de vacuno. Este efecto combinado es aún más notable a partir del tercer año en que se empieza la aplicación de estiércol (Mondragón y Pimienta, 1987), lo cual fue evidente en la respuesta obtenida en esta evaluación que se llevo a cabo cuatro años después de que empezó la aplicación de abonos orgánicos.

Esta respuesta en plasticidad reproductiva se atribuye al hecho de que la aplicación combinada de fertilizantes químicos y orgánicos, satisface en forma continua y permanente las necesidades fisiológicas de elementos minerales de plantas perennes como el nopal tunero, debido a las siguientes propiedades de ambos tipos de fertilizantes: 1) Los fertilizantes minerales liberan rápidamente los nutrimentos y satisfacen las necesidades inmediatas de la planta, 2) El estiércol por presentar descomposición lenta y prolongada, constituye un abastecimiento continuo de nutrimentos, además que proporciona elementos menores, que normalmente no se

aplican con los fertilizantes minerales y a largo plazo,

3) Los estiércoles contribuyen a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual ayuda a hacer más eficiente el uso de nutrimentos disponibles en el suelo.

El hecho de que el estiércol de gallina (gallinaza) fue más eficiente que el de vacuno, se puede atribuir a que la gallinaza presenta contenidos más altos de elementos minerales, además que por ser un estiércol "caliente", presenta una liberación más rápida de elementos minerales.

Es impresionante la respuesta obtenida en términos del número de flores que se diferencian por planta en respuesta a la aplicación combinada de fertilizantes químicos y orgánicos. Esta respuesta se atribuye a dos efectos de la fertilización en la planta: una de ellas son las modificaciones en su desarrollo (número de cladodios jóvenes) y el incremento en la capacidad de diferenciación floral en los cladodios de un año. Ambos cambios causados por la fertilización mineral y orgánica, son un reflejo del incremento en el recurso materno ocasionado por el incremento en la superficie fotosintética o área de cladodio. Es lógico suponer que al incrementarse el área fotosintética como consecuencia del incremento en el número de cladodios, se incrementan

los niveles de carbohidratos, que es ampliamente aceptado como un factor que estimula la iniciación floral en especies frutales perennes (Jackson y Sweet, 1972).

En relación al efecto de la nutrición mineral en la diferenciación floral, se ha encontrado que el nitrógeno y el fósforo estimulan la iniciación floral (Baxter, 1970; Chandler, 1962; Jackson y Sweet, 1972; Vasek y Weng, 1987); aunque por otro lado, también se han reportado evidencias de que el nitrógeno retrasa la iniciación floral y el desarrollo de yemas en manzano (Hill-Cottingham y Williams, 1967). Este retraso se menciona que es consecuencia de que el N incrementa el crecimiento vegetativo, el cual es antagónico del crecimiento reproductivo (Jackson y Sweet, 1972).

Se puede concluir que el nopal tunero a pesar de ser una especie que conserva una gran cantidad de características propias de especies silvestres, presenta una plasticidad reproductiva en respuesta al incremento en los niveles de nutrimentos minerales y además manifiesta un alto grado de eficiencia en la distribución de nutrimentos a las funciones reproductivas sexuales y vegetativas, lo cual se hace evidente por el dramático incremento en el número de flores por planta que se registró en uno de los mejores

tratamientos (T-6) de este experimento, el número de flores promedio por planta fue de 343, en contraste con el testigo (T-12) en que se registró un número de flores por planta, significativamente menor (9.3).

Otro aspecto reproductivo distintivo del nopal tunero es que a diferencia de otras especies vegetales; en esta planta comúnmente un porcentaje alto de las flores que se diferencian se transforman en frutos (Rosas, 1984). Esta característica es excepcional ya que comúnmente en la mayoría de las plantas superiores un porcentaje reducido de flores se transforman en frutos; por ejemplo en el caso del mango se produce un fruto por aproximadamente 1000 flores (Stephenson, 1981). En contraste con el nopal tunero que de 100 flores se diferencian de 90 a 95 flores (Rosas, 1984), siempre y cuando no existan daños por heladas tardías al final del invierno.

Lo anterior refleja el potencial reproductivo del nopal tunero, que es relativamente alto, si además consideramos que esta planta diferencia flores en condiciones limitantes de ambiente de clima y suelo, ya que la mayoría de los eventos del crecimiento reproductivo ocurren durante la época seca del año (marzo-mayo).

Los hábitos de floración del nopal presentan cierto

grado de analogía con los del durazno (Prunus persica) ya que en estos comunmente las yemas florales se diferencian exclusivamente en los brotes del año y en el nopal en las pencas o brotes del año. Por lo que cualquier tratamiento que estimule el crecimiento vegetativo, se reflejará en incremento en el número de cladodios jóvenes reproductivos y este a su vez incrementará el número de plantas. En este experimento se encontró que esto se puede lograr a través del efecto combinado de los fertilizantes químicos y orgánicos, ya que la aplicación individual de estos especialmente nitrógeno, no contribuye significativamente en el incremento en el potencial reproductivo sexual de esta planta, ya que la aplicación de nitrógeno por más de cuatro años no supero estadísticamente el tratamiento testigo. Lo cual además deja entrever que los efectos reproductivos registrados en este trabajo se pueden atribuir en gran parte al estiércol, ya que la aplicación de este en forma individual incrementó en mayor proporción el número de flores que en el tratamiento en que únicamente se aplicó nitrógeno.

Otro aspecto relevante de la respuesta reproductiva a la fertilización fue el incremento en el número de óvulos y el número y peso de semillas. Ambos componentes son considerados como funciones femeninas, que presentan

una mayor respuesta a la aplicación de nutrimentos minerales que las funciones masculinas (e.g. número de granos de polen). (Vasek, et.al. 1987). El número y peso de semillas son funciones femeninas que usualmente son limitadas por los recursos o reservas disponibles en la planta y la eficiencia de partición de estos recursos a las semillas en desarrollo (Marshall, 1988). En consecuencia, cualquier factor ambiental (e.g. luz, temperatura) o de manejo (e.g. riego, fertilización) que incremente los recursos maternos, se reflejará en incrementos en el número y peso de semillas en el fruto. En este caso la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos aparentemente logró aumentar el recurso materno ya que en algunos tratamientos, como el T-2, se incrementó en aproximadamente 60% el peso de las semillas en relación al testigo. Tendencia similar se encontró con respecto al número de semillas.

Por otro lado, resultados recientes en la relación entre el peso del fruto y sus componentes, reveló que el peso final del fruto presenta un alto grado de correlación con el peso y número de semillas, por lo que es de esperarse que el recurso materno al incrementar el número y peso de semillas se reflejará también en frutos con mayor peso, que en aquellos que tienen menor número y peso de semillas.

Llama la atención en este trabajo el incremento en el número de óvulos en respuesta a la fertilización química y orgánica. En general se acepta que el número de óvulos es variable entre especies, y que la variación dentro de una misma especie es mínima, y esta estabilidad ante el ambiente le permite ser sumamente valioso como variable taxonómica. Sin embargo, nuestro trabajo reveló cierto grado de plasticidad en respuesta al ambiente generado por la fertilización química y orgánica, ya que en uno de los tratamientos (T-6) el número de óvulos fue significativamente superior (306) al registrado en el tratamiento testigo (T-12), en que se diferencian un promedio de 260 óvulos por flor. Vasek y Weng (1988), consideran que en general un número alto de óvulos, normalmente da origen a un número alto de semillas pequeñas, mientras que un número bajo de óvulos genera pocas semillas y grandes y argumentan que esta variación en el número y peso de semillas son parte de la estrategia reproductiva, ya que un número alto de semillas pequeñas es considerada como una estrategia para ambientes favorables, mientras que pocas semillas y grandes puede ser la mejor estrategia para ambientes limitantes. Sin embargo, en este trabajo se encontró un incremento paralelo o correlación positiva directa entre el número y peso de semillas en el nopal, que es una

especie que se desarrolla bajo condiciones limitantes de ambiente.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. El nopal tunero presenta una gran plasticidad reproductiva, en respuesta al incremento en los niveles de nutrimentos minerales.

2. La respuesta reproductiva a la fertilización se atribuye a que el nopal presentó modificaciones en su desarrollo y al incremento en la diferenciación floral.

3. Los incrementos en los niveles de fertilización mineral y orgánica, se asociaron con incrementos en los siguientes componentes reproductivos: número de cladodios de un año con flor, número de yemas florales por planta, número de óvulos y número de semillas.

4. El estiércol de vacuno tuvo mayor efecto en la diferenciación del número de cladodios de un año con flor y del número de óvulos que el de gallina.

5. Se registró una mayor tendencia de respuesta positiva al incremento en los niveles de fertilización orgánica (Gallinaza) que a los niveles de fertilización mineral (Nitrógeno).

6. La combinación de 3 ton/ha de gallinaza y 40 Kg de

N/ha tuvo mayor efecto en el número y peso de semillas por fruto que el resto de las combinaciones.

7. El número de óvulos en el nopal tunero presentó una plasticidad relativamente alta en respuesta a la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.

8. Las funciones femeninas (número y peso de semillas y óvulos) presentaron un amplio grado de respuesta a la nutrición mineral.

7. LITERATURA CITADA

7. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1981. El nopal. INIF. CONAZA. Publicación especial No. 34. México, D.F. 85 p.
- Arthur, A.E., and C.L. Hedley. 1976. The effects of nitrogen on five varieties of Antirrhinum majus. Ann. Bot. 41: 627-636.
- Barrientos. P.F. 1981. El nopal: su mejoramiento y utilización en México. CODAGEM. 20 p.
- Baxter, P. 1970. The flowering process: a new theory. In: D.I. Carr (ed). Plant Growth Substances. Springer-Verlag. Berlin. pp. 775-779.
- Benson, L. 1968. The cacti of Arizona. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 218 p.
- Boke, N.H. 1980. Development morphology and anatomy cactaceae. Bioscience. 30(9): 605-610.
- Bravo. H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1 2a. Ed. UNAM. México, D.F. 735 p.
- Breen, P.J., and L.W. Martin. 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 266-272.
- Buxbaum, F. 1955. Morphology of Cacti. Section III. Fruits and Seed. Abbey Garden Press. Pasadena, California.

- Chandler, W.H. 1962. Frutales de hoja perenne. Irad. J.L. de la Loma. UTEHA. México. 666 p.
- Chou, Ya-Lun. 1978. Análisis estadístico. Edit. Interamericana.
- Dawson, Y.E. 1963. How to Know the Cacti. Wn. C. Brown. Company. Dubuque Iowa. 150 p.
- Dennis, F.G. Jr. 1967. Apple fruit-set: Evidence for a specific role of seeds. Science 156: 71-73.
- Flores, V. E. M. 1973. Algo sobre morfología y anatomía de semillas de cactáceas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 167 p.
- Grant, V. and K. A. Grant. 1979a. Pollination of *Opuntia basilaris* and *O. littoralis*. Plant Systematics and Evolution. 132: 321-325.
- Grant, V. and K. A. Grant. 1979b. The pollination spectrum in the southwestern American cactus flora. Plant Systematics and Evolution. 133: 29-37.
- Grant, V. and P. D. Hurd, Jr. 1979. Pollination of the southwestern *Opuntias*. Plant Systematics and Evolution. 133: 15-28.
- Haberlandt, G. 1965. Physiological Plant Anatomy. Today and Tomorrows Book Agency. New Delhy. 777 p.
- Hill-Cottinham, D. G. and R. R. Williams. 1967. Effect on time of application on fertilizer nitrogen on the growth. flower development and fruit set on maiden

- trees. Var. Lord Lambourne. and on the distribution of total nitrogen within the tree. *J. Hort. Sci.* 43: 310-335.
- Jackson, D. I. and G. B. Sweet. 1972. Flower initiation in woody plants. *Hort-Abst.* 42: 9-24.
- Lee, T. D. and F. A. Bazzaz. 1982. Regulation of fruit maturation pattern in an annual legume: *Cassia fasciculata*. *Ecology*, 63: 1374-1388.
- Little, J. M. and E. J. Hills. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. 270 p.
- Lozano, G. M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (*Opuntia* spp.). Tesis Profesional. Escuela superior de Agricultura, "Antonio Narro". Saltillo, Coah. México.
- Marshall, L. D. 1988. Postpollination effects on seed paternity: mechanisms in addition to microgametophyte competition operate in wild radish. *Evolution* 42(6): 1256-1266.
- Marshall, L. D. and N. C. Ellstrand. 1985. Proximal causes of multiple paternity in wild radish, *Raphanus sativus*. *The Amer. Nat.* 126 (5): 596-603.
- Marshall, D. L., D. A. Levin and N. I. Fowler. 1986. Plasticity of yield components in response to stress in *Sesbania vesicaria* (Leguminosae). *Amer. Naturalist*.

127: 508-521.

Mondragón, J. C. v E. Pimienta B. 1987. Fertilización orgánica y química del nopal tunero bajo condiciones de temporal limitado. II. Huertas en Producción. Memoria del 20a. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zac. pp. 154.

Pimienta, B. E., E. M. Engleman y P. Rosas C. 1985. Algunos aspectos del ciclo reproductivo del nopal (Opuntia spp.) tunero. En: Memorias del Seminario sobre la Investigación Genética Básica en el Conocimiento y Evaluación de los Recursos Genéticos. Jardín Botánico. UNAM. v SOMEFI. (eds). pp. 96-105.

Pimienta, B. E. 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.

Rosas, C. M. P. v E. Pimienta B. 1986. Polinización v fase progámica en nopal (Opuntia ficus-indica (L.) Miller). tunero. Fitotecnia. 8: 164-176.

Rosas, C. M. P. 1984. Polinización y fase progámica en Opuntia spp. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia. 76 p.

Ross, R. 1982. Chromosome counts, cytology and reproduction in the cactaceae. Amer. J. Bot. 68 (4): 463-470.

- Sosa, Ch. R. y A. Acosta. 1966. Poliploidia en Opuntia spp. Agrociencia 1(1): 100-106.
- Stephenson, A. G. 1981. Flower and Fruit abortion: Proximate causes and ultimate functions. Ann. Rev. Ecol. Syst. 12: 253-278.
- Vasek, C. F., R. J. Beaver; C. K. Huszar and V. Weng. 1987. Effects of mineral nutrition on components of reproduction in Clarkia unguiculata. Aliso 11 (4): 599-618.
- Vasek, C. F. and V. Weng. 1988. Breeding systems of Clarkia sect phaeostoma (Onagraceae): 1. Pollen-ovule ratios. Systematic Botany 13 (3): 336-350.
- Willson, M. F. and N. Burley. 1983. Mate choice in plants. Princeton University Press. Princeton, N. J. 251 p.
- Willson, M. F., and P. W. Price. 1980. Resource limitation of fruit and seed predation in some Asclepias species. Can. J. Bot. 58: 2229-2233.

B. APENDICE

B. APENDICE

CUADRO 1. Análisis de varianza para el número promedio de yemas florales por planta.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	71	800531.7	46417.1	9.6**
Tratamientos	11	510588.2	4832.4	
Error	60	289943.5		
C.V= 54.12		X= 155.6		

** Valor altamente significativo, 99.99% de probabilidad

CUADRO 2. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el número promedio de yemas florales por planta.

Tratamiento No.	Número promedio de yemas florales	
1	137.5	bcdefgh*
2	151.5	bcdefg
3	195.5	bcd
4	198.8	bc
5	14.3	j
6	343.3	a
7	132.8	bcdefghi
8	180.7	bcde
9	211.3	b
10	158.3	bcdef
11	134.7	bcdefghi
12	9.3	jk

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales según prueba de Duncan (P=0.05).

CUADRO 3. Análisis de varianza para el número promedio de cladodios de un año con flor.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	71	2457.0	1360.9	8.50**
Tratamientos	11	14970.5	160.075	
Error	60	9604.5		
C.V= 40.75		X= 35.37		

** Valor altamente significativo. 99.99% de probabilidad

CUADRO 4. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el número promedio de cladodios de un año con flor.

Tratamiento	Número promedio de cladodios de un año con flor
No.	
1	35.3 bcdefg*
2	33.7 bcdefghi
3	49 ab
4	39.5 bcd
5	9.8 k
6	62.3 a
7	34.5 bcdefgh
8	37.2 bcdef
9	45.0 bc
10	38.5 bcde
11	32.5 bcdefghii
12	7.2 k

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales según prueba de Duncan (P=0.05).

CUADRO 5. Análisis de varianza para el número promedio
de óvulos por flor.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	107	830437	60679.12	35.74**
Tratamientos	11	667470.33	1697.56	
Error	96	162966.67		
C.V= 31.05		X= 253.12		

** Valor altamente significativo, 99.99% de probabilidad

CUADRO 6. Efecto de la aplicación de fertilizantes
químicos y orgánicos en el número promedio
de óvulos por flor.

Tratamiento	Número promedio de óvulos por flor
No.	
1	296.4 abc*
2	256.4 bcdefghij
3	285.4 abcd
4	245.6 defghi
5	0 k
6	306.3 a
7	285.2 abcde
8	263.8 abcdefgh
9	267.2 abcdef
10	265.8 abcdefg
11	305.2 ab
12	260.2 bcdefghi

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales
según prueba de Duncan (P=0.05).

CUADRO 7. Análisis de varianza para el peso seco de
 óvulos.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	59	349476	256.82	18.40**
Tratamiento	11	282506	13.95	
Error	49	66970		
C.V= 35.11		x= 19.54		

** Valor altamente significativo, 99.99% de probabilidad

CUADRO 8. Efecto de la aplicación de fertilizantes
 químicos y orgánicos en el peso seco de
 óvulos por flor.

Tratamiento No.	Peso seco de óvulos por flor
1	23.36 abcde*
2	24.36 abcd
3	25.42 a
4	20.94 abcdefg
5	0 k
6	17.3 efghij
7	21.6 abcdef
8	24.64 abc
9	19.42 abcdefghi
10	19.44 abcdefgh
11	25.04 ab
12	12.96 hij

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales
 según prueba de Duncan (P=0.05).

CUADRO 9. Análisis de varianza para el número promedio de semillas por fruto.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	119	1483716	120857.91	84.60**
Tratamiento	11	1329437	1428.50	
Error	108	154279		
C.V= 46.08		x= 228.4		

** Valor altamente significativo, 99.99% de probabilidad

CUADRO 10. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el número promedio de semillas por fruto.

Tratamiento	Número promedio de semillas por fruto	
No.		
1	266	cdefg*
2	316.8	a
3	275.1	cde
4	285.6	abc
5	0	j
6	273.5	cdef
7	0	j
8	315.9	ab
9	275.9	cd
10	265.1	cdefgh
11	250.9	cdefghi
12	217	i

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales según prueba de Duncan (P=0.05).

CUADRO 11. Análisis de varianza para el peso promedio de semillas por fruto.

FV	GL	SC	CM	Fcal
Total	119	900.96	71.35	66.46**
Tratamiento	11	784.71	1.07	
Error	108	115.24		
C.V= 46.35		X= 5.49		

** Valor altamente significativo, 99.99% de probabilidad

CUADRO 12. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el peso promedio de semillas por fruto.

Tratamiento No.	Peso promedio de semillas por fruto
1	6.7 bcde*
2	8 a
3	6.8 bc
4	6.7 bcdef
5	0 k
6	6.6 bcdefg
7	0 k
8	6.9 b
9	6.8 bc
10	6.4 bcdefgh
11	6.1 bcdefghi
12	4.9 j

* Letras iguales unen promedios estadísticamente iguales según prueba de Duncan (P=0.05).

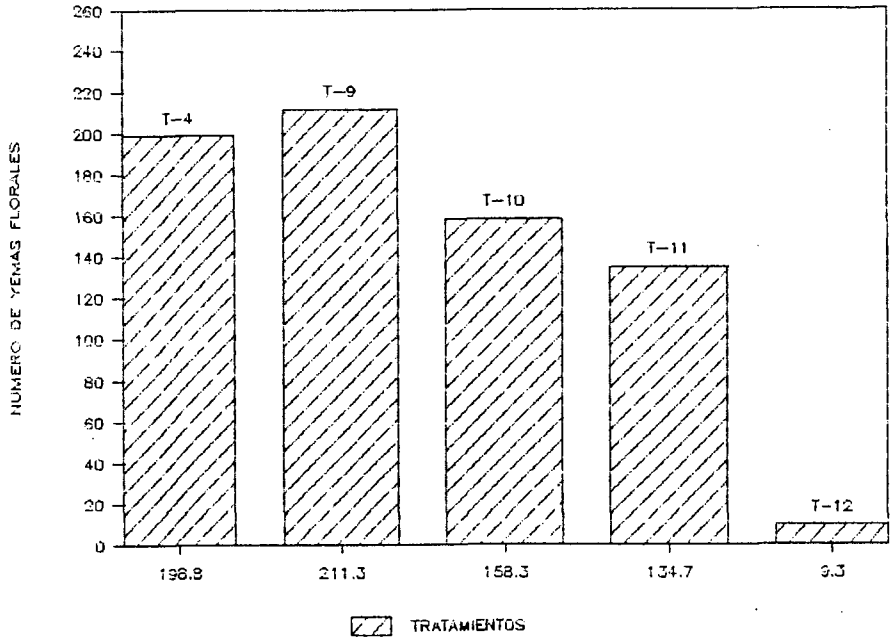


Fig. 1. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el número promedio de yemas florales por planta.

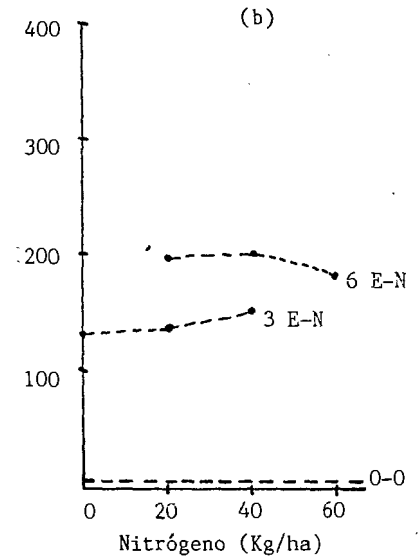
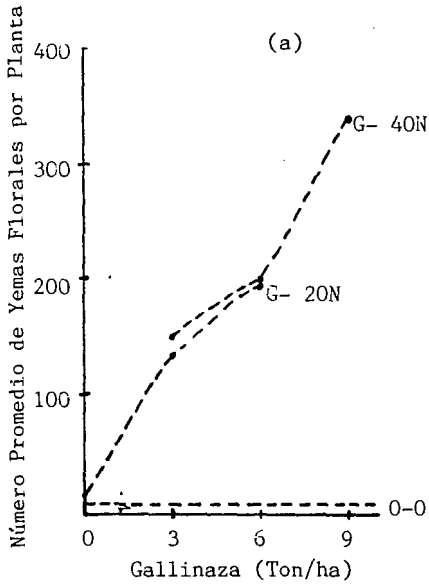


Fig. 2. Número promedio de yemas florales por planta en respuesta a la aplicación combinada de Gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 2a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 kg de N/ha.

Fig. 2b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N, en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

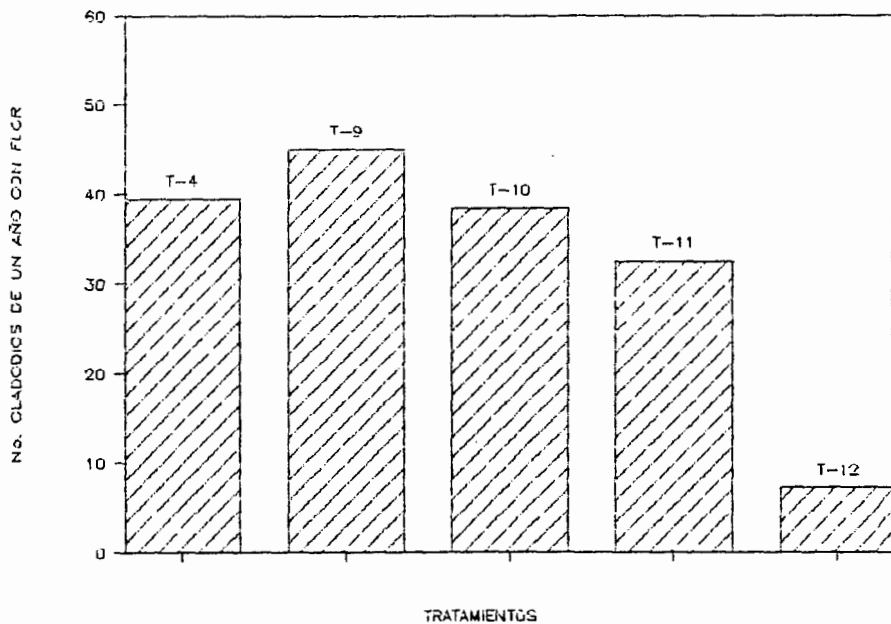


Fig. 3. Efecto de la aplicación adicional de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el número promedio de cladodios de un año con flor.

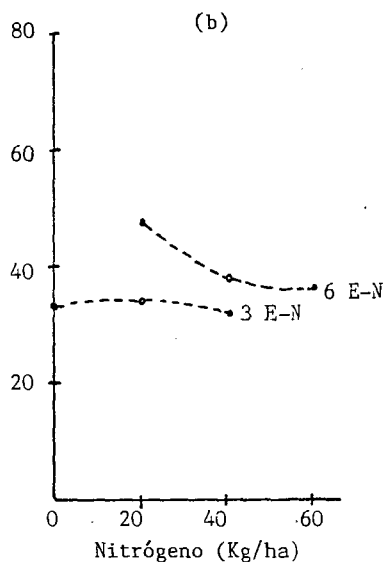
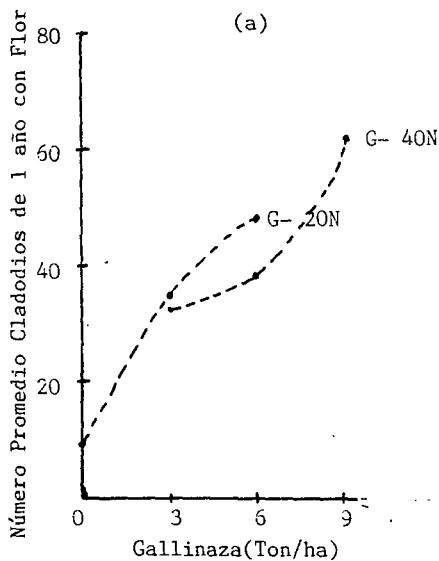


Fig. 4. Número promedio de cladodios de un año con flor en respuesta a la aplicación combinada de gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 4a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 Kg de N/ha.

Fig. 4b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

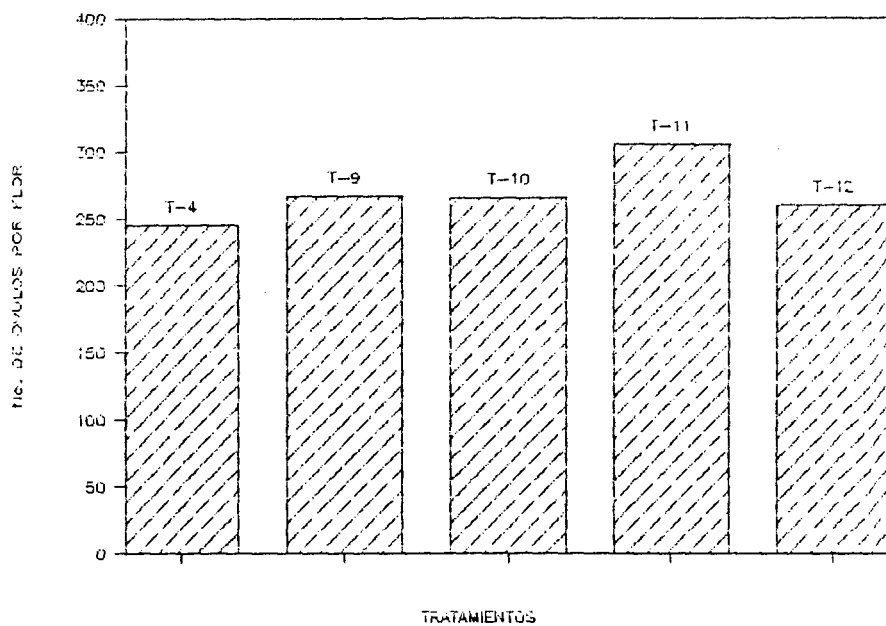


Fig. 5. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el número promedio de ovulos por flor.

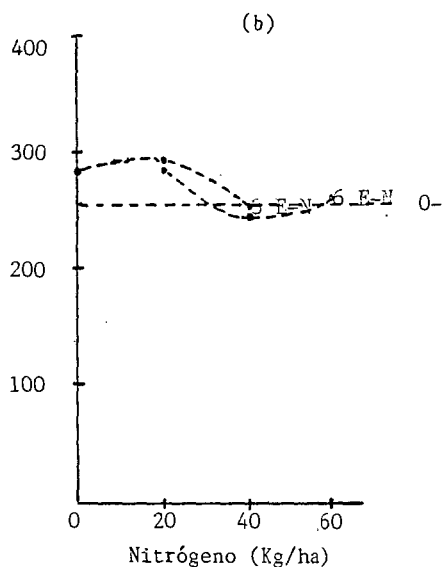
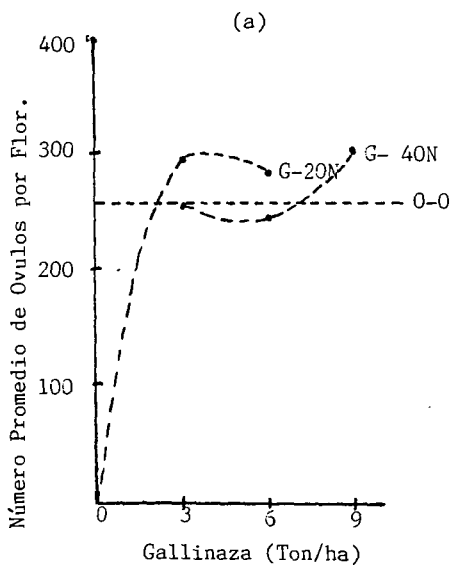


Fig. 6. Número promedio de óvulos por flor en respuesta a la aplicación combinada de Gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 6a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 Kg de N/ha.

Fig. 6b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

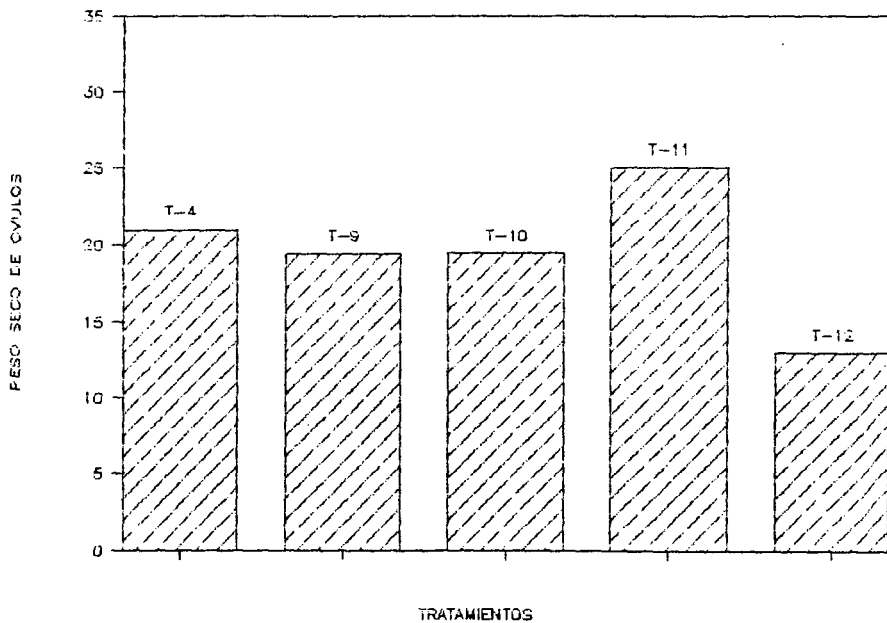


Fig. 7. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el peso seco de óvulos por flor.

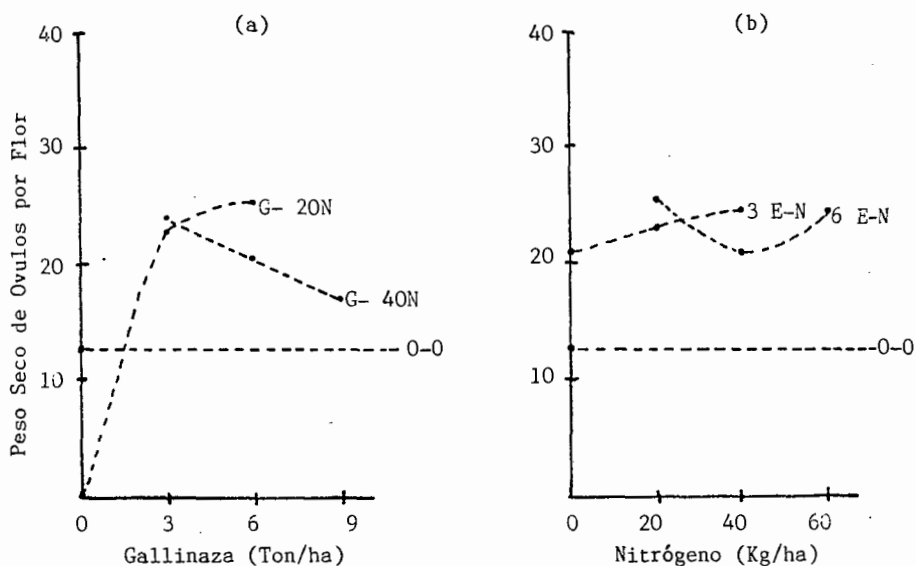


Fig. 8. Peso seco de óvulos por flor en respuesta a la aplicación combinada de Gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 8a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 Kg de N/ha.

Fig. 8b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

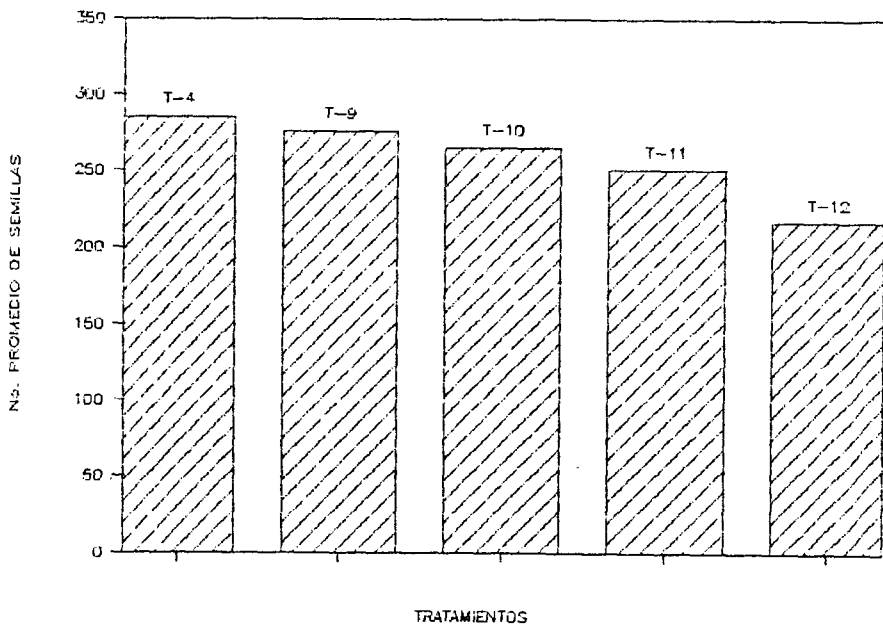


Fig. 9. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el número promedio de semilla por fruto.

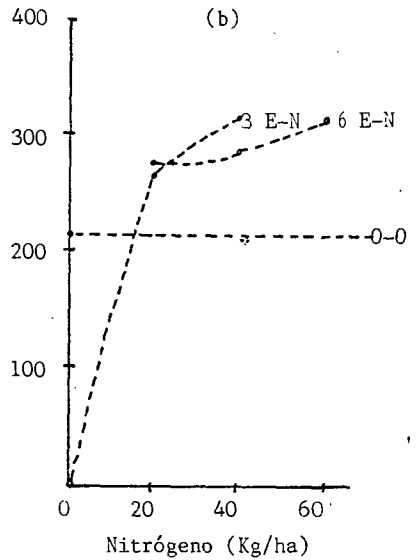
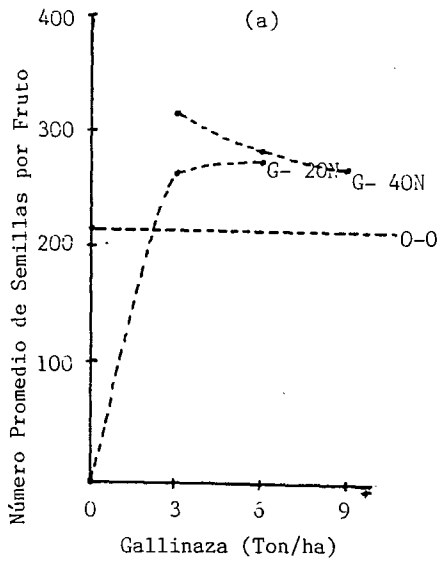


Fig. 10. Número promedio de semillas por fruto en respuesta a la aplicación combinada de Gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 10a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 Kg. de N/ha.

Fig. 10b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

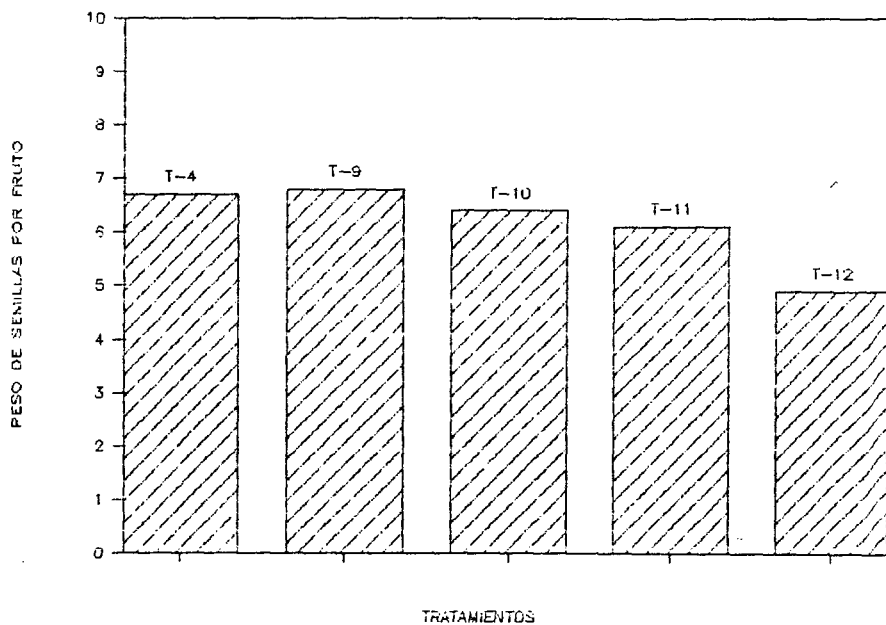


Fig. 11. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio y estiércol vacuno en el peso promedio de semillas por fruto.

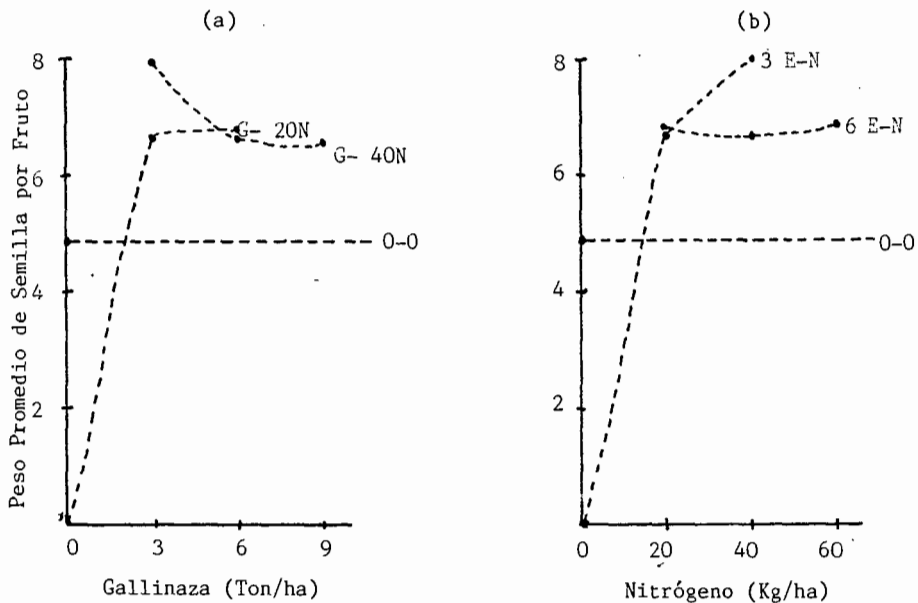


Fig. 12. Peso promedio de semillas por fruto en respuesta a la aplicación combinada de Gallinaza (G) y Nitrógeno (N).

Fig. 12a. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de G en interacción con 20 y 40 Kg. de N/ha.

Fig. 12b. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N en interacción con 3 y 6 ton/ha de G.

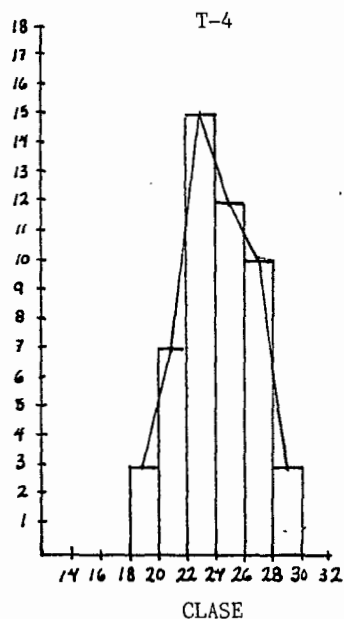
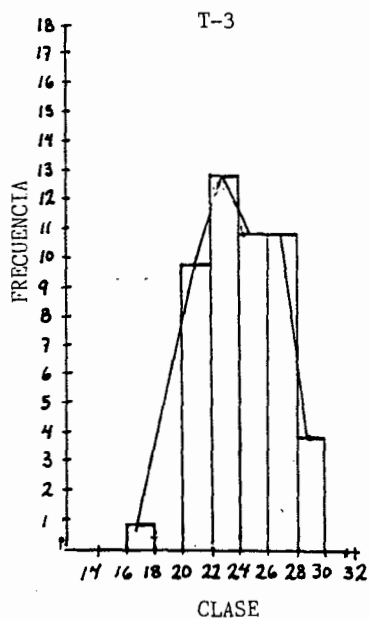
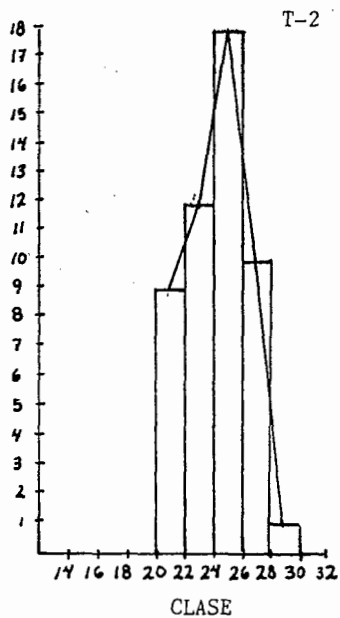
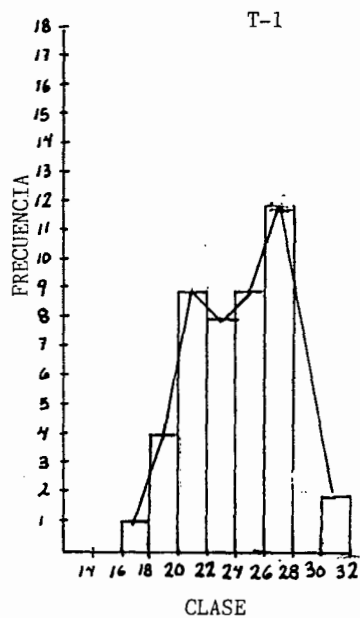


Fig. 13. Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas, comparación entre los tratamientos 1, 2, 3 y 4.

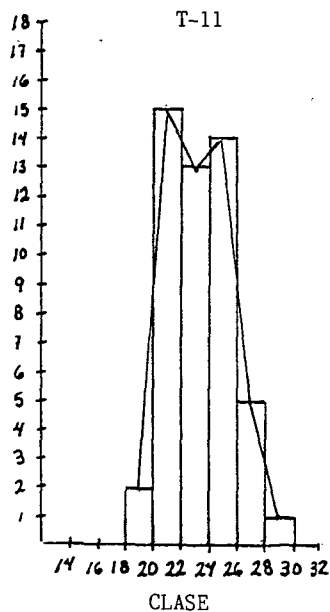
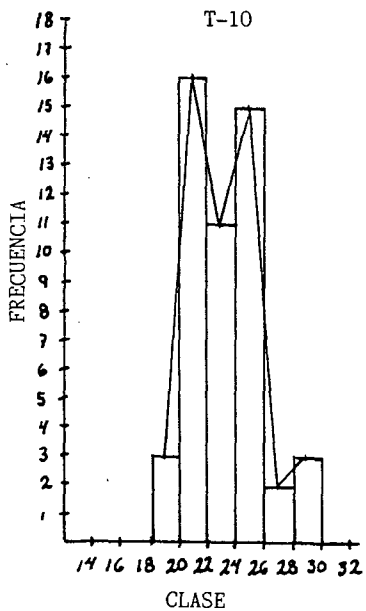
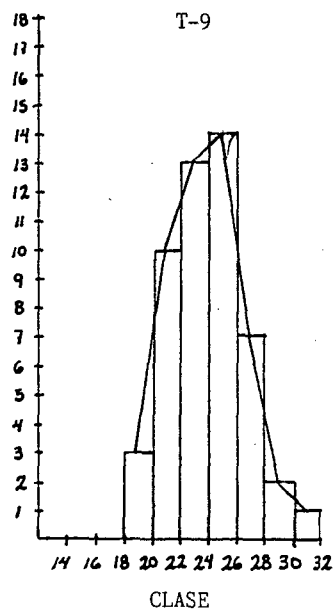
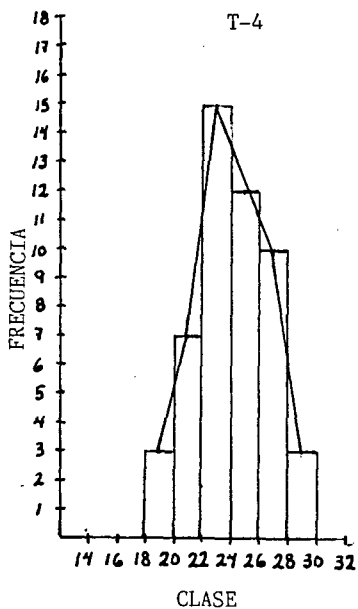
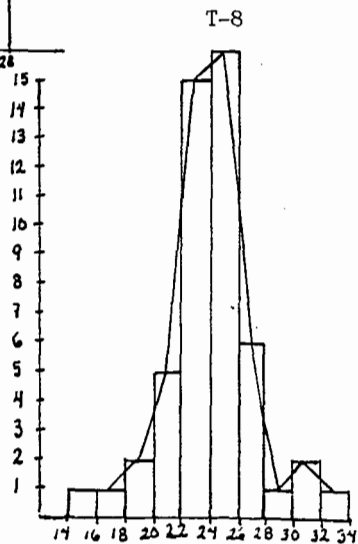
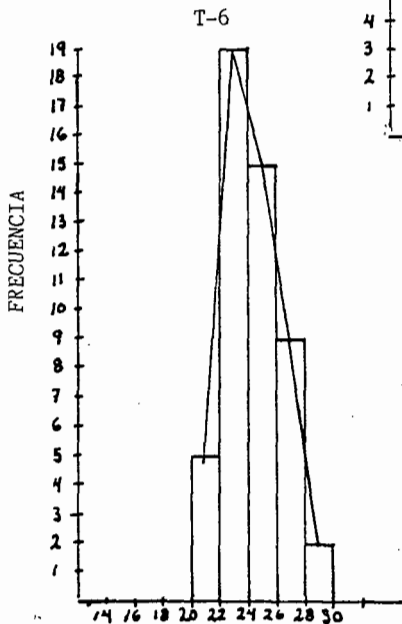
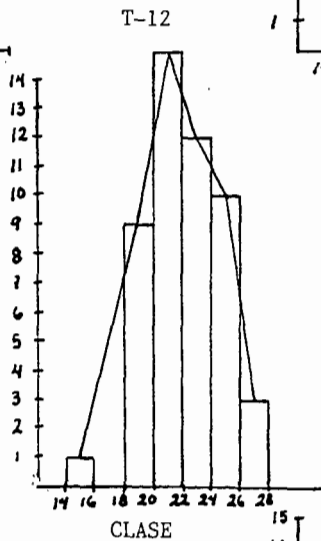
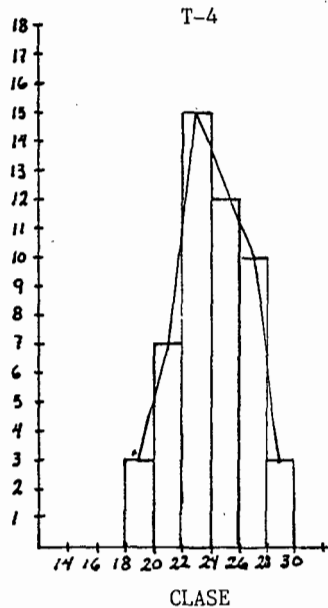
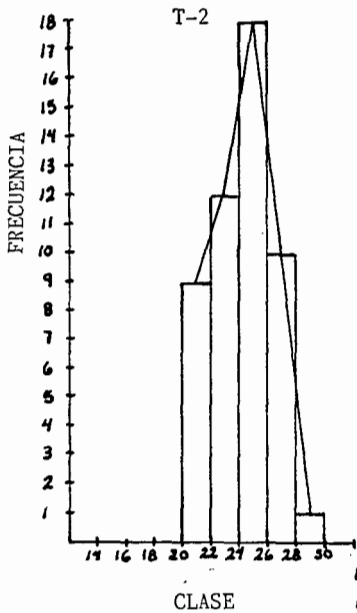


Fig. 14. Variación en clase y frecuencia en los pesos de semillas, comparación entre los tratamientos 4, 9, 10 y 11.





UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS

Expediente

Número 1497/89

SRITA. BERTHA ALVAREZ NUÑO
P R E S E N T E . -

Manifiestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado el tema de Tesis "EFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y ORGANICA EN COMPONENTES REPRODUCTIVOS DEL NOPAL (Opuntia ficus-indica) TUNERO VAR. NARANJONA" para obtener la Licenciatura en Biología.

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

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
Guadalajara, Jal. Noviembre 23 de 1989
EL DIRECTOR



ING. ADOLFO ESPINOZA DE LOS MONTEROS CARDENAS

FACULTAD DE CIENCIAS
EL SECRETARIO

M. EN C. ROBERTO MIRANDA MEDRANO

c.c.p. El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis.-Pte.
c.c.p. El expediente de la alumna.

'mjsd

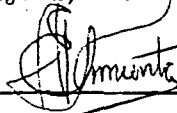
ING. ADOLFO ESPINOZA DE LOS
MONTEROS CARDENAS.
DIRECTOR DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS.
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E.

Por medio de la presente, manifiesto a Usted que una vez revisada la tesis "Efecto de la fertilización química y orgánica en componentes reproductivos del nopal (Opuntia ficus-indica (L) Miller) tunero, variedad Naranja", presentada por la C. Bertha - Alvarez Nuño, pasante de la Lic. en Biología y habiendo realizado las observaciones pertinentes, considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias a su digno cargo y no teniendo inconveniente para que se imprima solicito a Usted permita se realicen los trámites para el examen correspondiente.

Sin otro particular aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo y reiterarle mi - consideración más distinguida.

ATENTAMENTE.

Guadalajara, Jal. 20 de Marzo 1990



Dr. Eulogio Pimienta Barrios
Director de Tesis.