

2020 04 23 17:30
BIBLIOTECA DE LA UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"DEPREDACION Y DISPERSION DE FRUTOS Y SEMILLAS DE Opuntia spp. POR UNGULADOS DOMESTICOS: EFECTO DE LA COMPOSICION DE LA DIETA"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

Francisco Othón Pérez Rodríguez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	7
La dispersión de semillas	7
Los ungulados como dispersores y depredadores de semillas.	8
Deposición de las semillas en los excrementos	9
Descripción del aparato digestivo en ungulados	10
Descripción de la nopalera	14
Fenología y morfología de <u>Opuntia lindheimeri</u> y <u>Opuntia streptacantha</u>	15
OBJETIVOS	19
HIPOTESIS	20
MATERIALES Y METODOS	21
Descripción de las áreas para el trabajo de campo	21
El sistema de estabulación de las terneras	26
Estimación del tamaño y número de semillas de <u>Opuntia</u> spp. ingeridas por las terneras	27
Estimación del número de semillas expulsadas con los excrementos	29
Pérdida de humedad en los excrementos	30
Evaluación de la proporción de agua y "sólidos solubles" en frutos de <u>Opuntia</u> spp.	31

	Página
Daño, germinación y viabilidad de las semillas de <u>Opuntia</u> spp. que transitaron por el canal digestivo de las terneras	31
Remoción de semillas en excrementos	32
Métodos de evaluación y análisis	32
RESULTADOS	33
Estimación del tamaño y número de semillas de <u>Opuntia</u> spp. ingeridas por las terneras	33
Estimación del número de semillas expulsadas con los excrementos	33
Pérdida de humedad en los excrementos	36
Evaluación de la proporción de agua y "sólidos solubles" en frutos de <u>Opuntia</u> spp.	36
Daño, germinación y viabilidad de las semillas de <u>Opuntia</u> spp. que transitaron por el canal digestivo de las terneras	46
Remoción de semillas en excrementos	51
DISCUSION	53
CONCLUSIONES	58
LITERATURA CITADA	60
APENDICE	69

RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas de México constituyen por su extensión más de la mitad del territorio nacional. En estas regiones se encuentran diversas comunidades vegetales como las no paleras, en las que habitan varios grupos de animales silvestres y domésticos; en ellas el ganado bovino frecuentemente consume cladodios y frutos de Opuntia lindheimeri y O. streptacantha por lo que puede considerarseles dispersores potenciales de sus semillas.

Con el propósito de evaluar el efecto de dietas diferentes en la dispersión de semillas, en el presente trabajo se estudió el patrón de expulsión, la velocidad de paso, el nivel de daño, la viabilidad y el porcentaje de germinación de semillas de Opuntia lindheimeri y O. streptacantha, ingeridas por bovinos alimentados con dos dietas contrastantes en el contenido de celulosa, lignina y materia seca (dietas dura y blanda). Los resultados mostraron que la composición de la dieta no afecta la cantidad de semillas de O. lindheimeri expulsadas, pero contribuye a determinar su patrón de paso y el nivel de daño. La composición de la dieta afecta estos tres atributos para las semillas de O. streptacantha.

Las semillas ingeridas junto con dieta blanda son expulsadas más pronto y durante más tiempo que las ingeridas con dieta dura, el tamaño de la semilla afecta su velocidad de paso y su nivel de daño, el tránsito de las semillas por el canal digestivo no modifica su viabilidad en relación con semillas de frutos intactos pero reduce su germinación, sugiriendo inducción de la tencia. Se propone que la interacción de las semillas y frutos

de Opuntia spp. con ungulados, aparentemente contribuye a la selección de diversos atributos de las plantas de éste género, y que estos patrones de selección pueden haber variado como resultado de la alteración del contexto ambiental con lo que posiblemente contribuyeron a la diferenciación de sus especies.

INTRODUCCION

La ubicación y la forma del territorio de la República Mexicana revisten características notables: comprende 1 972 547 km² de extensión, distribuidos más o menos de manera equitativa a ambos lados del Trópico de Cáncer en una masa continental estrecha, y sus extremos meridional y boreal alcanzan los paralelos 14° 30' N y 32° 42' N respectivamente. Estas características son quizás los factores determinantes más significativos del clima que prevalece en el país (Rzedowski 1978).

A nivel regional, la complicada y variada topografía y la situación de sus principales cordilleras, influyen de manera decisiva en la distribución de la humedad y la temperatura, determinando gran parte de la aridez del altiplano (Rzedowski 1978). Las zonas áridas y semiáridas en México constituyen para el país un problema de gran magnitud, comprenden aproximadamente un millón de km² que en su mayoría son improductivas o su producción es baja (Rzedowski 1968). Estas zonas están formadas principalmente por comunidades de pastizales y matorrales, donde las cactáceas constituyen un elemento frecuente. Entre las cactáceas, los nopales de tipo arborescente son importantes desde el punto de vista económico, al producir cladodios tiernos y frutos que tienen un alto contenido de agua e hidratos de carbono que el hombre utiliza como alimento, lo que ha permitido que algunas especies tengan un comercio regular. Desde el punto de vista ecológico, estas comunidades vegetales son importantes por la gran diversidad animal que albergan y con los que han interactuado desde hace mucho tiempo.

Actualmente una gran extensión de zonas áridas y semiáridas

das son destinadas a áreas de agostadero donde pastorean y ramonean grandes hatos de varias especies de ungulados domésticos, tales como: reses, caballos, burros, borregos, cabras y cerdos (Hernández-Xolocotzi 1959, 1970, 1979) y unas cuantas especies de ungulados silvestres como: venados, jabalíes y berrendos (Fogden, Fogden y Peña 1978) y probablemente hace 10 000 años lo hacían muchas otras especies de este grupo de mamíferos (Janzen y Martín 1982, Anderson 1984, Janzen 1986).

Autores como McNaughton (1979, 1985), Mack y Thompson (1982), Guthrie (1984) y McNaughton y Chapin (1985), mostraron el efecto de la herbivoría de los ungulados sobre la fisiología y demografía de las plantas que consumen. Algunos herbívoros son capaces de afectar la densidad y la productividad futura de las plantas de que se alimentan, por lo que aquellos más eficaces provocarían su propia extinción, si no dispusieran de alguna restricción que impida la explotación excesiva de las plantas en que ejercen su actividad depredatoria. Aparentemente, la mayor parte de los sistemas de plantas y herbívoros presentan un equilibrio oscilante, debido a que algunas poblaciones de estos animales mantienen su reserva de alimento, provocando la variación de este último, que con frecuencia se traduce en un efecto determinado por la densidad de los mismos (Krebs 1985). El sobrepastoreo por ungulados generalmente se traduce en cambios poblacionales de abundancia y distribución y cambios a nivel de comunidad donde las especies más exitosas tienen menor valor nutritivo, ya que resultan poco apetecibles al ganado (Sampson 1952, Stoddart, Smith y Box 1975). La actividad de estos puede tener un efecto más amplio sobre la comunidad vegetal, así por ejemplo, la interacción entre plantas y animales puede

proveer a las primeras con un mecanismo para la dispersión de sus semillas (Janzen 1984, González-Espinosa y Quintana-Ascencio 1986).

El efecto ecológico y evolutivo de esta interacción se desconoce casi por completo y ante su amplia ocurrencia es posible que su estudio contribuya al entendimiento de la dinámica de estas poblaciones.

El estudio de las interacciones de orden superior es esencial para la comprensión de muchos aspectos del mutualismo entre plantas y animales (Herrera 1985). Diversos organismos pueden ejercer presiones de selección, sobre características relacionadas con esta interacción, a través de su efecto en la sobrevivencia de semillas dispersadas por otros organismos.

Varios factores pueden participar en los patrones de dispersión de semillas ingeridas por ungulados, entre ellos se tienen como factores de primer orden las particularidades anatómicas y fisiológicas de los aparatos digestivos de estos animales (Janis 1976), la forma, tamaño, gravedad específica y otras características de las semillas (Harper, Lovell y Moore 1970), pueden influir en su tránsito y sobrevivencia por el canal digestivo. Factores de otro orden como las características nutricionales del alimento que acompaña a las semillas ingeridas, pueden intervenir en la velocidad de paso y patrón de expulsión (Argenzio *et al.* 1974). Por otro lado, las semillas depositadas con los excrementos pueden ser removidas por diversos animales, como insectos, aves y roedores, los cuales pueden modificar su sobrevivencia (Janzen 1982a, 1982b, 1982e, González-Espinosa y Quintana-Ascencio 1986) o las semillas pueden permanecer largo tiempo expuestas a diversos patógenos.

En este trabajo se pretende conocer de manera preliminar, la interacción que se observa entre Opuntia spp. y ungulados domésticos. Se estudiará la velocidad de paso y el patrón de expulsión de semillas de Opuntia spp. que transitan por el canal digestivo de terneras, en función de la calidad de la dieta administrada a estos animales. Finalmente se dará una posible interpretación ecológica de esta interacción presente en la naturaleza.

ANTECEDENTES

La dispersión de semillas

Los frutos y semillas de muchas plantas constituyen el alimento de diversos animales, y posiblemente la relación entre ellos proporciona el principal mecanismo para la dispersión de las semillas.

Estudios recientes sobre frugivoría y dispersión de semillas, señalan la carencia general de especificidad entre los organismos que mantienen este tipo de interacciones (Howe y Smallwood 1982, Herrera 1982, González-Espinosa y Quintana-Ascencio 1986). Algunos estudios teóricos sobre el tema (Howe y Smallwood 1982, Wheelwright y Orians 1982, Schemske 1983, Howe 1984, Herrera 1985), sugieren la existencia de factores que limitan la coevolución entre plantas y dispersores de sus semillas, entre ellos se tienen:

1. La selección puede hacerse difusa debido a la diversidad de animales que tiene acceso a los frutos y semillas de una planta (Bonaccorso, Glanz y Sandford 1980, González-Espinosa y Quintana-Ascencio 1986), y aquella de los frutos que pueden incluirse en la dieta de un animal (Walker 1975).
2. Los cambios ambientales, sucesión, perturbación, etc., pueden modificar los patrones de selección de plantas en tiempo y espacio (Thompson y Willson 1978, Pudlo, Beattie y Culver 1980).
3. La variación en edad y distribución de las poblaciones de organismos puede alterar la interacción (Howe y Estabrook 1977).
4. El amplio flujo genético derivado de la dispersión de las semillas y las diferencias entre las tasas evolutivas de los orga

nismos mutualistas, reducen la probabilidad de una evolución conjunta (Howe 1984, Herrera 1985).

Herrera (1985) sugiere que estos factores pueden haber favorecido en conjunto, un tipo de coevolución difusa entre plantas y animales. Así en relación con la dispersión de sus semillas, las especies de plantas pueden haber respondido evolutivamente a una presión selectiva que combinó la de las contrapartes en el mutualismo, las características de las plantas coexistentes y la de otros organismos no dispersores (patógenos, depredadores, etc.), cuya intensidad de selección pudo variar en diferentes condiciones ambientales.

Los ungulados como dispersores y depredadores de semillas

Los ungulados (órdenes Proboscidea, Perissodactyla y Artiodactyla) se alimentan principalmente de las partes vegetativas de las plantas (tallos y hojas), pero es frecuente que consuman los frutos de algunas de ellas (Walker 1975). Estos animales también pueden ingerir los frutos y semillas de muchas plantas herbáceas cuando las consumen como forraje (Ridley 1930 Van Der Pijl 1972, Wicklow y Zac 1983, Janzen 1984).

Estudios relacionados con la sobrevivencia de semillas que pasan por el canal digestivo de estos animales han demostrado que después de expulsadas, muchas de éstas permanecen viables y algunas incluso pueden germinar en los excrementos en que son depositadas (Ridley 1930, Burton y Andrews 1948, Janzen 1981a, 1981b, 1981c, 1982d, 1984, Wicklow y Zac 1983, Quintana-Ascencio 1985).

Las velocidades de paso observadas son muy diversas y va-

riables, ya que semillas pequeñas como Guazuma ulmifolia pueden tardar de 24 a 72 horas para pasar cuando las ingiere un caballo (Janzen 1982d), mientras que semillas grandes como las de Enterolobium cyclocarpum pueden tardar de 24 horas a semanas en una res, o meses en un caballo (Janzen 1982c). Argenzio et al. (1974), sugieren que la desaparición de los sólidos en el rúmen de los bovinos y el paso del forraje a través del intestino, pueden depender en gran parte del tamaño de las partículas y de la cantidad de materia seca y/o digerible presente en estas estructuras.

En forma similar, los porcentajes de sobrevivencia de las semillas varían ampliamente, de esta manera, algunos ungulados como jabalíes, cerdos y tapires matan la mayoría de las semillas que ingieren, mientras que otros, como las reses, expulsan viables una gran parte de las semillas (Ridley 1930, Janzen 1971, 1981c, 1982c, Quintana-Ascencio 1985). Burton y Andrews (1948), encontraron que los porcentajes de sobrevivencia de las semillas de las especies de pastos Paspalum dilatatum (23 %), Sorghum halapense (30 %) y Cynodon dactylon (50 %) variaban proporcionalmente con la dureza de sus cubiertas.

Deposición de las semillas en los excrementos

La distribución de las semillas depositadas en los excrementos de los ungulados probablemente no es homogénea (Janzen 1983), y puede resultar en la acumulación de muchas de ellas en una deposición simultánea (Janzen 1981b, 1981c, Quintana-Ascencio 1985), o por el uso de un mismo sitio de deyección (Bissonette 1982). Otros factores como los movimientos migrato-

rios y la distribución de la actividad de los ungulados entre diferentes hábitats en la comunidad (Bock y Bock 1979, Bissonette 1982, Krysl et al. 1984, Senft, Rittenhouse y Woodmansee 1985, McNaughton 1985) pueden afectar la distribución de las semillas ingeridas.

Las semillas que sobreviven al paso a través del canal digestivo de los ungulados y que son expulsadas con los excrementos, pueden ser afectadas por diversos factores en su sobrevivencia y establecimiento. Algunos animales como hormigas recolectoras (Pogonomyrmex barbatus), algunas aves (Corvus spp.) (Quintana-Ascencio 1985) y varias especies de roedores (Liomys spp. y Perognathus spp.) (Janzen 1982a, 1982b, 1982c, Quintana-Ascencio 1985), pueden remover y depredar las semillas que encuentran en los excrementos de los ungulados. El hábitat donde las heces son depositadas, la densidad de semillas y el tamaño y tipo de excremento pueden afectar los niveles de remoción y depredación de las semillas por estos animales (Janzen 1982a, Quintana-Ascencio comun. pers.). En condiciones semiáridas, algunos excrementos pueden persistir por largos periodos (más de un año). Wicklow y Zac (1983), mostraron que el tiempo de permanencia de semillas de Bouteloua gracilis y Sporobolus cryptandrus dentro de excrementos en esta condición afecta su sobrevivencia.

Descripción del aparato digestivo en ungulados

Los ungulados del orden Artiodactyla se dividen en dos grupos: rumiantes y no rumiantes. El primero incluye a las reses, ovejas, cabras, camellos, antílopes, ciervos, y entre los no

rumiantes se encuentran los cerdos e hipopótamos (Weichert 1977). La dentición de los artiodáctilos está altamente especializada, los incisivos superiores se han perdido en las formas recientes, quienes utilizan directamente las encías para cortar. Los premolares no están molarizados, pero una eficiente batería trituradora es a menudo suministrada por la serie de molares hipsodontes alargados, esta superficie trituradora, se da mediante el desarrollo de cada una de las cuatro cúspides originales que forma una cresta longitudinal en forma de media luna (condición selenodonta). Las articulaciones temporal-mandibular son aplanadas, permitiendo movimientos rotatorios de la mandíbula, producidos por el músculo pterigoideo. La lengua es grande y constituye una parte importante del mecanismo cortante y triturador, es muy móvil, extensible y aguda, y las papilas que la cubren son a menudo córneas. Es común la presencia de glándulas molares desarrolladas, cuya secreción facilita la deglución de las plantas (Janis 1976, Weichert 1977). La complejidad del estómago es común a todos los artiodáctilos y consta de cuatro cámaras: el rúmen, el bonete, el omaso y el obomaso (figura 1). La alimentación se inicia cuando los animales engullen el alimento (hojas, frutos, etc.) llenando el rúmen, que es una cavidad amplia en forma de saco, donde se almacena. En esta cámara se da una simbiosis con una bacteria que secreta enzimas, que inciden sobre la celulosa presente en las paredes celulares vegetales, el producto de la fermentación origina la formación de ácidos grasos volátiles, muchos de los cuales son absorbidos a través de las paredes del rúmen tan rápido como son formados (Barcroft et al. 1944). Junto con la celulosa se incorporan a la fermentación, carbohidratos solubles, proteínas y amoníaco,

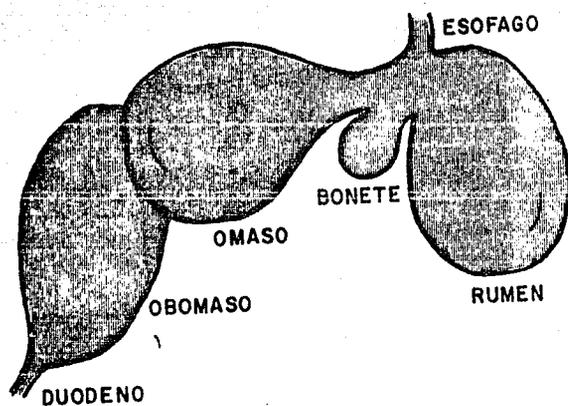


FIG.1. ESQUEMA DEL ESTOMAGO DE LOS RUMIANTES

que son utilizados como una fuente principal para el crecimiento y la reproducción de las mismas bacterias, ya que un gran número de estas son continuamente arrastradas a través del omaso donde son digeridas por proteasas (Janis 1976). El proceso digestivo de los rumiantes depende del tubo esofágico que va desde el cardias hasta el omaso, cuando los bordes de este se juntan, el alimento no entra al bonete y es devuelto del rúmen a la boca, después de masticado el bolo es tragado de nuevo, el surco se abre y el alimento pasa al bonete. Un factor esencial en este sitio, es el conducto que comunica el bonete con el omaso, el cual requiere de un cierto tamaño del alimento, que puede facilitarse mediante las secreciones del rúmen (Balch y Campling 1965). La acción de este conducto ha demostrado ser el factor de retención del alimento hasta en un 90 %, tardándose en este trayecto aproximadamente 30 horas en una res (Balch 1950). Argenzio et al. (1974), Church (1975) y Baile y Forbes (1974), mostraron que la desaparición de las partículas sólidas en el rúmen y el paso del forraje en los siguientes compartimientos, parece depender en gran parte de la cantidad de materia seca, tamaño y forma de las partículas y la calidad del alimento. Antes de pasar el alimento al omaso sufre una deshidratación, en esta última cámara considerada como "estómago verdadero", se encuentran glándulas de pepsina que concluyen la digestión. No existe la menor duda de que este complicado mecanismo digestivo ha contribuido al éxito de los artiodáctilos, permitiéndoles ingerir rápidamente su alimento y retirarse, para después digerirlo en condiciones de seguridad lejos de sus depredadores. El eficiente sistema de descomposición de la celulosa, los ha hecho también aptos para aprovechar las plantas du

ras y otras fuentes de alimentación en apariencia poco prometedoras (Young 1977).

Descripción de la nopalera

Entre los tipos de vegetación presentes en el altiplano central mexicano se encuentran las nopaleras (Miranda y Hernández-Xolocotzi 1963). Estas comunidades vegetales están dominadas por plantas del género Opuntia, que se distribuyen en climas semisecos templados (BSK) con veranos cálidos lluviosos, cuya precipitación promedio anual varía entre 300 y 600 mm y con temperaturas entre los 16 a 22 °C en promedio anual (García 1973). Se localizan en suelos franco arenosos y someros, derivados de roca volcánica, sobre planicies o bajadas con pendiente ligera (Rzedowski 1978). Aunque las nopaleras cubrieron hasta hace pocos años extensas superficies de los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Querétaro e Hidalgo y el "valle de México", actualmente y como consecuencia de la actividad humana, estas áreas conservan solo algunos relictos aislados. En estas comunidades, especies de Yucca, Acacia y Prosopis forman un estrato eminente, mientras que diversos arbustos micrófilos como Mimosa, Dalea y Larrea conviven en niveles inferiores (Rzedowski 1978). El estrato herbáceo puede ser numeroso y está dominado por especies anuales y perennes de gramíneas, compuestas y leguminosas (Rodríguez-Zapata 1981, Rivas-Manzano 1984).

En este tipo de vegetación, las reses, caballos, cabras y otros ungulados consumen gran cantidad de frutos de muchas especies de plantas y es probable que contribuyan a la dispersión

de semillas. Se han observado semillas y plántulas de Opuntia spp., Bouteloua spp. y otras especies en sus excrementos (Quintana-Ascencio comun. pers.).

La variación estacional de la digestibilidad de la dieta de los ungulados en las regiones semiáridas (relativamente alta en julio y octubre y baja el resto del año), y la abundancia de depredadores y patógenos de las semillas y de otros dispersores (Pfister et al. 1984, Quintana-Ascencio 1985), sugiere que los patrones de dispersión de semillas por ungulados en las regiones semiáridas del centro de México puede variar, dependiendo de la época del año.

Fenología y morfología de Opuntia lindheimeri y Opuntia streptacantha

Las especies de Opuntia presentan diferencias específicas en su morfología y fenología, características que pueden provocar respuestas diferentes por parte de los depredadores y dispersores.

O. lindheimeri es una planta arbustiva subrecta, de 0.6 a 3 metros de altura, sin tronco definido, artículos ascendentes, abovados, subcirculares, normalmente en número de 13 a 20, con 30 cm de largo, de 12 a 15 cm de ancho y hasta 10 mm de espesor, de color verde amarillento, areólas ditantes 2.5 a 4 cm entre sí; mientras que O. streptacantha es una planta arborescente, de 2 a 5 metros de altura, con tronco definido, con corteza lisa, muy ramificada, artículos adultos angostamente abovados de 20 a 30 cm de largo, de 12 a 23 cm de ancho y 3 a 4 cm de espesor, de color verde oscuro grisáceos, areólas dispuestas en es-

pirales distantes entre sí aproximadamente 3 cm (Rzedowski y Rzedowski 1985). La composición química del fruto de O. lindheimeri no se obtuvo en la literatura consultada, sin embargo O. streptacantha, según análisis de Ramírez (1972) está compuesto de varios elementos químicos entre los que destaca el agua y azúcares posiblemente en forma de sacarosa o glucosa (Cuadro 1).

Estas características morfológicas, químicas, fisiológicas y demográficas de los individuos de Opuntia, como son: forma y tamaño de los frutos, dureza de la cubierta de las semillas, forma de articulación, presencia de espinas y efecto hipoglucemiante del consumo de los cladodios, y el tamaño y forma de la planta, (Janzen 1986, Quintana-Ascencio 1985), sugieren que la actividad de mamíferos de gran tamaño (por ejemplo ungulados), constituye y ha constituido un factor importante de selección natural en estas comunidades (Janzen y Martín 1982, Janzen 1986).

Las plantas de Opuntia spp. fructifican de junio a noviembre de cada año (Rodríguez-Zapata 1981). El fruto es una baya de forma globosa, las areólas conservan algunas espinas y abundantes glóquidas (Bravo-Hollis 1978). En las dos visitas realizadas a Pachuca (10. de septiembre y 5 de octubre de 1986), se observaron plantas de O. lindheimeri con frutos maduros de color rojo púrpura, mientras que O. streptacantha presentó en ambas ocasiones frutos maduros rojo carmesí e inmaduros verdes, sugiriendo una fructificación más tardía (obs. pers.). El color del fruto en ambas especies, contrasta fuertemente con el fondo verde que presenta la planta, lo que puede hacer al fruto evidente para los vertebrados (obs. pers.). Con base en lo anterior

**Cuadro 1. Composición química del fruto de Opuntia streptacantha
Información base tomada de Ramírez (1972).**

Componentes Químicos	Unidades
Humedad	88 g
Vitamina A	0.41 mg
Tiamina	0.04 mg
Riboflavina	0.15 mg
Ac. Nicotínico	2.43 mg
Ac. Ascórbico	23.90 mg
Calcio	3.45 mg
Fósforo	92.0 mg
Hierro	13.92 mg
Potasio	500 mg
Ac. Cítrico	0.07 mg
Pectina	0.07 mg
Cenizas	0.32 mg
Grasa	0.04 mg
Albuminoides	0.95 mg
Glúcidos	58.65 mg

es posible que la depredación por los vertebrados se presente en forma diferente para cada especie.

Tradicionalmente Opuntia spp., ha servido para la alimentación del ganado en estabulación (cladodios y frutos) y para pastoreo en la época de sequía (Garza y Narváez 1963), generalmente se administra el cladodio quemándole las espinas para evitar la lesión de la boca en los animales. Sin embargo, se ha observado, que los animales alimentados exclusivamente con nopal pierden peso, presentan síntomas de desnutrición, edemas subcutáneos y constipación, por lo que se les denomina en los rastros "reses nopaleras", ocasionando un precio de compra inferior por la calidad de la canal (Garza y Narváez 1963).

OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto de la cantidad de materia seca, celulosa y lignina, y el tamaño de las semillas de Opuntia lindheimeri y O. streptacantha, sobre su patrón de paso a través del canal digestivo en terneras y su deposición en los excrementos.
2. Evaluar la germinación y viabilidad de las semillas presentes en los excrementos de estos animales, como resultado de su previa ingestión con los frutos.
3. Proponer una posible interpretación ecológica del efecto potencial de dietas diferentes (blanda y dura), en la dispersión de semillas por ungulados domésticos bajo condiciones controladas.

HIPOTESIS

1. El incremento de materia seca, celulosa y lignina en la dieta de una ternera disminuye la velocidad de expulsión de se millas ingeridas junto con el alimento.
2. El incremento en el tamaño de las semillas ingeridas disminuye la velocidad de expulsión de estas.
3. La reducción en el tiempo dentro del canal digestivo de las semillas incrementa la probabilidad de sobrevivencia de estas.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de las áreas para el trabajo de campo

Se localizaron dos sitios, el primero (Sitio 1.), situado a $20^{\circ} 05'$ latitud norte, $98^{\circ} 50'$ longitud oeste en dirección no roeste de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, con una altitud de 2400 a 2500 m.s.n.m. (Carta Topográfica CETENAL F-14-D81, Esc. 1:50 000), presenta un clima semiseco, templado (BSk) con lluvias durante los meses de mayo a octubre alcanzando una precipitación total anual promedio de 374 mm y una temperatura de 13.3°C en promedio anual (Figura 2. Datos del Servicio Meteorológico Nacional de 1981 a 1984). El suelo es pedregoso de textura arenosa. Se practica la agricultura de temporal, el cultivo del maguey y el pastoreo de ganado bovino y caprino. En este lugar se colectaron frutos maduros de O. lindheimeri el 10. de septiembre de 1986 y O. streptacantha el 5 de octubre del mismo año, también se hicieron observaciones sobre los frutos consumidos, número de frutos por planta, entre otras.

Sitio 2. "La Purificación" Estado de México, esta localizado a $39^{\circ} 35'$ latitud norte y $98^{\circ} 50'$ de longitud oeste a una altitud de 2550 m.s.n.m. (Carta Topográfica CETENAL E-14-B-21, Esc. 1:50 000), presenta un clima semiseco templado (BSk) con lluvias predominantes durante los meses de mayo a octubre, alcanzando una precipitación total anual promedio de 595 mm y con una temperatura de 15.7°C en promedio anual (Figura 3. Datos del Servicio Meteorológico Nacional de 1981 a 1984). El suelo es de composición ígnea de baja permeabilidad. Se practica la agricultura de temporal y el pastoreo de ganado bovino y capri-

**Figura 2. Climograma del sitio 1. Estación Pachuca, Hidalgo.
Información base tomada del Servicio Metereológico
Nacional. S.A.R.H. Promedio de 1981 a 1984.**

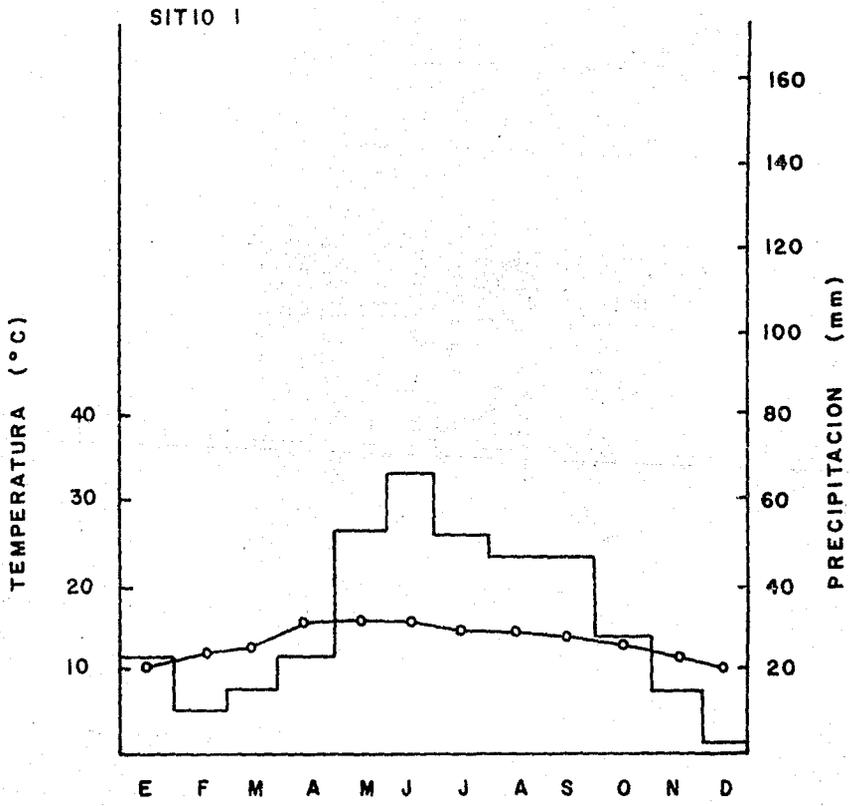
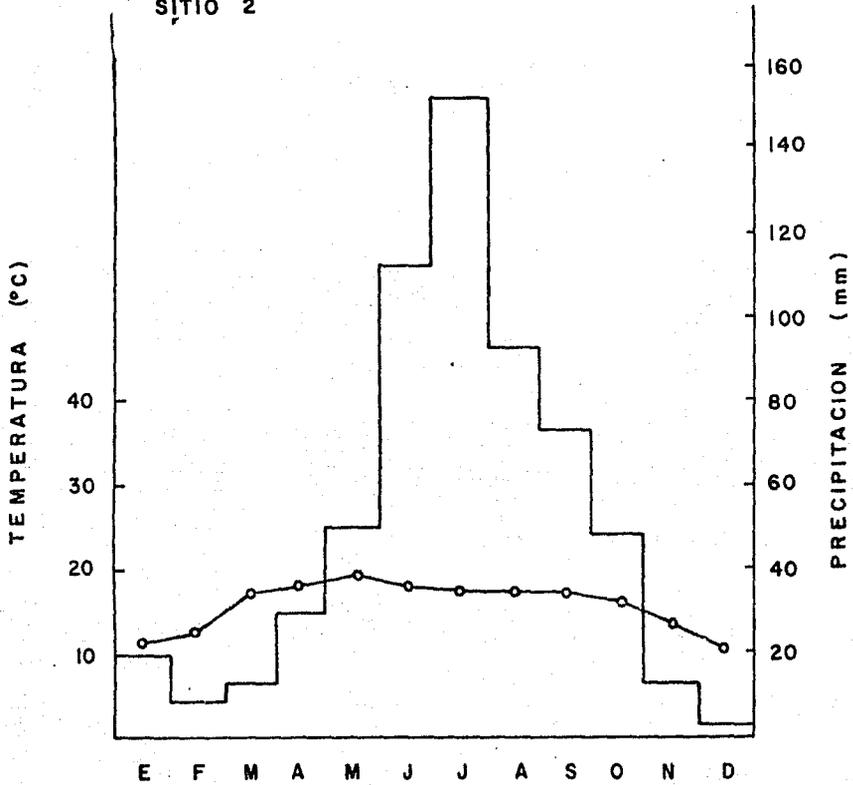


Figura 3. Climograma del sitio 2. Estación Texcoco, Estado de México. Información base tomada del Servicio Meteorológico Nacional. S. A. R. H. Promedio de 1981 a 1984.

SITIO 2



no. En este lugar se presenta vegetación de tipo matorral y pastizal inducido, destacando la presencia de plantas de O. streptacantha y la ausencia de O. lindheimeri. El 2 de noviembre de 1986 se colocaron muestras de excremento de las terneras, mezcladas con las semillas de O. streptacantha para observar la remoción de estas por la fauna propia de la zona. Los excrementos fueron observados durante los tres días siguientes a su colocación.

El sistema de estabulación de las terneras

En la granja del Colegio de Posgraduados (C.P.) en Montecillos Estado de México, se mantuvieron estabuladas, a partir del 18 de agosto de 1986, cuatro terneras (Bos taurus) de la raza Holstein con número de registro del C.P. 07, 10, 48 y 293, que en el trabajo aparecen con la denotación siguiente: 07=B1, 10=B2, 48=D1 y 293=D2. El establo esta techado y tiene pisos de cemento, los animales estuvieron todo el tiempo amarrados con una cuerda que solo les permitió recostarse y algunos movimientos hacia atrás y hacia adelante. El sistema de estabulado permitió reconocer y recoger los excrementos de cada uno en forma independiente. El alimento y la cantidad de agua no se limitó y estuvo todo el tiempo libre y a su disposición. Las terneras fueron sometidas en grupos de dos a dietas diferentes, la B1 y B2 con una dieta blanda de forrajes tiernos y frescos a fin de proporcionar a estos animales un alimento con baja cantidad de lignina y celulosa, facilitando la digestión durante su trayecto por el aparato digestivo. Las terneras D1 y D2 fueron sometidas a una dieta dura, compuesta principalmente por rastrojo de

maíz, que posee una gran cantidad de lignina y celulosa así como una elevada cantidad de materia seca. Las cuatro terneras recibieron adicionalmente un complemento alimenticio, ya que estaban destinadas a la producción lechera (Cuadro 2.).

Después de suministrar a las terneras estos alimentos durante dos semanas, en la mañana del 3 de septiembre de 1986 se les proporcionaron 51 frutos de O. lindheimeri a cada animal. El volumen de excremento se midió con una cubeta graduada en 250 ml, del total (los valores obtenidos se incluyen en los apéndices 1,2,3 y 4) se tomó una muestra de 500 ml tanto de la mañana (8:00 a.m.) como de la tarde (5:00 p.m.). Después de cada muestreo el lugar era aseado. Esta actividad se llevó a cabo del 3 al 16 de septiembre de 1986. Posteriormente se dejaron dos semanas para hacer la misma labor con O. streptacantha, (40 frutos a cada ternera), el tiempo de experimentación con esta especie se realizó del 7 al 15 de octubre y fue suspendido por problemas laborales en la granja. Los excrementos se pusieron a secar en el piso de un invernadero cercano hasta que tuvieron una consistencia dura en la que se distinguieron las semillas (aproximadamente dos semanas después), para después ser revisados y recuperarlas.

Estimación del tamaño y número de semillas de Opuntia spp. ingeridas por las terneras

En el tamaño de las semillas se consideraron dos medidas: a) la parte más larga y b) la más gruesa, las medidas se tomaron con un calibrador (0.01 mm), siendo el tamaño de muestra de 100 semillas tomadas al azar por especie. Para conocer el núme-

Cuadro 2. Descripción y calidad de los forrajes administrados a las terneras. Información base tomada de Harvard (1969)

Dieta	Alimento	+ Contenido			Forma en que se proporcionó.
		Celulosa		Materia seca en g/kg.	
		Bruta	Digestible		
Blanda	Tallo de maíz con la espiga lechosa.	5.4	3.0	420	Cortado
	Alfalfa antes de la floración.	6.8	2.9	240	Cortado
	Silo alfalfa.	5.0	2.1	170	Picado
	Silo maíz.	5.7	3.2	185	Picado
Dura	Rastrojo	39.2	23.5	850	Cortado y Picado

+ Composición por cada 100 partes de alimento.

ro de semillas ingeridas, se tomaron 52 frutos al azar de O. lindheimeri y 39 de O. streptacantha, se pesaron con una balanza electrónica (0.01 g) y se obtuvo el peso fresco de cada uno de ellos considerando tanto el pericarpio como las glóquidas; posteriormente se extrajeron y contaron las semillas de cada fruto estableciendo una correlación entre el peso fresco de los frutos contra el número de semillas observadas, para estimar a su vez el número de semillas ingeridas por ternera.

Estimación del número de semillas expulsadas con los excrementos

La estimación se hizo mediante una proporción directa (Z) que consideró tres variables: a) el volumen total de excremento expulsado, b) el número de semillas encontradas en la muestra y c) el volumen de la muestra de excremento (1/2 litro), arregladas de la forma siguiente:

$$\begin{array}{rcccl} \text{Número estimado} & & \text{Volumen total} & & \text{Número de semillas} \\ \text{de semillas} & & \text{de excremento} & \times & \text{en la muestra} \\ \text{expulsadas} & & \text{expulsado (a)} & & \text{(b)} \\ \text{(Z)} & = & & & \\ & & \text{Volumen de la muestra (1/2 litro)} & & \text{(c)} \end{array}$$

El volumen de excremento expulsado fue recogido y muestreado de manera independiente para cada una de las terneras en la mañana y en la tarde. El número de semillas encontradas en la mañana se consideró separado de las encontradas en la tarde, sin embargo para ser graficadas e interpretadas se tomaron ambas en forma acumulada, esto es, al número de semillas de la ma

ñana se le sumaron las encontradas en la tarde del mismo día, con las encontradas en la mañana y tarde del siguiente día y así sucesivamente.

Al número de semillas encontradas en las muestras de excremento, se les consideró tomando su incremento porcentual por día respecto al total expulsado de ambas especies de Opuntia spp. para cada una de las cuatro terneras, finalmente, se hicieron cuatro comparaciones en función de la dieta administrada entre los siguientes cuatro días después de la ingestión de los frutos, considerando el número de semillas estimado (Z) de cada muestreo efectuado por ternera: la primera consistió en comparar la cantidad de semillas expulsadas de O. lindheimeri y las de O. streptacantha por las terneras B1 + B2 sometidas a dieta blanda, una segunda comparación se hizo entre las semillas de ambas especies de Opuntia spp. expulsadas por las terneras D1 + D2 alimentadas con dieta dura, la tercera comparación se estableció entre las dos dietas, respecto al número de semillas expulsadas de O. lindheimeri y la última consistió en la comparación de las dos dietas respecto al número de semillas expulsadas de O. streptacantha.

Pérdida de humedad en los excrementos.

Se tomaron siete muestras de excremento de cada una de las cuatro terneras y se colocaron en envases de plástico con capacidad de 100 ml, el peso de las muestras se registró diariamente a lo largo de 10 días con una balanza electrónica (0.01 g). También se pretendió evaluar el "grado de dureza" de los excrementos empleando un penetrómetro (Soilt-test), aparato empleado

en trabajos de campo para conocer el grado de dureza de los sue
los.

Evaluación de la proporción de agua y "sólidos solubles" en
frutos de Opuntia spp.

El agua en los frutos de Opuntia spp. constituye una parte importante de su peso; para determinarlo se utilizaron 10 frutos de cada especie, los cuales fueron pesados individualmente con una balanza electrónica (0.01 g), posteriormente, fueron en vueltos en papel absorbente y puestos a secar en una estufa a 25°C durante 15 días, se pesaron nuevamente y se conoció el peso seco de los mismos. La cantidad de "sólidos solubles" se analizó en muestras de pulpa de cinco frutos de ambas especies de Opuntia, para examinarlas con un refractómetro (Schmidt-Haensch) a 25°C en grados BRIX.

Daño, germinación y viabilidad de las semillas de Opuntia spp.
que transitaron por el canal digestivo de las terneras

Las semillas expulsadas con los excrementos fueron clasifi
cadas mediante observación microscópica en semillas con daño y sin daño aparente en la testa. Después de revisar todas las mues
tras, las semillas encontradas se pusieron a germinar a la in
temperie en vasos de unicel con una mezcla de arena y tezontle en partes iguales, separándolas por dieta y día; al mismo tiem
po, 100 semillas de O. lindheimeri y 100 de O. streptacantha eran puestas como testigos, a partir del 7 de febrero y hasta el 3 de octubre de 1987. A las semillas que transitaron por el canal digestivo de las terneras, sometidas a ambas dietas y que

no germinaron hasta el 3 de octubre de 1987, se les aplicó una prueba de viabilidad, utilizando el 2,3,5 cloruro de trifeniltetrazolio, clasificándolas en semillas con testa vacía sin el embrión ni los cotiledones (vanas), las que se colorearon en respuesta a este reactivo (viables) y las que no respondieron (no viables).

Remoción de semillas en excrementos

Para detectar la visita a los excrementos de posibles depredadores y/o dispersores de semillas, en el sitio 2 ("La Purificación" Estado de México), se colocaron 30 muestras de excremento de terneras alimentadas con ambas dietas y mezclados con 500 semillas de O. streptacantha. La colocación de las muestras fue al azar, con una separación entre cada una de ellas de 10 metros.

Métodos de evaluación y análisis

Para el análisis de datos se utilizó una computadora IEM-3145 del Centro de Estadística y Cálculo del C.P.. En este estudio se usaron pruebas estadísticas no paramétricas debido a que se desconoce la distribución muestral (Siegel 1956), entre las citadas en este estudio podemos mencionar la prueba de U de Mann-Whitney, las tablas de contingencia de χ^2 y el análisis de varianza de Kruskal-Wallis.

Para el análisis de las características de los frutos se supuso una distribución normal y se usó una prueba de t de student.

RESULTADOS

Estimación del tamaño y número de semillas de *Opuntia* spp. ingeridas por las terneras.

En el cuadro 3 se muestran los promedios con error standar de la medición efectuada en semillas de *O. lindheimeri* (N=100) y de *O. streptacantha* (N=100), se observa un mayor tamaño tanto en largo como grueso de las semillas de *O. streptacantha*. En los cuadros 4 y 5 aparece el peso promedio de los frutos frescos de *O. lindheimeri* (N=51) y *O. streptacantha* (N=40) respectivamente. En general el peso del fruto de *O. lindheimeri* fue menor en una proporción aproximada de 1:3 respectivamente. En los mismos cuadros se muestra el número promedio estimado de semillas/fruto ingeridas por ternera, obtenido de la correlación del peso fresco de los frutos y el número observado de semillas/fruto que se cuantificaron en forma directa para *O. lindheimeri* ($Y=9.19 (X)-5.76$, N=52, $r=0.7440$ P .001, Zar 1974) y *O. streptacantha* ($Y=3.0 (X)-7.66$, N=39, $r=0.8069$ P .001, Zar 1974); también se muestran los totales estimados de semillas de ambas especies de *Opuntia* ingeridas por las terneras. El número de frutos ingeridos fue diferente para cada especie de *Opuntia* debido a la escasa disponibilidad de frutos maduros de *O. streptacantha* el día de la colecta.

Estimación del número de semillas expulsadas con los excrementos

Cuadro 3. Tamaño promedio de las semillas de Opuntia spp. y valores de probabilidad asociados a la prueba de U de Mann-Whitney (N1 y N2 = 100).

	<u>O. lindheimeri</u>	<u>O. streptacantha</u>	P
largo mm. ($\bar{X} \pm 1e.e.$, c.v.)	2.6 \pm 0.06, 25.24	4.3 \pm 0.03, 17.54	.00003
grueso mm. ($\bar{X} \pm 1e.e.$, c.v.)	1.2 \pm 0.02, 7.97	1.6 \pm 0.01, 9.52	.00003

Cuadro 4. Promedio del peso/fruto, número promedio de semillas/fruto (No. de frutos observados = 52) y número total de semillas de O. lindheimeri ingeridas por ternera.

Grupo	Peso/fruto gramos ($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	semillas/fruto ($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	Total de semillas ingeridas/ternera
Observado	11.94 \pm 0.61	104.07 \pm 7.63	5412
B 1	11.66 \pm 0.53	101.56 \pm 4.91*	5180 *
B 2	12.70 \pm 0.62	111.06 \pm 5.73*	5664 *
D 1	12.95 \pm 0.63	113.44 \pm 5.82*	5786*
D 2	10.80 \pm 0.44	93.64 \pm 4.11*	4776*

Cuadro 5. Promedio del peso/fruto, número promedio de semillas/fruto (No. de frutos observados = 51) y número total de semillas de O. streptacantha ingeridas por ternera.

Grupo	Peso/fruto gramos($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	semillas/fruto ($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	Total de semillas ingeridas/ternera
Observado	39.15 \pm 1.77	110.02 \pm 6.60	4291
B 1	35.24 \pm 1.34	98.28 \pm 4.04*	3932*
B 2	37.83 \pm 1.20	106.09 \pm 3.60*	4244*
D 1	41.39 \pm 1.39	116.77 \pm 4.19*	4672*
D 2	42.41 \pm 1.54	119.83 \pm 4.65*	4793*

* valores estimados.

El número observado y el número estimado de semillas expulsadas obtenido de la aplicación de la proporción directa (Z) aparece en los cuadros 6 al 9 y las figuras 4 al 7. En busca de semillas se revisaron los excrementos de varios días a partir de su consumo por los animales: 14 días de muestreo para O. lindheimeri y 10 días para O. streptacantha, sin embargo solo se muestran aquellos hasta donde se encontraron semillas.

Se obtuvieron las cuatro comparaciones respecto a la expulsión de semillas de Opuntia spp. en función de la dieta administrada a las terneras. Los resultados sugieren diferencias en el patrón de expulsión para los primeros 4 días entre las semillas de O. lindheimeri y O. streptacantha consumidas con la misma dieta (Apéndice 5,6) y también entre las semillas de la misma especie de Opuntia consumidos con diferente dieta (Apéndice 7, 8).

Pérdida de humedad en los excrementos

La pérdida de humedad en los excrementos de las terneras no muestran diferencias significativas entre las dietas de acuerdo al análisis de varianza de Kruskal-Wallis ($H=0.6248$, $P<.80$ $gl=3$). En el cuadro 10 se observan los promedios de las siete muestras que fueron pesadas durante 10 días (Figura 8.). En cuanto a la dureza de los excrementos su medición no fue posible debido a la imprecisión del aparato (Penetrómetro) para este tipo de muestras.

Evaluación de la proporción de agua y de "sólidos solubles" en los frutos de Opuntia spp.

Cuadro 6. Número observado y estimado de semillas expulsadas de O. lindheimeri, incremento porcentual diario, semillas dañadas y sin daño aparente; en los excrementos de las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2).
 += ingestión de los frutos, M=mañana, T=tarde.

		1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total
B1	No. observado	+	0	2	50	19	18	0	0	0	0	89
	No. estimado	+	0	28	575	266	198	0	0	0	0	1067
	Incremento %	+	0	2.62	53.88	24.92	22.55	0	0	0	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	0	2	1	1	0	0	0	0	4.49 %
	Semillas sin daño	+	0	2	48	18	17	0	0	0	0	95.51 %
B2	No. observado	+	0	0	1	8	24	10	8	5	2	58
	No. estimado	+	0	0	9	144	120	200	48	90	32	643
	Incremento %	+	0	0	1.39	22.39	18.66	31.10	7.46	13.99	4.97	100 %
	Semillas dañadas	+	0	0	0	1	0	2	0	0	0	5.17 %
	Semillas sin daño	+	0	0	1	7	24	8	8	5	2	94.83 %

Cuadro 7. Número observado y estimado de semillas expulsadas de O. lindheimeri, incremento porcentual diario, semillas dañadas y sin daño aparente; en los excrementos de las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2). (símbolos como cuadro 6)

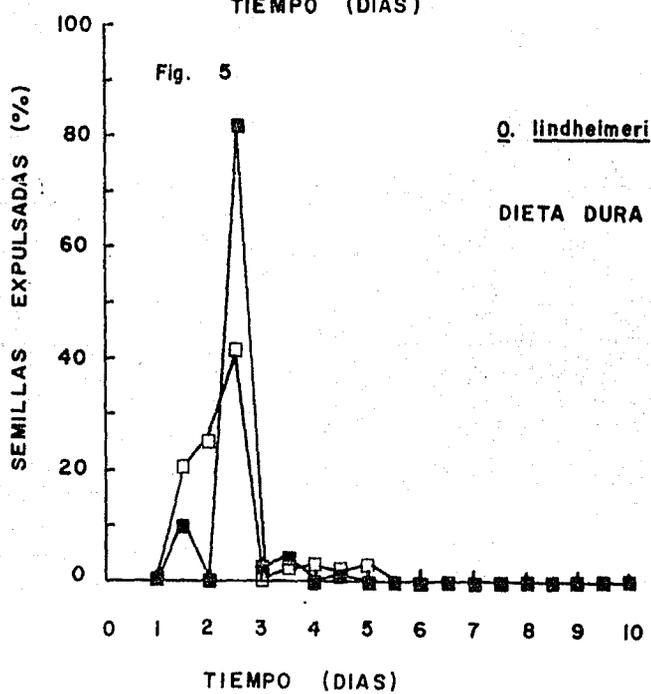
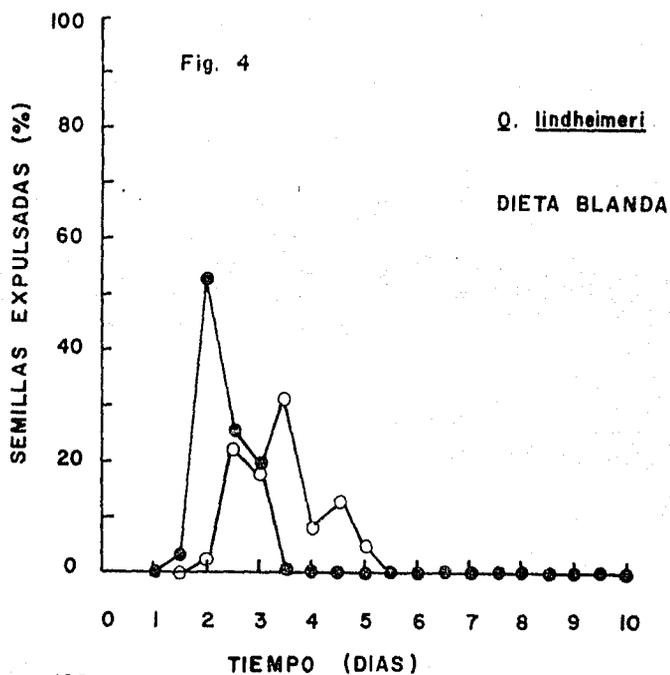
		1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total
D1	No. observado	+	0	6	16	11	2	1	4	1	2	43
	No. estimado	+	0	120	152	264	8	16	24	18	19	621
	Incremento %	+	0	19.32	24.47	42.51	1.28	2.57	3.86	2.89	3.05	100 %
	Semillas dañadas	+	0	1	2	1	0	0	0	0	0	9.30 %
	Semillas sin daño	+	0	5	14	10	2	1	4	1	2	90.70 %
D2	No. observado	+	0	8	0	53	3	3	0	1	0	68
	No. estimado	+	0	144	0	1060	18	42	0	14	0	1278
	Incremento %	+	0	11.26	0	82.94	1.40	3.28	0	1.09	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	1	0	2	1	0	0	0	0	5.88 %
	Semillas sin daño	+	0	7	0	51	2	3	0	1	0	94.12 %

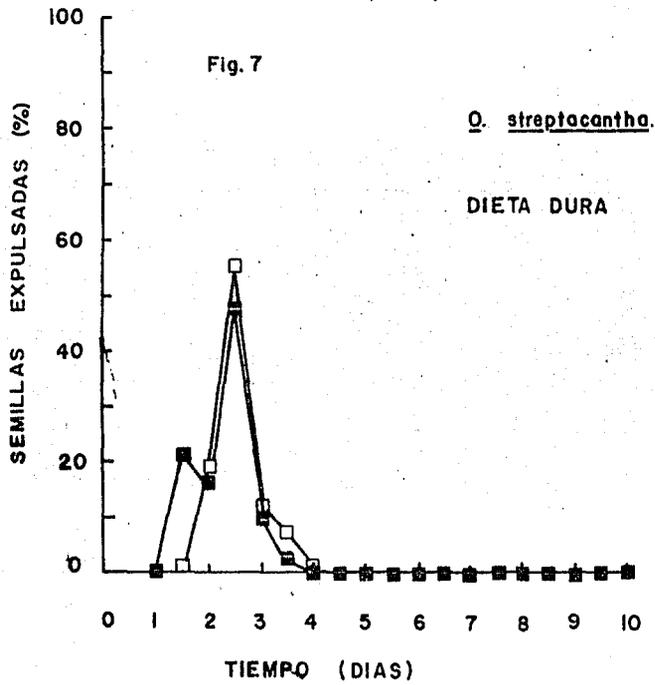
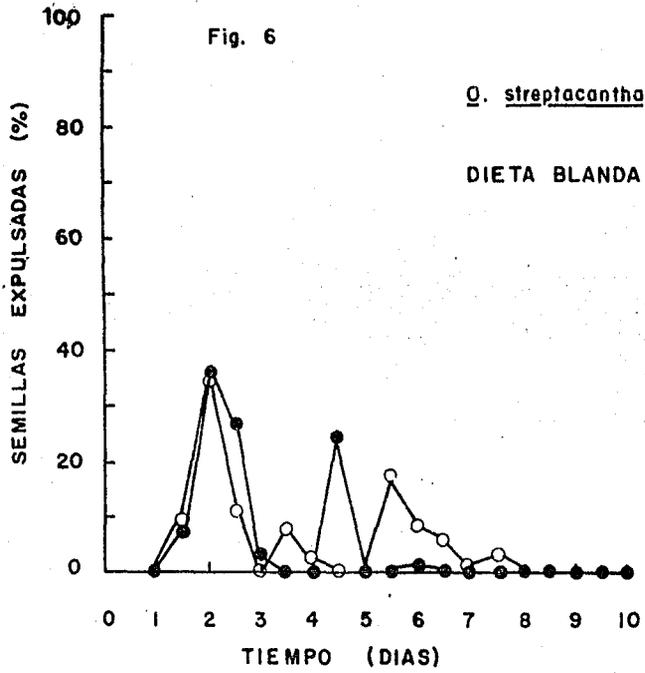
Cuadro 8. Número observado y estimado de semillas expulsadas de O. streptacantha, incremento porcentual diario, semillas dañadas y sin daño aparente; en los excrementos de las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2).
(símbolos como en cuadro 6)

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T	8M	8T	Total	
B1	No. observado	+	0	5	41	16	6	0	0	13	0	0	1	0	0	0	0	82
	No. estimado	+	0	130	615	480	54	0	0	442	0	0	7	0	0	0	0	1728
	Incremento %	+	0	7.52	35.59	27.77	3.12	0	0	25.57	0	0	0.40	0	0	0	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	1	3	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10.97 %
	Semillas sin daño	+	0	4	38	14	5	0	0	11	0	0	1	0	0	0	0	89.03 %
B2	No. observado	+	0	6	61	7	0	5	3	0	0	11	10	4	1	4	0	112
	No. estimado	+	0	144	610	182	0	120	42	0	0	308	120	96	16	52	0	1690
	Incremento %	+	0	8.52	36.09	10.76	0	7.10	2.48	0	0	18.22	7.10	5.68	0.94	1.07	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	1	7	2	0	1	1	0	0	2	2	1	1	3	0	18.75 %
	Semillas sin daño	+	0	5	54	5	0	4	2	0	0	9	8	3	0	1	0	81.25 %

Cuadro 9. Número observado y estimado de semillas expulsadas de O. streptacantha, incremento porcentual diario, semillas dañadas y sin daño aparente; en los excrementos de las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2). (símbolos como en cuadro 6)

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total	
D1	No. observado	+	0	1	24	35	24	6	3	0	0	93
	No. estimado	+	0	20	264	770	191	108	25.5	0	0	1378.5
	Incremento %	+	0	1.44	19.13	55.81	13.91	7.82	1.84	0	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	0	4	6	6	3	2	0	0	22.58 %
	Semillas sin daño	+	0	1	20	29	18	3	1	0	0	77.42 %
D2	No. observado	+	0	21	31	47	18	3	0	0	0	120
	No. estimado	+	0	378	279	846	162	48	0	0	0	1713
	Incremento %	+	0	22.06	16.28	49.38	9.45	2.80	0	0	0	100 %
	Semillas dañadas	+	0	3	5	7	4	2	0	0	0	17.50 %
	Semillas sin daño	+	0	18	26	40	14	1	0	0	0	82.50 %

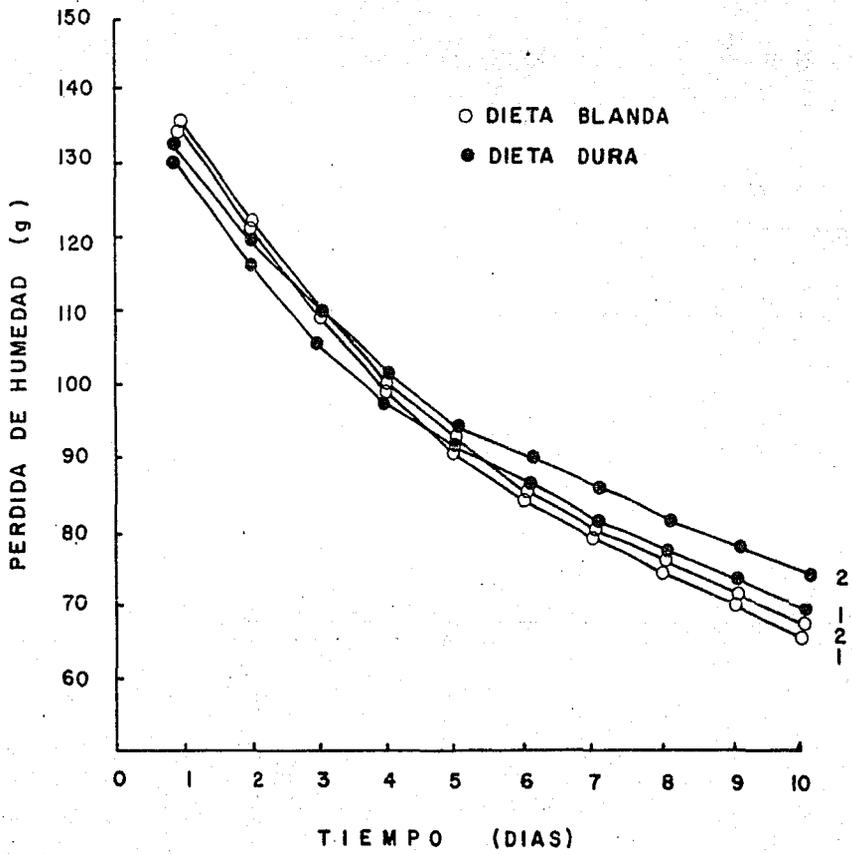




Cuadro 10. Pérdida de humedad. Muestras de excremento (N = 7) de terneras sometidas a dieta blanda (B1 y B2) y dieta dura (D1 y D2), que fueron pesadas durante 10 días

Día	B1($\bar{X} \pm 1e.e.$)		B2($\bar{X} \pm 1e.e.$)		D1($\bar{X} \pm 1e.e.$)		D2($\bar{X} \pm 1e.e.$)	
1	135.22	2.97	136.10	2.04	130.11	2.99	133.69	2.58
2	121.08	2.17	122.01	2.21	116.78	2.20	120.51	2.29
3	109.41	1.95	110.21	2.74	106.65	2.82	110.65	2.88
4	99.72	2.51	100.72	3.38	98.79	3.26	102.76	3.09
5	91.91	2.93	93.18	3.35	92.38	3.38	96.42	3.19
6	85.46	2.96	86.76	3.33	86.77	3.32	91.16	2.98
7	80.13	2.94	81.63	3.12	82.50	3.14	87.05	2.76
8	75.41	2.66	76.88	2.84	78.48	2.79	83.26	2.52
9	70.90	2.38	72.34	2.37	74.66	2.48	79.58	2.22
10	66.71	2.23	68.27	2.44	71.22	2.36	76.25	2.08

Figura 8. Pérdida de humedad (g) de excrementos expulsados por terneras sometidas a dos dietas con contenido de celulosa y lignina contrastante: dieta blanda (N = 2) y dieta dura (N = 2).



La estimación de la cantidad de agua en los frutos de O. lindheimeri fue de $\bar{X}=10.58 \pm 1.11$ g, N=10 que es el resultado en la diferencia del peso fresco $\bar{X}=11.97 \pm 1.25$ g, N=10 y el peso seco $\bar{X}=1.39 \pm 0.17$ g, N=10 y para O. streptacantha fue de $\bar{X}=35.15 \pm 2.92$ g, N=10 siendo los pesos fresco y seco de 39.18 ± 2.60 g y 5.31 ± 0.38 g respectivamente, los resultados sugieren que la recompensa en agua entre estas especies de Opuntia aparentemente no es similar, sin embargo, en ambos casos representa aproximadamente el 80 % del peso total (Apéndices 9 y 10). La cantidad promedio de sólidos solubles en O. lindheimeri y O. streptacantha es respectivamente de 8.22 y 12.88° BRIX ($t_{(8)}=3.78$, N=5, P .005, (Zar 1974) lo que indica una mayor recompensa de azúcares en el caso de O. streptacantha (Apéndice 11).

Daño, germinación y viabilidad de las semillas de Opuntia spp. que transitaron por el canal digestivo de las terneras

La cuantificación y clasificación de semillas totales expulsadas con daño y sin daño aparente en la testa, aparecen también en los cuadros 6 al 9; se encuentran ordenados por día, separando los excrementos recogidos en la mañana (M) y los de la tarde (T). En los cuadros 11 al 14 se muestran las semillas expulsadas que fueron puestas a germinar y después se sometieron al reactivo 2,3,5,cloruro de frifenil-tetrazolio, considerando los valores para cada una de las terneras y ambas especies de Opuntia. Los resultados de las semillas que transitaron el canal digestivo de las terneras y que fueron puestas a germinar el 7 de febrero de 1987, fué de cuatro plántulas de

Cuadro 11. Germinación y viabilidad de las semillas de O. lindheimeri expulsadas con los excrementos de las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2).

Ternera B1

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	Total	%
	+	0	2	50	19	18	89	100
Germinadas	+	0	0	2	1	1	4	4.5
Vanas	+	0	0	9	4	3	16	18
Viables	+	0	2	37	14	14	67	75
No viables	+	0	0	2	0	0	2	2

Ternera B2

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total	%
	+	0	0	1	8	24	10	8	5	2	58	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vanas	+	0	0	1	1	4	3	3	0	0	12	20.7
Viables	+	0	0	0	6	20	7	4	3	2	42	72.4
No viables	+	0	0	0	1	0	0	1	2	0	4	6.9

Cuadro 12. Germinación y viabilidad de las semillas de O. lindheimeri expulsadas con los excrementos de las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2).

Ternera D1

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total	%
	+	0	6	16	11	2	1	4	1	2	43	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Vanas	+	0	1	2	2	0	0	0	0	0	5	11.6
Viabiles	+	0	5	14	5	2	1	4	1	2	34	79.1
No viabiles	+	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	9.3

Ternera D2

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	Total	%
	+	0	8	0	53	3	3	0	1	0	68	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanas	+	0	1	0	7	1	0	0	0	0	9	13.2
Viabiles	+	0	7	0	42	2	3	0	1	0	55	80.9
No viabiles	+	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	5.4

Cuadro 13. Germinación y viabilidad de las semillas de O. streptacantha expulsadas con los excrementos de las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 yB2).

Ternera B1

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	Total	%
	+	0	5	41	16	6	0	0	13	0	0	1	82	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanas	+	0	1	3	0	1	0	0	2	0	0	0	7	8.5
Viables	+	0	4	36	12	4	0	0	6	0	0	1	63	76.8
No viables	+	0	0	2	4	1	0	0	5	0	0	0	12	14.6

Ternera B2

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T	8M	8T
	+	0	6	61	7	0	5	3	0	0	11	10	4	1	4	0
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanas	+	0	3	12	2	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0
Viables	+	0	3	49	5	0	4	2	0	0	9	8	4	0	0	0
No viables	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ternera B2

Semillas	Total	%
	112	100
Germinadas	0	0
Vanas	23	20.5
Viables	84	75
No viables	5	4.5

Cuadro 14. Germinación y viabilidad de las semillas de O. streptacantha expulsadas con los excrementos de las terneras alimentadas con dieta dura (D1 yD2).

Ternera D1

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	Total	%
	+	0	1	24	35	24	6	3	93	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanas	+	0	0	4	1	2	3	0	10	10.8
Viables	+	0	1	19	32	21	3	3	79	84.9
No viables	+	0	0	1	2	1	0	0	4	4.3

Ternera D2

Semillas	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	Total	%
	+	0	21	31	47	18	3	0	120	100
Germinadas	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanas	+	0	2	6	5	4	0	0	17	14.2
Viables	+	0	18	25	40	14	3	0	100	83.3
No viables	+	0	1	0	2	0	0	0	3	2.5

O. lindheimeri hasta el 3 de octubre de 1987, correspondientes a los días 2 y 3 de las terneras alimentadas con dieta blanda. Respecto a las semillas testigo (cuadro 15), se obtuvo para O. lindheimeri un 58 % de plántulas y 24 % para O. streptacantha hasta esta misma fecha.

Remoción de semillas en excrementos

La remoción de semillas por roedores u otros depredadores, no tuvo éxito hasta el tercer día (tiempo en que permanecen más frescos), debido probablemente a que estos animales restringen su área de actividad prefiriendo otros lugares con mayor vegetación y menos perturbados, que el sitio evaluado.

Cuadro 15. Semillas de Opuntia spp. que no pasaron por el canal digestivo de las terneras (Testigo) N = 100.

Semillas	<u>O. lindheimeri</u> (%)	<u>O. streptacantha</u> (%)
Germinadas	58	24
Vanas	4	6
Viables	36	60
No viables	2	10

DISCUSION

Las zonas áridas y semiáridas de México abarcan poco más de la mitad del territorio nacional (Rzedowski 1968). Debido a su extensión es necesario estudiar como funcionan las distintas comunidades vegetales que la conforman, para saber como las modificaciones provocadas por el hombre a lo largo del tiempo pueden interferir en su persistencia y en su desarrollo.

Las nopaleras, elementos frecuentes de estas comunidades, son el propósito de este trabajo dada la importancia económica de su componente más conspicuo, el nopal, lo que ha originado cambios poblacionales en su abundancia y distribución debido a la comercialización de sus cladodios y frutos para consumo humano y su uso como forraje para el ganado (Beltrán 1964).

Los ungulados domésticos generalmente se alimentan de las partes vegetativas de las plantas, sin embargo es muy común que consuman frutos debido a la recompensa en carbohidratos y principalmente agua que estos les proporcionan. Observaciones sobre el consumo de frutos de Opuntia spp., muestran que puede haber dispersión de semillas al ser depositadas una parte de ellas (16 a 19 % de O. lindheimeri y 33 a 42 % de O. streptacantha) en sus excrementos.

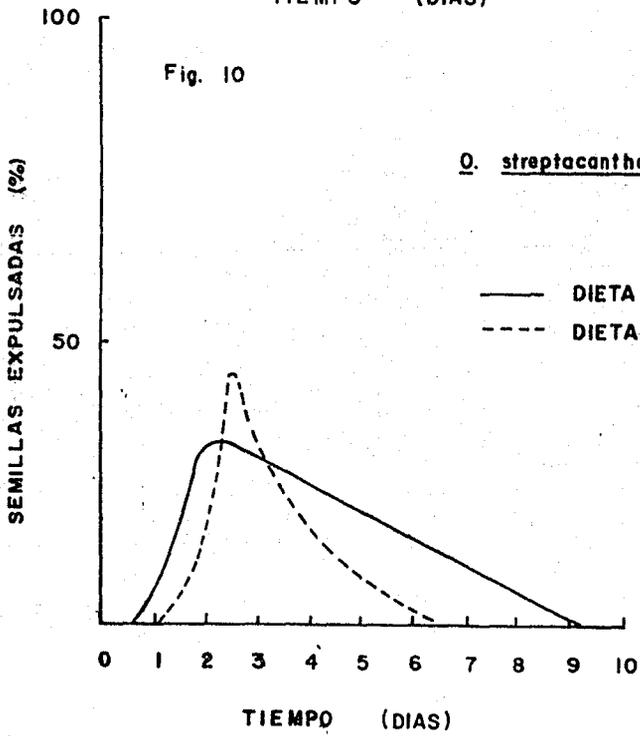
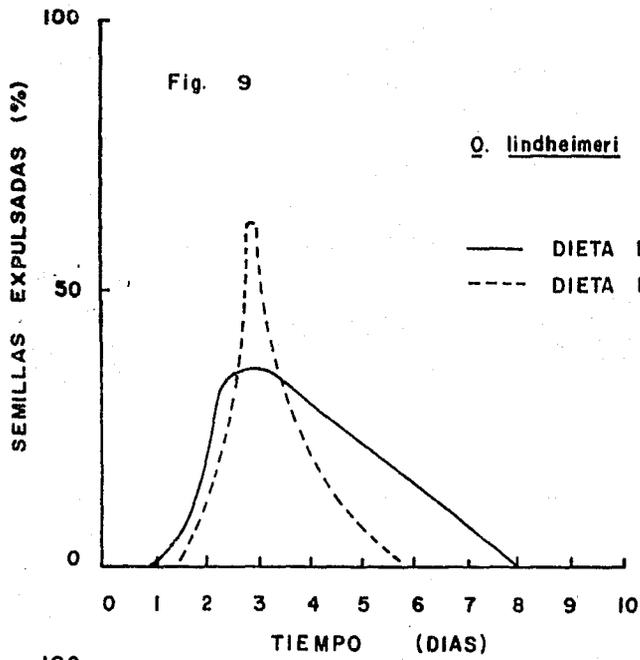
El efecto de la composición de la dieta (blanda y dura) en el patrón de paso de las semillas de ambas especies de Opuntia através del canal digestivo de las terneras, se hizo semejando las condiciones que se dan en la nopalera. El consumo de los frutos de Opuntia spp. se acompañe de otras especies vegetales: plantas tiernas con bajo contenido de celulosa y lignina que coincide con la época de lluvias, y la fructificación de

O. streptacantha en el campo; y plantas leñosas con alto contenido de materia seca, celulosa y lignina presentes en época de sequía, situación que se dá durante la fructificación de O. lindheimeri. En este trabajo se observa que la composición de las dietas, afecta la interacción de las semillas con los ungulados.

La cantidad total de semillas expulsadas en los excrementos con ambas dietas no difiere significativamente; en O. lindheimeri acompañada con dieta blanda se expulsó entre el 11 y el 21 % del total ingerido y con dieta dura del 11 al 27 %, sin embargo para O. streptacantha se expulsó entre el 40 y el 44 % en contraste con la dieta dura 30 al 36 % del total ingerido.

Aunado a lo anterior observaciones sobre las semillas expulsadas sugieren que el proceso digestivo de los ungulados da lugar a la escarificación de algunas de ellas (daño en la testa), este proceso es diferente en cada tipo de dieta para ambas especies de Opuntia. La escarificación fue más intensa en las semillas acompañadas por la dieta dura (6 a 9 % en O. lindheimeri y 18 a 23 % en O. streptacantha) que en aquellos consumidas junto con la dieta blanda (5 % en O. lindheimeri y 11 a 19 % en O. streptacantha).

El tamaño de las semillas también afecta el patrón de paso de estas por el canal digestivo, las semillas grandes de O. streptacantha fueron más dañadas, transitron más lentamente y se vierón afectadas por el cambio en la composición de la dieta en comparación con las semillas pequeñas de O. lindheimeri (Figura 9 y 10). Este fenómeno puede deberse a la mayor superficie de contacto y volúmen de las semillas de O. streptacantha.



A pesar de que la cantidad total de semillas de O. lindheimeri expulsadas con ambas dietas no difiere, el patrón de expulsión si es diferente. Para ambas especies de Opuntia se observa que la expulsión de semillas comienza después de 24 horas, prolongándose hasta ocho días en las semillas acompañadas de dieta blanda. Las semillas consumidas con dieta dura son expulsadas en gran cantidad y principalmente alrededor del segundo y tercer día. Estas diferencias en el patrón de expulsión puede afectar la densidad de semillas por excremento y su distancia de deposición en condiciones naturales.

Las observaciones sobre la viabilidad de las semillas ingeridas no muestran diferencias en relación a las semillas testigo no consumidas, 72 a 81 % contra 86 % en O. lindheimeri y 75 a 85 % contra 79 % en O. streptacantha, sin embargo, el porcentaje de germinación es diferente entre ambos grupos de semillas (4.5 % contra 58% en O. lindheimeri y 0 % contra 24 % en O. streptacantha), es decir, aquellas que fueron expulsadas con los excrementos y las semillas testigo respectivamente, sugiriendo que el paso a través del canal digestivo de los ungulados afecta la latencia de las semillas, ocasionado probablemente por los cambios de temperatura al transitar por el aparato digestivo. Esto parece coincidir con el trabajo de Baskin y Baskin (1985), quienes mostraron que cambios de temperatura afectan la latencia de semillas de herbáceas anuales.

La remoción de semillas en los excrementos depositados en el sitio 2 fue nula, provocado posiblemente por la perturbación de la zona y el poco tiempo de observación, lo que hace difícil conocer si hay una mayor dispersión o depredación por otros animales, sin embargo, es probable que en sitios con mayor vegeta-

ción y menos perturbados, así como la permanencia del excremento fresco por un mayor tiempo, dado por las lluvias o el sitio de deposición, pudieran incrementar la visita de los mismos por estos u otros organismos.

Los ungulados habitaron las nopaleras hace 10 000 años (Janzen 1986). Algunas de las características de Opuntia spp. y de las nopaleras pueden haber resultado de la interacción con esos animales (González-Espinosa y Quintana-Ascencio 1986). La introducción de reses, caballos, burros, borregos y otros ungulados a partir de la conquista puede haber reestablecido interacciones que se suspendieron con la extinción de la megafauna del Pleistoceno. Los resultados sugieren que la composición de la dieta de estos animales puede haber afectado su interacción con los frutos y semillas de Opuntia spp. y otras plantas. La variación mostrada en este trabajo para los patrones de daño y expulsión puede haber contribuido a la diferenciación de las especies de Opuntia al modificar las condiciones de selección aún cuando los grupos interactuantes fueran los mismos.

CONCLUSIONES

1. Los bovinos que ingieren los frutos de Opuntia spp. contribuyen potencialmente a la dispersión de sus semillas al depositar en sus excrementos cuando menos una parte de estas.
2. La composición de la dieta de los bovinos no afecta la cantidad de semillas de O. lindheimeri expulsadas del canal digestivo de estos animales, pero contribuye a determinar el patrón de paso y el nivel de daño en las semillas.
3. La composición de la dieta de los bovinos afecta el patrón de paso, el nivel de daño, y la cantidad de semillas de O. streptacantha expulsadas por el canal digestivo de estos animales.
4. Las semillas ingeridas junto con dieta con bajo contenido de celulosa y lignina son expulsadas más pronto y durante más tiempo que aquellas ingeridas con dietas de alto contenido de estos alimentos.
5. Las semillas de O. lindheimeri son más pequeñas y de menor volumen que las de O. streptacantha. Cuando son ingeridas por un bovino, las semillas de O. lindheimeri transitan con mayor velocidad y son expulsadas con menor daño del canal digestivo que las de O. streptacantha.
6. En ambas especies de Opuntia, la viabilidad de las semillas ingeridas y expulsadas por los bovinos no es diferente de

la de semillas de la misma especie colectadas de frutos intactos.

7. Las semillas de Opuntia spp. que transitan por el canal digestivo presentan un menor porcentaje de germinación en relación a semillas colectadas de frutos intactos, sugiriendo la inducción de latencia.

8. La interacción de frutos y semillas de Opuntia spp. con ungulados que habitan y habitaron las nopaleras, puede haber contribuido a la selección de diversos atributos de las plantas de este género. La variación de los patrones de interacción como resultado de la alteración del contexto ambiental puede haber contribuido a la diferenciación de sus especies.

LITERATURA CITADA

- Anderson, E. 1984. Who's who in the Pleistocene: A mammalian bestiary. Páginas 40-89 en: P.S. Martin y R.G. Klein, editores. Quaternary Extinctions. A prehistoric revolution. The University of Arizona. Press, Tucson, Arizona, USA.
- Argenzio, R.A., J.E. Lowe, D.W. Pickard y C.E. Stevens. 1974. Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. American Journal of Physiology 226: 1035-1042.
- Baile, C.A. y J.M. Forbes. 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. Physiological Review 54 (1) : 160-214.
- Balch, C.C. 1950. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. I. The rate of passage through the digestive tract. British Journal of Nutrition 4: 361-388.
- Balch, C.C. y R.W. Campling. 1965. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. Páginas 108-123 en: R.W. Dougherty editor. Physiology of digestion in the ruminant. Butterworths. Washington, USA.
- Barcroft, J., R.A. McAnally y A.T. Phillipson. 1944. Absorption of volatile fatty acids from the alimentary tract of sheep and other animals. Journal Experimental Biology 20: 120-129.
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. Bioscience 35: 492-498.
- Beltrán, E. 1964. Las zonas áridas del centro y noroeste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Me-

xicano de Recursos Naturales Renovables, México, Distrito Federal, México.

- Bissonette, J.A. 1982. Ecology and social behavior of the collared peccary in Big Bend National Park, Texas. Scientific Monograph Series No. 16, U.S. Department of the Interior, National Park Service, Washington, USA.
- Bock, C.E. y J.H. Bock. 1979. Relationship of the collared peccary to sacaton grassland. *Journal of Wildlife Management* 43: 813-816.
- Bonaccorso, F.J., W.E. Glanz y C.M. Sandford. 1980. Feeding assemblages of mammals at fruiting *Dipteryx panamensis* (Pavilionaceae) trees in Panama: seed predation, dispersal, and parasitism. *Revista de Biología Tropical* 28: 61-72.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal, México.
- Burton, G.W. y J.S. Andrews. 1948. Recovery and viability of seeds of certain southern grasses and lespedeza passed through the bovine digestive tract. *Journal of Agricultural Research* 76: 95-103.
- Church, D.C. 1975. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. I Digestive Physiology. 2 ed. O. & Books. Portland, Oregon USA.
- Fogden, P., M. Fogden y J.M. Peña. 1978. Control, manejo y aprovechamiento de la fauna silvestre de los pastizales. *Pastizales* 9: 2-16.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Kùeppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal, México.
- Garza, C.U. y J. Narváez. 1963. Raciones de nopal en ganado estabulado utilizado como lastre, utilización de frutos de mezquite. Boletín Técnico de la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" Coahuila, Saltillo, México.
- González-Espinosa, M. y P.F. Quintana-Ascencio. 1986. Seed predation and dispersal in a dominant desert plant: *Opuntia*, ants, birds, and mammals. Páginas 273-284 en: A. Estrada y T.H. Fleming editores. Frugivores and seed dispersal. Task in vegetation Science No. 14, Dr. W. Junk, La Haya, Países Bajos.
- Guthrie, R.D. 1984. Mosaics, allelochemicals, and nutrients: An ecological theory of late Pleistocene Megafaunal Extinctions. Páginas 259-298 en: P.S. Martin y R.G. Klein editores. Quaternary Extinctions. A prehistoric revolution. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA.
- Harper, J.E., P.H. Lovell y K.G. Moore. 1970. The shapes and sizes of seeds. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201-228.
- Harvard, D.B. 1969. Plantas forrajeras tropicales. Editorial Blume. Barcelona, España. Páginas 302-322.
- Hernández-Kolocotzi, E. 1959. Zacates indígenas. Agricultura Técnica en México 1: 26-30.
- Hernández-Kolocotzi, E. 1970. Mexican experience. Páginas 317-

- 343 en: H.E. Dregne editor. Arid lands in transition. American Association for the Advancement of Science, Washington, District of Columbia, USA.
- Hernández-Xolocotzi, E. 1979. Los pastos. Páginas 93-124 en: Ciclo de Conferencias para Conmemorar el XXV Aniversario del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, Distrito Federal, México.
- Herrera, C.M. 1982. Defense of ripe fruit from pests: its significance in relation to plant-disperser interactions. *American Naturalist* 120: 218-241.
- Herrera, C.M. 1985. Determinants of plant-animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos* 44: 132-141.
- Howe, H.F. 1984. Constraints on the evolution of mutualisms. *American Naturalist* 123: 764-777.
- Howe, H.F. y G.E. Estrabrook, 1977. On intraspecific competition for avian dispersers in tropical trees. *American Naturalist* 111: 817-832.
- Howe, H.F. y J. Smallwood, 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228.
- Janis, C. 1976. The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution* 30: 757-774.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 465-492.

- Janzen, D.H. 1981 a. Guanacaste tree seed-swallowing by Costa Rican range horses. *Ecology* 62: 587-591.
- Janzen, D.H. 1981b. Enterolobium cyclocarpum seed passage rate and survival in horses, Costa Rican pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62: 592-601.
- Janzen, D.H. 1981c. Digestive seed predation by a Costa Rican Baird's Tapir. *Biotropica* 13 (Reproductive Botany, Supplement): 59-63.
- Janzen, D.H. 1982a. Removal of seeds from horse dung by tropical rodents: influence of habitat and amount of dung. *Ecology* 63: 1887-1900.
- Janzen, D.H. 1982b. Attraction of Liomys mice to horse dung and the extinction of this response. *Animal Behavior* 30: 483-489.
- Janzen, D.H. 1982c. Differential seed survival and passage rates in cows and horses, surrogate Pleistocene dispersal agents. *Oikos* 38: 150-156.
- Janzen, D.H. 1982d. Natural history of Guacimo fruits (Sterculiaceae: Guazuma ulmifolia) with respect to consumption by large mammals. *American Journal of Botany* 69:1240-1250.
- Janzen, D.H. 1982e. Fruits traits consumption by rodents, of Crescentia alata (Bignoniaceae) in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *American Journal of Botany* 69: 1258-1268.
- Janzen, D.H. 1983. Dispersal of seeds by vertebrate guts. *Páginas* 232-262 en: D.J. Futuyma y M. Statkin. *Coevolution*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachu-

setts, USA.

- Janzen, D.H. 1984. Dispersal of small seeds by big herbivores: foliage is the fruit. *American Naturalist* 123: 338-353.
- Janzen, D.H. 1986. Chihuahuan desert nopaleras: defaunated big mammal vegetation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 595-636.
- Janzen, D.H. y P.S. Martin. 1982. Neotropical anachronisms: The fruits the Gomphotheres ate. *Science* 215: 19-27.
- Krebs, Ch. J. 1985. *Ecología*. Harla 2 ed. Distrito Federal, México.
- Krysl, L.J., M.E. Hubbert, S.F. Sowell, G.E. Plumb, T.K. Jewett, M.A. Smith y J.W. Waggoner. 1984. Horses and cattle grazing in the Wyoming red desert I. Food habits and dietary overlap. *Journal of Range Management* 37: 72-76.
- Mack, R.N. y J.N. Thompson. 1982. Evolution in the steppe with few large hooved mammals. *American Naturalist* 119: 757-773.
- McNaughton, S.J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist* 113: 691-703.
- McNaughton, S.J. 1985. Ecology of grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs* 55: 259-294.
- McNaughton, S.J. y F.S. Chapin III. 1985. Effects of phosphorus nutrition and defoliation on C₄ graminoids from the Serengeti plains. *Ecology* 66: 1617-1629.
- Miranda, F. y E. Hernández-Xolocotzi. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad*

Botánica de México 28: 29-179.

Pfister, J.A., G.B. Donart, R.D. Pieper, J.D. Wallace y E. Parker. 1984. Cattle diets under continuous and four pasture, one herd grazing systems in southcentral New México. *Journal of Range Management* 37: 50-54.

Pudlo, R.J., A.J. Beattie y D.C. Culver. 1980. Population consequences of changes in a ant-seed mutualism in Sanguinaria canadensis. *Oecologia* 46: 32-37.

Quintana-Ascencio, P.F. 1985. Dispersión de las semillas del nopal (Opuntia spp.) por animales silvestres y domésticos en "El Gran Tunal", San Luis Potosí. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal, México.

Ramírez, E.M. 1972. Cultivo y aprovechamiento del nopal. Instituto Politécnico Nacional, COFAA-SEDICT, Mundo Científico No. 4: 10.

Ridley, H.N. 1930. The dispersal of plants throughout the world. Reeve London, Great Britain.

Rivas-Manzano, I.V. 1984. Estudios experimentales sobre la sucesión secundaria en agostaderos de "El Gran Tunal", San Luis Potosí. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Distrito Federal, México.

Rodríguez-Zapata, O. 1981. Fenología reproductiva y aporte de frutos y semillas en dos nopaleras del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey,

Nuevo León, México.

- Rzedowski, J. 1968. Las principales zonas áridas de México y su vegetación. *Bios.* 1: 4-24.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, Distrito Federal, México.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del valle de México Vol.II. Publ. 15. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas e Instituto de Ecología, México, Distrito Federal, México.
- Sampson, A.W. 1952. Range management. Wiley, New York, New York, USA.
- Schemske, D.W. 1983. Limits to specialization and coevolution in plant-animal mutualisms. Páginas 67-109 en: M.H. Nitecki, editor. *Coevolution*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Senf, L., R. Rittenhouse, y R.G. Woodmansee. 1985. Factors influencing patterns of cattle grazing behaviour on short-grass steppe. *Journal of Range Management* 38: 82-87.
- Siegel, S. 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. MacGraw-Hill, New York, New York, USA.
- Stoddart, L.A., A.D. Smith y T.W. Box. 1975. Range Management. MacGraw-Hill, New York, New York, USA.
- Thompson, J.N. y M.F. Willson. 1978. Disturbance and the dispersal of fleshy fruits. *Science* 200: 1161-1163.
- Van Der Pijl, L. 1972. Principles of dispersal in higher plants. Springer, New York,

**ESTE TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Walker, E.P. 1975. Mammals of the world. The John Hopkins. University Press. Baltimore, Maryland, USA.
- Wheelwright, N.T. y G.H. Orians. 1982. Seed dispersal by animals: contrasts with pollen dispersal. Problems of terminology, and constraints on coevolution. American Naturalist 119: 402-413.
- Wicklow, P.T. y J.C. Zack. 1983. Viable grass seeds in herbivore dung from a semiarid grassland. Grass and Forage Science 38: 25-26.
- Weichert, CH.K. 1977. Anatomía de los Cordados. MacGraw-Hill, México, Distrito Federal, México.
- Young, J.Z. 1977. La vida de los vertebrados. Omega. Barcelona España.
- Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Apéndice 1. Número de litros de excremento recogidos en las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2) y que ingirieron los frutos de O. lindheimeri.

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T
B1	+	3	7	5.75	7	5.5	9	4	12	5.5	12	5	11	4
B2	+	3.5	7.5	4.5	9	2.5	10	3	9	8	10	4	12	2.75

	8M	8T	9M	9T	10M	10T	11M	11T	12M	12T	13M	13T	14M
13	3	7	5.25	10.5	3	10	4.75	14.25	2.75	12	4	11	
12	2.5	7	4	10.5	2.5	8.25	4.5	10	2.25	10	3	9	

Apéndice 2. Número de litros de excremento recogidos en las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2) y que ingirieron los frutos de O. lindheimeri.

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T
D1	+	4.25	10	4.75	12	2	8	3	9	4.75	8	5	9	3.5
D2	+	5	9	5	10	3	7	2	7	5	8	5	10.5	5

	8M	8T	9M	9T	10M	10T	11M	11T	12M	12T	13M	13T	14M
10	3	12.5	5	7	3.5	9.25	4.25	10	1.5	8.75	3.5	10	
9	5	3	4	8	3	8	4	10	4	2.25	3	10	

Apéndice 3. Número de litros de excremento recogidos en las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2) y que ingirieron los frutos de O. streptacantha.

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T	8M
B1	+	7.5	13	7.5	15	4.5	14	9	17	8	17	3.5	12	7	10
B2	+	6.5	12.0	5	13	5	12	7	12	5.75	14	6	12	8	6.5

Apéndice 4. Número de litros de excremento recogidos en las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2) y que ingirieron los frutos de O. streptacantha.

	1M	1T	2M	2T	3M	3T	4M	4T	5M	5T	6M	6T	7M	7T	8M
D1	+	5.5	10	5.5	11	4	9	4.25	9	3.75	10	6.5	10	6	10
D2	+	6.5	9	4.5	9	4.5	8	5	7.5	4.5	9.5	5.5	8	5	6

M = muestreo de la mañana.

T = muestreo de la tarde

Apéndice 5. Tabla de contingencia de χ^2 . Comparación entre el número de semillas de O. lindheimeri y O. streptacantha expulsadas por las terneras alimentadas con dieta blanda (B1 y B2), durante los cuatro días siguientes a la ingestión.

	Frecuencia							
	observada				esperada			
	2	3	4	total	2	3	4	total
<u>Opuntia lindheimeri</u>	612	728	248	1588	807.59	538.0	242.39	1587.99
<u>Opuntia streptacantha</u>	754	182	162	1098	558.99	371.99	167.60	1097.99
	1366	910	410	2686	1365.99	909.99	409.99	2685.97

$$\chi^2 = \frac{(612-807.59)^2}{807.59} + \frac{(728-538)^2}{538} + \frac{(248-242.39)^2}{242.39} + \frac{(754-558.40)^2}{558.40} + \frac{(182-371.99)^2}{371.99} + \frac{(162-167.60)^2}{167.60}$$

$$\chi^2 = 47.36 + 57.10 + 0.12 + 68.51 + 97.03 + 0.18$$

$$\chi^2 = 280.3 \quad P < .001$$

Apéndice 6. Tabla de contingencia de χ^2 . Comparación entre el número de semillas de O. lindheimeri y O. streptacantha expulsadas por las terneras alimentadas con dieta dura (D1 y D2), durante los cuatro días siguientes a la ingestión.

	Frecuencia							
	observada				esperada			
	2	3	4	total	2	3	4	total
<u>Opuntia lindheimeri</u>	416	1350	82	1848	556.83	1223.69	67.46	1847.98
<u>Opuntia streptacantha</u>	657	1008	48	1713	516.16	1134.30	62.53	1712.99
	1073	2358	130	3561	1072.99	2357.99	129.99	3560.97

$$\chi^2 = \frac{(416-556.83)^2}{556.83} + \frac{(1350-1223.69)^2}{1223.69} + \frac{(82-67.46)^2}{67.46} + \frac{(657-516.16)^2}{516.16} + \frac{(1008-1134.30)^2}{1134.30} + \frac{(48-62.53)^2}{62.53}$$

$$\chi^2 = 35.61 + 13.03 + 3.13 + 38.42 + 14.06 + 3.37$$

$$\chi^2 = 107.62 \quad P < .001$$

Apéndice 7. Tabla de contingencia de χ^2 . Comparación entre las dos dietas administradas a las terneras, cuando ingirieron semillas de O. lindheimeri.

	Frecuencia							
	observada				esperada			
	2	3	4	total	2	3	4	total
dieta blanda	612	728	248	1588	475.10	960.37	152.51	1587.98
dieta dura	416	1350	82	1848	552.89	1117.62	177.48	1847.99
	1028	2078	330	3436	1027.99	2077.99	329.99	3435.97

$$\chi^2 = \frac{(612-475.10)^2}{475.10} + \frac{(728-960.37)^2}{960.37} + \frac{(248-152.51)^2}{152.51} + \frac{(416-552.89)^2}{552.89} + \frac{(1350-1117.62)^2}{1117.62} + \frac{(82-177.48)^2}{177.48}$$

$$\chi^2 = 39.44 + 56.22 + 59.78 + 33.89 + 48.31 + 51.36$$

$$\chi^2 = 289 \quad P < .001$$

Apéndice 8. Tabla de contingencia de χ^2 . Comparación entre las dos dietas administradas a las terneras, cuando ingirieron semillas de O. streptacantha.

	Frecuencia							
	observada				esperada			
	2	3	4	total	2	3	4	total
dieta blanda	754	182	162	1098	551.14	464.82	82.02	1097.98
dieta dura	657	1008	48	1713	859.85	725.17	127.97	1712.99
	1411	1190	210	2811	1410.99	1189.99	209.99	2810.97

$$\chi^2 = \frac{(754-551.14)^2}{551.14} + \frac{(182-464.82)^2}{464.82} + \frac{(162-82.02)^2}{82.02} + \frac{(657-859.85)^2}{859.85} + \frac{(1008-725.17)^2}{725.17} + \frac{(48-127.97)^2}{127.97}$$

$$\chi^2 = 74.66 + 172.08 + 77.99 + 47.85 + 110.30 + 49.97$$

$$\chi^2 = 532.85 \quad P < .001$$

Apéndice 9. Peso fresco y peso seco de frutos de O. lindheimeri
(N = 10), estimación de la cantidad promedio de
agua.

Peso fresco (gramos)($\bar{X} \pm 1e.e.$)	Peso seco (gramos)($\bar{X} \pm 1e.e.$)	Estimación de agua en los frutos (gramos)($\bar{X} \pm 1e.e.$)
18.3	2.4	15.9
17.4	1.5	15.9
15.4	1.8	13.6
12.9	2.0	10.9
12.2	1.1	11.1
10.1	1.2	8.9
9.1	1.4	7.7
9.0	0.9	8.1
8.7	0.8	7.9
6.6	0.8	5.8
11.97 \pm 1.25	1.39 \pm 0.17	10.58 \pm 1.11

Apéndice 10. Peso fresco y peso seco de frutos de

O. streptacantha (N = 10), estimación de la cantidad promedio de agua.

Peso fresco (gramos)($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	Peso seco (gramos)($\bar{X} \pm$ l.e.e.)	Estimación de agua en los frutos (gramos)($\bar{X} \pm$ l.e.e.)
54.5	6.9	47.6
46.5	5.9	40.6
46.2	6.4	52.6
41.6	4.8	36.8
39.7	6.4	33.3
39.1	6.4	32.7
32.5	4.8	27.7
31.1	3.4	27.7
31.0	4.2	26.8
29.6	3.9	25.7
39.18 ± 2.60	5.31 ± 0.38	35.15 ± 2.92

Apéndice 11. Cantidad promedio de sólidos solubles en °BRIX para frutos de Opuntia spp. (N = 5).

<u>O. lindheimeri</u>	<u>O. streptacantha</u>
9.0	12.8
11.5	12.5
5.7	10.9
6.9	14.4
8.0	13.8
\bar{X} 8.22	12.88