



EL ROL DEL GANADO DOMÉSTICO EN LA DISPERSIÓN
ENDOZOOCÓRICA DE SEMILLAS DE *PROSOPIS FLEXUOSA*

Autor: María Sofía Campagna

TESIS PRESENTADA EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS PARA ACCEDER AL
TÍTULO DE INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES OTORGADOS POR LA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Almirante Brown 500 Chacras de Coria, Luján de Cuyo.
CPA M5528AHB. (+54 261) 413-5010

Mendoza, Argentina

Abril, 2018

EL ROL DEL GANADO DOMESTICO EN LA DISPERSIÓN
ENDOZOOCÓRICA DE SEMILLAS DE *PROSOPIS FLEXUOSA*

Autor

Campagna María Sofía
Milagros 4788 Los Corralitos Guaymallén
Mendoza, Argentina
sofiacampagna@hotmail.com

Directora

Lic. en Ciencias Naturales Mónica Inés Cona
mcona@mendoza-conicet.gob.ar

Co-directora

Dra. en Ciencias Biológicas, Veterinaria Vanina Egea
vegea@mendoza-conicet.gob.ar

Miembros del Comité Evaluador

Dra. en Cs. Biológicas Claudia Campos
Dra. en Cs. Naturales - Biológicas Silvina Velez
Dra. en Cs. Biológicas Solana Tabeni

RESUMEN

Diferentes especies de ganado doméstico actúan como dispersores endozoócoros de semillas de *P. flexuosa* en el Desierto del Monte. El porcentaje de semillas ingeridas que se recuperan en las heces, y las consecuencias del paso por el tracto digestivo sobre el poder germinativo y viabilidad de las mismas varían en relación a la especie animal involucrada. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del pasaje de las semillas de *P. flexuosa* a través del tracto digestivo de tres especies de ganado doméstico sobre el poder germinativo y viabilidad de las semillas. Se realizaron ensayos en condiciones controladas en el IADIZA (CCT Mendoza-CONICET) y en la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo). Se trabajó con equinos (N=4), bovinos (N=4) y caprinos (N=4). Todos los animales permanecieron en corrales individuales donde disponían de agua y heno de alfalfa *ad libitum*. El primer día de ensayo se le ofreció a cada animal un número conocido de semillas de *P. flexuosa*. A partir de las 48 horas posteriores, se recolectaron diariamente y en forma individual las heces de cada animal, a partir de las cuales se recuperaron y cuantificaron las semillas de *P. flexuosa*. Este procedimiento se repitió hasta obtener dos días de registros negativos (no recuperación de semillas). Se registró la duración del ensayo (días) para determinar el tiempo de retención de semillas. Se confeccionaron germinadores para colocar las semillas recolectadas a partir de las heces, y semillas provenientes directamente de la planta madre (tres grupos control: semillas con artejo, sin artejo y escarificadas). En cada germinador se colocaron entre 20 y 25 semillas. Estos fueron colocados en estufa hasta registrar 50% de la germinación (emisión de radícula). Las semillas no germinadas fueron colocadas en una solución de tetrazolio para evaluar viabilidad. De esta manera, quedaron conformadas tres categorías de semillas: germinadas, no germinadas viables y no viables. Los resultados muestran que el porcentaje de recuperación de semillas es mayor ($p < 0,10$) en equinos en relación a caprinos y bovinos.

Respecto al poder germinativo y viabilidad de las semillas recuperadas de las heces y semillas control, se observó que el paso por el tracto digestivo de los animales afecta negativamente la viabilidad de las semillas ($p < 0,10$) en relación a los grupos control. Los valores más altos de dichas variables corresponden a las semillas control escarificado. El valor medio del tiempo de retención de semillas en equinos, caprinos y bovinos fue de 5, 2 y 3 días, respectivamente. Finalmente, la relación entre el poder germinativo, viabilidad y tiempo de retención de las semillas recuperadas, mostró que durante el periodo final se obtiene un mayor ($p < 0,10$) porcentaje de semillas no viables en equinos y caprinos. Estas especies también mostraron una tendencia ($p < 0,15$) a disminuir el porcentaje de semillas no germinadas viables en relación a bovinos. Los resultados de este trabajo permiten ponderar la efectividad del ganado doméstico como dispersor de *P. flexuosa*, ya que se evaluaron aspectos cualitativos (poder germinativo y viabilidad) y cuantitativos (porcentaje de recuperación y tiempo de retención) del proceso de endozoocoria.

PALABRAS CLAVE

Ungulados domésticos, Dispersión, *Prosopis flexuosa*, Endozoocoria

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible la elaboración de esta Tesis de Grado.

En primera instancia quiero agradecer a mi directora Mónica Cona y a mi codirectora Vanina Egea por la orientación recibida durante la realización de este trabajo. Les gratifico su confianza y apoyo en todo momento, en el ámbito académico (ensayos a campo, laboratorio y escritura) como en lo personal. Agradezco su paciencia, guía constante y el aliento para continuar y no bajar los brazos y continuar aprendiendo.

Un gran reconocimiento a mis compañeros del Proyecto del cual surgió esta Tesis, con los cuales trabajamos diariamente y compartimos muchos momentos. Gracias por su cooperación en los ensayos de campo y laboratorio y los aportes a través de las discusiones que se generaban en los seminarios.

Agradezco al Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA – CONICET) y la Facultad de Ciencias Agrarias (UnCuyo) que facilitaron las instalaciones y laboratorios para realizar los ensayos.

A mis compañeros de la facultad y amigos que en determinados momentos ayudaron con la recolección, me acompañaron a los corrales y tuvieron la paciencia y predisposición para realizar tareas no muy agradables. También por su paciencia y comprensión en todo momento. Por empujarme a seguir adelante y ayudarme con los temas administrativos

Por ultimo quiero agradecer a mi familia, quien me brindó todo su apoyo para que pudiera iniciar y finalizar correctamente la carrera de grado, alentándome y facilitándome los medios para poder hacerlo. Por incentivar me a ser cada día mejor persona y profesional y por su paciencia y palabras en momentos de dificultades. A Nati y Vale, por estar en todo momento.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 SITIO DE ESTUDIO	9
2.2 ESPECIE VEGETAL ESTUDIADA	10
2.3 ESPECIES ANIMALES ESTUDIADAS.....	12
2.4 ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i> A PARTIR DE LAS ESPECIES ANIMALES ESTUDIADAS.....	14
2.5 EVALUACIÓN DEL PODER GERMINATIVO DE LAS SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i>	15
2.6 EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i>	16
2.7 RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE RETENCIÓN DE LAS SEMILLAS Y EL PODER GERMINATIVO Y VIABILIDAD DE LAS MISMAS.	18
2.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	18
3. RESULTADOS.....	19
3.1 PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i>	19
3.2 PODER GERMINATIVO Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i>	19
3.3 PODER GERMINATIVO Y VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE <i>P. FLEXUOSA</i> EN RELACIÓN AL TIEMPO DE RETENCIÓN EN EL TRACTO DIGESTIVO DE LAS ESPECIES ANIMALES ESTUDIADAS.....	20
4. DISCUSIÓN	21
5. CONCLUSIÓN	25
6. BIBLIOGRAFÍA	25

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina, las tierras secas¹ representan aproximadamente el 60% del territorio nacional (Abraham *et al.*, 2009). La diversidad genética, ecológica y biogeográfica que caracteriza dicho territorio permite identificar diferentes regiones. Una de estas, la región del Monte (también llamada “Desierto del Monte”) abarca una extensa franja de más de 2000 km que se encuentra comprendida desde los 24°35’S hasta los 44°20’S, y entre los 62°54’O y los 69°05’O, cubriendo una superficie de más de 46 millones de hectáreas (Figura 1).

Desde el punto de vista de la fisonomía vegetal, las estepas arbustivas son la formación vegetal predominante a lo largo de la región del Monte, las cuales están constituidas principalmente por especies del género *Larrea* (*L. nítida* en el sur y oeste del Monte, *L. divaricata* y *L. cuneifolia* en el resto). La diversidad y abundancia de herbáceas es variable tanto a escala local como regional. El estrato arbóreo, cuando existe, está representado generalmente por especies del género *Prosopis* (especialmente *P. flexuosa* y *P. caldenia*), aunque también se pueden encontrar *Salix humboldtiana*, *Trichocereus terscheckii*, *Acacia visco*, *Jodina rhombifolia*, *Geoffrea decorticans*, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra* y *Bulnesia retama* (Morello, 1958; Cabrera, 1976; Demaio *et al.*, 2015).

Los bosques en la región central del Monte (Monte Central) se presentan en los márgenes de ríos o bien donde la napa freática es poco profunda (Villagra *et al.*, 2005; Perosa *et al.*, 2014). En la provincia de Mendoza existen tres grandes áreas boscosas que representan el 27% de la superficie cubierta por el desierto del Monte en la provincia (Villagra *et al.*, 2010): una en la región sureste, en el departamento de General Alvear (dentro de la Travesía de La Varita) donde predomina *P. caldenia*, otra en el noreste, en el departamento de Lavalle (en la Travesía de Guanacache y la Reserva Provincial Bosques de Telteca, Roig *et al.*, 1992) y otra en el centro-este, en el departamento Santa Rosa (en la Travesía de Tunuyán), donde se encuentra la Reserva de Biósfera de Ñacuñán (Figura 1). En las dos últimas predomina *P. flexuosa* (algarrobo dulce, Villagra *et al.*, 2005). Esta especie arbórea representa un elemento esencial para las comunidades vegetales y animales, y para la supervivencia de los grupos humanos que habitan en el Monte Central. Desde un punto de vista biológico, esto se relaciona a la función estructuradora de *P. flexuosa* en este tipo de ambientes, ya que bajo su sombra se modifican las condiciones de luz y temperatura, lo cual genera microhábitats con mayor concentración de materia orgánica, nitrógeno y fósforo (Rossi y Villagra, 2003; Rossi, 2004) y de esta forma modera las condiciones de aridez propias de la región. Además, dado al elevado contenido de hidratos de carbono y proteínas en el fruto de *P. flexuosa* (Kingsolver *et al.*, 1977), éste representa un recurso forrajero altamente nutritivo para diferentes especies de animales domésticos y silvestres (Kingsolver *et al.*, 1977; Campos, 1997; Campos y Vélez, 2015).

¹ **Tierras secas** se refiere a las zonas donde la relación entre la precipitación media anual (P) y la evapotranspiración potencial (PET, evaporación potencial del suelo más la transpiración de las plantas), P/PET es menor que 0,65. Dentro de las tierras secas existen cuatro subtipos comúnmente aceptados: zonas subhúmedas secas, semiáridas, áridas e hiperáridas (Abraham *et al.*, 2009).

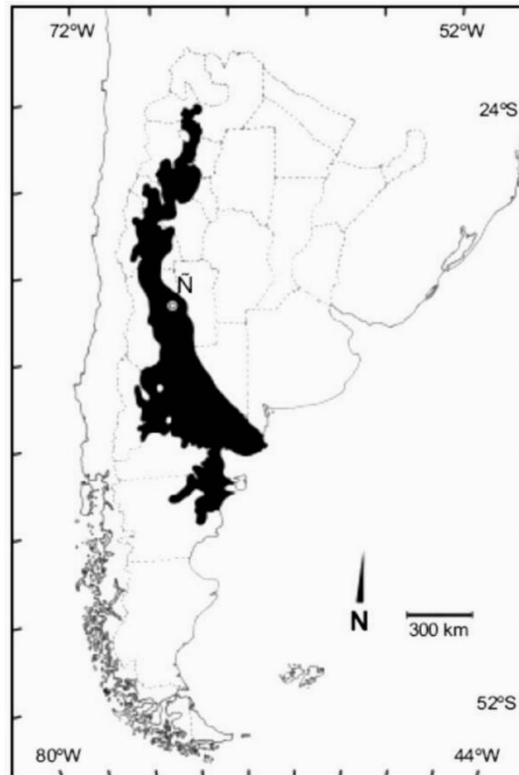


Figura 1. Mapa de la República Argentina. Se observa en negro la Región Fitogeográfica del Monte y la Reserva de Biosfera de Ñacuñán (Ñ). Fuente: López de Casenave, 2001.

Durante las últimas décadas, el uso indiscriminado de los bosques de *P. flexuosa* (principalmente para la extracción de leña y la producción animal) sin tener en cuenta su tasa de regeneración, sumado a otros procesos como la creciente urbanización, la expansión de los sistemas agrícola-ganaderos, la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat, el cambio climático entre otros (Villagra *et al.*, 2009), ha tenido consecuencias negativas para la sustentabilidad de los ecosistemas de Monte Central (Álvarez *et al.*, 2006). La degradación del ecosistema resultado de la acción conjunta de dichos procesos se traduce en diferentes grados de desertificación y variaciones en la composición y diversidad de especies, estructura trófica, dinámica del agua, condiciones edáficas y productividad del bosque (Villagra *et al.*, 2009).

Determinados factores abióticos (disponibilidad de agua y condiciones edáficas) y bióticos (interacciones planta-animal) afectan la estructura y dinámica de las poblaciones de algarrobo (Villagra, 2000). Respecto a los factores abióticos, se conoce que el momento y la cantidad de precipitaciones y las variaciones en la humedad del suelo afectan la producción de flores y frutos (Villagra, 2000). Por otro lado, la actividad fotosintética de esta especie depende de la disponibilidad de agua en el horizonte superficial del suelo. Debido a esto, se considera que dichos factores influyen en las interacciones bióticas de *P. flexuosa* en el desierto del Monte (Villagra, 2000). Enfocándonos en los factores bióticos, el consumo de sus frutos por vertebrados representa una interacción mutualista planta-animal (Herrera, 1995; Santamaría, 2006) fundamental para el establecimiento de las plántulas (Villagra, 2000). En este mutualismo, el animal al consumir el fruto obtiene energía y la planta se beneficia al ser dispersada endozoocóricamente disminuyendo así la probabilidad de que las semillas sean depredadas por granívoros (principalmente brúquidos, roedores y hormigas) (Figura 3) (Lerner y Peinetti, 1996; Villagra, 2000). Sin embargo, los animales pueden actuar como dispersores o predadores de *P.*

flexuosa. En la etapa predispersiva las semillas de *P. flexuosa* pueden ser depredadas por insectos y aves y, al madurar el fruto, sus semillas pueden ser depredadas por brúquidos². Luego, una vez que los frutos caen al suelo pueden ser removidos por diversos animales (aves, insectos, roedores, mamíferos), diferenciando así dos grupos de legítimos dispersores de semillas: los almacenadores en cúmulos dispersivos y los frugívoros. Ambos grupos trasladan grandes cantidades de semillas lejos de la planta madre (Figura 3) (Campos y Velez, 2015).

Como ocurre con otras especies de *Prosopis*, la permanencia de los frutos bajo la planta madre disminuye la probabilidad de germinación de las semillas. En los ambientes áridos, esto ha sido atribuido principalmente a la lentitud de los procesos de escarificación mediados por factores abióticos (abrasión con partículas del suelo, ruptura del fruto, entre otros), y al ataque por brúquidos al cual están expuestas las semillas cuando permanecen largos periodos de tiempo en el suelo (Kingsolver *et al.*, 1977; Ortega-Baes *et al.*, 2001). La germinación de las semillas de *P. flexuosa* está condicionada principalmente por la presencia de tres barreras físicas naturales denominadas cubiertas seminales: el exocarpo duro e impermeable de la vaina, el endocarpo óseo de la cavidad donde están contenidas las semillas, y el tegumento interno y externo de las semillas (Kingsolver *et al.*, 1977; Warrag, 1994) (Figura 2). Si bien dichas cubiertas permiten que los frutos que sortearon el deterioro producido por la masticación (Janzen, 1981a; Grenet *et al.*, 1984; D Grande, 2012) resistan el pasaje por el tracto digestivo de los animales (Solbrig y Cantino, 1975), las enzimas digestivas pueden alcanzar el tegumento de algunas semillas, escarificando la cubierta leñosa y facilitando su germinación (Thanos *et al.*, 1992; Pérez-Fernández *et al.*, 2003). En este sentido, la dispersión³ mediada por procesos endozoocóricos, es decir aquella que involucra el consumo del fruto y/o semilla por parte de un animal y posterior liberación de la semilla en las heces (Abraham de Noir, 2002), puede suponer una ventaja para el éxito reproductivo de *P. flexuosa*. Numerosos autores sostienen que aún cuando el proceso endozoocórico impone altos costos a la viabilidad de las semillas, un número considerable de las mismas atraviesan el tracto digestivo y tras ser eliminadas en las heces alcanzan tasas de germinación significativamente mayores a las semillas que caen directamente desde la planta madre al suelo (Mouissie *et al.*, 2000; Cosyns *et al.*, 2005).

Los efectos de la endozoocoria sobre la viabilidad⁴ y el poder germinativo⁵ de las semillas están principalmente relacionados con las características físico-químicas de las cubiertas seminales, el tipo de digestión de los animales que las consumen (rumiantes y no rumiantes) y el tiempo de retención en el tracto digestivo (Janzen, 1981, 1984). Al ser ingeridas las semillas por los animales, la distancia a la cual pueden ser dispersadas y la localización espacial de las mismas es el resultado del patrón de movimiento del animal y del tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo (Howe y Smallwood, 1982; Stevenson y García, 2003). Esto proporciona importantes ventajas para las plantas, tales como la disminución de la mortalidad de las semillas cercanas a la planta madre, colonización de nuevos ambientes y localización de las semillas en hábitats más propicios para la germinación y el establecimiento y crecimiento de las plántulas (Howe y Smallwood, 1982). Por lo tanto, la dispersión endozoocórica es un mecanismo esencial para la colonización de nuevos hábitats, para el mantenimiento de las poblaciones vegetales y para evitar la fragmentación de hábitats (Ramos Font *et al.*, 2015). Además, este

² **Brúquidos:** coleópteros conocidos como "gorgojos" o "escarabajos de las semillas". En sus estados inmaduros se alimentan de semillas de alrededor de 34 familias de plantas, principalmente de leguminosas (Romero y Johnson, 2004).

³ **Dispersión:** acción de ubicar semillas y/o frutos a determinada distancia de la planta madre lo cual influye directamente en la distribución espacial de las especies (Font Quer, 1975).

⁴ **Viabilidad de la semilla:** capacidad de las semillas de germinar y originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables (Perez García, 2001).

⁵ **Poder germinativo:** porcentaje de semillas que germinan en las condiciones más favorable (Come, 1970).

proceso contribuye a la restauración de los bosques nativos, conservación de la biodiversidad y al enriquecimiento del banco de semillas del suelo (Farwig y Berens, 2012).

Numerosos autores han estudiado el rol de diferentes especies de animales domésticos en la dispersión endozoocórica de las semillas de *P. flexuosa* en la región del Monte central de Argentina (Campos y Ojeda, 1997; Campos *et al.*, 2011; Campos y Vélez, 2015). En particular, en la Reserva de Biósfera de Ñacuñán, Campos y Ojeda (1997) observaron un elevado número de semillas de *Prosopis* en las heces de bovinos criollos; en el Parque Provincial Ischigualasto, Campos *et al.* (2008) evidenció la presencia de semillas de *P. flexuosa* en heces de burro (*Equus africanus asinus*), y dichos autores también reportaron el consumo de frutos de algarrobo por parte de caprinos, los cuales podrían actuar como agentes dispersores de *P. flexuosa*. Las diferencias en la efectividad de dispersión de semillas llevada a cabo por equinos, bovinos y caprinos, se puede atribuir en parte a la fisiología digestiva de los mismos. En rumiantes y no rumiantes diversos microorganismos participan en los procesos digestivos sin embargo, en los primeros el contenido ruminal se vuelca en el intestino delgado donde la digestión continúa y se realiza la mayor parte de la absorción, en cambio en los no rumiantes el resultado de la digestión microbiana cecal se vierte en el intestino grueso donde la digestión y absorción es limitada (Cunningham *et al.*, 2013). Por otra parte, Mancilla-Leyton, (2015) señala que la destrucción de semillas debido a los procesos de masticación-rumia ocurre mayormente en aquellas semillas cuya longitud mayor supera los 2 mm, es decir que las semillas de *P. flexuosa* están expuestas a estos efectos ya que presentan una longitud mayor de 5,1 - 6 mm y una longitud menor de 3,8 a 4,9 mm (Burkart, 1976).

Si bien han sido estudiados diferentes factores y mecanismos involucrados en el proceso de dispersión endozoocórica de las semillas de *P. flexuosa*, aún se desconocen algunos aspectos relacionados con la efectividad que presenta el ganado doméstico en este proceso (Bustamante *et al.*, 1992; Shupp *et al.*, 2010). Esto puede atribuirse, al menos en parte, a que en la gran mayoría de estos estudios no fue evaluada la cantidad inicial de semillas consumidas por los animales ni la proporción de semillas que son eliminadas en las heces. Teniendo en cuenta la importancia del ganado doméstico y de *P. flexuosa* para la sustentabilidad económica, social y biológica de los agroecosistemas⁶ del Monte mendocino (Villagra *et al.*, 2004), y el fuerte impacto antrópico sobre los bosques de esta especie arbórea, los cuales actualmente sufren una fuerte retracción debido a un uso histórico extractivo (Rojas, 2009) resulta fundamental estudiar y comprender aspectos cuali y cuantitativos del proceso de dispersión endozoocórica de las semillas de *P. flexuosa*. Este proceso es esencial tanto para la distribución natural de dicha especie como para la movilización e intercambio de material genético dentro y fuera de las poblaciones (Abraham de Noir, 2002). Desde esta perspectiva, generar información acerca de los mecanismos y factores involucrados en la dispersión endozoocórica de las semillas de *P. flexuosa* es fundamental para comprender la estructura y dinámica de los bosques nativos (Hutchings, 1997). En base a esto es posible proponer pautas de manejo orientadas a la conservación y uso sustentable de los bosques de *P. flexuosa* en el Monte Central de Argentina. En este marco, el **OBJETIVO GENERAL** del presente trabajo de tesis es analizar el efecto del pasaje de las semillas de *Prosopis flexuosa* por el tracto digestivo del ganado doméstico, sobre el poder germinativo y la viabilidad de las mismas.

A fin de alcanzar dicho objetivo se realizaron ensayos en condiciones controladas que permitieron poner a prueba las **HIPÓTESIS y PREDICCIONES** que se enumeran a continuación:

⁶ Según Soriano y Aguilar (1998) un **Agroecosistema** puede ser entendido como un ecosistema que es sometido por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Estas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos estudiados por los ecólogos y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía.

- I. El porcentaje de recuperación de semillas de *P. flexuosa* varía en relación a la fisiología digestiva de las especies animales que las consumen. Se espera obtener un mayor porcentaje de recuperación de semillas en equinos con respecto a bovinos y caprinos.
- II. La escarificación a la que son sometidas las semillas de *P. flexuosa* durante su paso a través del tracto digestivo de animales domésticos afecta el poder germinativo y mantiene la viabilidad de las mismas. Se espera que las semillas de *P. flexuosa* recuperadas a partir de las heces de diferentes especies de ungulados domésticos no disminuyan significativamente su viabilidad e incrementen el poder germinativo respecto a semillas que fueron obtenidas directamente de la planta madre. Por otro lado, debido a las diferencias fisiológicas entre rumiantes y no rumiantes, se espera observar una disminución en el poder germinativo y la viabilidad de las semillas que atravesaron el tracto digestivo de los rumiantes en relación a los no rumiantes.
- III. El poder germinativo y la viabilidad de las semillas de *P. flexuosa* recuperadas a partir de las heces de los animales se verán afectados por el tiempo de retención de las mismas en el tracto digestivo. Se espera que las semillas que permanecieron menor tiempo en el tracto digestivo de los animales, presenten menor poder germinativo y no disminuyan significativamente su viabilidad respecto a las semillas provenientes de la planta madre (control con y sin artejo).

Como **OBJETIVOS ESPECÍFICOS** se proponen: (I) Estimar el porcentaje de recuperación y el tiempo de retención de las semillas de *P. flexuosa* en especies rumiantes (bovinos y caprinos) y no rumiantes (equinos), (II) determinar el poder germinativo y la viabilidad de semillas de *P. flexuosa* obtenidas a partir de las heces de diferentes especies de ungulados domésticos, y directamente a partir de la planta madre, y (III) evaluar el efecto del pasaje de las semillas de *P. flexuosa* por el tracto digestivo de ungulados domésticos sobre el poder germinativo y la viabilidad de las mismas, considerando el tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA, CCT CONICET) y en la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo), Mendoza, Argentina. Los frutos utilizados fueron recolectados a partir de ejemplares de *P. flexuosa* seleccionados aleatoriamente en la Reserva de Biósfera de Ñacuñán (34°02'S, 67°58'O) (Morello, 1958), la cual pertenece a la Región Fitogeográfica del Monte. En dicha región el clima es árido y semiárido, el 70% de las lluvias se producen en la estación estival (excepto en la porción sur del Monte, donde las lluvias se distribuyen homogéneamente a lo largo del año). La precipitación promedio anual varía entre los 80 y 350 mm (Labraga y Villalba, 2009). Las temperaturas promedio anuales varían muy poco en toda la extensión del Monte, entre 13,4° y 17,5° C. La recolección se llevó a cabo durante los años 2015 y 2016. Los frutos fueron almacenados y acondicionados hasta iniciar los ensayos con los animales (bovinos, caprinos y equinos), los cuales fueron seleccionados en establecimientos productivos de la zona.

2.2 Especie vegetal estudiada

Prosopis flexuosa, denominada comúnmente “algarrobo dulce”, “algarrobo negro”, “árbol negro”, “lámaro”, entre otros (Roig, 1987), pertenece a la familia Mimosoideae (Fabaceae, Mimosoideae) y es la especie arbórea de mayor abundancia en el desierto del Monte Central de Argentina (Villagra, 2000).

Refiriéndonos a las condiciones abióticas necesarias para su supervivencia, esta especie vegetal se distribuye en zonas donde las precipitaciones varían entre 50 y 500 mm/año concentradas en la época estival. En zonas donde las precipitaciones son mayores a 300 mm se comporta como freatófita⁷ facultativa y en áreas con menores precipitaciones lo hace como freatófita obligada, ubicándose en las orillas de ríos, salares y en la base de conos de deyección (Roig, 1985; Peralta y Serra, 1987; Morello, 1958). Se desarrolla a temperaturas que varían entre 48°C (máxima absoluta) y -12°C (mínima absoluta). Puede crecer en suelos profundos, franco arenosos, arcillosos o arenosos y con distintos grados de salinidad (Álvarez y Villagra, 2009), por lo que es considerada una especie apta para forestar áreas degradadas por salinización (Catalán *et al.*, 1994).

La ocurrencia de heladas fuerza la caída de sus hojas y en ausencia de este fenómeno las hojas caen al inicio de una nueva brotación. La floración se produce entre los meses de agosto y noviembre (Chiappa *et al.*, 1997) y la polinización es realizada principalmente por diferentes especies de himenópteros (Simpson *et al.*, 1977; Durante y Cabrera, en prensa). Si bien la fructificación presenta gran variabilidad interanual, se produce mayormente entre fines de diciembre y fines de enero (Ruiz Leal, 1972; Álvarez y Villagra, 2010; Villagra, 2000).

El fruto es una legumbre globosa recta subfalcada⁸, entre un artejo y otro presenta constricciones, siendo el artejo cada segmento de la vaina que contiene un receptáculo de endocarpo (Álvarez y Villagra, 2009) (Figura 2). En el interior de la vaina se pueden diferenciar el epicarpo, mesocarpo (parte dulce y comestible) y endocarpo (Figura 2). Este último es duro y se encuentra segmentado en receptáculos cerrados uniseminados (Capparelli, 2008). La producción de frutos se ve incrementada en ambientes secos y cálidos, por ello en la región del norte del Monte su producción es muy abundante (Galera, 2000). Se estima que un árbol adulto puede producir aproximadamente 10 a 15 kg de frutos por año, y la producción de semillas varía entre 80.000 a 800.000 semillas por hectárea (Folliot y Thames, 1983; Dalmaso y Anconetani, 1993).

Las semillas *P. flexuosa* tienen forma ovalada y poseen cubiertas duras e impermeables (Figura 2) que promueven la dormición física (Roig, 1987; Catalán y Balzarini, 1992) e impiden el ingreso de agua y la destrucción del embrión al pasar por el tracto digestivo de los herbívoros (Kingsolver *et al.*, 1977). Esto, sumado al mesocarpo nutritivo y el endocarpo leñoso, constituyen una adaptación a la dispersión endozoócara (Peinetti *et al.*, 1993; Campos y Ojeda, 1997).

Dada la composición nutricional del fruto de *P. flexuosa* (40% de hidratos de carbono, 32 a 36% de proteínas, 17% de grasas, 5% de ceniza y 6% de fibra) y su elevada digestibilidad (Burkart, 1952, 1976), estos son empleados como materia prima para la

⁷ **Freatófitas:** son aquellas que absorben agua de una fuente permanente en el terreno. Se las puede encontrar a lo largo de los cursos de agua donde hay un flujo permanente de agua superficial o subterránea y en áreas donde la capa freática está cerca de la superficie (Meinzer, 1927).

⁸ **Falcado:** que tiene forma curva y aplanada como una hoz (Oxford University Press, 2018).

elaboración de alimentos para consumo humano (Capparelli, 2008) y representan un recurso nutricional fundamental para especies de animales domésticos y silvestres que habitan el desierto del Monte.

En este ecosistema, gran variedad de organismos interactúan con *P. flexuosa* comportándose como depredadores o dispersores de semillas (Campos y Velez, 2015) (Figura 3). La presencia de predadores predispersivos⁹(Figura 3) de *Prosopis* disminuye la producción de semillas en un 25% a 70%. Esta pérdida se atribuye principalmente a los brúquidos (Smith y Ueckert, 1974; Solbrig y Cantino, 1975; Kingsolver *et al.*, 1977). Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el consumo de sus frutos por vertebrados representa una interacción mutualista planta animal (Herrera, 1995; Santamaría, 2006) fundamental para el establecimiento de las plántulas (Villagra, 2000). Cabe destacar que un aumento en el poder germinativo de las semillas ingeridas depende del dispersor ya que se ve influenciado por el grado de escarificación producido por el animal (Campos y Ojeda, 1997).

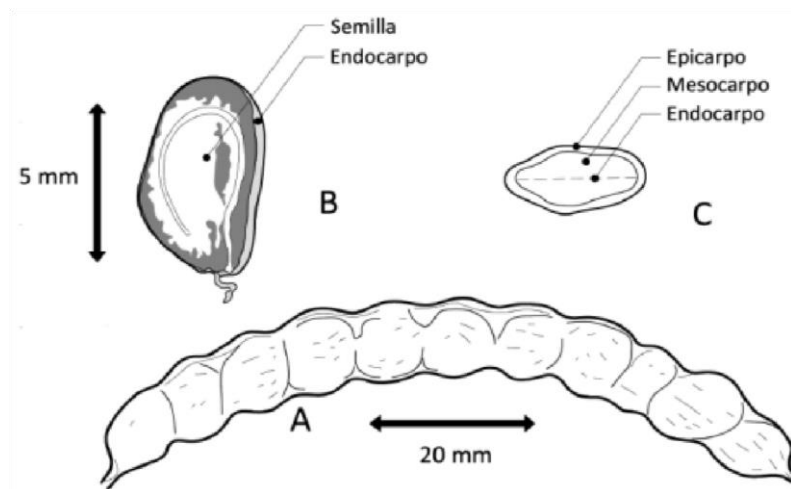


Figura 2. Esquema del fruto de *Prosopis*: A: vaina; B: semilla; C: sección transversal del fruto. Fuente: Llano *et al.*, 2012.

⁹ **Predación predispersiva:** depredación de frutos y/o semillas de la especie vegetal que ocurre cuando estas estructuras aún se encuentran en la planta madre, por lo tanto, la muerte de la semilla se produce antes de su dispersión por agentes activos, afectando en forma directa el número de semillas que serán dispersadas (Chambers y MacMahon, 1994).

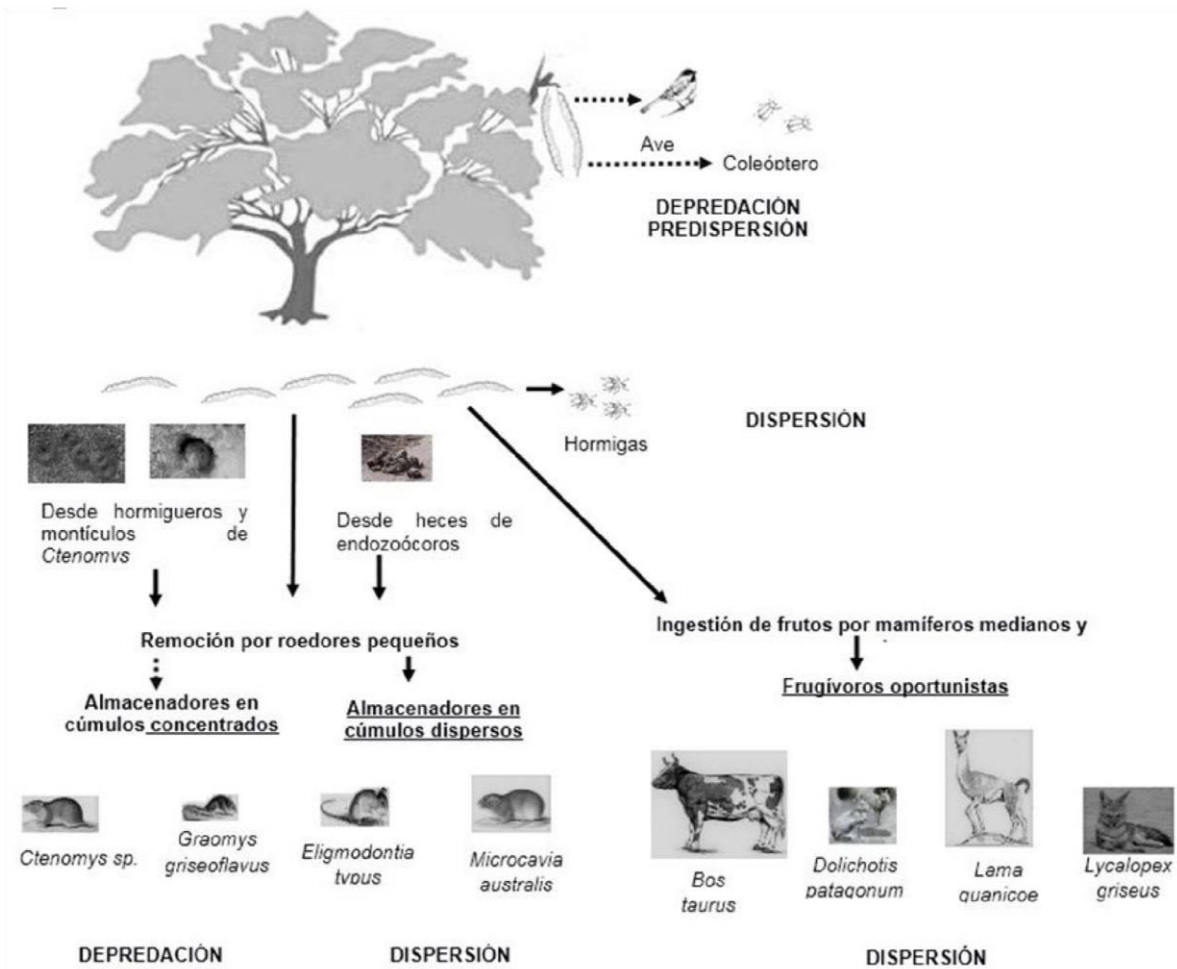


Figura 3. Modelo conceptual que representa las relaciones entre animales, frutos y semillas de *Prosopis flexuosa*. En negrita se observan los grupos funcionales, con línea continua se señalan las interacciones que tienen como resultado la dispersión de semillas y con línea punteada las que implican principalmente depredación. Fuente: Campos y Velez, 2015.

2.3 Especies animales estudiadas

En el presente estudio se trabajó con tres especies de herbívoros domésticos: caprinos (*Capra hircus*), bovinos (*Bos taurus*) y equinos (*Equus ferus caballus*). Dichas especies son importantes para los sistemas socio-productivos que predominan en el Monte Central de Argentina, donde la producción animal se realiza principalmente bajo sistemas con pastoreo continuo. En el caso de los caprinos la alimentación está basada principalmente en el consumo de diferentes especies forrajeras disponibles en el campo, y sólo se realizan suplementaciones estratégicas en años de escasez de alimento debido a periodos prolongados de sequía (se suplementa principalmente a las hembras lactantes y/o gestantes con maíz o frutos de algarrobo como fuentes de energía). Mientras que bovinos y equinos, además de consumir forrajeras nativas disponibles en el campo, reciben periódicamente diferentes niveles de suplementación dependiendo de la especie y categoría animal (principalmente heno de alfalfa, maíz y frutos de algarrobo). La utilización y aprovechamiento de los recursos forrajeros disponibles por parte de bovinos, caprinos y

equinos varía principalmente en relación a características anatómicas, fisiológicas y comportamentales propias de cada especie (Dyce *et al.*, 1999; Cunningham *et al.*, 2013)

Desde el punto de vista de la dispersión endozoocórica de semillas de *P. flexuosa*, resulta de interés identificar las características anatómicas y fisiológicas que son particulares de cada especie animal y que definen diferentes tiempos de tránsito y/o tasas de pasaje del alimento consumido a través del tracto digestivo de los animales, y por ende diferencias en la eficiencia de utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos. Estos parámetros están mayormente definidos por el tipo de masticación, tipo de digestión (química o enzimática y fermentativa) y presencia o no de rumia. A continuación, se mencionan algunas de las características anatómicas y fisiológicas más relevantes de las tres especies estudiadas, una descripción detallada de las mismas puede ser consultada en Dyce *et al.* (1999) y Cunningham *et al.* (2013) (Figura 4).

Los rumiantes (Figura 4) muestran variaciones anatómicas resultado de la evolución que favorecieron la selectividad por alimentos específicos. Esto llevó a Hofmann (1988) a clasificar a los rumiantes en tres tipos morfo-fisiológicos de alimentación: los seleccionadores de concentrados (SC), los consumidores de forraje (CF) y los intermedios. Los SC evolucionaron temprano y se adaptaron al consumo de dicotiledóneas antes de que se desarrollaran los pastos; seleccionan plantas o partes de ellas ricas en contenidos celulares altamente digestibles y nutritivos y tienen una capacidad muy limitada para digerir la pared celular (fibra); su rumen es simple (Por ej., kudus, jirafas). Los rumiantes (CF) evolucionaron más tarde y dependen de los pastos y otros materiales vegetativos fibrosos, aunque pueden manejar más o menos bien los contenidos celulares de rápida fermentación; poseen un rumen muy desarrollado (Por ej., bovinos, ovinos). Los rumiantes intermedios consumen una dieta mixta, los órganos de prensión están conformados por los labios, la lengua, los incisivos inferiores y el cojinete dental. En este grupo se destacan los caprinos por poseer una lengua larga y móvil, y labios flexibles.

El estómago de los rumiantes está formado por el retículo, el rumen, el omaso y el abomaso (Dyce *et al.*, 1999). Los tres primeros se consideran pre-estómagos, en los cuales se almacena y retrasa el pasaje del alimento ingerido, se produce la fermentación microbiana anaeróbica del material vegetal y absorción de los productos de la fermentación, entre otras funciones. Los pre-estómagos están recubiertos por epitelio escamoso estratificado, que tiene una función importante en la absorción de ácidos grasos volátiles, en el balance de agua y en el metabolismo del nitrógeno y de los minerales. El abomaso tiene una mucosa glandular cubierta por epitelio columnar simple. Las papilas ruminales (presentes en el epitelio escamoso estratificado) son órganos de absorción, cuya distribución, tamaño y número están altamente relacionados con los hábitos alimenticios, y la disponibilidad y digestibilidad del forraje. En cuanto a la fisiología digestiva de los animales rumiantes, los pre-estómagos son considerados como cámaras de fermentación. La fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno y permite que los rumiantes puedan consumir alimentos muy fibrosos ya que pueden degradar los carbohidratos estructurales de las plantas (celulosa). Además pueden sintetizar proteína microbiana ruminal de alto valor biológico e incluso reciclar productos metabólicos de desecho como la urea. Sin embargo, la fermentación también tiene un costo para los animales rumiantes, los cuales destinan alrededor de 8 horas a la rumia. El correcto funcionamiento del proceso digestivo requiere movimientos de mezclado en los compartimentos pregástricos, a través de los cuales se eliminan los gases producidos durante la fermentación (eructo) o bien la regurgitación y posterior re-masticación de partículas de alimento no digeridas (rumia) y/o la absorción de los productos finales de la fermentación.

A diferencia de los animales rumiantes, en los animales no rumiantes (Figura 4), como el equino, la digestión se realiza principalmente mediante las enzimas digestivas presentes en el estómago. Además poseen un ciego muy desarrollado en el cual los microorganismos degradan las paredes celulares de los alimentos. Esto confiere a los equinos características intermedias entre animales monogástricos estrictos (ej. porcinos) y animales rumiantes. Como se mencionó anteriormente, si bien los microorganismos participan de los procesos digestivos tanto en los animales rumiantes como en los no rumiantes, la diferencia radica en que en los primeros, el contenido ruminal se vuelca en el intestino delgado donde continúa la digestión y se realiza la mayor parte de la absorción; en cambio en los no rumiantes el resultado de la digestión microbiana cecal se vierte en el intestino grueso donde la digestión y absorción es limitada.

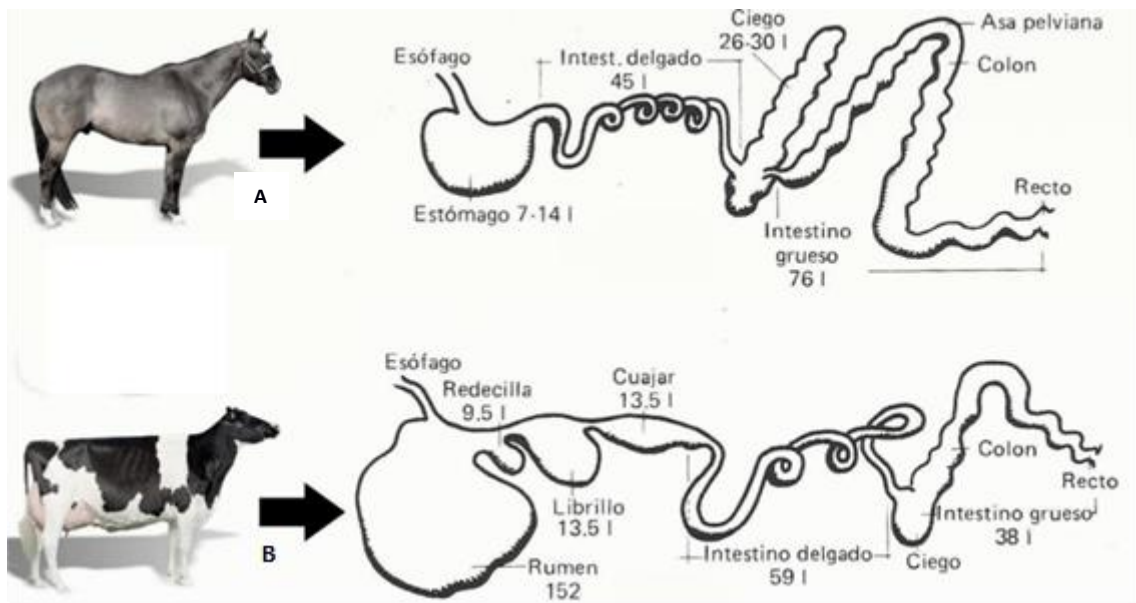


Figura 4. Esquema comparativo de la fisiología digestiva de organismos no rumiantes (equinos) (A) y rumiantes (bovinos y caprinos) (B). Adaptado de Dyce, 1999.

2.4 Estimación del porcentaje de recuperación de semillas de *P. flexuosa* a partir de las especies animales estudiadas.

Se trabajó con cuatro individuos adultos de biotipo criollo de cada una de las especies animales estudiadas (N=4): caprinos, bovinos y equinos. Todos los animales fueron seleccionados en establecimientos productivos y/o educativos de la zona, y colocados en corrales individuales donde permanecieron durante el período de duración de los ensayos. En dichos corrales disponían de agua y de una dieta en base a heno de alfalfa en condiciones *ad libitum*. Luego de un periodo de adaptación de 10 días se suministró a los animales por única vez y en forma individual (día 1) un número conocido de semillas de *P. flexuosa* (entre 300 y 1000 semillas según la especie animal estudiada) (Tabla 1), controlando que cada individuo ingiriera la mayor cantidad de semillas en un período de 48 horas. Cada animal recibió los frutos maduros e intactos de *P. flexuosa* conteniendo las semillas, mezclados con cantidades conocidas de diferentes sustratos (maíz molido, melaza y/o, heno de alfalfa) a fin de facilitar la ingesta de las mismas. Posteriormente, a intervalos de 24 horas, se recolectó la producción de heces diarias de cada animal, las cuales fueron disgregadas utilizando un tamiz de malla n° 10 y agua corriente, para

facilitar la búsqueda de semillas. Luego de registrar el número de semillas recuperadas, las mismas fueron almacenadas en condiciones no aptas para su germinación hasta la realización de los ensayos de germinación. La recolección diaria de heces finalizó luego de dos días consecutivos de no recuperación de semillas. Los análisis se realizaron utilizando el porcentaje de recuperación de semillas de cada animal. Este se estimó a partir de la relación entre la cantidad de semillas consumidas y la cantidad de semillas recuperadas en heces.

Tabla 1. Número de semillas de *P. flexuosa* ingeridas según la especie animal estudiada. Los valores son medias \pm (E.E.)

Especie animal	N° semillas ingeridas
Bovino	643,25 (206,04)
Caprino	380 (48,99)
Equino	811,5 (114,35)

2.5 Evaluación del poder germinativo de las semillas de *P. flexuosa*.

Se analizó la capacidad de germinación de las semillas recuperadas a partir de las heces de los animales y de las provenientes de la planta madre (control). Las semillas que habían pasado por el tracto digestivo de los ungulados domésticos fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 10 minutos y luego se enjuagaron con agua corriente (10 minutos) para quitar el excedente de sustancia. Se armaron germinadores en cajas de Petri (9 cm de diámetro) previamente lavadas y desinfectadas con alcohol isopropílico, acondicionadas con algodón y papel de filtro. En cada una de ellas se colocaron entre 20 y 25 semillas provenientes de las heces de cada animal, identificadas según especie animal, individuo, fecha de recuperación y número de semillas. Por otro lado, se armaron 5 réplicas de 20 semillas cada una para cada grupo control. Estos correspondían a semillas con artejo, semillas sin artejo (el mismo se extrajo de forma mecánica con pinza) y semillas sin artejo escarificadas (Figura 5). A estas últimas, una vez extraído el artejo se las escarificó manualmente con lija. Se trató a cada semilla con Captan, fungicida de contacto, a una concentración de 2 gr/L, para evitar la proliferación de hongos en los germinadores. Todas las semillas fueron llevadas a estufa a una temperatura de 30°C hasta registrar el 50% de la germinación. Se consideró "semilla germinada" a aquella que presentaba emisión de la radícula (Figura 6). Se registró diariamente el número de semillas germinadas por caja de Petri, teniendo en cuenta el día de recuperación, especie animal estudiada y los grupos control.

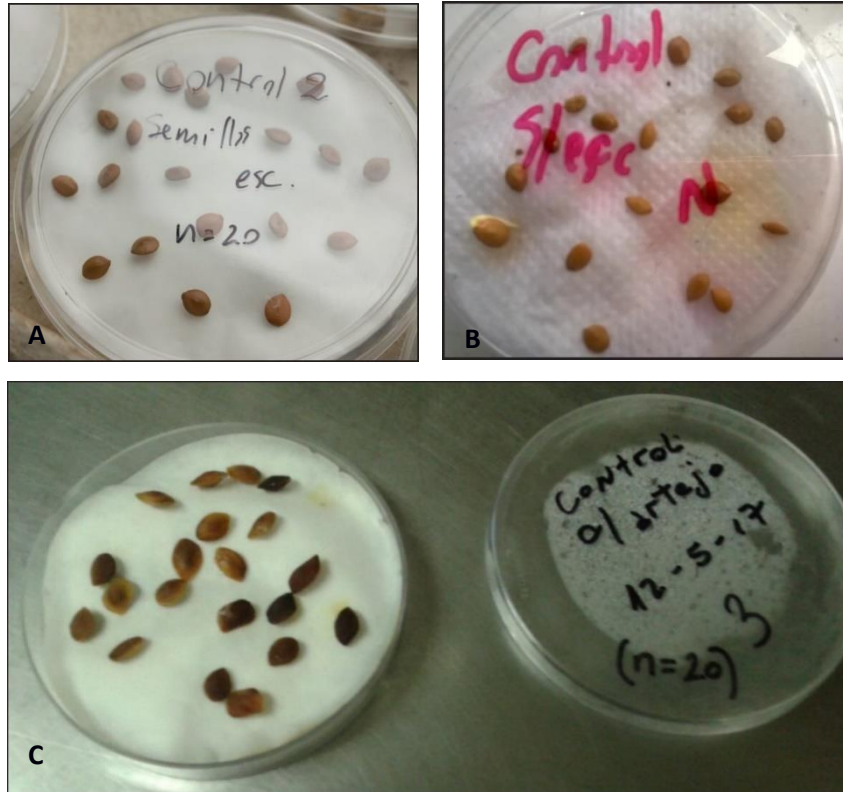


Figura 5. Semillas del grupo control en germinadores. A: Control sin artejo, escarificado; B: Control sin artejo; C: Control con artejo.

2.6 Evaluación de la viabilidad de las semillas de *P. flexuosa*.

Se evaluó la viabilidad de aquellas semillas que no germinaron, a través de la prueba de Tetrazolio (MacKay, 1972) utilizando una solución acuosa 0,5% de tetrazolio (cloruro de 2,3,5 - trifeniltetrazolio) (Moore, 1972). Para ello, se procedió a eliminar el artejo de las semillas (en aquellas que correspondía), raspar el extremo opuesto al embrión, sumergir las semillas en la solución de tetrazolio durante 24 horas, en oscuridad, a una temperatura constante de 30°C. Luego de este período, cada semilla fue diseccionada longitudinalmente y se observó el embrión a través de lupa binocular. Según la viabilidad, la semilla se colorea en diferentes grados o zonas, o no se colorea, dependiendo de la presencia de tejidos sanos, débiles, enfermos y muertos; presentando tinción rosada cuando la semilla está viable (Figura 6).

Finalmente, en base a los ensayos de germinación y viabilidad realizados a partir de las semillas recuperadas de las heces de los animales estudiados se definieron 3 categorías de semillas (Figura 6): semilla germinada (G), semilla no germinada viable (NGV) y semilla no viable (NV).



Figura 6. Categorías de semillas definidas en base a los ensayos de germinación y viabilidad: A: Semilla germinada (G); B: Semilla no germinada viable (NGV); C: Semilla no viable (NV).

2.7 Relación entre tiempo de retención, poder germinativo y viabilidad de las semillas consumidas.

Para estudiar el efecto del pasaje de las semillas de *P. flexuosa* a través del tracto digestivo de las especies estudiadas sobre el poder germinativo y viabilidad de las mismas en relación al tiempo de retención en el tracto digestivo, se definieron dos períodos de tiempo: inicial (días 1 y 2) y final (día 3 hasta finalizar ensayo de recuperación) y se consideraron tres categorías de semillas (%): germinadas (G), no germinadas viables (NGV) y no viables (NV) (Figura 6).

2.8 Análisis estadísticos

Para estimar el efecto del pasaje de las semillas de *P. flexuosa* por el tracto digestivo de rumiantes y no rumiantes sobre el porcentaje de recuperación de semillas se utilizó la Prueba de Kruskal Wallis (test no paramétrico) y posteriormente se procedió a realizar el test de Dunn. Dichos análisis también fueron utilizados para determinar el efecto del tránsito de las semillas por el tracto digestivo sobre la viabilidad y el poder germinativo de las semillas ingeridas por los animales y para evaluar el poder germinativo y la viabilidad de las semillas de los grupos control. Se consideró como unidad de muestreo a cada animal (n=4) y como unidad de observación a cada caja de Petri. La especie animal fue utilizada como variable explicatoria.

Para evaluar el efecto del pasaje de las semillas por el tracto digestivo de las especies estudiadas sobre el porcentaje de semillas germinadas, viables no germinadas y no viables, se utilizó el procedimiento GLM (modelos lineales generalizados). En dichos modelos se consideró la especie animal como efecto fijo y como variable respuesta a las categorías de semillas definidas previamente (G, NGV, NV). El análisis se peticiónó según período inicial y final. Las comparaciones múltiples se realizaron mediante la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC).

Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico InfoStat (2012). El cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado y prueba de Levene, respectivamente. Se consideraron diferencias significativas a nivel de $p < 0,10$ y tendencia al nivel de $p < 0,15$.

3. RESULTADOS

3.1 Porcentaje de recuperación de semillas de *P. flexuosa*.

El pasaje de las semillas de *P. flexuosa* a través del tracto digestivo de las especies rumiantes y no rumiantes estudiadas tuvo efectos significativos sobre el porcentaje de recuperación de semillas ($p < 0,10$) (Figura 7).

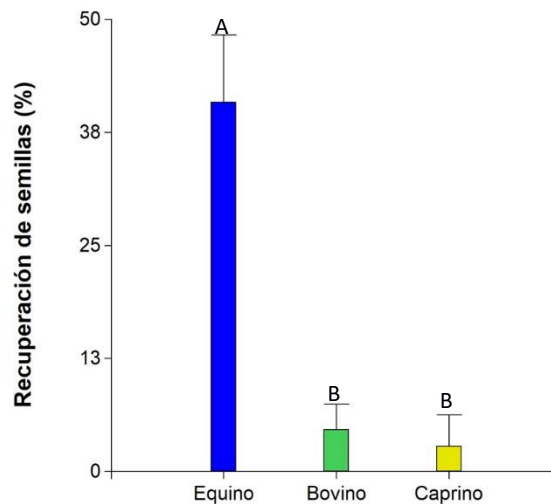


Figura 7. Recuperación de semillas de *P. flexuosa* (%) en equinos, bovinos y caprinos. Letras distintas indican diferencias significativas entre las especies animales estudiadas ($p < 0,10$).

3.2 Poder germinativo y viabilidad de las semillas de *P. flexuosa*.

El paso de las semillas de *P. flexuosa* a través del tracto digestivo de rumiantes y no rumiantes no mostró un efecto significativo sobre el poder germinativo y la viabilidad de las mismas ($p > 0,10$). Sin embargo, se pudo observar un efecto significativo del proceso de escarificación mecánica de las semillas de *P. flexuosa* para dichas variables (Tabla 2).

Tabla 2. Poder germinativo (%) y viabilidad (%) de las semillas de *P. flexuosa* provenientes de las heces de equinos, caprinos y bovinos, y de los grupos control (Control con artejo: CCA; Control sin artejo: CSA; Control sin artejo escarificado: CE). Valores son medias (\pm E.E.)

	Germinación (%)	Viabilidad (%)
Especie animal		
Equino	14(0) ^{AB}	39(0) ^A
Bovino	11(0) ^{AB}	4(20) ^A
Caprino	28(20) ^B	54(30) ^A
Controles		
CCA	2(0) ^A	63(10) ^{AB}
CSA	17(10) ^{AB}	96(10) ^{BC}
CE	98(0) ^C	98(0) ^C

Letras mayúsculas distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,10$).

3.3 Poder germinativo y viabilidad de las semillas de *P. flexuosa* en relación al tiempo de retención en el tracto digestivo de las especies animales estudiadas.

Teniendo en cuenta el tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo para cada una de las especies animales estudiadas (Tabla 3), se pudo observar que las semillas recuperadas en el período final presentaron los mayores porcentajes de semillas no viables ($p < 0,10$) para equinos y caprinos respecto a bovinos (Tabla 4). Además, durante dicho período, se observó una tendencia ($p < 0,15$) a incrementar el porcentaje de semillas viables no germinadas en las semillas recuperadas a partir de las heces de bovinos (Tabla 4).

Tabla 3. Tiempo de retención de semillas (días) en el tracto digestivo de equinos, caprinos y bovinos. Valores son medias \pm (D.E.)

Especie Animal	T.R.S.
Equino	5 (1,15)
Bovino	3 (1,15)
Caprino	2 (0,71)

Tabla 4. Porcentaje de semillas germinadas (G), semillas viables no germinadas (VNG) y semillas no viables (NV) estimados a partir de las semillas recuperadas de las heces de las especies animales estudiadas durante los períodos inicial y final, y a partir de semillas de los grupos control con artejo y control sin artejo. Valores son medias (\pm E.E.)

	Especie Animal			Controles		E.E.	Efecto
	Equino	Bovino	Caprino	Con Artejo	Sin artejo		
Período Inicial							
G	14	6	15	2	17	0,11	<i>ns</i>
VNG	32	35	19	61	79	0,26	<i>ns</i>
NV	54	59	32	37	4	0,22	<i>ns</i>
Período Final							
G	7	11	17	2	17	0,13	<i>ns</i>
VNG	16 *	54 *	17 *	61 *	79 *	0,26	*
NV	77 ^A	25 ^B	67 ^A	37 ^B	4 ^B	0,23	**

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,10$) dentro de un mismo período.
 (*) Indica tendencia ($p < 0,15$). (*ns*) Indica efecto no significativo. (**) Indica efecto significativo ($p < 0,10$).

4. DISCUSIÓN

En este trabajo de tesis se estudió una parte del proceso de dispersión endozoocórica de semillas de *P. flexuosa* cuya efectividad puede evaluarse si se consideran los aspectos cuali- y cuantitativos que lo definen (Shupp *et al.*, 2010). Este enfoque nos permitió ponderar el rol de tres especies de ganado doméstico (equinos, bovinos y caprinos) como dispersores efectivos de *P. flexuosa*. Si bien numerosos trabajos (Campos y Ojeda, 1996; Campos *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2011; Campos y Velez, 2015) han estudiado aspectos cualitativos de la dispersión endozoocórica de especies del género *Prosopis* (poder germinativo y viabilidad de las semillas principalmente), en ninguno de estos se evaluaron aspectos cuantitativos ni la efectividad del proceso. Esto se debe en parte a que en dichos trabajos se desconocía la cantidad inicial de semillas consumidas por los animales, la proporción en la cual estas fueron eliminadas en las heces, el tiempo de retención de las mismas en el tracto digestivo de los individuos, y los efectos de dichas variables sobre el poder germinativo y viabilidad de las semillas. En el presente estudio se realizaron ensayos en condiciones controladas donde fue posible evaluar aspectos cuantitativos (porcentaje de recuperación y tiempo de retención de semillas) y cualitativos (poder germinativo y viabilidad de las semillas) de la dispersión endozoocórica de semillas de *P. flexuosa*, y sobre la base de estos resultados fue posible determinar cuál es el rol de diferentes especies de ganado doméstico como agentes dispersores de semillas de *P. flexuosa*.

En relación a los aspectos cuantitativos, se observó que en equinos se recupera una cantidad considerablemente mayor de semillas de *P. flexuosa* luego de su paso por el tracto digestivo (41%) respecto a las dos especies de rumiantes estudiadas (5% y 3%, bovinos y caprinos respectivamente). Estos resultados sustentaron la predicción correspondiente a la primera hipótesis de trabajo, en base a la cual se esperaban encontrar diferencias en el porcentaje de recuperación de semillas entre las especies animales estudiadas. Dichos valores difieren de lo observado por Janzen (1982) para *Enterolobium cyclocarpum* (Fabaceae), quien obtuvo un mayor porcentaje de recuperación de semillas de *E. cyclocarpum* en bovinos respecto a equinos. Por otro lado, la recuperación de semillas en caprinos está directamente relacionada con la dureza de las cubiertas seminales y el tamaño de las mismas (D Grande *et al.*, 2012). En un estudio realizado por D. Grande *et al.*, (2012) con semillas de seis especies arbustivas, se demostró que las semillas de dimensiones mayores (longitud mayor y menor) son más susceptibles de sufrir los efectos de la masticación y rumiación (D. Grande *et al.*, 2012). Nuestros resultados pueden explicarse en relación a las diferencias en las características morfo-fisiológicas entre rumiantes y no rumiantes (Dyce *et al.*, 1999; Cunningham y Klein, 2009). Los bajos porcentajes de recuperación observados en las especies rumiantes (caprinos y bovinos) pueden atribuirse a los efectos de la regurgitación y remasticación a la cual son sometidas las semillas durante la rumia. Asimismo, aquellas semillas que logran evitar los efectos mecánicos de dichos procesos quedan expuestas a la intensa actividad de los microorganismos ruminales y de las enzimas digestivas en el intestino delgado (Crampton y Harris, 1974). Además, como se mencionó anteriormente, el efecto de la masticación se acentúa en los caprinos debido a que destruyen gran cantidad de las semillas que consumen (Harrington, 2011), en particular aquellas que poseen una longitud mayor a 2 mm (Mancilla-Leyton *et al.*, 2015). Ejemplo de esto son las semillas de *P. flexuosa* que presentan una longitud mayor de 5,1 a 6 mm y una longitud menor que varía entre 3,8 a 4,9 mm (Burkart, 1976). En el caso de las especies no rumiantes, como el equino, tanto la masticación como la digestión microbiana en el ciego y digestión enzimática a nivel de intestino grueso, resultan menos eficientes en la degradación y digestión de las semillas ingeridas, y por ende una mayor proporción de las mismas pueden ser recuperadas a partir de las heces de estos animales.

Como se mencionó previamente, los aspectos cualitativos del proceso de dispersión que fueron evaluados en el presente trabajo, poder germinativo y viabilidad, varían principalmente en relación a las características físico-químicas de las cubiertas seminales, el tipo de digestión (rumiante y no rumiante) y el tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo (Janzen 1981, 1984). La segunda hipótesis propuesta contempla evaluar la relación existente entre el tipo de digestión (rumiante y no rumiante), y el poder germinativo y viabilidad de las semillas de *P. flexuosa*. Nuestros resultados sustentaron parcialmente la predicción de dicha hipótesis ya que sólo se observaron diferencias significativas en la viabilidad entre las semillas recuperadas en las heces y las semillas del grupo control. Las tres especies animales estudiadas mostraron un efecto negativo sobre la viabilidad de las semillas. Esto coincide con las observaciones realizadas por Campos y Ojeda (1997) quienes evaluaron el poder germinativo y viabilidad de semillas de *P. flexuosa* recolectadas en las heces de mamíferos domésticos y silvestres en relación a semillas provenientes directamente de la planta madre (Figura 8). Las adaptaciones morfológicas y bioquímicas que presentan los frutos de *P. flexuosa* a la dispersión endozoocórica permitirían explicar por qué no se observaron diferencias significativas en el poder germinativo entre las semillas recuperadas a partir de las heces y las del grupo control que no fueron escarificadas (controles con y sin artejo). Las semillas al presentar un endocarpo y una cubierta seminal dura e impermeable impiden el ingreso del agua (Kingsolver *et al.*, 1977) y la muerte del embrión al pasar a través del tracto digestivo de los herbívoros (Peinetti *et al.*, 1993; Campos y Ojeda, 1997). Cabe destacar que en el presente trabajo el mayor porcentaje de germinación se correspondió con las semillas que fueron sometidas a un proceso de escarificación mecánica manual (control escarificado). Otros autores (Catalán y Balzarini, 1992; Ortega-Baes, 1999) obtuvieron resultados similares, concluyendo que la escarificación mecánica es el tratamiento óptimo para maximizar el poder germinativo de diferentes de semillas pertenecientes al género *Prosopis*.

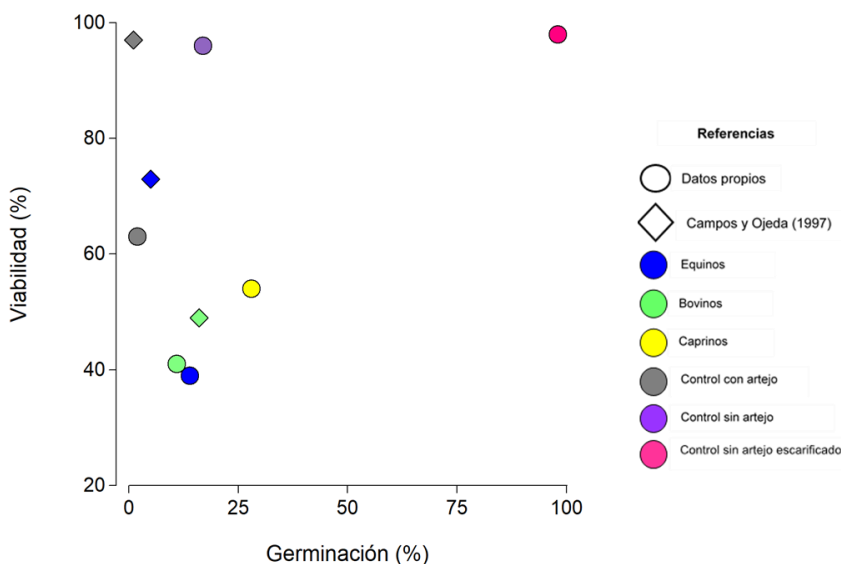


Figura 8. Poder germinativo (%) y viabilidad (%) de las semillas de *P. flexuosa* recuperadas a partir de las heces de los equinos, bovinos y caprinos estudiados, y grupos control correspondientes al presente trabajo en relación a los valores obtenidos por Campos y Ojeda (1997) para ganado bovino, equino y control.

Finalmente, con el objetivo de estudiar la germinación y la viabilidad de las semillas de *P. flexuosa* en relación al tiempo de retención de las mismas en el tracto digestivo de equinos, bovinos y caprinos, se evaluaron las diferencias en el porcentaje de semillas germinadas, no germinadas viables y no viables entre las especies animales para dos períodos de recuperación de semillas (períodos inicial y final). Nuestros resultados mostraron que en equinos y caprinos, un mayor tiempo de retención de las semillas de *P. flexuosa* en el tracto digestivo (semillas recuperadas durante el período final), afecta negativamente su viabilidad, ya que en ambas especies animales el porcentaje de semillas no viables fue mayor respecto a bovinos. En dicho período, las semillas que fueron recuperadas a partir de las heces de bovinos mostraron una tendencia a incrementar el porcentaje de semillas viables no germinadas. Para *Prosopis caldenia* Peinetti *et al.*, (1993) registró un gran número de semillas viables luego del paso por el tracto digestivo de bovinos, calificando a esta especie como un importante dispersor. Por otro lado, según Janzen *et al.*, (1985), el tiempo de tránsito de las semillas es mayor en equinos en relación a bovinos, siendo esto perjudicial para las semillas ya que son susceptibles a los efectos del proceso digestivo. Sin embargo, un mayor tiempo de retención de las semillas en el tracto digestivo de los animales favorece la distribución secuencial de las mismas, permitiendo que sean depositadas en sitios alejados de la planta madre y de esta forma favorece la colonización y localización en hábitats adecuados para su establecimiento y crecimiento (Howe y Smallwood, 1982). Por otro lado, la permanencia de las semillas en el tracto digestivo puede incrementar su mortalidad ya que se debilitan las cubiertas que las protegen (Janzen *et al.*, 1985). Nuestros resultados fueron atribuidos a las diferencias en la fisiología digestiva de las especies animales estudiadas, ya que el tipo y la intensidad de los procesos digestivos a los cuales se ven expuestas las semillas ingeridas son distintos entre estas especies (Demment y Van Soest, 1985). Tal como fue explicado, los rumiantes pueden regurgitar y remasticar el alimento para disminuir su tamaño. Esto sucede cuando las partículas deglutidas permanecen en el saco dorsal del rumen, es decir cuando estas partículas tienen menor densidad específica y mayor tamaño. En la situación inversa (partículas de mayor densidad específica y menor tamaño), las partículas deglutidas pasan rápidamente a través del rumen hacia intestino delgado y por ende la exposición a los efectos mecánicos y químicos que ocurren durante la rumia y la digestión ruminal, es menor (Welch, 1982). Por otro lado, los caprinos, a diferencia de los bovinos, presentan adaptaciones morfofisiológicas y comportamentales que les permiten sobrevivir en ambientes adversos caracterizados por la baja calidad y disponibilidad de alimento (Silanikove, 2000). Algunas de estas adaptaciones están directamente relacionadas a una mayor eficacia en la masticación y digestión del alimento. Debido a esto, las semillas ingeridas quedan expuestas a una intensa escarificación mecánica y química afectando negativamente su viabilidad. En el caso de los no rumiantes, como el equino, mastican exhaustivamente el alimento sólo una vez pudiendo incluso escupir parte de las semillas que no alcanzan a ser masticadas adecuadamente (Janzen, 1981a; Grenet *et al.*, 1984). Las semillas que logran permanecer intactas y/o masticadas de forma parcial son deglutidas. Como consecuencia de esto, dichas semillas permanecen en el tracto digestivo durante un período de tiempo mayor, en el cual aumenta la probabilidad de que sean sometidas al proceso de escarificación química lo cual puede perjudicar su viabilidad, afectando al embrión y obteniendo un mayor porcentaje de semillas no viables.

En base a nuestros resultados, vemos la importancia de estudiar el proceso de dispersión endozoocórica considerando aspectos cuantitativos y cualitativos y así poder analizar en mayor detalle las consecuencias de la interacción entre los herbívoros domésticos y *P. flexuosa*, importante especie arbórea de los bosques nativos del Monte. Al interpretar el rol del ganado doméstico en el proceso dispersivo de *P. flexuosa* no hay que limitarse a considerar sólo el efecto generado sobre el poder germinativo y la viabilidad de las semillas consumidas (Campos, 2014). A través de la dispersión endozoocórica, estos animales al transportar las semillas lejos de la planta madre pueden contribuir indirectamente a disminuir la predación a la cual son susceptibles las semillas cuando los frutos caen al suelo. Además, aumentan la supervivencia de las mismas

(Conell, 1971) y permiten la recolonización de sitios más favorables para el establecimiento de las plántulas (Howe y Smallwood, 1982). En la actualidad, existe gran interés ecológico por el ganado doméstico, en especial por los rumiantes. Estos animales fueron considerados perjudiciales para el ambiente debido al sobrepastoreo, desertización, entre otros, sin embargo, cuando se aplica un manejo adecuado sobre estas especies, pueden contribuir con la estabilidad de los ecosistemas que pastan, dispersando semillas que colonizarán nuevos hábitats. En la actualidad los rumiantes son usados como herramientas para la conservación, al desempeñar funciones equivalentes a las de mamíferos nativos o extintos (Hansen 2008).

5. CONCLUSIÓN

Nuestros resultados muestran que la valoración de diferentes especies animales como dispersores endozoocóricos de *P. flexuosa* basada únicamente en sus efectos sobre la germinación y viabilidad de las semillas puede conducir a interpretaciones erróneas. Ejemplo de esto son los equinos y bovinos, los cuales si bien afectaron de manera similar la germinación y viabilidad de las semillas, mostraron diferencias marcadas en el porcentaje de recuperación de semillas (41 y 5% respectivamente). Debido a esto es necesario resaltar la importancia de considerar los aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso de dispersión endozoocórica cuando se pretende evaluar la efectividad del mismo y/o el rol de las especies animales que actúan como agentes dispersores. Por otra parte, teniendo en cuenta la importancia del ganado doméstico y de *P. flexuosa* para la sustentabilidad económica, social y biológica del desierto del Monte Central resulta fundamental estudiar y comprender los factores y mecanismos que definen el proceso de dispersión endozoocórica, y sobre la base de este conocimiento proponer pautas de manejo que permitan gestionar de manera sustentable estos ambientes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM NOIR F., BRAVO S., y ABDALA R. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Quebracho*. Vol.9, p.140-150
- ABRAHAM, E. DEL VALLE H.F., ROIG F., TORRES L., ARES J.O., CORONATO F., GODAGNONE R. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*. Vol. 73, p.144-153.
- ALVAREZ J.A. y VILLAGRA P.E. 2010. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*. Vol.35 (1), p. 47-61.
- ALVAREZ, J. A., VILLAGRA P.E, CONY M.A., CESCO, E. y BONINSEGNA J.A. 2006. Estructura y estado de conservación de los bosques de *Prosopis flexuosa* DC. en el Noreste de Mendoza, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol.79, p.75-87.
- ALVAREZ, J.A., VILLAGRA P.E, ROSSI B.E., y CESCO E. 2009. Spatial and temporal litterfall heterogeneity generated by woody species in the Central Monte desert. *Plant Ecology*. Vol.205, p.295-303.
- BURKART A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Ed. ACME Agency SRL. Buenos Aires - Argentina. p. 569.

BURKART A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfamilia Mimosoideae). *Journal Arnold Arbor*. Vol.57, p 219-455.

BUSTAMANTE, R.O., SIMONETTI J.A. Y MELLA J.E. 1992. Are foxes legitimate and efficient seed dispersers? A field test. *Acta Oecologica*. Vol.13, p 203-208

CAMPOS C.M y OJEDA R. 1997. Dispersal and germination of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) seeds by desert mammals in Argentina. *Journal of Arid Environments*. Vol. 35, p 707-714.

CAMPOS C.M Y VELEZ S. 2015. Almacenadores y frugívoros oportunistas: el papel de los mamíferos en la dispersión del algarrobo (*Prosopis flexuosa* DC) en el desierto del Monte, Argentina. *Ecosistemas*. Vol. 24, p. 28-34.

CAMPOS C.M., CAMPOS V.E., MONGEAUD A., BORGHI C.E., DE LOS RÍOS C. y GIANNONI S.M. 2011. Interacciones entre *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) y el ganado en el desierto de Monte: Semillas, plántulas y renovales en los sitios de uso del ganado. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 84, p. 289-299.

CAMPOS, C.M. 1997. Utilización de recursos alimentarios por mamíferos medianos y pequeños del desierto del Monte. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.139p.

CAPPARELLI, A. 2008. Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos del algarrobo (*Prosopis flexuosa* y *P. chilensis*, Fabaceae): aproximación experimental aplicada a restos arqueobotánicos desecados. *Darwiniana*. Vol.46 (2), p.175-201.

CATALÁN, L., BALZARINI M., TALEISNIK E., SERENO R. y KARLIN U. 1994. Effects of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D.C.). *Forest Ecology and Management*. Vol. 63, p.347-357.

CHIAPPA E, VILLSEÑOR R., TORO H. y COVARRUBIAS R. 1997. Táctica reproductiva de *Prosopis* (Mimosaceae) y asociaciones ecológicas de sus polinizadores, en el desierto del norte de Chile. *Multequina*. Vol. 6, p.9-20.

CÔME D.1970. Les obstacles à la germination. Volumen I. Ed. Masson y Cie. Paris. Francia.162 p.

CHAMBERS J.C. y MAC MAHON J.A. 1994. A day in the life of a seed: Movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review Ecological Systematic*. Vol.25, p.263-292.

CUNNINGHAM J G, KLEIN B G. 2009. Fisiología Veterinaria. 4º Edición. Barcelona. Ed. Elsevier España SA. 624p.

DALMASSO, A.D., y ANCONETANI J. 1993. Productividad de frutos de *Prosopis flexuosa* (Leguminosae), algarrobo dulce, en Bermejo, San Juan. *Multequina*. Vol.2, p. 173-181.

D. GRANDE J.M., MANCILLA-LEYTÓN M., DELGADO-PERTÍÑEZ A. y MARTÍN VICENTE. 2012. Patrón temporal de recuperación de semillas de seis especies herbáceas consumidas por el ganado caprino. En Nuevos retos de la ganadería extensiva: un agente de conservación en peligro de extinción. 283p.

DEMAIO, P., KARLIN, U.O., y MEDINA, M. 2015. Árboles nativos del centro de Argentina. Ed. L.O.L.A. Buenos Aires. Argentina. Tomo I, Centro y Cuyo. 210p.

DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W.2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [<http://www.infostat.com.ar>].

DURANTE, S., y CABRERA N. En prensa. Megachilidae. En G. DEBANDI G. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Volumen II. Ed. Sociedad Entomológica Argentina, Tucumán Argentina.

DYCE, K., SACK, W., y WENSING, C. 1999. Anatomía veterinaria. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México D.F. 845 p.

FARWIG, N., BERENS, D.G. 2012. Imagine a world without seed dispersers: a review of threats, consequences and future directions. *Basic and Applied Ecology*. Vol.13, p 109-115.

FOLLIOT P.F. y THAMES J.L.1983. Collection, handling, storage and pretreatment of *Prosopis* seeds in Latin America. Rome. FAO [En línea] [<http://www.fao.org/docrep/006/Q2180S/Q2180S00.HTM>] [Consulta: 2 de mayo de 2017].

FONT QUER, P.1975.Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona. España. 1244p.

GALERA, F. M. 2000 Los algarrobos. Las especies del género *Prosopis* de América Latina con especial énfasis en aquellas con interés económico. [En línea] Córdoba, Argentina, [<http://www.fao.org/docrep/006/AD314S/AD314S00.HTM>], [Consulta: 5 de abril de 2017].

HANSEN D.M., KAISER C.N., MÜLLER C.B.2008. Seed dispersal and establishment of endangered plants on oceanic islands: the Janzen-Connell Model, and use of ecological analogues. *Plos One*. Vol. 3, p. 3-8.

HERRERA, CM. 1995. Plant-vertebrate seed dispersal systems in the mediterranean: Ecological, Evolutionary, and Historical determinants. *Annual Review Ecological System*. Vol. 26, p. 705-27.

HOFFMANN W.E., KRAMER J., MAIN A.R., LOCH W.F. y QUIMBY F.W. 1989. The clinical chemistry of laboratory animals. *New York: Pergamon Press*. p. 237-278.

HOWE Y SMALLWOOD, 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. 13, p. 201-28.

HUTCHINGS, M. J., 1997. The structure of plant populations. En: CRAWLEY M.J. *Plant Ecology*. Blackwell Science. p. 325-358.

JANZEN D.H., 1981. Guanacaste tree seed-swallowing by Costa Rican range horses. [En línea] Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos, [<http://www.jstor.org/stable/1937725>], [Consulta: 2 de febrero 2016].

JANZEN, D. 1984. Dispersal of small seeds by big herbivores: foliage is the fruit. [En línea], Chicago, Estados Unidos, [<http://www.jstor.org/stable/2461100>], [Consulta: 5 de diciembre de 2015].

KINGSOLVER, J. M., JOHNSON, C. D., SWIER, S. R. Y TERAN, A. 1977. *Prosopis* fruits as a resource for invertebrates. En *Mesquite: Its biology in two desert scrub ecosystems*. Ed. B.B. Simpson, Pennsylvania – Estados Unidos. p. 108-122.

LABRAGA J.C. Y VILLALBA R. 2009. Climate in the Monte Desert: past trends, present conditions, and future projections. *Journal of Arid Environments*. Vol. 73, p. 154-163.

LERNER. P. y R. PEINETTI. 1996. Importance of predation and germination losses from the seed bank of caldén (*Prosopis caldenia*). *Journal of Range Management*. Vol 49, p.147- 150.

LLANO C., UGAN A., GUERCI A. y OTAOLA C. 2012. Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo (*Prosopis flexuosa*): inferencias sobre la presencia de macrorrestos en sitios arqueológicos. *Intersecciones en antropología*. Vol. 13, p. 513-524.

LOPEZ DE CASENAVE J. 2001. Estructura gremial y organización de un ensamble de aves del desierto del Monte. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina. 117p.

MANCILLA-LEYTÓN, J.M., FERNANDEZ-ALÉS, R., MARTÍN VICENTE, Á. 2015. Efectividad cualitativa del ganado caprino en la dispersión de especies de frutos secos y carnosos. *Ecosistemas*. Vol. 24, p.22-27.

MACKAY R.J.1972. Visual stability. *Investigative Ophthalmology*. Vol 11, p. 518-524.

MEINZER, O.E. 1927. Plants as indicators of ground water. En *Water-Supply Paper*, N° 577, Ed. U.S. Government Printing Office. Washington DC - Estados Unidos. 95 p.

MILLERS, M.F.1993. Is it advantageous for *Acacia* seeds to be eaten by ungulates? *Oikos*. Vol66, p. 364-368.

MOORE, R.P. 1972. Tetrazolium testing of seed peanuts. Oléagineux. *Montpellier*. Vol. 27, p. 433-437.

- MORELLO J. 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana*. Vol. 2, p.5-115.
- MOUISSIE A.M; VAN DER VEEN C.J, VEEN G.F, VAN DIGGELEN R. 2005. Ecological correlates of seed survival after ingestion by Fallow Deer. *Functional Ecology*. Vol. 19, p. 284-290.
- ORTEGA BAES P., DE VIANA M.L., LARENAS G., SARAVIA M. 2001. Germinación de semillas de *Caesalpinia paraguariensis* (Fabaceae): agentes escarificadores y efecto del ganado. *Biología Tropical*. Vol. 49.
- OXFORD UNIVERSITY PRESS. 2018. Spanish Oxford living dictionaries.[En línea] [<https://es.oxforddictionaries.com>], [Consulta: 5 de febrero, 2017].
- PEINETTI, R., M. PEREYRA, A. KIN, y A. SOSA. 1993. Effects of cattle ingestion on viability and germination rate of caldén (*Prosopis caldenia*) seeds. *Journal of Range Management*. Vol. 46, p.483-486.
- PERALTA M y MT SERRA. 1987. Caracterización del hábitat natural de las especies del género *Prosopis* en las Provincias de Huasco y Copiapó, III Región, Chile. En: Investigación y desarrollo de áreas silvestres zonas áridas y semiáridas de Chile. Documento de trabajo N°9, CONAF (Chile). 120p.
- PEREZ GARCIA F., 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Hojas de divulgación. N° 2112 HD. Dpto. Biología Vegetal, Universidad Politécnica de Madrid. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. España. 16p.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M.A., RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA, S., CALVO-MAGRO, E., DAVID ANTONIO, C. 2003. Germination of selected perennial plant species from western Spain under nitrogen, light and wet and dry heat treatments. *Mediterranean Ecology*. Vol. 4, p.23-33.
- PEROSA, M., ROJAS, F., VILLAGRA, P., TOGNETTI, M. F., CARRARA, R., y ALVAREZ, J. A. 2014. Distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en la Provincia Biogeográfica del Monte (Argentina). *Ecología austral*. Vol. 24, p.238-248.
- RAMOS-FONT M.E, GONZÁLEZ REBOLLAR J.L, ROBLES CRUZ A.B, 2015. Dispersión endozoócora de leguminosas silvestres: desde la recuperación hasta el establecimiento en campo. *Ecosistemas*. Vol. 24, p.14-21.
- ROIG, F.A. 1985 Árboles y bosques de la región árida centro oeste de Argentina (provincias de Mendoza y San Juan) y sus posibilidades silvícolas. Forestación en zonas áridas y semiáridas. 2° Encuentro Regional CIID América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile. p. 145-188.
- ROIG, F.A. 1987. Los árboles indígenas de las Provincias de Mendoza y San Juan. I parte. *Serie Científica*. Vol.31, p.13-15.

ROIG, F. A., BERRA, A., LOYARTE, M. G., CARRETERO, E. M. y WUILLOUD, C. 1992. La Travesía de Guanacache, tierra forestal. *Multequina*. Vol.1, p.83-91.

ROMERO N., J. y JOHNSON, C.D. 2004. Sinopsis de los brúquidos de México (Insecta: Coleoptera). En MORALES M, IBARRA G., RIVERA G. y STANFORD C. *Entomología Mexicana*. Vol. 3. Estado de México – México. p.758 - 763.

ROSSI B.E. 2004. Flora y vegetación de la Reserva de Biosfera de Ñacuñán después de 25 años de clausura. Heterogeneidad espacial a distintas escalas. Universidad Nacional de Cuyo, Programa de Postgrado de Biología. Mendoza, Argentina.152p.

ROSSI, B.E. y VILLAGRA P.E. 2003. Effects of *Prosopis flexuosa* on soil properties and the spatial pattern of understory species in arid Argentina. *Journal of Vegetation Science*. Vol.14, p.543-550.

RUIZ LEAL, A. 1972. Aportes al inventario de los recursos naturales renovables de la Provincia de Mendoza. Flora Popular Mendocina. IADIZA. Deserta. Vol.3, p. 1-299.

SANTAMARÍA L., LARRINAGA A.R., ARCEIZ A. Y RODRÍGUEZ PÉREZ J. 2006. La ecología espacial como punto de encuentro entre la ecología animal y vegetal. Modelos espacialmente explícitos de dispersión endozoócora. *Ecosistemas*. Vol.15 (3), p.100-106.

SCHUPP, E.W., JORDANO, P., GÓMEZ, J.M. 2010. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*. Vol.188, p. 333-353.

SILANIKOVE, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*. Vol.35, p.181 - 193.

SIMPSON, B. B., NEFF J.L. y MOLDENKE A.R. 1977. *Prosopis* flowers as a resource. En SIMPSON B.B. Mesquite: its biology in two desert ecosystems. Ed. Simpson B.B. Nueva York – Estados Unidos. 250p.

SMITH L.L y UECKERT D.N. 1974. Influence of insects on mesquite seed production. *Journal of Range Management*. Vol.27, p. 61-65.

SOLBRIG, O.T. Y CANTINO, P.D. 1975. Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). *Arnold Arboretum*. Vol. 56 (2), p.183-210

THANOS, C.A., GEORGHIOU K., KADIS C. y PANTAZI C.1992. Cistaceae: a plant family with hard seeds. *Israel Journal of Botany*. Vol.41, p. 251-263.

VILLAGRA P.E. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Ecology of the *Prosopis* woodlands from Argentina. *Multequina: Latin American Journal of Natural Resources*. Vol. 9 (2), p. 35-51.

VILLAGRA, P.E., VILLALBA, R. y BONINSEGNA, J.A. 2005. Structure and growth rate of *Prosopis flexuosa* woodlands in two contrasting environments of the central Monte desert. *Journal of Arid Environments*. Vol.60, p.197-199.

VILLAGRA, PE; DEFOSSÉ G., DEL VALLE H., TABENI M.S., ROSTAGNO C.M. 2009. Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte Desert. Implications for their management. *Journal of Arid Environment*. Vol.73, p.202-211.

VILLAGRA P.E., CONY M., MANTOVÁN N., ROSSI B.E, GONZÁLEZ LOYARTE M., VILLALBA R. y MARONE L. 2004. Ecología y manejo de los algarrobales de la provincia fitogeográfica del monte. Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina. Ed. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires – Argentina. 32p.

VILLAGRA, P., CESCA, E., ALVAREZ, J., ROJAS, F, A., BOURGUET, A. M., y MASTRANGELO, P. 2010. Anexo II del Documento de Ordenamiento de las Áreas Boscosas de la Provincia de Mendoza. Secretaría de Medio Ambiente. Mendoza.

WARRAG M.O.A. 1994. Autotoxicity of mesquite (*Prosopis juliflora*) pericarps on seed germination and seedling growth. *Journal of Arid Environments*. Vol. 27(1), p.79-84.