Revista Chilena de Historia Natural
67: 169 - 176, 1994

Frugivoría y dispersión de semillas de pimiento (*Schinus molle*) por el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) en el Parque Nacional Fray Jorge (IV Región, Chile)

Frugivory and seed dispersal by culpeo fox (*Pseudalopex culpaeus*) in Fray Jorge National Park (IV Region, Chile)

SERGIO A. CASTRO[1], SERGIO I. SILVA[1], PETER L. MESERVE[2], JULIO R. GUTIERREZ[3], LUIS C. CONTRERAS[3] y FABIAN M. JAKSIC[1]

[1]Departamento de Ecología, Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile
[2]Department of Biological Sciences, Northern Illinois University, DeKalb, IL 60115, USA
[3]Departamento de Biología, Universidad de La Serena, casilla 599, La Serena, Chile

RESUMEN

Determinamos el consumo de frutos por una población de zorros culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) durante 19 meses, y estudiamos su papel como agente dispersante de semillas de pimiento (*Schinus molle*). Estos frutos son mayoritariamente consumidos por zorros en el área de estudio (Parque Nacional Fray Jorge). Los resultados indican que los zorros consumen una baja variedad de especies de frutos en relación a los disponibles en terreno, lo que sugiere que tienen preferencia por algún tipo de frutos. Los mayores índices de frugivoría (% de fecas con frutos y número promedio de frutos por feca) se registraron cuando la disponibilidad de sus presas principales (micromamíferos) fue menor a 10 individuos/ha. Respecto a la dispersión de semillas, la evidencia indica que (i) los zorros no afectan negativamente la viabilidad de semillas de pimiento, (ii) el paso por el tracto digestivo aumenta el porcentaje de germinación de semillas en condiciones de laboratorio y (iii) los zorros defecan las semillas en sitios donde las condiciones de hábitat favorecen el establecimiento de las plántulas de *Schinus molle* en terreno.

Palabras claves: Frugivoría, germinación, dispersión de semillas, viabilidad.

ABSTRACT

We monitored fruit consumption by Culpeo foxes (*Pseudalopex culpaeus)* during 19 months, and studied their role as potential seed dispersers of pimiento (*Schinus molle)* in Fray Jorge National Park. The foxes ate a very low diversity of fruits in relation to field availability, thus suggesting a selective consumption. The greatest levels of frugivory (the largest percentage of feces with fruits and highest mean number of fruits in feces) were found when the density of their major prey item (small mammals) decreased below 10 individuals/ha. With regard to seed dispersal, our results show that foxes (i) do not reduce seed viability, (ii) the passage of seed through the fox's gut increases its probability of germination in lab assays, and (iii) defecate seeds in microsites where successful establishment of seedlings is possible.

Key words: Frugivory, germination, seed dispersal, viability.

INTRODUCCION

El consumo de frutos por parte de vertebrados puede involucrar interacciones mutualistas entre plantas y frugívoros ya que los frutos son obtenidos desde las plantas y sus semillas son eliminadas por las fecas en sitios alejados de la planta madre (dispersión por endozoocoría). Este hecho puede aumentar la probabilidad de sobrevivencia y germinación de semillas (Howe & Smallwood 1982, van der Pijl 1982), al mismo tiempo que los frutos aportan al frugívoro una cantidad de biomasa rica en carbohidratos simples, a menudo también lípidos (Herrera 1984, 1987, Johnson et al. 1985) que pueden suplir parcial o totalmente sus demandas energéticas.

Recientemente se han concentrado esfuerzos en el estudio de la frugivoría y dispersión de semillas por mamíferos del Orden Carnivora (Herrera 1989, Willson 1991). En Chile, el consumo de frutos por parte de zorros nativos (*Pseudalopex* spp.)

(Recibido el 20 de mayo de 1993; aceptado el 17 de marzo de 1994)

ha sido documentado en numerosas observaciones y estudios de corto plazo (Greer 1965, Miller & Rottmann 1976, Yáñez & Jaksic 1978, Jaksic et al. 1980, Simonetti et al. 1984, Armesto et al. 1987, Meserve et al. 1987, Iriarte et al. 1989, Jiménez et al. 1991; véase Medel & Jaksic 1988 para el caso de otros cánidos sudamericanos). Estas observaciones han permitido proponer que la frugivoría por zorros es un factor «... possibly contributing to seed dispersal» (Armesto et al. 1987: 325). Sin embargo, trabajos experimentales (Bustamante et al. 1992, León & Kalin, manuscrito[1]) han indicado que los zorros no serían dispersores efectivos ni eficientes (sensu Reid 1989) de semillas en frutos de peumo (*Cryptocarya alba*) y litre (*Lithrea caustica*), dos especies arbóreas comunes del matorral esclerófilo siempreverde (Hoffmann et al. 1989).

Los objetivos de este trabajo son documentar el comportamiento frugívoro de una población de zorros culpeos (*Pseudalopex culpaeus*) a lo largo de 19 meses de seguimiento en una localidad semiárida de Chile central, y determinar su papel como agentes dispersantes de semillas. Tomamos como caso de estudio al pimiento (*Schinus molle*, Anacardiaceae), cuyos frutos pequeños (4-5 mm) son frecuentemente ingeridos por *P. culpaeus* en el área de estudio.

MATERIALES Y METODOS

Sitio de estudio

La Quebrada de las Vacas (200 m de altura), se localiza en el interior del Parque Nacional Fray Jorge (30°38'S, 71°40'W) y se caracteriza por un clima mediterráneo

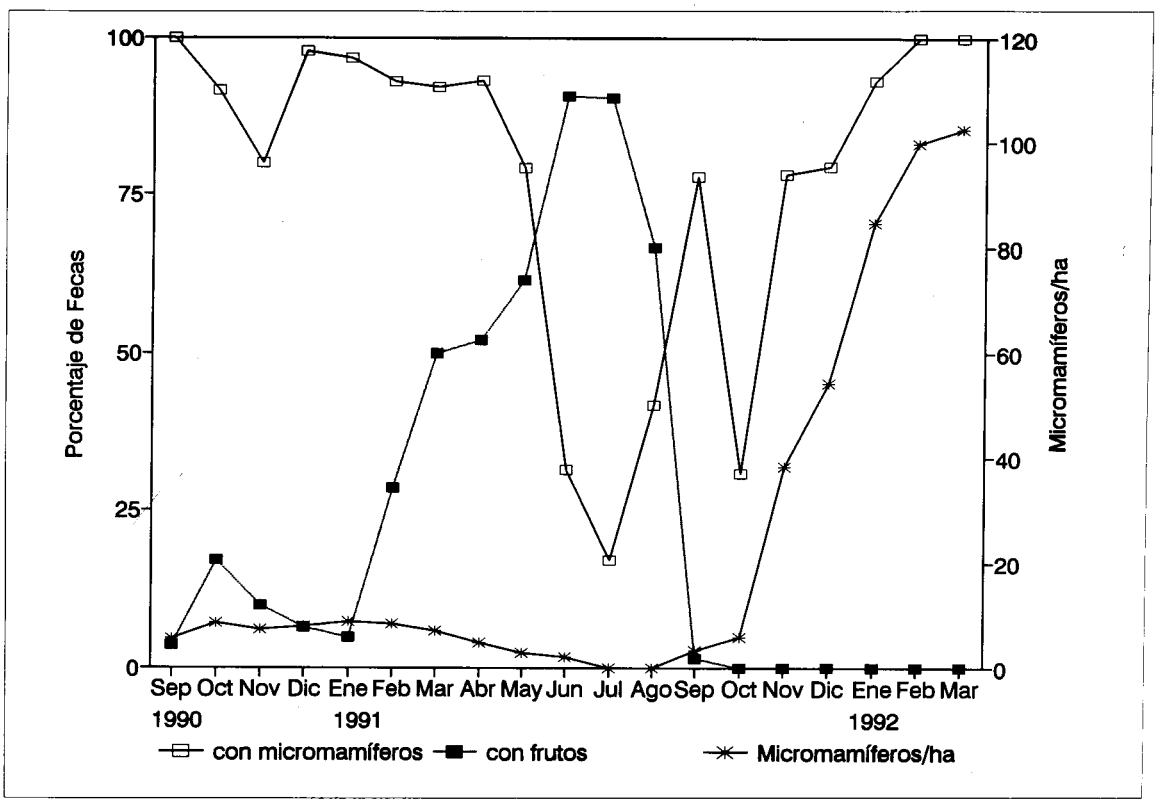

Fig.1: Porcentaje de fecas con frutos, porcentaje de fecas con micromamíferos y abundancia de micromamíferos (N°/ha) a través del tiempo, en Fray Jorge.

Percentage of feces with fruits, percentage of feces with small mammals, and small mammal abundance (N°/ha) throughout the study in Fray Jorge.

[1] Leon PM & MT Kalin (1992). Germinación de semillas de *Lithrea Caustica* dispersadas por Pseudalopex sp. en el bosque esclerófilo de Chile Central.

TABLA 1

Resumen mensual del componente frugívoro de la dieta de zorros culpeos en Fray Jorge. Los datos se expresaron como porcentaje respecto al total de frutos consumidos.

Frugivorous component in feces of culpeo foxes from Fray Jorge. The data are shown as percentage of total fruit consumed

FRUTOS	1990				1991												1992			TOTAL
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	(%)
Schinus molle	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	57.0	96.0	90.0	99.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.8
Schinus polygamus	0.0	75.0	0.0	0.0	0.0	41.0	44.0	13.0	2.0	9.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
Porlieria chilensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.0	19.0	30.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
Chenopodium sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Trichocereus sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	*
No determinados	100.0	25.0	100.0	100.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
TOTAL FRUTOS	1	393	9	1	9	1529	2677	1919	7450	5886	7804	2765	4	0	0	0	0	0	0	30477
TOTAL PRESAS**	88	95	165	74	111	126	192	139	135	28	125	65	66	105	127	114	82	82	76	160
TOTAL FECAS	28	35	50	47	63	70	112	73	96	32	41	24	9	26	32	34	29	48	50	899
PROMEDIO FRUTOS/FECA	***	11.2	0.2	***	0.1	21.8	23.9	26.3	77.6	183.9	190.3	115.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.9

*= 0.003%

**= Vertebrados + Invertebrados

*** < 0.05 frutos / feca

semi-árido (veranos áridos y secos e inviernos húmedos y lluviosos) donde predomina una vegetación de tipo arbustiva, principalmente representada por formaciones de *Porlieria chilensis-Proustia pungens-Adesmia bedwellii* (Muñoz & Pisano 1947). La cobertura arbustiva en promedio alcanza 59% de proyección sobre el suelo (Meserve 1981). *Schinus molle* (Anacardiaceae), ha sido introducido localmente en el interior del Parque y en Chile su distribución geográfica se extiende entre 18° y 34° S (Rodríguez et al. 1983).

Frugivoría y dispersión de semillas

Durante 19 meses, entre septiembre 1990 y marzo 1992 (inclusives), estudiamos la dieta de los zorros silvestres mediante el análisis de fecas colectadas mensualmente en el sitio de estudio. Las semillas presentes en las fecas las determinamos a nivel específico cuando fue posible y posteriormente estimamos el número de frutos consumidos a partir del número promedio de semillas por fruto. Cada fruto contiene sólo una semilla, excepto en el caso de los *Trichocereus* sp. Además, dispusimos un sistema de trampeo mensual para micromamíferos con el propósito de conocer su abundancia en terreno (véanse detalles en Jaksic et al. 1993, Meserve et al. 1993). Tanto el trampeo de micromamíferos como la recolección de fecas de zorros fueron simultáneos.

Estudiamos el comportamiento frugívoro de los zorros durante el período de 19 meses en relación con el consumo y la abundancia de micromamíferos en terreno. Calculamos los siguientes estimadores dietarios: 1) porcentaje mensual de fecas con frutos (de acuerdo a Jaksic et al. 1980), 2) promedio mensual del número de frutos por feca, y 3) porcentaje mensual de fecas con micromamíferos.

Con el propósito de determinar si los zorros son agentes dispersantes de semillas, realizamos un estudio comparativo de viabilidad y germinación de las semillas de *S. molle* obtenidas directamente desde árboles versus las encontradas en las fecas. Para cuantificar la fracción de semillas vivas realizamos la prueba del tri-fenil-tetra-zolio (Barton 1961). Las pruebas de germinación las realizamos en macetas con arena, manteniendo las mismas condiciones de humedad, temperatura y fotoperíodo, tanto para las semillas tomadas de árboles como para las obtenidas de fecas.

Con el propósito de verificar en terreno la germinación de semillas y establecimiento espontáneo de plántulas de *S. molle*, observamos periódicamente diez fecas de zorro que contenían semillas de *S. molle* y que se encontraban en fondos de quebrada, sitios que representan microambientes húmedos, propicios para la germinación de dicha especie (Rodríguez et al. 1983). Estos sitios fueron escogidos porque la evidencia obtenida por radiotelemetría (datos no publicados) indica que los zorros pasan gran parte del tiempo en estos lugares.

TABLA 2

Comparación de germinación y viabilidad (%) de semillas de *Schinus molle* tomadas de árboles y de fecas de zorros.

Germination and viability (%) of seeds of *Schinus molle* obtained from trees and fox feces.

Procedencia	Viabilidad		Germinación	
	%	(n)	%	(n)
Tomadas de árbol	100,0	(256)	52,7	(900)**
Consumidas por zorros*	100,0	(315)	59,1	(900)**

* No observamos daño por efecto de masticación.
** X^2= 5,18, P<0,05, g.l.= 1.

RESULTADOS

Frugivoría

Recolectamos 899 fecas de zorro culpeo, de las cuales 270 contenían restos de frutos. El número total de frutos consumidos (calculado a partir del número de semillas encontradas) fue superior a 30.000 (Tabla 1), de los cuales *Schinus molle* representó el 82%, *Schinus polygamus* el 10% y *Porlieria chilensis* el 7%. Otros frutos con representación menor al 1% fueron *Chenopodium* sp. y *Trichocereus* sp. También encontramos semillas de *Plantago* sp. (n = 37), *Stipa plumosa* (n = 9) y de *Tritricum vulgare* (n = 1920), que probablemente fueron ingeridas accidentalmente al consumir otros alimentos.

Entre septiembre 1990 y septiembre 1991 la frugivoría se concentró en tres especies de frutos. Entre septiembre y diciembre 1990 hubo escaso consumo de frutos, principalmente semillas no determinadas (probablemente gramíneas). En enero, febrero y marzo 1991 la frugivoría se concentró sobre *Chenopodium* sp., *Porlieria chilensis, Schinus polygamus* y *S. molle*. Entre abril y septiembre 1991 el consumo de frutos se centró principalmente sobre *Schinus molle*. El número promedio de frutos por feca osciló entre 0-190 (Tabla 1). Entre octubre 1991 y marzo 1992 no hubo consumo de frutos (Tabla 1).

A lo largo del año los micromamíferos constituyeron las presas principales para los zorros dado su frecuente consumo y su gran aporte en biomasa. El porcentaje de fecas con micromamíferos varió entre 17% y 100%, mientras que el porcentaje de fecas con restos de frutos fluctuó entre 0%-91% (Fig. 1).

La relación entre el consumo de frutos y la abundancia de micromamíferos muestra que las mayores ingestas de frutos se produjeron cuando la abundancia de micromamíferos disminuyó a 10 individuos/ha aproximadamente. Inversamente, cuando la abundancia de micromamíferos fue mayor que 10 individuos/ha, no se registró consumo de fruto (Fig. 2).

Dispersión de semillas

El paso de semillas de *Schinus molle* por el tracto digestivo de *Pseudalopex culpaeus* no disminuyó su viabilidad (sensu Barton 1961, Tabla 2). Además, las semillas incrementaron su germinación aproximadamente en 10% respecto de las semillas que no pasaron por el tracto digestivo (Tabla 2). En terreno, constatamos la germinación espontánea de semillas de *S. molle* contenidas en fecas de zorro dispuestas en fondos de quebrada en el 50% de los casos observados (n = 10 fecas).

TABLA 3

Germinación y establecimiento de plántulas tras consumo por zorros (*Pseudalopex* sp.) de frutos de peumo (*Cryptocarya alba*), litre (*Lithrea caustica*) y pimiento (*Schinus molle*).
Germination and establishment of seedlings after consumption by foxes (*Pseudalopex culpaeus*) of fruits of peumo (*Cryptocarya alba*), litre (*Lithrea caustica*) and pimiento (*Schinus molle*).

Especie	Germinación (%)	Establecimiento en terreno
Cryptocarya alba *	Aumenta	No
Lithrea caustica **	Retarda	No determinado
Schinus molle ***	Aumenta	Sí

* Bustamante et al. (1992)
** León-Lobos & Kalin-Arroyo (1994)
*** Este estudio

DISCUSION

Dependiendo de la disponibilidad, los zorros pueden consumir frutos durante todo el año (Armesto et al. 1987). Aunque la disponibilidad de frutos de pimiento no fue cuantificada en Fray Jorge, su consumo dependió estrechamente de la abundancia de micromamíferos. A medida que la disponibilidad de micromamíferos disminuyó, el consumo de frutos aumentó. Esto sugiere que los zorros utilizan los frutos como alimento suplementario cuando la disponibilidad de sus presas principales (micromamíferos) decae bajo un nivel mínimo. A pesar de la disponibilidad de otros frutos en Fray Jorge (observaciones de terreno), los zorros consumieron principalmente de las dos especies de *Schinus* presentes en el sitio (entre ambos totalizan el 86% de los frutos consumidos). Los frutos de anacardiaceas, como *Schinus molle,* son particularmente ricos en lípidos de alto contenido energético (J. Armesto com. pers.). La baja diversidad consumida y la aparente sobre-representación de frutos de *Schinus* sugiere que los zorros seleccionarían los frutos que consumen. Otros autores también han documentado baja diversidad de frutos consumidos por *Pseudalopex* sp., en relación a los disponibles en terreno (Yáñez et al. 1978, Jaksic et al. 1980, Armesto et al. 1987, Iriarte et al. 1989).

Nuestros resultados indican que *P. culpaeus* no daña las semillas por masticación y que además, defeca semillas vivas de *S. molle*. En consecuencia, su consumo no afecta la sobrevida de las semillas, factor importante al considerar a los zorros como agentes dispersantes (Herrera 1989). Además, el porcentaje de germinación aumentó respecto a las semi-

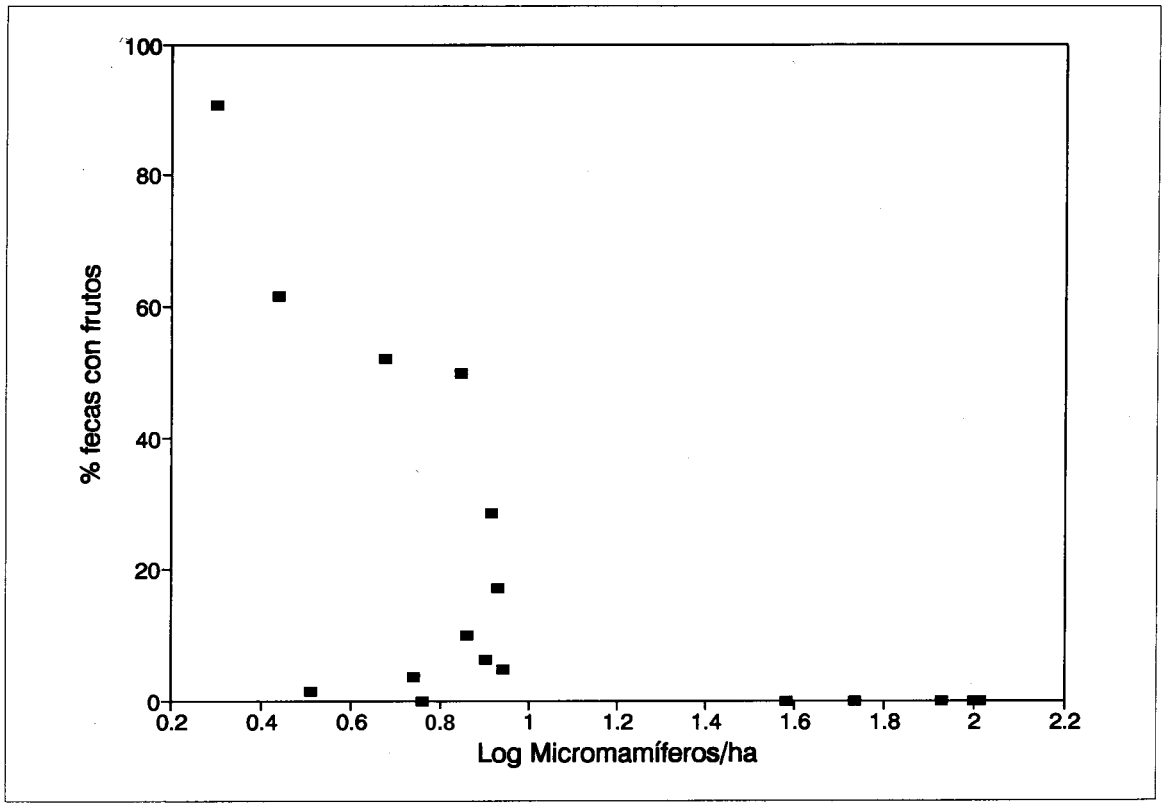

Fig. 2: Relación entre porcentaje de fecas con frutos y abundancia de micromamíferos (N°/ha). Nótese que el consumo de frutos ocurre sólo a abundancias de micromamíferos < 10/ha.

Relationship between percentage of feces with fruits and small mammal abundance (N°/ha). Note that fruit consumption occurs only at small mammal abundance < 10/ha.

llas extraídas directamente de los árboles. Esto sugiere un efecto escarificante que podría ser mecánico (por masticación) y/o químico (por acción enzimática, McKey 1980). León-Lobos & Kalin-Arroyo 1994 han encontrado un efecto retardante de *Pseudalopex* sp. sobre la germinación de semillas de *Lithraea caustica*, mientras que Bustamente et al. (1992) si encontraron diferencias en porcentaje de germinación de semillas de *Cryptocarya alba* al comparar semillas extraídas de árboles con las defecadas por los zorros (Tabla 3). A diferencia de lo encontrado por Bustamante et al. (1992) para el caso de *Cryptocarya alba*, en terreno constatamos germinación y establecimiento de *S. molle* en situaciones de fondos de quebrada, sitios que son relativamente más húmedos, donde los zorros transitan y depositan fecas. Como se mencionó anteriormente, los zorros pasan gran parte del tiempo en estos lugares (ver Materiales y Métodos). Nuestras observaciones concuerdan con las sugerencias hechas por del Pozo et al. (1989) y Bustamante et al. (1992) respecto a la importancia de las condiciones microambientales para la germinación y establecimiento de plántulas en ambientes semiáridos. Finalmente, a la luz de estos resultados se puede concluir que en términos de posibles interacciones mutualistas, la relación zorro-planta es altamente especie-específica y por lo tanto no generalizable. Usando la terminología de Reid (1989), los zorros constituirían agentes dispersantes eficientes y eficaces de semillas de *S. molle* en nuestro sitio de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la National Science Fundation (DEB 93-18565), el Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (FONDECYT 193-1150) y la Mellon Foundation. Agradecemos la colaboración de CONAF IV Region, a J. Armesto por los aportes realizados a este manuscrito y a E. Silva por su asesoria en la confección de gráficos y tablas.

LITERATURA CITADA

ARMESTO JJ, R ROZZI, P MIRANDA & C SABAG (1987) Plant/frugivore interactions in South American temperate forests. Revista Chilena de Historia Natural 60: 321-336.

BARTON LV (1961) Seed preservation and longevity. Leonard Hill Limited, London, 121 pp.

BUSTAMANTE RO, JA SIMONETTI & JE MELLA (1992) Are foxes legitimate and efficient seed dispersers? A field test. Acta Oecologica (Oecologia Generalis) 13: 203-208.

DEL POZO A, ER FUENTES, ER HAJEK & JD MOLINA (1989) Zonación microclimática por el efecto de los manchones de arbustos en el matorral de Chile central. Revista Chilena de Historia Natural 62: 85-94.

GREER JK (1965) Mammals of Malleco Province, Chile. Michigan State University, Publications of the Museum, Biological Series 3: 49-152.

HERRERA CM (1984) Adaptation to frugivory of Mediterranean avian seed dispersers. Ecology 65: 609-617.

HERRERA CM (1987) Vertebrate-dispersed plants of the Iberian peninsula: a study of fruit characteristics. Ecological Monographs 57: 305-331.

HERRERA CM (1989) Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics, in undisturbed Mediterranean habitats. Oikos 55: 250-262.

HOFFMANN AJ, S TELLIER & ER FUENTES (1989) Fruit and seed characteristics of woody species in mediterranean-type regions of Chile and California. Revista Chilena de Historia Natural 62: 43-60.

HOWE HF & J SMALLWOOD (1982) Ecology of seed dispersal. Annual Review of Ecology and Systematics 13: 201-228.

IRIARTE JA, JE JIMENEZ, LC CONTRERAS & FM JAKSIC (1989) Small-mammal availability and consumption by the fox, *Dusicyon culpaeus*, in central Chilean scrublands. Journal of Mammalogy 70: 641-645.

JAKSIC FM, RP SCHLATTER & JL YAÑEZ (1980) Feeding ecology of central Chilean foxes, *Dusicyon culpaeus* and *Dusicyon griseus*. Journal of Mammalogy 61: 254-260.

JAKSIC FM, PL MESERVE, JR GUTIERREZ & EL TABILO (1993) The components of predation on small mammals in semi-arid Chile: preliminary results. Revista Chilena de Historia Natural 66: en prensa.

JIMENEZ JE, PA MARQUET, RG MEDEL & FM JAKSIC (1991) Comparative ecology of Darwin's fox (*Pseudalopex fulvipes*) in mainland and island settings of southern Chile. Revista Chilena de Historia Natural 63: 177-186.

JOHNSON RA, MF WILLSON, JN THOMPSON & RI BERTIN (1985) Nutritional values of wild fruit and consumption by migrant frugivorous birds. Ecology 66: 819-827.

LEON-LOBOS & KALIN-ARROYO (1994) Germinación de semillaje *Lithrea caustica* (Mol.) H. et A. (Anacardiacea) dispersadas por *Pseudalopex* sp. (Canidae) en el bosque esclerófilo de Chile central. Revista chilena de Historia Natural 67 (1): 59-64

MCKEY D (1980) The ecology of coevolved seed dispersal systems. In: Gilbert LE & PH Raven (eds) Coevolution of animals and plants: 159-191. University of Texas Press, Austin, Texas.

MEDEL RG & FM JAKSIC (1988) Ecología de los cánidos sudamericanos: una revisión. Revista Chilena de Historia Natural 61: 67-79.

MESERVE PL (1981) Trophic relationships among small mammals in a Chilean semiarid thorn scrub community. Journal of Mammalogy 62: 304-314.

MESERVE PL, EJ SHADRICK & DA KELT (1987) Diets and selectivity of two Chilean predators in the northern semi-arid zone. Revista Chilena de Historia Natural 60: 93-99.

MESERVE PL, JR GUTIERREZ, LC CONTRERAS & FM JAKSIC (1993) Role of biotic interactions in a semiarid scrub community in north-central Chile: a long term ecological experiment. Revista Chilena de Historia Natural 66: en prensa.

MILLER S & J ROTTMANN (1976) Guía para el reconocimiento de mamíferos chilenos. Editora Nacional Gabriela Mistral, Santiago, Chile.

MUÑOZ C & E PISANO (1947) Estudio de la vegetación y flora de los parques nacionales de Fray Jorge y Talinay. Agricultura Técnica (Chile) 7: 71-190.

REID N (1989) Dispersal of mistletoes by honeyeaters and flowerpeckers: components of seed dispersal quality. Ecology 70: 137-145.

RODRIGUEZ R, O MATTHEI & M QUEZADA (1983) Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción Chile.

SIMONETTI JA, A POIANI, KJ RAEDEKE (1984) Food habits of *Dusicyon griseus* in northern Chile. Journal of Mammalogy 65: 515-517.

VAN DER PIJL L (1982) Principles of dispersal in higher plants. Third edition Springer, Berlin.

WILLSON MF (1991) Dispersal of seeds by frugivorous animals in temperate forests. Revista Chilena de Historia Natural 64: 537-554.

YAÑEZ J & F JAKSIC (1978) Rol ecológico de los zorros (*Dusicyon*) en Chile central. Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso (Chile) 11: 105-112.