

# Germinación de semillas de *Lithrea caustica* (Mol.) H. et A. (Anacardiaceae) dispersadas por *Pseudalopex* spp. (Canidae) en el bosque esclerófilo de Chile central

Germination of *Lithrea caustica* (Mol.) H. et A. (Anacardiaceae) seeds dispersed by *Pseudalopex* spp. (Canidae) in the Chilean Matorral

PEDRO M. LEÓN-LOBOS<sup>1</sup> y MARY T. KALIN-ARROYO

Laboratorio de Sistemática y Ecología Vegetal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile

## RESUMEN

En este trabajo se estudió si el paso de las semillas de *Lithrea caustica* por el tracto digestivo de *Pseudalopex* spp. afecta su germinación. Para esto, se comparó la germinación de semillas recuperadas de fecas de zorros con semillas recolectadas directamente de árboles. En veinte fecas recolectadas en 1989 se encontró principalmente frutos de *Lithrea caustica* (72.6%) y en menor proporción semillas de *Aristotelia chilensis* (24.8%) y *Cryptocarya alba* (2.6%). Los ensayos de germinación muestran que las semillas de litre recuperadas de fecas, germinaron en menor proporción que semillas de litre recolectadas de árboles, durante gran parte del tiempo que duró el experimento. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas al final del ensayo (día 85). Una menor tasa de germinación de las semillas recuperadas de fecas sugiere que el paso de las semillas de litre por el tracto digestivo del zorro retarda la germinación de una importante proporción de las semillas consumidas. Se postula que los frutos de *L. caustica* tienen un efecto laxante en *Pseudalopex* spp.. Se discute las implicancias del posible efecto laxante en la dispersión de las semillas de *L. caustica*.

**Palabras claves:** Germinación, dispersión de semillas, *Lithrea caustica*, zorros, matorral.

## ABSTRACT

The effect of the passage of seeds of *Lithrea caustica* through the digestive tract of the native Chilean fox *Pseudalopex* spp. was studied by comparing the germination of seeds recovered from scats, and seeds collected manually from trees. Twenty fox scats collected in 1989 contained mostly fruits of *L. caustica* (72.6%), as well as smaller percentages of *Aristotelia chilensis* (24.8%) and *Cryptocarya alba* (2.6%) seeds. Germination assays showed that during most of the experiment, litre seed recovered from fox scats germinated in a significantly lower proportion than seeds collected directly from *L. caustica* trees. However, this difference was not significant towards the end of the experiment (day 85). A lower germination rate in the seeds recovered from scats suggests that the passage of *L. caustica* seeds through the fox's digestive tract could have a delaying effect on the important proportion of seeds consumed. We hypothesize that *L. caustica* seeds could have a laxative effect on *Pseudalopex* spp. and discuss the implication of the latter in the dispersion of *L. caustica* seeds.

**Key words:** Germination, seed dispersal, *Lithrea caustica*, foxes, shrubland.

## INTRODUCCION

Algunos mamíferos carnívoros (Procyonidae, Viverridae, Canidae, Ursidae, Mustelidae) consumen frutos carnosos y, posteriormente, defecan las semillas intactas (Howe 1986, Herrera 1989, Willson en prensa). Sin embargo, existen pocos estudios sobre la viabilidad y capacidad de germinación de las semillas dispersadas

(Brunner et al. 1976, Fowler et al. 1982, Howe 1986, Bustamante et al. 1992). Al igual que en las especies frugívoras, el consumo de frutos por mamíferos y su posterior paso por el tracto digestivo, puede afectar negativa o positivamente la germinación de las semillas (McKey 1980, Janzen 1981, 1983, Howe 1986). Efectos positivos podrían obtenerse debido a la escarificación mecánica producida por la acción trituradora

del tracto digestivo y/o la escarificación química producida por su acción enzimática (McKey 1980). Efectos negativos podrían producirse si las semillas fueran trituradas en el momento de la ingestión (Herrera 1989) o si se mantuviesen en el tracto digestivo por demasiado tiempo (Rick & Bowman 1961).

En Chile se encuentran 3 cánidos nativos: *Pseudalopex culpaeus* (Molina, 1782) (zorro culpeo), *P. griseus* (Gray, 1837) (zorro chilla) y *P. fulvipes* (Martin, 1837) (zorro de Darwin). Las dos primeras especies se distribuyen en gran parte de Chile continental, en tanto que la tercera está restringida a la Isla de Chiloé y la Cordillera de Nahuelbuta (Jaksic et al. 1980, Medel et al. 1990). La dieta de estos zorros consiste principalmente de pequeños roedores nativos, pero entre primavera y otoño las tres especies consumen principalmente frutos y semillas de especies nativas (Yáñez & Jaksic 1978, Jaksic et al. 1980, Armesto et al. 1987, Medel et al. 1990).

*Lithrea caustica* (Mol.) H. et A. (litre) es una de las especies leñosas más abundantes del matorral esclerófilo de la zona de clima tipo mediterráneo de Chile (Rodríguez et al. 1983). Trabajos anteriores reportan que los frutos de este árbol son consumidos abundantemente por *P. griseus* y *P. culpaeus* (Jaksic et al. 1980, Yáñez & Jaksic 1978).

Puesto que los zorros consumen una gran cantidad de frutos de litre (Jaksic et al. 1980), y se desplazan grandes distancias en el matorral, podrían ser efectivos agentes dispersantes de las semillas de esta especie. Esta proposición debe ser puesta a prueba evaluando si el paso de los frutos por el tracto digestivo afecta positiva o negativamente la germinación de las semillas.

En este trabajo: a) se evaluó la frecuencia de los frutos de *Lithrea caustica* en la dieta de *Pseudalopex spp.* en el mes de febrero, correspondiente al período de mayor producción de frutos en el matorral de Chile central y, b) se comparó la tasa de germinación de las semillas de litre que pasaron por el tubo digestivo de *Pseudalopex spp.* con la de semillas no consumidas.

#### MATERIALES Y METODOS

Durante el mes de febrero de 1989 se recolectaron fecas frescas de *Pseudalopex spp.* y frutos maduros de 6 árboles de *Lithrea caustica* en la Reserva Nacional Río Clarillo (34°41'S; 70°34'W; 900 msnm), en el matorral precordillerano de Chile Central. Las fecas y los frutos se recolectaron en bolsas de papel, las que fueron almacenadas abiertas en condiciones de baja humedad y a temperatura ambiente durante 45 días. Se identificó y cuantificó los frutos y las semillas contenidas en las fecas, considerando su tamaño y forma e identidad taxonómica, comparándolas con un muestrario de frutos del sector.

Para determinar si el paso de las semillas de litre por el tracto digestivo de *Pseudalopex spp.* tiene algún efecto sobre su capacidad germinativa, simultáneamente se realizaron ensayos de germinación de semillas recolectadas de fecas (Tratamiento I) con un control de semillas recolectadas directamente de los árboles (Tratamiento II). Cada tratamiento consistió de 7 repeticiones con 50 semillas por réplica. Los ensayos se realizaron en un vivero, entre el 20 de mayo y el 15 de agosto de 1989, bajo condiciones controladas de temperatura (25°C), con un fotoperíodo de 12 horas y riego coincidente con las fechas de registro (cada tres días), durante 85 días correspondientes al período de mayor disponibilidad hídrica bajo condiciones naturales.

Los resultados de germinación de ambos tratamientos se graficaron como porcentajes acumulativos y se calcularon los intervalos de confianza para cada una de las fechas de registro. Para determinar si existían diferencias en las tasas de germinación, primero los datos fueron transformados con la función arcoseno. Posteriormente se calcularon las curvas de regresión para ambos tratamientos y, finalmente se compararon las pendientes mediante una prueba de F para diferencias entre dos coeficientes de regresión (Sokal & Rohlf 1981).

## RESULTADOS

*Semillas consumidas*

En las fecas se encontraron frutos y semillas de tres especies leñosas que crecen en el área de estudio. *Lithrea caustica* fue la especie más frecuentemente consumida, encontrándose en el 80% de las fecas (Tabla 1). El 60% de las fecas contenía solamente frutos de *L. caustica*. Los frutos de litre obtenidos de las fecas de los zorros presentaban el ectocarpo y el endocarpo pétreo prácticamente intactos, sugiriendo un tiempo muy corto de retención en el tracto digestivo o un ectocarpo y endocarpo muy duros. Aunque se observó pequeñas grietas en la superficie del endocarpo en algunos frutos ingeridos por zorros, no se observó ninguna semilla de litre destruida en las fecas. En menor cantidad se encontraron semillas de *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Peumo) y *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz (Maqui) (Tabla 1). Los frutos de *L. caustica* constituyeron un 72.6% del total registrado (Tabla 1). Se encontró diferencias significativas en el número de semillas de las especies arbóreas contenidas en las fecas de los zorros (Prueba de Kruskal-Wallis  $H=17.02$ ;  $p<0.001$ ). Esto es, el número de semillas por feca no es la misma entre las tres especies de plantas. Una prueba a posteriori no paramétrica (Sokal & Rohlf 1981, pp.437-439), mostró la presencia de un número significativamente mayor de semillas de *Lithrea*

*caustica* por feca de zorro, comparado con el número de semillas de *Cryptocarya alba* y *Aristotelia chilensis* presentes (litre-peumo:  $U=349$ , litre-maqui:  $U=336$ ,  $U_c=262$ ,  $p<0.05$ ). Al comparar el número de semillas de *C. alba* y *A. chilensis* estas diferencias no fueron estadísticamente diferentes ( $U=175$ ,  $p>0.05$ ).

*Germinación*

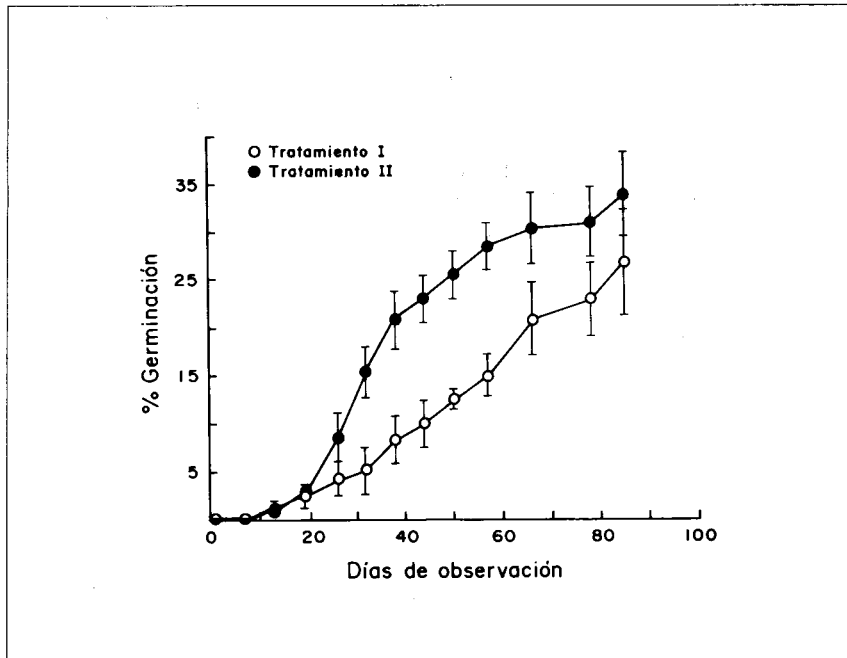
En ambos tratamientos se registró la germinación de semillas a partir del día 13 (Fig. 1). Entre al día 13 y el 26 no hubo diferencias significativas entre el porcentaje de semillas germinadas en ambas tratamientos. Entre el día 31 al 38, la proporción de semillas germinadas en el Tratamiento II (control - semillas no consumidas) fue 3 veces mayor que en el Tratamiento I (semillas consumidas por zorros). Desde el día 44 al 78, las diferencias en los porcentajes de semillas germinadas fueron menores, pero aún estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ). Sin embargo, transcurridos 85 días, no hubo diferencias significativas. Al final del experimento se obtuvo un 34% de germinación en las semillas recolectadas de arboles de litre (Tratamiento II) y un 27% de germinación en semillas recolectadas de fecas de *Pseudalopex spp.* La tasa de germinación de las semillas recolectadas de los árboles de litre fue significativamente mayor que la tasa de germinación de las semillas recolectadas de fecas de zorros ( $F_{ob}=12.9$ ;

TABLA I

Semillas de arbustos del matorral en fecas de *Pseudalopex spp.*  
Número de fecas analizadas = 20.

Seeds of sclerophyllous shrub seeds in *Pseudalopex spp.* scats. Sample size = 20.

Especie	Fecas con semillas N(%)	% de semillas en fecas	Semillas/feca $x \pm e.e.$
<i>Lithrea caustica</i>	16 (80%)	72.6	191.5 $\pm$ 40.9
<i>Cryptocarya alba</i>	3 (15%)	2.6	6.8 $\pm$ 3.8
<i>Aristotelia chilensis</i>	5 (25%)	24.8	65.5 $\pm$ 33.8



**FIG. 1:** Porcentaje acumulado de germinación de semillas de *Lithrea caustica* recuperadas de fecas de *Pseudalopex spp* (Tratamiento I) y directamente de árboles (Tratamiento II) en función del tiempo. Barras verticales = intervalos de confianza.

Accumulated percent germination of *Lithrea caustica* seeds recovered from scats of *Pseudalopex spp* (Treatment I) and collected directly from trees (Treatment II) as a function of time. Vertical bars = confidence intervals.

$F_c=4.41$ ;  $p<0.05$ ;  $GL=1,18$ ). Es decir, en términos globales la germinación de semillas consumidas por zorros, se produce a una tasa menor que la germinación de las semillas en la situación control (semillas rerecolectadas de árboles de litre). Esta menor tasa de germinación de las semillas de litre consumidas por zorros se observa al comparar el tiempo transcurrido para que en ambos tratamientos se alcance un 20 % de semillas germinadas (Fig. 1). En el tratamiento II, el 20 % de germinación se alcanza a los 38 días de haber comenzado los ensayos. En cambio, este porcentaje de germinación sólo se alcanzó a los 66 días en el tratamiento I, lo cual sería casi el doble de tiempo.

#### DISCUSION

Los frutos y semillas de las tres especies de plantas encontradas en las fecas recolectadas en Río Clarillo, habían sido reportadas previamente como parte de la dieta de *Pseudalopex spp*. (Yáñez & Jaksic 1978, Jaksic et al. 1980). En fecas provenientes de cinco localidades de Chile central, recolectadas en primavera, verano y otoño, Jaksic et al. (1980) encontraron predominancia de *Cryptocarya alba* (más del 50% de las semillas). En el material recolectado

en Río Clarillo predominan las diásporas de *Lithrea caustica*. Esto reflejaría la disponibilidad relativa de frutos de las tres especies en febrero y la abundancia relativa de las especies en el área de estudio. El período de muestreo corresponde al período de maduración de los frutos de *L. caustica* y *Aristotelia chilensis*. En cambio, los frutos de *C. alba* maduran y son dispersados principalmente entre mayo y julio (Hoffmann et al. 1977). Por otra parte, la predominancia de semillas en las fecas estaría relacionada con una reducción en la abundancia de pequeños roedores durante el verano, estos son importantes componentes de dieta de *Pseudalopex spp*. (Jaksic et al. 1980).

Existen escasos antecedentes sobre la germinación de semillas de litre bajo condiciones controladas, y mucho menos bajo condiciones naturales. Donoso (1978), entrega un valor de germinación de semillas de litre del 59%, bastante mayor que el porcentaje obtenido en este estudio. Sin embargo, este autor estratificó las semillas de litre con Acido Sulfúrico, además de mantener los ensayos por un período de 180 días, el doble de tiempo que en este estudio.

Los resultados de los ensayos de germinación muestran que el paso por el tracto

digestivo de *Pseudolapex spp.* no impide la germinación de las semillas de *Lithrea caustica*. Los porcentajes finales de germinación de ambos tratamientos, indican que las semillas de litre no son afectadas positiva ni negativamente, al ser ingeridas por los zorros. Es decir, el consumo de semillas por zorros no facilita ni inhibe su posterior germinación. Sin embargo, la diferencia entre las pendientes de las curvas de germinación, indica que el paso por el tracto digestivo de *Pseudolapex spp.* afecta negativamente la tasa de germinación. En otras palabras, hay una proporción de las semillas consumidas por los zorros sufren un retardo en su germinación. Esto sugiere que el efecto del tracto digestivo no es homogéneo para todas las semillas que son consumidas.

El tiempo de permanencia en el tracto digestivo es un factor importante para la posterior germinación de las semillas (McKey 1980). En general, las semillas que permanecen un corto período en el tracto digestivo (como es aparente en el litre) no son afectadas negativamente; si hay un efecto, éste puede ser positivo (Rick & Bowman 1960, Cobo & Andreu 1988). En el otro extremo, un tiempo excesivo de permanencia produce efectos negativos sobre la germinación (Rick & Bowman 1961). Janzen (1971) plantea que la endozoocoría estaría asociada con el desarrollo de estructuras duras (endocarpo pétreo de los frutos de litre) que impiden la destrucción de las diásporas por los agentes dispersantes. Sin embargo, el retardo en la germinación experimentada por una proporción de las semillas consumidas sugiere que esta estructura de defensa (endocarpo) no es completamente efectiva en proteger a las semillas de la acción del tracto digestivo del zorro, puesto que algún proceso más sutil (químico) está afectando la germinación. Existen algunos antecedentes que indican una alta tasa de defecación de semillas por carnívoros (sobre el 80% de semillas) dentro de las primeras 24 horas después de la ingestión (González-Espinoza & Quintana-Ascencio 1986). No se tienen antecedentes directos sobre el tiempo de permanencia de las semillas de litre en el tracto digestivo de *Pseudolapex spp.*, pero

existen observaciones que sugiere que el período de retención podría ser corto. Específicamente, en terreno se han encontrado fecas frescas con semillas de *Aristotelia chilensis* a no más de 200 a 300 metros de distancia de árboles con frutos maduros de esta especie (P. León, observación personal). Sin embargo, este antecedente es circunstancial y, no refleja el tiempo real de permanencia de las semillas en el tracto digestivo de los zorros. Considerando un tiempo relativamente corto de retención de los frutos de *L. caustica* en el tracto digestivo de los zorros, podría indicar el consumo de una gran cantidad de frutos en un corto tiempo (M.F. Willson, en prensa) por los zorros o la presencia de sustancias laxantes en los frutos. Dichas sustancias, podrían estar compensando la ausencia de mecanismos físicos efectivos de defensa en los frutos, haciendo que al final el porcentaje de germinación de las semillas defecadas por zorros no sea significativamente diferente de la germinación de semillas recolectadas de los litre. Para poner a prueba la hipótesis del efecto laxante, es fundamental determinar el tiempo promedio de retención de las semillas de litre y el porcentaje de germinación de semillas de litre sin endocarpo y que han sido ingeridas por zorros.

Los ensayos de germinación demuestran que *Pseudolapex spp.* es un legítimo dispersante (sensu: Herrera 1989) de *Lithrea caustica*, ya que defeca las semillas viables. Sin embargo, los zorros podrían no ser dispersantes efectivos debido a que: (i) si la hipótesis del efecto laxante es correcta, dispersarían las semillas a corta distancia de la fuente de propágulos y (ii) dado que los cánidos se desplazan preferentemente en los espacios abiertos, defecarían los propágulos en estos lugares donde las condiciones microclimáticas no son las más adecuadas para la germinación de las semillas y la sobrevivencia de las plántulas (Fuentes et al. 1984, 1986, Del Pozo et al. 1989, Bustamante et al. 1992). Si la hipótesis del efecto laxante no es correcta los zorros podrían dispersar las semillas lejos de la planta madre. Aunque la probabilidad que los zorros defequen las semillas de litre en micrositios favorables es baja (Busta-

mante et al. 1992), esta no es cero y, podría ocurrir en bajo manchones de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba*, donde el dosel es relativamente alto o, en bordes de quebrada donde las condiciones microclimáticas son más favorables para el establecimiento de plántulas.

Finalmente, en el matorral esclerófilo al igual que en el bosque templado de Chile, las aves y los zorros aparentemente constituyen los principales dispersores de las especies con frutos carnosos (Armesto et al. 1987). Sin embargo, existe un escaso conocimiento de esta interacción mutualista, la importancia relativa de los distintos agentes de dispersión y las implicancias ecológicas de la dispersión por aves y mamíferos. Comprender la interacción frutodispersor es importante para entender la dinámica de sucesión del matorral (Armesto & Pickett 1985, Fuentes et al. 1986).

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Alejandro Peñaloza, Patricia Vidiella, Manuel Arroyo y Guillermo Bravo, por su colaboración en terreno y a Juan Armesto, Susana Maldonado, Ramiro Bustamante y Mary Willson por sus comentarios y revisión del manuscrito. Este trabajo fue financiado por el Proyecto FONDECYT 88-1177 (MTKA).

#### 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.
- ARMESTO JJ & STA PICKETT (1985) Mechanisms of succession in the Chilean matorral. *Revista Chilena de Historia Natural* 58:9-17.
- BRUNNER H, RV HARRIS & RL AMOR (1976) A note on the dispersal of seed of blackberry (*Rubus procerus* P.J.Muell.) by foxes and emus. *Weed Research* 16:171-173.
- BUSTAMANTE RO, JA SIMONETTI & JE MELLA (1992) Are foxes legitimate and efficient seed dispersers?: A field test. *Oecologia Generalis* 13:203-208.
- DEL POZO A, ER FUENTES, HAJEK ER & 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.
- DONOSO C & A CABELLO (1978) Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas Chilenas. *Ciencias Forestales* 1:31-41.
- FOWLER LJ, FOWLER DK & JE THOMAS (1982) Dispersal of autumn olive seeds by foxes on coal surface mines in east Tennessee. *Journal of the Tennessee Academy of Science* 57:83-85.
- FUENTES ER, RD OTAIZA, MC ALLIENDE, A HOFFMANN A & A POIANI (1984) Shrub clumps in the Chilean matorral vegetation: structure and possible maintenance mechanisms. *Oecologia* (Berlin) 62:405-411.
- FUENTES ER, AJ HOFFMANN, A POIANI, & MC ALLIENDE (1986) Vegetation change in large clearing: patterns in the Chilean matorral. *Oecologia* (Berlin) 68:358-366.
- GONZALEZ-ESPINOSA M & P QUINTANA-ASCENCIO (1986) Seed predation and dispersal in a dominant desert plant: *Opuntia*, ants, birds, and mammals. In ESTRADA A & FLEMING TH (Ed). *Frugivores and seed dispersal*: 273-283. Dr. W. Junk publishers, Dordrecht.
- HERRERA CM (1989) Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics in undisturbed mediterranean habitats. *Oikos* 55:250-262.
- HOFFMANN A, HA MOONEY & J KUMMEROW (1977) Qualitative phenology. In: THROWER NJW & BRADBURY DE (Ed) *Chile-California mediterranean scrub atlas, a comparative analysis*: 102-120. US/IBP Synthesis series 2. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- HOWE HF (1986) Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. In MURRAY DR (Ed) *Seed Dispersal*: 123-190. Academic Press Inc. Australia.
- JAKSIC FM, RP SCHLATTER & JL YAÑEZ (1980) Feeding ecology of central Chilean foxes, *Dusicyon culpaeus* and *Dusicyon griseus*. *Journal Mammalogy* 61:254-260.
- JANZEN DH (1981). *Enterolobium cyclocarpum* seed passage rate and survival in horses, Costa Rican pleistocene seed dispersal agents. *Ecology* 62:593-601.
- JANZEN DH (1983) Dispersal of seed by vertebrate guts. In: Futuyma Oj. & M. Slatkim (ed.). *Coevolution*: 232-262. Simauer, Sunderland, M.A.
- RICK CM & BOWMAN RI (1961) Galapagos tomatoes and tortoises. *Evolution* 15:407-417.
- RODRIGUEZ R, O MATTHEI & M QUEZADA (1983) *Flora arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción.
- SOKAL RR, & FJ ROHLF (1981) *Biometry: the principles and practices of statistics in biological research*. 2nd Ed.. Freeman and Company, San Francisco.
- YAÑEZ JL y FM JAKSIC (1978) Rol ecológico de los zorros (*Dusicyon*) en Chile Central. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural* (Chile). 11:105-111
- WILLSON M.F. (en prensa) Mammals as seed-dispersal mutualist in North America. *Oikos*.