FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

EFECTOS DE DISPERSIÓN DE HUESOS DE PEQUEÑOS VERTEBRADOS POR ACCIÓN DEL VIENTO. CONSECUENCIAS PARA LA INTERPRETACIÓN TAFONÓMICA DE ACUMULACIONES DE VERTEBRADOS FÓSILES

LUCAS CHEME ARRIAGA

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2010

Prefacio

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Paleontología II, Departamento de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales durante el período comprendido entre el 13 de Marzo de 2009 y el 3 de Diciembre de 2010, bajo la dirección de la Dra. Claudia I. Montalvo y la codirección del Dr. Daniel E. Buschiazzo.

Agradecimientos

Agradezco a Claudia Montalvo por incentivarme en llevar adelante esta tesina, por las interminables correcciones y aportes hechos durante todo el proceso.

A Daniel Buschiazzo por facilitarme el uso del túnel de viento a su cargo para la realización de las experiencias y por sus aportes sobre cuestiones del factor viento.

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la financiación de este proyecto.

A Pedro Tallade por la ayuda brindada en el trabajo realizado sobre los nidos de la laguna “Don Tomás”, a Silvia Aimar, Mariano Méndez y Esteban Panebianco por sus aportes.

A Carlos López del Servicio Meteorológico Nacional por facilitarme los datos meteorológicos necesarios.

A Alberto Sosa por su ayuda en la realización de los análisis estadísticos.

A mi familia por todo el apoyo brindado siempre, a mi hermana por su ayuda en la realización del abstract, a mis amigos por acompañarme en todo momento, a mis grandes amigos de la etapa universitaria: Jose, Romi, Mari, Rut, Mica y Diego. A todos los compañeros con los que hemos cursado materias y compartido experiencias.

A mi novia por ser un pilar muy importante en mi vida.

A mi papá por haberme acompañado no sólo en algunas oportunidades en los muestreos de la laguna sino por haber sido quien estuvo a mi lado durante días, todos los que necesité, durante la realización de las experiencias y ser mi apoyo, y sobre todo, mi mejor amigo.

Lucas Cheme Arriaga
Departamento de Ciencias Naturales
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa

Índice

Resumen 1

Abstract 2

Introducción 3

Objetivo general 6

Objetivos particulares 6

Hipótesis 6

Materiales y métodos 7

Observaciones experimentales 7

Observaciones en el ambiente natural 11

Área de estudio 13

Abreviaturas usadas 14

Resultados 15

Experimentos en el túnel de viento 15

Huesos de anfibios 15

Dispersión de huesos individuales en madera 15

Orientaciones de huesos individuales en madera 16

Dispersión de huesos agrupados en madera 17

Orientaciones de huesos agrupados en madera 19

Dispersión de huesos individuales en tierra 19

Orientaciones de huesos individuales en tierra 20

Huesos de roedores Cricetidae 21

Dispersión de huesos individuales en madera 21

Orientaciones de huesos individuales en madera 24

Dispersión de huesos agrupados en madera 25

Orientaciones de huesos agrupados en madera 27

Dispersión de huesos individuales en tierra 27

Orientaciones de huesos individuales en tierra 29

Huesos de roedores Caviidae 29

Dispersión de mandíbulas y maxilares en madera 29

Orientaciones de mandíbulas y maxilares en madera 30

Fósiles de roedores 31

Dispersión de elementos individuales en madera 31

Orientaciones de elementos individuales en madera 32

Egagrópilas enteras de *Tyto alba* 33

Dispersión 33

Egagrópilas disgregadas de *Tyto alba* 35

Egagrópilas enteras de *Athene cunicularia* 36

Dispersión 36

Observaciones en el ambiente natural 37

Nidos en el área de la laguna Don Tomás 37

Nido 1 38

Nido 2 42

Experimento con egagrópilas en el ambiente natural 46

Discusión 52

Experimentos con huesos de anfibios 53

Experimentos con huesos de roedores 58

Experimentos con fósiles de roedores 66

Comparaciones y características evaluadas en estos experimentos 67

Experimentos en el ambiente natural 69

Conclusiones 72

Referencias bibliográficas 74

Apéndice 1 78

Apéndice 2 79

Apéndice 3 80

Resumen

Las egagrópilas de aves rapaces y heces de mamíferos carnívoros incluyen huesos de sus presas. En ambientes continentales abiertos es común que estas acumulaciones queden sujetas a la acción de diferentes agentes que facilitan su disgregación, lo que favorece que los huesos que contienen queden expuestos. Interesa conocer de qué modo el viento actúa sobre esas acumulaciones (egagrópilas y heces) y qué efectos puede provocar en cuanto al transporte y dispersión de los restos óseos que se liberan al medio. Se realizaron observaciones en un ambiente abierto sobre dispersión de egagrópilas y huesos y se generó un análisis experimental en el que se evaluó la dispersión de egagrópilas, huesos y restos fósiles sujetos a movilización en un túnel de viento. Con los datos experimentales se interpretaron patrones de dispersión preliminares de los diferentes huesos de anfibios y de roedores. Esto permitió distinguir en cada caso tres grupos de huesos, que incluyeron aquellos que se dispersan rápidamente, los que lo hacen más lentamente y por último los que ofrecen mayor resistencia a ser movilizados. El análisis de la acción del viento movilizando pequeños huesos puede ser una vía de evaluación e interpretación de la distribución de restos faunísticos en sitios arqueológicos o yacimientos paleontológicos generados en ambientes continentales abiertos, y en los cuales puedan ser descartados otros factores intervinientes.

Abstract

Raptor bird pellets and carnivorous mammal scats include prey bones. In open continental environments these accumulations are affected by the action of different agents that promote their dispersion, favoring bone exposure to weathering. The aim of this work is to know how wind interacts with these accumulations (pellets and scats) and the effects on the transport and dispersion of the bones. Observations in open continental environments were made on the dispersion of pellets and bones. An experimental analysis was carried out, evaluating dispersion of pellets, modern bones and fossil bones in a wind tunnel. On the basis of the experimental data (maximum transport distance at different wind velocities), patterns of preliminary dispersion were inferred. This led to the distinction of three bone groups in each case, which included those that disperse very easily, those which do it more slowly, and finally those that evidence more resistance to be transported. The analysis of wind action transporting small bones can be a way of evaluation and interpretation of the distribution of faunal remains in archaeological or paleontological sites, formed in open continental environments in which other factors can be discarded.

Introducción

En los ambientes continentales abiertos, como es la región pampeana en el centro de Argentina, las acumulaciones óseas de pequeños vertebrados incluidas en heces o egagrópilas producidas por depredadores (aves y mamíferos) de manera activa (Lyman, 1994) se concentran en áreas vinculadas a nidos, zonas de marcaje, perchas de alimentación y regurgitación, guaridas, letrinas y, en menor medida, cuevas. En muchos casos, a estas acumulaciones se suman los restos de las presas no ingeridas (Lloveras *et al*., 2008, 2009; Montalvo y Tallade, 2009) que presentan características particulares y habitualmente algún grado de articulación entre sus piezas esqueléticas.

Los huesos que se pueden recuperar de estas acumulaciones están principalmente desarticulados y quedan sujetos a la acción de diferentes agentes atmosféricos, biológicos e incluso a la acción del propio depredador que produjo la acumulación, como pueden ser por ejemplo, el pisoteo y la dispersión (Lyman, 1994). Estos agentes promueven y facilitan además la disgregación total de heces y egagrópilas. En el caso de los restos de presa pueden producir la desarticulación total de los huesos que las constituían.

La dispersión de elementos esqueléticos de vertebrados es un proceso generalmente asociado a la desarticulación de los mismos y a la energía del ambiente externo (Fernández López, 1999). Sin embargo, al evaluar acumulaciones producidas por depredadores, debe tenerse en cuenta que el proceso de desarticulación es provocado previamente por la misma acción depredadora. En estos casos, en general, el grado de articulación es muy bajo y sólo limitado a algunos elementos esqueléticos, tales como vértebras o metapodios asociados entre sí (Montalvo *et al*., 2007, 2008b; Montalvo y Tallade, 2009).

En los ambientes abiertos interesa conocer los efectos que el viento puede producir sobre esos huesos, generando traslado y dispersión de los elementos acumulados y nuevos patrones de agrupamiento de los mismos. Estos patrones se evidenciarían a través de la resedimentación de los elementos esqueléticos en el sentido de Fernández López (2000).

Clásicamente, los modelos de dispersión de huesos se han ocupado de evaluar el efecto de reacomodamiento de elementos esqueléticos de vertebrados de gran tamaño por la acción del transporte fluvial (Voohries, 1969; Behrensmeyer, 1975), de rapaces y otros animales carroñeros (Lyman, 1994) o antrópica (Blasco Sancho, 1992).

Varios autores han analizado procesos de desarticulación de diferentes especies buscando evaluar el modo en que los huesos se separan entre sí y son transportados por agentes naturales (Payne, 1965; Toots, 1965; Hill y Behrensmeyer, 1984, 1985). Particularmente se han monitoreado esqueletos expuestos en condiciones naturales de

modo tal que se ha logrado información de desarticulación y dispersión por efectos de meteorización (*sensu* Fernández López, 2000), pisoteo y otros animales (Behrensmeyer, 1978; Andrews y Whybrow, 2005; Cáceres *et al*., 2009). En general, los estudios referidos a dispersión y desarticulación de esqueletos de grandes mamíferos preservados en el lugar de su muerte son escasos (Andrews, 1995; Borrero *et al.*, 2005).

El análisis del transporte y dispersión de huesos de mamíferos ha sido más extensamente estudiado en ambientes fluviales, tanto naturales (Blob y Fiorillo, 1996; Stahl, 1996; Khajuria y Prasad, 1998; Fernández Jalvo *et al.*, 2002; Alonso Diago *et al.*, 2002; Alonso Diago *et al.*, 2003; Andrews y Whybrow, 2005; Valli, 2005) como experimentales (Voohries, 1969; Dodson, 1973; Korth, 1979; Coard, 1999; Pinto Llona y Andrews, 1999; Littleton, 2000; Brand *et al.*, 2003; Fernández Jalvo y Andrews, 2003; Smoke y Stahl, 2004).

Varios autores se han ocupado del efecto que provoca la acción fluvial sobre huesos y restos fósiles de microvertebrados, considerando en este grupo a los vertebrados que no superan los 5 kg de masa corporal estimada (Andrews y Evans, 1983; Blasco Sancho, 1992). Entre ellos, Dodson (1973) evaluó la acción fluvial a través de un canal experimental en el que observó el transporte de huesos de anfibios y ratones, y propuso para estos últimos un agrupamiento en diferentes categorías (desde el que se mueve menos al que se mueve más distancia) de los distintos elementos esqueléticos por acción de su movilidad en el agua. Korth (1979) evaluó los efectos producidos por diversos agentes físicos sobre los restos óseos de micromamíferos. Stahl (1996) propuso distintos mecanismos que pueden modificar restos óseos y contribuir a su depositación y acumulación en contextos arqueológicos, ya sean éstos de origen biótico o abiótico. Littleton (2000) analizó, entre otros caracteres, los efectos tafonómicos de la meteorización, erosión eólica y erosión fluvial en restos óseos humanos acumulados en sitios arqueológicos. Los efectos tanto mecánicos como químicos de varios agentes sobre restos óseos de micromamíferos y dientes humanos fueron estudiados por Fernández Jalvo *et al.* (2002). Fernández Jalvo y Andrews (2003) estudiaron experimentalmente el efecto que el agua y sedimento predominante asociado provocan sobre los restos óseos tanto de micromamíferos como de mamíferos de gran tamaño. Estos análisis han permitido evaluar de qué modo se reorganizan y modifican los huesos como resultado de su transporte y dispersión por la acción del agua.

No ha sido posible encontrar en la literatura información acerca de los efectos que el viento puede provocar favoreciendo el transporte y la dispersión de los restos óseos de

microvertebrados, principalmente en aquellos que han sido previamente acumulados por acción de depredadores en egagrópilas de aves rapaces y heces de mamíferos carnívoros.

El análisis de la acción del viento movilizando pequeños huesos, puede ser un método de evaluación e interpretación de la particular distribución de restos faunísticos en sitios arqueológicos o yacimientos paleontológicos, generados en ambientes continentales abiertos, y en los cuales puede ser descartada una importante acción del agua como agente de transporte. En ese sentido y como ejemplo, Montalvo *et al.* (2008a) sugirieron que el ordenamiento y dispersión de restos de micromamíferos en el depósito del Mioceno tardío de Telén (los cuales fueron primeramente acumulados y modificados por la acción de depredadores) se podría deber al efecto del viento sobre los mismos, previo a su enterramiento. Estas interpretaciones están vinculadas con la densidad ósea calculada para el afloramiento expuesto y de la ausencia de evidencias de acción fluvial en el mismo.

En este trabajo se evaluó el efecto del viento en la dispersión y reordenamiento de huesos mediante experimentos en un túnel de viento. A estas observaciones se sumó la evaluación de concentraciones óseas de pequeños vertebrados acumuladas por depredadores en un ambiente abierto natural, la laguna “Don Tomás”, ubicada al O de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, analizando desarticulación, dispersión y reagrupamiento.

Objetivo general

A través de este trabajo se intentó cuantificar la influencia en el transporte y dispersión de restos óseos de pequeños vertebrados por efecto del viento.

Objetivos particulares

Con este trabajo se pretendió

- Evaluar experimentalmente los efectos del viento sobre diferentes acumulaciones óseas, concentradas primariamente en egagrópilas de aves rapaces enteras y parcialmente disgregadas; elementos óseos actuales aislados provenientes de egagrópilas y de heces de mamíferos carnívoros y restos fósiles de micromamíferos de edad holocena.
- Evaluar si se generan nuevos patrones de agrupamiento de los restos antes mencionados con diferentes velocidades del viento.
- Evaluar los efectos del viento en el ambiente natural sobre diferentes acumulaciones óseas concentradas primariamente en egagrópilas de aves rapaces frescas, secas y disgregadas.
- Identificar algún grado de modificación física de los elementos debido al transporte (roturas, marcas, pulido de superficies o cualquier otra señal no observada previamente).
- Comparar los resultados observados en el ambiente natural con los obtenidos experimentalmente a fin de evaluar la validez de las experimentaciones.
- Comparar los resultados obtenidos con aquellos de la bibliografía que evalúan dispersión, movilidad y transporte de huesos de microvertebrados por acción de corrientes de agua a fin de encontrar similitudes y diferencias en las dispersiones producidas en cada caso.

Hipótesis

El viento genera patrones de resedimentación particulares (*sensu* Fernández López, 2000) de los elementos óseos de microvertebrados que previamente habían sido acumulados por acción de depredación.

Materiales y métodos

Observaciones experimentales

Para la realización de los experimentos de desplazamiento de huesos, restos fósiles y egagrópilas se utilizó el túnel de viento de la cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía (UNLPam).

Este túnel (Figura 1) posee un motor marca Honda GX 670 de 24 HP que mueve una hélice de 1 m de diámetro, compuesta por 8 palas. La hélice gira a una velocidad máxima de 1.000 rpm. El aire impulsado por la hélice es conducido hacia el túnel a través de un tramo descendente en forma de S, construido con chapa galvanizada hasta el sector horizontal a la altura del suelo. El aire pasa luego por una placa cribada con 196 orificios de 2,5 cm de diámetro cada uno, que reduce la turbulencia del flujo de aire. El túnel consta de tres secciones equidimensionales, también construidas con chapa galvanizada. Cada sección posee 2 m de largo, 0,5 m de ancho y 1 m de altura. Las dos últimas secciones no presentan piso y en las mismas se realizan las simulaciones. Desde la turbina generadora de viento hasta la marca inicial de colocación de los materiales se midieron 515 cm.

Figura 1. Túnel de viento con bolsa contenedora

Los experimentos se realizaron en dos tipos de superficies:

1.- Con el fin de generar una superficie lo más lisa posible se colocaron dos tablas de madera prensada de 2 m de largo y 45 cm de ancho cada una a fin de cubrir por completo el piso del túnel experimental. A las mismas se le agregaron varillas de 2 cm de altura a los lados para evitar la pérdida de los materiales. Sobre esa superficie se movilizaron huesos, egagrópilas y fósiles.

2.- Se alisó la superficie del suelo en el área del túnel de modo que los materiales se movilizaran directamente en el sustrato tierra. Este sustrato se usó para movilizar huesos.

A 53 cm del inicio del sustrato utilizado se trazó una línea que se consideró como origen y fue la zona donde se colocó el material en cada experiencia. Se usó esta distancia

como punto de origen, porque durante las corridas preliminares de prueba se observó que algunos de los materiales colocados al inicio de las tablas eran movilizados hacia atrás por efectos de reflujo. Se buscó entonces la distancia mínima en la que ese efecto no existiera y se determinó que ello ocurría a esta distancia. Para ambos sustratos se confeccionó una bolsa contenedora de lona negra de 100 µm en la salida de la boca del túnel con la finalidad de colectar material que pudiera ser expulsado fuera y evitar su pérdida. Por lo expuesto, desde la línea señalada como el origen y hasta el final de la bolsa contenedora los ejemplares podían desplazarse 570 cm.

Las velocidades a la que puede trabajar el túnel varían, siendo la mínima de 5 m/s (18 km/h) y la máxima de 9 m/s (32,4 km/h), aproximadamente. En estos experimentos se utilizaron 3 velocidades (baja, media y alta). Las mismas fueron calibradas utilizando un anemómetro digital Testo 512, a 5,5 m/s (baja), 7,5 m/s (media) y 9,5 m/s (alta) aproximadamente y medidas en el centro de la boca de la salida del aire (a 50 cm de altura del suelo). El motor del túnel no siempre genera un flujo uniforme de viento sino que a veces se producen ráfagas de velocidad superior a la calculada con el anemómetro digital en el centro de la boca de salida.

Se constató que, tal como ocurre en la naturaleza en canales de agua y en condiciones experimentales en tubos cerrados, existe un gradiente de velocidades, siendo mayor en el centro del tubo y disminuyendo hacia los laterales (Wolman, 1955; Ritter *et al*., 2002). Se consideró que la velocidad en el piso del túnel era menor que las tomadas a 50 cm del piso y se evaluó el valor estimado de esa velocidad utilizando la ecuación de Hellman (tomada de Kaltschmitt *et al*., 2007: 55). De este modo, las velocidades en el piso serían: baja: 2,70 m/s, media: 3,70 m/s y alta: 4,70 m/s. Esta ecuación permite calcular la velocidad del viento a una determinada altura, utilizando para ello una velocidad a una altura de referencia y un exponente α que depende de la rugosidad del terreno. Se eligió un valor de α de 0,18, vinculado directamente a las características del sustrato usado (madera o tierra, ambos planos y con irregularidades mínimas) (Silvia Aimar, com. pers.), y una altura de 1 cm.

Ecuación de Hellman:

$$v_w(h) = v_{10} \cdot \left(\frac{h}{h_{10}}\right)^a$$

$v_w(h)$ = Velocidad a una altura h

v_{10} = Velocidad de viento tomada a 10 m de altura, en este caso se usó 50 cm

h = Altura a la que se intenta calcular la velocidad de viento

h_{10} = 10 m, se usó en esta variable 50 cm.

α = Exponente de Hellman, dependiente de la rugosidad del terreno

Las distancias de desplazamiento de los materiales fueron medidas con cinta métrica.

A efectos de esa experimentación se optó por incluir en este estudio huesos provenientes de egagrópilas y heces, es decir, acumulados, desarticulados, limpios y sin tejidos que los recubran. La razón de esta elección está fundamentalmente vinculada con el objetivo de este análisis. Como se indicó, es conocido que los huesos de pequeños vertebrados que mueren en ambientes abiertos, quedan sujetos a las condiciones propias de ese ambiente y rápidamente son destruidos (Dodson, 1973; Korth, 1979; Andrews, 1990; Behrensmeyer *et al*., 2003). Las acumulaciones producidas por depredadores constituyen un interesante punto de partida para este tipo de análisis, ya que una vez que la matriz de la egagrópila o la feca se destruyen, los huesos acumulados que contienen quedan expuestos a la acción de diversos agentes. Con estas observaciones se organizó el trabajo, por un lado experimental y por otro de observaciones en el ambiente natural.

Los materiales utilizados incluyeron elementos esqueléticos actuales de roedores Cricetidae indeterminados y de anfibios anuros provenientes principalmente de egagrópilas de lechuza de los campanarios (*Tyto alba*), y en menor medida de egagrópilas de lechucita de las vizcacheras (*Athene cunicularia*), mandíbulas y maxilares de roedores Caviidae indeterminados provenientes de heces de puma (*Puma concolor*) y materiales fósiles de roedores indeterminados provenientes de niveles arenosos asignados al Holoceno del valle de Quehué (La Pampa). Estos últimos materiales fueron incluidos considerando que los elementos fósiles pueden ser reexpuestos por diversos procesos y posteriormente transportados (elementos reelaborados *sensu* Fernández López, 2000), por lo que también interesa conocer su capacidad de transporte por acción del viento. Cada ejemplar introducido en el túnel para su análisis fue catalogado, medido con calibre mecánico o lupa binocular (al menos dos dimensiones, largo y ancho) (Apéndice 1) y fotografiado con cámara digital a efectos de evaluar posibles modificaciones. Los materiales de anfibios utilizados se presentaban generalmente completos. Se destaca que, entre los materiales de roedores, los cráneos carecían de la región occipital, carácter que debe tenerse presente al momento de evaluar su movilidad, en tanto el resto de los elementos esqueléticos presentaban un alto grado de completitud. Entre los elementos fósiles de roedores se destaca que se contó sólo con un cráneo y mandíbula articulados, una sola escápula, los

huesos largos estaban en su mayoría completos y entre las pelvis la integridad fue menor, disponiendo de algunas completas y otras que estaban representadas sólo por el acetábulo.

Se experimentó también con egagrópilas, enteras y disgregadas de *Tyto alba* y egagrópilas enteras de *Athene cunicularia* (Apéndice 2).

A efectos de su posterior identificación cada tipo de elemento esquelético y egagrópila fueron rotulados con números romanos (ej. fémur I, II, …., X) y un color identificatorio.

Desde el 15 de Abril hasta el 25 de Agosto de 2010 se realizaron los experimentos de desplazamiento de materiales por el viento. El tratamiento habitual para evaluar cada grupo de materiales consistió en prender el motor y esperar hasta regularlo con las revoluciones necesarias para generar la velocidad de viento esperada en el túnel. Una vez lograda esa velocidad, los materiales fueron incorporados en grupos constituidos por hasta 10 elementos esqueléticos del mismo tipo (por ejemplo fémures, tibias, etc), que se ubicaban al azar, desde un frasco o directamente con la mano, en la línea de origen. El monitoreo se realizó con cronómetro durante 3'. Transcurrido este lapso, se detenía el motor, se colocaba la cinta métrica de referencia, se medía la distancia recorrida y se fotografiaban los materiales. Además de la distancia recorrida desde el punto de colocación de los materiales, se midió la orientación respecto al flujo del eje mayor del elemento (en los casos posibles), efecto de obstáculo entre materiales y tiempo de expulsión del túnel. A continuación se encendía nuevamente el motor, se cronometraban otros 3' de acción, con los materiales ubicados en la posición en la que habían quedado en la medición anterior, se repetían las observaciones y por último se procedía a una última medición y cronometrado, esta vez dejando el motor encendido durante 4' a fin de totalizar 10' en cada experiencia.

Posteriormente se realizaron los mismos experimentos calibrando el motor a velocidad intermedia y finalmente se llevaron a cabo las mismas experiencias a velocidad alta.

Cabe destacar que, en los casos en los que las velocidades bajas o medias provocaban la expulsión de todo el material fuera del túnel, no se realizaron mediciones a velocidades superiores. De este modo, cada grupo de ejemplares fue movido como máximo en 3 oportunidades para cada una de las velocidades elegidas.

Una vez concluidas las experiencias con cada tipo de materiales se procedió a realizar otras experiencias a las mismas velocidades, pero agrupando elementos. Estas experiencias fueron realizadas únicamente con elementos esqueléticos actuales de roedores Cricetidae y de anfibios. Se formaron 3 grupos, 2 de ellos incluían 3 elementos

esqueléticos de cada tipo y el tercero, 4 elementos de cada tipo, de este modo se reutilizaron los 10 elementos de cada tipo iniciales (excepto que alguno se hubiera extraviado en experiencias previas). La finalidad de esto fue analizar la posible interacción entre materiales que dificulten la dispersión de los mismos. Finalmente los resultados obtenidos para estos grupos fueron evaluados en conjunto.

En todas las experiencias se registró la orientación de los huesos cuyo largo era mucho mayor que el ancho, con respecto al flujo de viento (perpendicular, paralelo u oblicuo). Solamente en el caso de los materiales utilizados en suelo desnudo se procedió a registrar la orientación en grados respecto al flujo de la porción proximal de dicho material.

Para los análisis de los diferentes grupos formados de acuerdo a la susceptibilidad al transporte de los distintos restos óseos de los taxones estudiados se utilizó una prueba de la varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis (valor H) y una comparación de a pares entre las medias de los rangos de los tratamientos (Balzarini *et al*., 2008), utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2010).

Con las egagrópilas se experimentó sobre sustrato madera, midiendo su transporte también en las 3 velocidades y registrando sus orientaciones.

Se realizaron en total, 246 corridas en el túnel de viento en todo el tiempo de medición, para ambos sustratos.

Observaciones en el ambiente natural

Para la observación de dispersión de las egagrópilas y de huesos provenientes de acumulaciones producidas por depredadores, se eligieron materiales producidos por *Tyto alba* y *Athene cunicularia* (Aves, Strigiformes), depredadores ubicados en las categorías leve (I) y moderada (II), respectivamente (Andrews, 1990). Estos depredadores generan acumulaciones con muy buena representación esquelética de los elementos óseos de las presas, escasa rotura y escasa o nula corrosión por digestión (Andrews, 1990).

Se buscaron egagrópilas frescas y restos esqueléticos disgregados de egagrópilas obtenidas de nidos y perchas de regurgitación de *Athene cunicularia*. Se trabajó en el área de la laguna “Don Tomás”, situada al O de la ciudad de Santa Rosa (La Pampa, Argentina) (Ver Area de estudio, página 12). Para las observaciones de estos materiales se realizaron 3 visitas semanales durante 3 meses.

Por otro lado, se colocaron artificialmente egagrópilas secas (Apéndice 2), provenientes de recolecciones previas de nidos de *Tyto alba*, en un bajo sin agua en la

misma área. Se eligió este lugar para realizar observaciones por tratarse de un sector abierto y sin vegetación. Se visitó el área diariamente durante 1 mes.

En ambos casos las observaciones se realizaron generando círculos concéntricos de 1 m de radio cada uno, con el centro en el nido o percha en el primer caso y en el sitio donde se depositarán las egagrópilas en el segundo, y hasta los 6 m de distancia. Se evaluó: 1.- disgregación de las egagrópilas, 2.- pérdida de material córneo, 3.- exposición de los elementos óseos a los agentes atmosféricos.

Se evaluaron además los factores que provocaron o facilitaron los procesos señalados en 1, 2 y 3. Una vez que se observó la liberación de los elementos esqueléticos se controló: 4.- el transporte, 5.- la resedimentación, 6.- la pérdida de elementos y 7.- su enterramiento.

Paralelamente, en el lapso en el que se desarrollaron las mencionadas observaciones, se obtuvieron datos de las condiciones atmosféricas diarias prestando particular atención al viento, del cual se consideraron dirección predominante y velocidad promedio diaria. Para ello se usaron datos brindados por el Servicio Meteorológico Nacional para el período Octubre 2009 - Enero 2010, que corresponde con el período de tiempo en el que se realizaron las observaciones. Se tuvieron también en cuenta las condiciones de humedad y precipitaciones para registrar la posible influencia del agua en la alteración tanto de los elementos monitoreados en los nidos, como las egagrópilas experimentales en el cuenco seco.

Los datos de velocidad del viento en el ambiente natural fueron relevantes a la hora de elegir las velocidades a usar en el túnel. Entre los datos brindados por el Servicio Meteorológico Nacional figuran velocidades de viento similares a la velocidad máxima registrada en la boca del túnel de viento (9,5 m/s), pero esas velocidades fueron tomadas a 10 m de altura. Cuando se someten esos valores a la ecuación de Hellman (Apéndice 3) los mismos bajan y se asemejan a los valores estimados con la misma ecuación para el piso del túnel de viento. De todos modos debe recordarse que los valores a 10 m de altura corresponden a medias diarias, de modo tal que puede haber habido ráfagas de velocidad muy superior, en definitiva, con mayor fuerza para desplazar materiales que no fue estimada con detalle en este trabajo.

Área de estudio

La laguna "Don Tomás" está situada al O de la ciudad de Santa Rosa (36º37'10''S, 64º19'45''O, La Pampa). Es un cuerpo de agua somero, que recibe el aporte de agua de los desagües pluviales. En sus alrededores se sitúa un parque recreativo de uso comunitario. Se trata de un área de llanura que desde el punto de vista fitogeográfico se encuentra comprendida en la Provincia del Espinal (Cabrera, 1976), distrito del caldén (*Prosopis caldenia* Burke) con presencia de áreas de pastizal samófilo y arbustal y, pastizal halófilo, pero evidencia modificaciones importantes derivadas de la actividad agropecuaria, de la proximidad a un centro urbano y de la presencia de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y tamarisco (*Tamarix gallica* Linné).

Al momento de realizadas las observaciones se localizaron 2 nidos de *Athene cunicularia* en las inmediaciones del cuerpo de agua. Uno de ellos se encontraba al O del cuenco principal y el otro al NNO del mismo (Figura 2).

Para las experiencias, se colocaron egagrópilas de *Tyto alba* en el cuenco NO, el cual se encontraba seco y sin vegetación, presentando solamente una costra salina sobre el sustrato. Primero se colocaron 5 egagrópilas enteras juntas, con sus ejes en dirección N-S, observando sus cambios durante 14 días. Luego de una lluvia intensa se extraviaron varias y se repitió la experiencia en el mismo sitio colocando otras 5. Además se eligieron 4 nuevos sitios en el mismo cuenco a fin de contabilizar más datos. En cada uno de ellos, se colocaron 5 egagrópilas juntas, con sus ejes en dirección N-S. En total se realizaron 6 experiencias, una al inicio y luego, se repitió en el sitio inicial más los 4 sitios nuevos. En el Apéndice 2 se indica la cantidad y promedio de tamaños de las egagrópilas utilizadas en estas experiencias.

Figura 2. Laguna "Don Tomás". Se indica la ubicación de los dos nidos de *Athene cunicularia* donde se realizaron las observaciones y el cuenco NO seco para la experimentación con egagrópilas de *Tyto alba*. Imagen extraída de Google Earth

Abreviaturas usadas

PE: Orientación perpendicular al flujo de viento; PA: Orientación paralela al flujo de viento; OB: Orientación oblicua al flujo de viento; m: metros; cm: centímetros; N: Norte; S: Sur; E: Este; O: Oeste.

Resultados

Experimentos en el túnel de viento

Huesos de anfibios

Dispersión de huesos individuales en madera

La Tabla 1 muestra los promedios de dispersión de los distintos elementos óseos evaluados individualmente en las 3 velocidades en sustrato madera.

Velocidades	2,70 m/s			3,70 m/s			4,70 m/s		
Tiempo	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Fémures	**33,48**	**144,57**	**146,18**	**310,55**	**310,62**	**310,80**	**435,94**	**436,13**	**436,19**
Húmeros	**67,30**	**178,19**	**178,40**	**412,97**	**454,59**	**454,59**	**386,44**	**386,50**	**386,50**
Tibia-fíbulas	**7,94**	**11,31**	**11,52**	**132,21**	**172,10**	**266,49**	**471,67**	**471,67**	**471,67**
Radio-ulnas	**96,02**	**240,50**	**288,92**	**338,65**	**347,41**	**347,41**	**555,20**	-	-
Maxilares	**156,67**	**203,70**	**244,37**	**506,98**	-	-	-	-	-
Ilíacos	**6,35**	**8,00**	**9,95**	**120,86**	**186,11**	**192,19**	**388,00**	**389,28**	**389,28**
Tibial-fibulares	**57,86**	**316,91**	**361,42**	**301,12**	**304,22**	**346,34**	**449,39**	**450,19**	**450,34**
Vértebras	**443,99**	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 1. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes elementos esqueléticos de anfibios registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

Las vértebras fueron fácilmente transportadas, encontrándoselas en la bolsa contenedora a velocidades bajas antes de los primeros 3’ (0:10’). Los maxilares a velocidad baja se desplazaron hasta los 250 cm; manifestaron un importante transporte a velocidad media, siendo todos expulsados fuera del túnel antes de los 3’ (0:08’). Las radio-ulnas, sometidas a velocidad mínima, se desplazaron principalmente a los 6’ de experiencia, mientras que a velocidad media, el mayor desplazamiento se dio al inicio de la experiencia. A velocidad máxima todos fueron encontrados en la bolsa contenedora antes de los 3’ (0:05’). Las tibia-fíbulas se desplazaron poco a baja velocidad, no superando los 12 cm. A velocidad media se movilizaron más, sobre todo en los 4’ finales. En máxima velocidad fueron halladas en su mayoría fuera del túnel antes de los 3’ (0:05’). Los fémures, a baja velocidad se desplazaron más al finalizar los 6’, permaneciendo casi sin variación hasta los 10’ finales. A velocidad media, experimentaron el mayor desplazamiento en los 3’ iniciales y 5 fémures fueron expulsados fuera del túnel antes de los 3’ (entre 0:20’ y 2:00’). Los otros 5 (I, V, VI, VII y VIII) fueron desplazados hacia los bordes de las tablas al comienzo de la experiencia y permanecieron en esa posición durante los 10’. A velocidad máxima se evidenció un desplazamiento aún mayor y 6 fueron más fácilmente transportados, hallándoselos fuera del túnel entre 0:15’ y 0:30’. Dos fueron extraviados, tal vez fueron transportados por saltación y expulsados fuera de la bolsa

contenedora. Los tibial-fibulares se dispersaron rápidamente a velocidades bajas. A velocidad media alcanzaron los 340 cm y 6 fueron expulsados antes de los 3' (0:14'). A velocidad máxima llegaron a los 450 cm y en esta oportunidad, 8 de ellos se hallaron fuera del túnel antes de los primeros 3' (0:15') (Figura 3. A). Los húmeros presentaron un patrón de movilización similar al de los fémures. A baja velocidad, el mayor desplazamiento se dio transcurridos los 6'. A velocidad media se observó un mayor transporte. A máxima velocidad el promedio de dispersión fue menor al registrado para estos materiales a velocidad media, pero la mayoría de los elementos fueron expulsados fuera del túnel antes de los 3' (0:03'). Los ilíacos a velocidad baja se desplazaron muy poco (Figura 3. B). Incrementaron su desplazamiento a velocidad media y fueron más fácilmente transportados, encontrándoselos fuera del túnel mayoritariamente antes de los 3' (0:05').

A

B

Figura 3. A. Tibial-fibulares en la bolsa contenedora al finalizar los 3' a velocidad alta. B. Huesos ilíacos sobre sustrato madera al finalizar los 3' a velocidad baja

Orientaciones de huesos individuales en madera

La Tabla 2 muestra el porcentaje de los huesos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Fémures	6,67	73,33	20,00	0,00	100,00	0,00	37,50	25,00	37,50
Húmeros	6,67	66,67	26,66	30,00	66,67	3,33	11,11	77,78	11,11
Tibia-fíbulas	43,33	26,67	30,00	20,00	53,33	26,67	0,00	77,78	22,22
Radio-ulnas	16,67	73,33	10,00	0,00	66,67	33,33	30,00	40,00	30,00
Maxilares	13,33	60,00	26,67	30,00	40,00	30,00	-	-	-
Ilíacos	23,33	36,67	40,00	7,40	77,78	14,82	0,00	81,48	18,52
Tibial-fibulares	6,68	46,66	46,66	13,33	50,00	36,67	10,00	50,00	40,00
TOTAL	**16,67**	**54,76**	**28,57**	**12,83**	**67,38**	**19,79**	**12,41**	**61,38**	**26,21**

Tabla 2. Porcentaje de huesos de anfibios evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

Analizando las ubicaciones en que quedaron los huesos de anfibios en sustrato madera, se observa que la mayoría se ubicaron de forma paralela al flujo en las 3 velocidades, seguido por la orientación oblicua. Los maxilares no fueron evaluados a velocidad alta, ya que a velocidad media todos fueron expulsados hacia la bolsa contenedora.

Dispersión de huesos agrupados en madera

La Tabla 3 muestra los promedios de dispersión obtenidos al movilizar todos los huesos en grupos en las 3 velocidades en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Fémures	**1,24**	**7,19**	**10,61**	**162,13**	**229,84**	**230,35**	**366,39**	**366,39**	**366,39**
Húmeros	**7,37**	**10,38**	**11,33**	**225,17**	**292,64**	**292,66**	**327,03**	**327,06**	**327,06**
Tibia-fíbulas	**2,16**	**3,34**	**11,58**	**180,00**	**221,49**	**221,53**	**435,35**	**435,35**	**489,30**
Radio-ulnas	**1,50**	**1,63**	**8,48**	**397,94**	**431,17**	**431,17**	**548,70**	**-**	**-**
Maxilares	**73,96**	**82,10**	**137,53**	**445,58**	**445,87**	**449,72**	**547,13**	**-**	**-**
Ilíacos	**1,95**	**2,14**	**3,69**	**162,41**	**215,59**	**246,76**	**291,38**	**292,16**	**292,16**
Tibial-fibulares	**8,99**	**9,16**	**10,31**	**291,92**	**293,01**	**295,88**	**439,44**	**439,44**	**439,44**
Vértebras	**39,75**	**40,87**	**46,44**	**470,57**	**470,57**	**470,61**	**548,40**	**-**	**-**

Tabla 3. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes elementos esqueléticos de anfibios agrupados, registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

Los maxilares, vértebras y radio-ulnas fueron evaluados exclusivamente en los 3 primeros minutos de la velocidad máxima, ya que en ese lapso fueron todos hallados en el fondo de la bolsa contenedora, recorriendo en ese tiempo distancias similares.

A velocidad baja no se apreciaron grandes desplazamientos, salvo en el caso de los maxilares que se dispersaron a una distancia mucho mayor respecto de los otros elementos esqueléticos. Fueron seguidos por las vértebras que en promedio no superaron los 50 cm. El resto de los materiales no superaron en promedio los 12 cm de distancia recorrida. Cabe destacar que al utilizar velocidad baja, la mayoría de los materiales se encontraron juntos. Esa velocidad del viento no fue suficiente para separarlos y dispersarlos (Figura 4).

A velocidad media, se observó un desplazamiento mucho mayor de todos los materiales, siendo vértebras, maxilares y radio-ulnas los que recorrieron mayor distancia promedio. El resto de los materiales no superaron en promedio los 300 cm de distancia recorrida. En todos los casos, la mayor movilidad fue observada en los primeros 3’ de duración de la experiencia.

En velocidad máxima, nuevamente los elementos más fácilmente transportados fueron maxilares, vértebras y radio-ulnas, seguidos muy de cerca por las tibia-fíbulas y luego por los tibial-fibulares. Al igual que en el experimento anterior, durante los 3’ iniciales los materiales recorrieron la mayor distancia.

En esta experiencia se observó que a velocidad baja un número importante de elementos esqueléticos permanecieron juntos en el inicio, trabados unos con otros. Unos pocos se separaron del grupo recorriendo distancias variables. Entre estos materiales se encuentran principalmente vértebras, tibial-fibulares y maxilares, mientras que otros como fémures, radio-ulnas y tibia-fíbulas fueron transportados en menor medida a velocidad baja. A velocidad media y alta el grupo se dispersó rápidamente por lo que ya no se lo puede evaluar como grupo.

Figura 4. A, B y C. Ejemplos de dispersión de huesos de anfibios agrupados (se observan todos los elementos esqueléticos utilizados en estos experimentos) al finalizar 3’ a velocidad baja

Orientaciones de huesos agrupados en madera

La Tabla 4 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Fémures	45,83	20,83	33,34	0,00	75,00	25,00	0,00	87,50	12,50
Húmeros	37,03	29,63	33,34	3,70	40,74	55,56	11,11	66,67	22,22
Tibia-fíbulas	33,33	20,00	46,67	6,67	33,33	60,00	10,00	80,00	10,00
Radio-ulnas	33,33	36,67	30,00	25,93	29,63	44,44	22,22	44,44	33,34
Maxilares	13,33	36,67	50,00	20,00	46,67	33,33	25,00	37,50	37,50
Ilíacos	6,67	20,00	73,33	10,00	43,33	46,67	11,11	77,78	11,11
Tibial-fibulares	40,74	33,33	25,93	11,11	66,67	22,22	12,50	75,00	12,50
TOTAL	**29,29**	**28,28**	**42,43**	**11,29**	**47,17**	**41,54**	**10,73**	**73,16**	**16,11**

Tabla 4. Porcentaje de huesos de anfibios evaluados agrupados, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios:

Tratando los diferentes elementos en grupos se observó que a velocidad baja predominan las orientaciones oblicuas, en tanto a velocidad media fueron similares los resultados para orientaciones paralelas y oblicuas y para velocidad alta fue notoria la predominancia de orientaciones paralelas al flujo de viento.

Dispersión de huesos individuales en tierra

La Tabla 5 muestra los promedios de dispersión de distintos elementos óseos evaluados individualmente en las 3 velocidades distintas en sustrato tierra.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Fémures	**6,33**	**9,18**	**15,05**	**34,89**	**34,89**	**47,53**	**138,53**	**138,53**	**143,15**
Húmeros	**2,94**	**4,00**	**4,19**	**13,37**	**20,32**	**30,01**	**109,18**	**109,59**	**129,48**
Tibia-fíbulas	**2,20**	**3,45**	**3,49**	**111,40**	**112,76**	**113,60**	**108,26**	**112,49**	**115,05**
Radio-ulnas	**21,89**	**25,38**	**26,92**	**36,83**	**64,73**	**69,20**	**376,44**	**376,44**	**376,44**
Maxilares	**28,67**	**28,77**	**28,88**	**146,61**	**159,72**	**162,87**	**347,08**	**403,23**	**403,23**

Tabla 5. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes elementos esqueléticos de anfibios, registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato tierra

Comentarios

Sólo los maxilares y radio-ulnas superaron los 150 cm de desplazamiento a velocidad máxima. Los ejemplares que manifestaron menos dispersión en todas las velocidades fueron las tibia-fíbulas y los húmeros.

Los maxilares se desplazaron más en los 3' iniciales del experimento a velocidad baja y media. En esta última velocidad los IV y VI fueron desplazados hacia los bordes. El IV permaneció solamente desde los 3' a los 6' mientras que el VI lo hizo desde el inicio hasta transcurrido 6' del total de la experiencia. A velocidad máxima, la mayor parte de ellos fueron expulsados fuera del túnel y sólo uno de ellos (V) fue desplazado hacia los bordes, permaneciendo en esa posición durante la totalidad del experimento. Los radio-ulnas alcanzaron los 26 cm a velocidad mínima, con un mayor desplazamiento en los 3' iniciales. A velocidad media se desplazaron más. A máxima velocidad se observó un desplazamiento mucho mayor respecto de las otras velocidades, alcanzando casi los 380 cm en promedio. Los fémures no superaron los 16 cm a velocidad baja. A velocidad media la distancia recorrida fue de menos de 50 cm, llegando a casi los 35 cm en los 3' iniciales. A esta velocidad los II y III se desplazaron hacia los laterales del túnel y quedaron trabados en los bordes. A máxima velocidad la distancia alcanzada promedio fue de casi 145 cm y en los 3' iniciales se logró recorrer la mayor distancia. Los húmeros se desplazaron muy poco a velocidad baja. A velocidad media no superaron los 30 cm y a alta llegaron a 129 cm, alcanzando el máximo desplazamiento en los 3' iniciales. Los VII y VIII fueron desplazados hacia los bordes desde el inicio de la experiencia. Las tibia-fíbulas fueron los que evidenciaron menor desplazamiento sobre este sustrato, sin superar en promedio los 3,5 cm a velocidad baja. A velocidad media se observó un desplazamiento mayor, en esta oportunidad durante los 3' iniciales se cubrió la mayor parte de la distancia recorrida. A máxima velocidad el transporte fue similar a lo ocurrido a velocidad media y en esta oportunidad, las II y IV fueron desplazadas hacia los laterales del túnel al inicio del experimento, donde permanecieron en esa posición hasta el final.

Orientaciones de huesos individuales en tierra

La Tabla 6 muestra el porcentaje de los huesos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato tierra. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Fémures	25,00	37,50	37,50	12,50	45,83	41,67	41,68	29,16	29,16
Húmeros	29,62	25,93	44,45	11,11	62,96	25,93	18,51	44,45	37,04
Tibia-fíbulas	10,00	50,00	40,00	10,00	23,33	66,67	13,34	43,33	43,33
Radio-ulnas	22,22	29,63	48,15	11,53	34,62	53,85	11,12	44,44	44,44
Maxilares	33,33	40,74	25,93	29,63	51,85	18,52	13,33	20,00	66,67
TOTAL	**23,70**	**37,04**	**39,36**	**14,93**	**43,28**	**41,79**	**19,51**	**38,21**	**42,27**

Tabla 6. Porcentaje de huesos de anfibios evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato tierra. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

En este caso, a velocidades bajas y medias las orientaciones paralelas y oblicuas predominaron con valores similares, en tanto a velocidad alta predominan las orientaciones oblicuas, seguidas de las paralelas con un porcentaje menor.

Huesos de roedores Cricetidae

Dispersión de huesos individuales en madera

La Tabla 7 muestra los promedios de dispersión de los distintos elementos óseos de roedores evaluados individualmente en las 3 velocidades distintas en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo de duración	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Cráneos	**185,45**	**375,95**	**375,95**	**532,57**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Fémures	**4,93**	**20,94**	**22,77**	**181,70**	**284,82**	**303,93**	**346,49**	**352,39**	**352,39**
Húmeros	**27,23**	**58,74**	**69,91**	**253,64**	**314,65**	**317,52**	**440,36**	**440,36**	**440,46**
Radios	**40,83**	**97,72**	**242,07**	**283,96**	**288,91**	**358,56**	**338,01**	**339,28**	**339,28**
Ulnas	**102,63**	**122,11**	**187,45**	**421,91**	**456,96**	**494,86**	**548,03**	**-**	**-**
Tibias	**4,20**	**9,93**	**17,29**	**53,05**	**59,93**	**94,43**	**353,42**	**353,50**	**353,55**
Pelvis	**22,95**	**33,13**	**43,67**	**79,02**	**126,36**	**168,08**	**432,46**	**432,51**	**432,67**
Hemipaladares	**0,50**	**0,72**	**0,82**	**61,56**	**205,32**	**216,96**	**255,22**	**303,06**	**303,86**
Hemimandíbulas	**0,23**	**0,24**	**0,26**	**6,42**	**8,85**	**9,67**	**76,19**	**79,12**	**92,26**
Incisivos inferiores	**3,31**	**5,11**	**5,96**	**7,57**	**9,34**	**11,31**	**80,93**	**98,79**	**138,68**
Incisivos superiores	**1,05**	**1,09**	**1,19**	**6,39**	**49,79**	**53,93**	**205,57**	**212,12**	**215,21**
Escápulas	**193,21**	**321,44**	**365,59**	**536,20**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Vértebras chicas	**206,83**	**209,29**	**247,19**	**544,66**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Vértebras medianas	**281,97**	**286,00**	**337,96**	**536,47**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Metápodos	**101,48**	**180,81**	**180,89**	**518,07**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Astrágalos	**1,07**	**1,85**	**2,53**	**379,70**	**425,77**	**474,06**	**540,75**	**-**	**-**
Calcáneos	**85,81**	**160,28**	**163,11**	**271,27**	**315,83**	**369,55**	**521,29**	**-**	**-**
Molares	**1,68**	**3,08**	**67,29**	**488,98**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

Tabla 7. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes elementos esqueléticos de roedores Cricetidae, registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

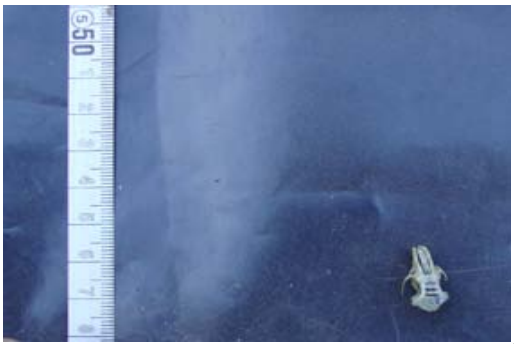
Comentarios:

Los cráneos, escápulas, vértebras, metápodos y molares se encontraron en el fondo de la bolsa contenedora en los primeros 3’ de la experiencia a velocidad media, en tanto que ulnas, astrágalos y calcáneos lo hicieron en los primeros 3’ de la experiencia a velocidad alta. Las hemimandíbulas se dispersaron muy poco, no llegando a los 100 cm, en el desarrollo de todo el experimento.

Las vértebras chicas se desplazaron hasta casi 250 cm a baja velocidad principalmente en los 3’ iniciales. Las V y VIII se trabaron en los laterales durante toda la experiencia. A velocidad media, todas fueron expulsadas del túnel antes de los 3’ (0:02’). Las vértebras medianas mostraron mayor desplazamiento a velocidad baja. A velocidad media, fueron expulsadas del túnel antes de los 3’ (0:02’). Las escápulas, a velocidad baja recorrieron más 350 cm en esa experiencia. A velocidad media, el desplazamiento fue mucho mayor y todas fueron expulsadas fuera del túnel a los 0:02’. Sólo la IV permaneció trabada en los laterales durante la totalidad de la experiencia. La X se hallaba parcialmente rota al terminar el experimento. Los cráneos fueron fácilmente transportados, aún a velocidad baja (Figura 5. A). En velocidad media todos fueron expulsados fuera del túnel a menos de los primeros 3’ (1:15’). Los metápodos a velocidad mínima, llegaron a los 180 cm y el VIII fue trabado en el borde de las tablas en los 7’ finales de experiencia. Fueron expulsados totalmente antes de los 3’ (0:01’) a velocidades medias. Los molares a velocidad baja no manifestaron un gran desplazamiento hasta los últimos 4’. A velocidad media todos estos elementos fueron expulsados antes de los 3’ (0:01’). Las ulnas a baja velocidad, alcanzaron más de 180 cm hacia el final de la experiencia. Fueron transportadas más a velocidad media, llegando hasta casi los 500 cm. A velocidad máxima todas fueron expulsadas antes de los 3’ (0:01’). La ulna IV se rompió en tres partes. Los astrágalos no evidenciaron un gran transporte a velocidad mínima. A velocidad media, la dispersión fue mucho mayor, alcanzando casi los 380 cm en los 3’ iniciales. A máxima velocidad, antes de los 3’ (0:01’), todos estos elementos se hallaban en el fondo de la bolsa contenedora. Los calcáneos alcanzaron los 160 cm a velocidad mínima y durante los 3’ iniciales se logró alcanzar la mitad de esta distancia. A velocidad media, 6 fueron expulsados del túnel. Los II y VII fueron desplazados hacia los laterales y permanecieron trabados en el borde de las tablas. El II permaneció en esa posición la totalidad del experimento mientras que el VII lo hizo en los 4’ finales. Todos estos elementos fueron expulsados del túnel a máxima velocidad, antes de los 3’ (0:01’). Los húmeros a baja velocidad alcanzaron casi los 70 cm en promedio, a velocidad media llegaron hasta más de 300 cm, recorriendo la mayor

cantidad de este trayecto (256 cm) en los 3' iniciales. A velocidad máxima 9 fueron expulsados del túnel a los 0:01'. Dos de los materiales (II y X) fueron desplazados a velocidad máxima hacia los lados y trabados en los bordes. El II permaneció trabado desde el inicio de las experiencias hasta los 6', mientras que el X lo hizo durante el tiempo completo. Las pelvis, a velocidad baja superaron los 43 cm. A velocidad media, durante los 3' iniciales, superaron los 70 cm, llegando al final de la experiencia a los 168 cm. Las II y X fueron trabadas en los laterales al inicio y permanecieron allí hasta el final. A máxima velocidad, alcanzaron la mayor distancia en los 3' iniciales. Las IX y X permanecieron trabadas todo el experimento. Los fémures no evidenciaron gran transporte en los 3' iniciales a velocidad mínima (Figura 5. B). A velocidad media, en cambio, mostraron el mayor transporte en los 3' iniciales. Los II y VIII permanecieron trabados en los bordes de las tablas en todo el experimento. A velocidad máxima, estos elementos mostraron el mayor transporte en los 3' iniciales. A esta velocidad 6 elementos fueron expulsados del túnel antes de los 0:06', mientras que 4 fueron desplazados hacia los laterales (III, IV, VIII y II). El II sólo estuvo en esa posición durante los 3' iniciales, mientras que el resto permaneció trabado los 10' de duración del experimento. Los radios llegaron hasta más de 200 cm a velocidad baja. El V fue desplazado hacia los laterales, durante los 4' finales. A velocidad media, los I y III se encontraron en los bordes desde el inicio y hasta los 6.'A máxima velocidad, los I y VIII fueron desplazados hacia los bordes de las tablas. El I permaneció trabado los últimos 7' mientras que el VIII lo hizo la totalidad del experimento. En cuanto a las tibias sometidas a baja velocidad, la distancia total recorrida durante los primeros 6' no superó los 10 cm, mientras que en los 4' finales alcanzaron los 17 cm. A velocidad media, en los minutos iniciales, los materiales se desplazaron hasta casi los 60 cm, llegando a los 94 cm al finalizar. A velocidad máxima, llegaron a los 353 cm durante los 3' iniciales y permanecieron en esa posición con mínima variación durante la totalidad del experimento. En esta velocidad, las I, IV, VII y X fueron desplazadas hacia los bordes de las tablas durante el inicio de la experiencia y permanecieron en esa posición hasta el final. De las 10 tibias utilizadas en las experiencias, 2 perdieron la fíbula. Los hemipaladares, a velocidad baja no superaron los 100 cm, a velocidad media se movilizaron más y a máxima velocidad, fueron hallados a 303 cm, recorriendo la mayor parte de esta distancia (255 cm) en los 3' iniciales. Al concluir la experiencia, el IV perdió el incisivo superior. Los incisivos, tanto superiores como inferiores se desplazaron poco a velocidad baja. Estos últimos se desplazaron poco en todo el experimento y los superiores incrementaron su dispersión a velocidad alta. Las hemimandíbulas fueron los elementos

que evidenciaron menor desplazamiento. A baja velocidad no llegaron a 0,27 cm en promedio. A media velocidad alcanzaron los 6 cm en los 3' iniciales, sin superar los 10 cm al finalizar la experiencia. A máxima velocidad alcanzaron los 76 cm en los 3' iniciales y llegaron a los 92 cm al final de la experiencia.


A

B

Figura 5. A. Cráneo IX a los 6' a velocidad baja; B. Fémures sobre sustrato madera al finalizar 6' a velocidad baja

Orientaciones de huesos individuales en madera

La Tabla 8 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Fémures	56,67	16,67	26,66	6,67	80,00	13,33	10,00	80,00	10,00
Húmeros (todos)	6,68	46,66	46,66	0,00	63,33	36,67	0,00	73,33	26,67
Radios	20,00	33,33	46,67	23,33	20,00	56,67	11,11	55,56	33,33
Ulnas	0,00	46,67	53,33	0,00	30,00	70,00	20,00	60,00	20,00
Tibias	30,00	33,33	36,67	6,67	63,33	30,00	0,00	60,00	40,00
Pelvis	20,00	33,33	46,67	3,33	66,67	30,00	20,00	70,00	10,00
Hemipaladares	46,67	0,00	53,33	13,33	33,33	53,34	0,00	73,33	26,67
Hemimandíbulas	36,67	60,00	3,33	36,67	30,00	33,33	46,68	26,66	26,66
Incisivos inferiores (todos)	36,67	43,33	20,00	23,33	30,00	46,67	23,33	10,00	66,67
Incisivos superiores	30,00	33,33	36,67	36,67	3,33	60,00	24,13	24,13	51,74
Escápulas	10,00	76,67	13,33	10,00	50,00	40,00	-	-	-
TOTAL	**25,71**	**40,30**	**33,96**	**14,91**	**42,71**	**42,37**	**16,09**	**51,72**	**32,18**

Tabla 8. Porcentaje de huesos de roedores Cricetidae evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

Para esta evaluación se consideraron exclusivamente los huesos con un eje máximo mayor, por eso no se incluyeron algunos de los elementos esqueléticos que figuran en la Tabla 7.

Las escápulas no fueron evaluadas a velocidad alta ya que al finalizar el experimento a velocidad media se encontraban todas en el fondo de la bolsa contenedora.

En todas las velocidades predominan las orientaciones paralelas y sólo a velocidad media es importante la cantidad de restos en orientación oblicua.

Dispersión de huesos agrupados en madera

La Tabla 9 muestra los promedios de dispersión obtenidos al movilizar los diferentes grupos de huesos en las 3 velocidades en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo de duración	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Cráneos	**57,77**	**140,17**	**172,67**	**530,57**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Fémures	**18,30**	**18,33**	**32,19**	**251,03**	**283,12**	**349,02**	**306,69**	**314,32**	**512,67**
Húmeros	**0,48**	**0,48**	**0,48**	**331,10**	**340,27**	**344,92**	**408,65**	**409,45**	**409,75**
Radios	**0,90**	**1,09**	**11,93**	**309,96**	**317,21**	**317,49**	**472,48**	**472,59**	**472,59**
Ulna	**0,59**	**5,74**	**5,80**	**241,24**	**279,64**	**280,83**	**431,17**	**479,39**	**533,89**
Tibias	**0,89**	**2,39**	**7,05**	**203,09**	**227,49**	**242,45**	**334,57**	**342,02**	**372,04**
Pelvis	**23,20**	**56,00**	**58,01**	**235,39**	**289,00**	**318,21**	**427,90**	**474,47**	**474,47**
Hemipaladares	**1,86**	**1,88**	**2,06**	**76,64**	**150,14**	**165,30**	**199,30**	**300,20**	**300,70**
Hemimandíbulas	**0,73**	**0,78**	**0,80**	**28,38**	**48,77**	**49,49**	**152,24**	**154,76**	**160,96**
Incisivos inferiores	**0,83**	**0,94**	**1,10**	**39,22**	**46,72**	**55,24**	**158,89**	**166,03**	**218,83**
Incisivos superiores	**0,59**	**0,60**	**1,56**	**26,65**	**31,30**	**34,50**	**273,30**	**280,61**	**286,60**
Escápulas	**127,01**	**142,56**	**184,22**	**492,30**	**492,30**	**492,30**	**558,40**	**-**	**-**
Vértebras medianas	**104,53**	**120,05**	**121,20**	**533,11**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Metápodos	**10,07**	**29,07**	**32,16**	**388,74**	**399,48**	**399,67**	**541,50**	**-**	**-**
Astrágalos	**2,71**	**6,54**	**11,31**	**225,57**	**304,83**	**306,77**	**541,29**	**-**	**-**
Calcáneos	**3,78**	**14,82**	**16,49**	**200,27**	**201,09**	**202,61**	**545,88**	**-**	**-**
Molares	**2,82**	**5,46**	**7,89**	**332,41**	**379,03**	**380,91**	**541,49**	**-**	**-**

Tabla 9. Distancia promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes huesos de roedores Cricetidae agrupados, registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

A velocidad baja las escápulas y cráneos fueron los materiales que evidenciaron mayor desplazamiento. En tercer lugar lo hicieron las vértebras. El resto de los materiales no superaron los 60 cm de distancia recorrida.

Los grupos de cráneos y vértebras llegaron al fondo de la bolsa contenedora en los primeros 3’ del experimento a velocidad media. En tanto, las escápulas, metápodos,

molares, astrágalos y calcáneos lo hicieron en los primeros 3’ de la velocidad alta. Ninguno de los demás grupos de elementos esqueléticos llegó al fondo de la bolsa contenedora y los grupos de hemimandíbulas fueron los que mostraron menor capacidad de dispersión.

A velocidad media, las vértebras, cráneos y escápulas fueron los materiales que recorrieron mayor distancia promedio. Los metápodos no superaron los 400 cm y el resto de los materiales se encontraron por debajo de los 380 cm. La mayor distancia recorrida se dio en los primeros 3’ de la experiencia.

A velocidad máxima los cráneos fueron los que evidenciaron un gran desplazamiento. Las escápulas, metápodos, vértebras, molares, astrágalos y calcáneos fueron los materiales que siguieron en distancia recorrida promedio. Las ulnas y fémures no superaron los 535 cm y el resto de los materiales no recorrieron una distancia promedio mayor a 475 cm. Las hemimandíbulas fueron los materiales que recorrieron menos distancia (160 cm). La mayor distancia recorrida se dio en los primeros 3’ de experiencia.

Se observó que en esta experiencia a baja velocidad la mayoría de los huesos de roedores permanecen trabados en el origen y al igual que lo ocurrido con anfibios unos pocos elementos se separan del grupo y son más susceptibles al transporte (Figura 6). Entre estos se encuentran las vértebras y escápulas. Pelvis, radios, astrágalos, calcáneos y molares se dispersan menos a velocidad baja. A velocidad media y alta la gran mayoría de los elementos se dispersaron rápidamente por lo que ya no se los pudo evaluar como grupo.

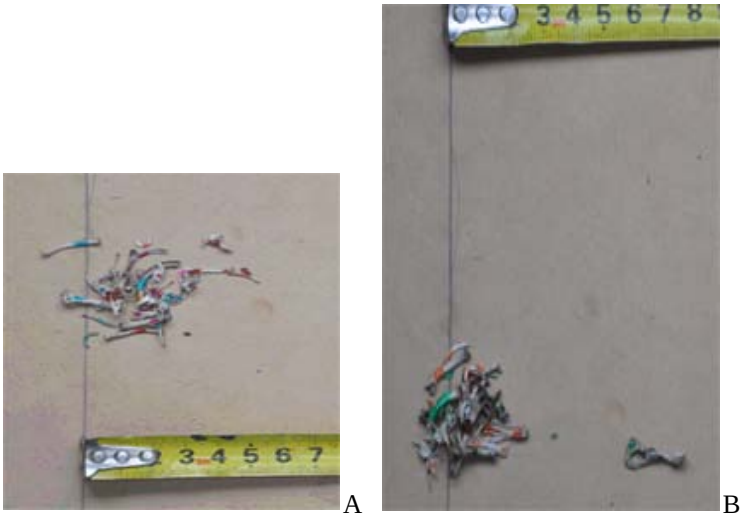


Figura 6. A y B. Ejemplos de dispersión de huesos agrupados de roedores al finalizar los 3’ a velocidad baja

Orientaciones de huesos agrupados en madera

La Tabla 10 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Cráneos	0,00	100,00	0,00	33,33	0,00	66,67	33,33	66,67	0,00
Fémures	33,33	40,00	26,67	16,67	60,00	23,33	11,53	50,00	38,47
Húmeros	20,00	50,00	30,00	13,33	16,67	70,00	13,33	30,00	56,67
Tibias	43,33	36,67	20,00	3,33	46,67	50,00	10,00	70,00	20,00
Radios	33,33	33,33	33,33	0,00	30,00	70,00	0,00	66,67	33,33
Ulnas	10,00	36,67	53,33	12,50	33,33	54,17	7,41	62,96	29,63
Pelvis	16,67	40,00	43,33	3,70	51,85	44,45	0,00	85,18	14,82
Hemipaladares	40,00	40,00	20,00	0,00	80,00	20,00	26,67	40,00	33,33
Hemimandíbulas	36,67	26,66	36,67	46,67	13,33	40,00	40,00	13,33	46,67
Incisivos inferiores	33,33	20,00	46,67	20,00	13,33	66,67	40,00	23,33	36,67
Incisivos superiores	23,33	33,33	43,34	26,67	16,67	56,66	20,00	40,00	40,00
Escápulas	10,00	40,00	50,00	36,67	40,00	23,33	0,00	40,00	60,00
TOTAL	**25,86**	**37,69**	**36,45**	**17,64**	**34,32**	**48,04**	**16,49**	**47,72**	**35,79**

Tabla 10. Porcentaje de huesos de roedores Cricetidae evaluados agrupados, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

A velocidad baja la cantidad de restos con orientaciones paralelas y oblicuas fueron similares, a velocidad media predominaron las orientaciones oblicuas y a velocidad alta, las paralelas.

Dispersión de los huesos individuales en tierra

La Tabla 11 muestra los promedios de dispersión de los elementos óseos de interés tafonómico evaluados individualmente en las 3 velocidades distintas en sustrato tierra.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo de duración	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Cráneos	**3,16**	**17,55**	**22,15**	**290,78**	**292,88**	**293,27**	**376,43**	**376,43**	**378,18**
Fémures	**1,04**	**1,14**	**1,14**	**77,96**	**78,98**	**127,26**	**192,08**	**201,07**	**201,07**
Húmeros	**0,80**	**0,80**	**0,80**	**0,76**	**0,76**	**0,76**	**122,14**	**132,24**	**133,05**
Radios	**1,50**	**1,50**	**1,50**	**2,28**	**10,43**	**13,59**	**134,09**	**134,09**	**190,29**
Ulnas	**1,74**	**1,74**	**1,74**	**54,21**	**56,48**	**57,38**	**186,11**	**186,11**	**186,11**
Tibias	**1,44**	**1,44**	**1,95**	**1,14**	**6,12**	**7,49**	**74,55**	**87,43**	**88,73**
Hemipaladares	**0,40**	**3,00**	**3,02**	**6,72**	**9,48**	**12,72**	**225,76**	**225,76**	**225,76**
Hemimandíbulas	**1,73**	**1,74**	**1,74**	**3,16**	**4,00**	**4,17**	**9,89**	**11,43**	**21,78**

Tabla 11. Distancia promedio, en centímetros, de dispersión de los diferentes huesos de roedores Cricetidae, registrados a 3 velocidades distintas y en 3 tiempos de medición en sustrato tierra

Comentarios

Los cráneos fueron los que más se movilizaron a baja velocidad. A velocidad media, llegaron hasta casi los 300 cm durante los 3’ iniciales. Los II, IV, VII y X se desplazaron hacia los laterales del túnel y permanecieron trabados durante toda la experiencia. A velocidad máxima la mayor distancia fue recorrida en los 3’ iniciales. Solo el II fue desplazado al borde y permaneció en esa posición durante los primeros 6’. Los hemipaladares a velocidad baja no superaron los 3 cm. A velocidad media avanzaron un poco más (12 cm), recorriendo la mitad de esa distancia en los 3’ iniciales. A máxima velocidad, alcanzaron los 225 cm de desplazamiento promedio, llegando a esa distancia en los 3’ iniciales. Los fémures se desplazaron muy poco a velocidad baja. A velocidad media, 2 de ellos fueron desplazados hacia los bordes donde se trabaron. El VII desde el inicio hasta transcurridos 6’, mientras que el VIII durante toda la experiencia. A máxima velocidad llegaron a más de 200 cm, recorriendo la mayor parte de esa distancia (192 cm) en los 3’ iniciales. Los radios se desplazaron muy poco a velocidad baja y media. A velocidad media el V se trabó durante los últimos 7’, mientras que a máxima velocidad el X lo hizo durante todo el experimento. Las ulnas se desplazaron muy poco a baja velocidad. A velocidad media, se desplazaron en total 57 cm y la mayoría de la distancia fue recorrida en los 3’ iniciales. A velocidad máxima experimentaron un desplazamiento de más de 180 cm, distancia que fue recorrida en los 3’ iniciales. Los húmeros se desplazaron muy poco a velocidades mínima y media (0,80 y 0,76 cm). A máxima velocidad la distancia total de desplazamiento fue de 133 cm y la mayor parte de este recorrido (122 cm) fue realizado en los 3’ iniciales. El VI fue desplazado hacia los bordes y allí permaneció durante todo el experimento. Las tibias se desplazaron menos de 2 cm a velocidad baja. A velocidad media, se desplazaron un poco más y a máxima velocidad no superaron los 90 cm de recorrido. Las hemimandíbulas fueron los elementos que

experimentaron menor desplazamiento promedio. A velocidad mínima llegaron a menos de 2 cm. A velocidad media, sólo recorrieron 4 cm y a máxima velocidad se desplazaron poco más de 20 cm.

Orientaciones de huesos individuales en tierra

La Tabla 12 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato tierra. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Cráneos	16,67	50,00	33,33	6,67	80,00	13,33	10,00	70,00	20,00
Fémures	30,00	0,00	70,00	10,00	53,33	36,67	20,00	10,00	70,00
Húmeros	30,00	10,00	60,00	30,00	0,00	70,00	13,33	33,33	53,34
Radios	100,00	0,00	0,00	7,41	18,51	74,08	12,50	41,67	45,83
Ulnas	11,11	0,00	88,89	25,92	29,63	44,45	37,50	37,50	25,00
Tibias	33,33	50,00	16,67	66,67	10,00	23,33	6,67	63,33	30,00
Hemipaladares	60,00	20,00	20,00	60,00	6,67	33,33	0,00	40,00	60,00
Hemimandíbulas	30,00	26,67	43,33	6,67	43,33	50,00	50,00	16,67	33,33
TOTAL	**36,98**	**20,09**	**42,93**	**24,66**	**31,96**	**43,38**	**19,72**	**38,96**	**41,32**

Tabla 12. Porcentaje de huesos de roedores Cricetidae evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato tierra. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

En las 3 velocidades predominaron los restos con orientación oblicua. A velocidades máximas, la orientación paralela fue la segunda en porcentaje de presencia, estando muy cerca del valor de las oblicuas.

Huesos de roedores Caviidae

Dispersión de mandíbulas y maxilares en madera

La Tabla 13 muestra los promedios de dispersión de mandíbulas y maxilares de Caviidae en las 3 velocidades distintas en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Mandíbulas	**4,55**	**4,55**	**8,25**	**36,43**	**37,13**	**37,25**	**71,63**	**75,13**	**78,75**
Maxilares	**3,13**	**5,25**	**7,18**	**4,13**	**40,13**	**41,63**	**161,30**	**164,75**	**168,50**

Tabla 13. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de mandíbulas y maxilares de roedores Caviidae a 3 velocidades y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

Se utilizaron 4 fragmentos de maxilares y 4 mandibulares de Caviidae. Las mandíbulas se desplazaron poco a las 3 velocidades (Figura 7). Los maxilares a velocidad baja experimentaron escaso desplazamiento. A velocidad media se movilizaron más y a velocidad alta se observó un desplazamiento mucho mayor, pero sin ser expulsados del interior del túnel.

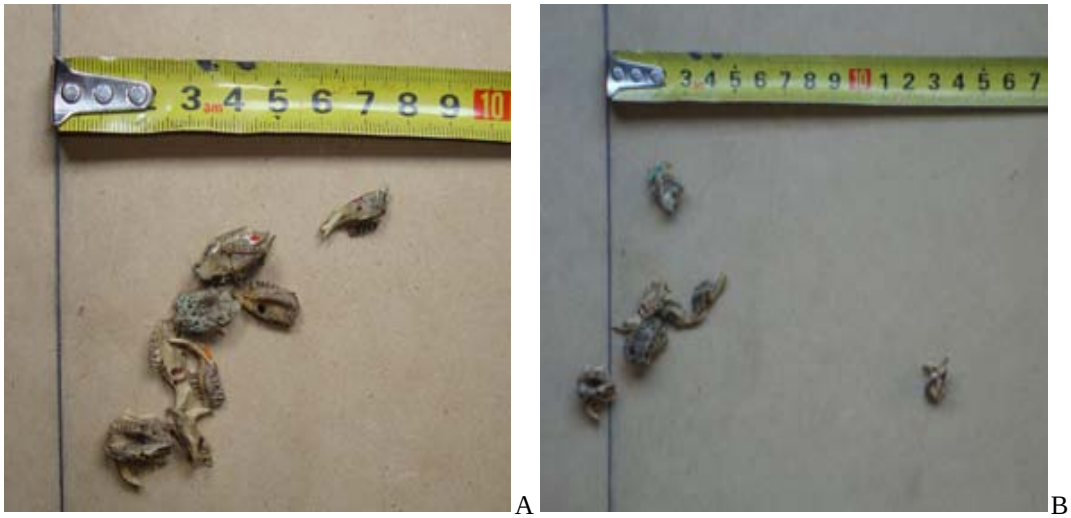


Figura 7. Mandíbulas y maxilares de Caviidae en experimentos sobre sustrato madera, A. al finalizar 3' a velocidad baja; B. al finalizar 3' a velocidad media

Orientaciones de mandíbulas y maxilares en madera

La Tabla 14 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Mandíbulas	16,67	50,00	33,33	33,33	50,00	16,67	8,33	58,34	33,33
Maxilares	25,00	25,00	50,00	33,33	25,00	41,67	83,33	0,00	16,67
TOTAL	**20,83**	**37,50**	**41,67**	**33,33**	**37,50**	**29,17**	**45,83**	**29,17**	**25,00**

Tabla 14. Porcentaje de huesos de roedores Caviidae evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

Las mandíbulas se ubicaron principalmente en forma paralela en todas las velocidades, en tanto los maxilares se ubicaron en forma fundamentalmente oblicua a velocidades baja y media y en forma perpendicular a velocidad alta.

Fósiles de roedores

Dispersión de los elementos individuales en madera

La Tabla 15 muestra los promedios de dispersión de materiales fósiles de roedores en las 3 velocidades distintas en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo de duración	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
Cráneo y mandíbula articulados	**1,25**	**2,00**	**2,00**	**6,25**	**9,25**	**12,00**	**18,45**	**25,00**	**27,37**
Fémures	**1,85**	**2,02**	**2,11**	**0,91**	**0,91**	**0,93**	**53,12**	**77,02**	**78,90**
Húmeros	**1,50**	**2,89**	**2,89**	**0,89**	**0,89**	**0,89**	**39,42**	**121,47**	**141,47**
Tibias	**2,93**	**7,10**	**15,40**	**51,50**	**131,17**	**133,83**	**85,17**	**104,83**	**104,83**
Pelvis	**15,71**	**49,23**	**55,71**	**174,57**	**176,39**	**177,39**	**138,14**	**138,43**	**142,63**
Hemimandíbulas	**4,08**	**5,22**	**6,54**	**1,83**	**2,02**	**2,02**	**4,41**	**9,02**	**48,11**
Incisivos	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**8,27**	**13,55**	**15,24**	**10,31**	**24,13**	**32,99**
Escápula	**31,00**	**83,00**	**124,00**	**128,50**	**129,50**	**130,00**	**159,00**	**159,50**	**160,00**

Tabla 15. Distancias promedio, en centímetros, de dispersión de huesos fósiles de roedores a 3 velocidades y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

La escápula utilizada fue el elemento que más desplazamiento experimentó a velocidad baja, en tanto a velocidades media y alta, se desplazó más, sobre todo en los 3' iniciales. Las pelvis recorrieron más de 50 cm a velocidad baja, a velocidad media se movilizaron más, sobre todo en los 3' iniciales. A velocidad máxima, el promedio de dispersión fue menor que el registrado a velocidad media. Los húmeros se desplazaron poco a baja velocidad, y menos aún a velocidad media. A velocidad máxima se desplazaron mucho más, alcanzando los 141 cm. Las tibias a velocidad baja alcanzaron más de 15 cm, a velocidad media más de 133 cm en tanto a alta velocidad la distancia recorrida fue menor a la registrada a velocidad media. Los fémures se desplazaron muy poco a velocidades baja y media, en tanto a velocidad máxima se desplazaron un poco más, siendo el mayor desplazamiento a los 3' (Figura 8). Las hemimandíbulas se movilizaron poco a velocidades mínima y media. A máxima velocidad alcanzaron los 48 cm en promedio, recorriendo la mayor distancia en los 4' finales. Los incisivos no se desplazaron a velocidad baja. Se movilizaron poco a velocidades media y alta. El incisivo X se trabó en el borde de las tablas, a velocidad máxima a los 6' de la experiencia y continuó en esa posición hasta los 10' finales. El cráneo y mandíbula articulados evidenciaron menor desplazamiento, llegando a los 2 cm a baja velocidad, alcanzaron los 12 cm a velocidad media y a máxima velocidad, superaron los 25 cm.

Figura 8. Fémures fósiles sobre sustrato madera al finalizar 10' a velocidad alta

Orientaciones de elementos individuales en madera

La Tabla 16 muestra el porcentaje de restos en las diferentes orientaciones evaluadas en las 3 velocidades distintas en los 3 tiempos de medición, sobre sustrato madera. Se indica además el porcentaje total para cada orientación.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Orientación	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**	**PE**	**PA**	**OB**
Cráneo y mandíbulas articulados	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	83,33	16,67
Fémures	53,55	46,67	0,00	40,00	30,00	30,00	46,67	30,00	23,33
Húmeros	22,22	29,63	48,15	66,67	33,33	0,00	7,40	59,26	33,34
Tibias	55,56	44,44	0,00	22,22	11,11	66,67	66,67	33,33	0,00
Pelvis	23,81	47,61	28,58	42,85	42,85	14,30	19,04	47,62	33,34
Hemimandíbulas	66,67	14,81	18,52	40,74	18,52	40,74	29,62	22,23	48,15
Incisivos	**No se desplazaron**			3,33	13,33	83,34	60,00	20,00	20,00
Escápula	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL	**42,73**	**36,75**	**20,51**	**36,05**	**27,21**	**36,74**	**35,37**	**36,05**	**28,57**

Tabla 16. Porcentaje de huesos fósiles de roedores evaluados individualmente, en las distintas orientaciones en que quedaron luego de ser sometidos en las 3 velocidades, a los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica al final el porcentaje total para todos los materiales en cada orientación

Comentarios

A velocidades baja y alta predominaron las orientaciones paralelas, a velocidad media las oblicuas. La escápula todas las veces se orientó paralela al flujo, con el acromio hacia arriba y con el acetábulo hacia atrás.

Egagrópilas enteras de *Tyto alba*

Dispersión

La Tabla 17 muestra el promedio de dispersión de las egagrópilas enteras en las 3 velocidades distintas en sustrato madera. Se indica además en que orientación se ubicó el eje máximo de las egagrópilas con respecto al flujo del viento al inicio de cada experiencia en cada caso.

Velocidad	2,70 m/s		
	3'	6'	10'
Todas juntas	**90,41**	**91,06**	**93,45**
I al V paralelas	**0,00**	**0,00**	**0,00**
VI al X paralelas	**0,90**	**0,90**	**0,90**
I al V perpendiculares	**9,64**	**9,64**	**9,70**
VI al X perpendiculares	**17,44**	**17,44**	**17,44**
Velocidad	3,70 m/s		
	3'	6'	10'
I al V paralelas	**39,30**	**52,56**	**53,46**
VII al X paralelas	**55,50**	**57,13**	**74,50**
I al V perpendiculares	**185,40**	**188,70**	**191,00**
VII al X perpendiculares	**100,58**	**102,08**	**103,45**
Solamente VI perpendicular. Desagregada en 0:12'.	**256,79**	**160,94**	**161,56**
Velocidad	4,70 m/s		
	3'	6'	10'
I al V paralelas	**243,30**	**317,60**	**317,60**
VII al X paralelas	**143,50**	**144,75**	**146,05**
I al V perpendiculares	**67,90**	**77,64**	**81,70**
VII al X perpendiculares	**39,70**	**42,33**	**56,73**
Velocidad	4,70 m/s		
I al V agrupadas aleatoriamente	3'	6'	10'
	291,00	**292,76**	**298,72**
Materiales de egagrópila I	516,25		
VII al X agrupadas, primera corrida	**85,28**	**98,13**	**103,90**
VII al X agrupadas, segunda corrida	**111,53**	**170,65**	**282,03**

Tabla 17. Dispersión en centímetros de las egagrópilas enteras en las distintas velocidades en los 3 tiempos de medición sobre sustrato madera. Se indica la orientación inicial

Las 10 egagrópilas enteras de *Tyto alba*, fueron colocadas en la línea de origen con orientaciones al azar. A velocidad baja manifestaron en general poco transporte, si bien 2 fueron expulsadas fuera del túnel antes de los 3' (0:20') (Figura 9). Sólo la VI se encontró parcialmente disgregada al terminar el experimento a velocidad baja. Las demás, mantuvieron su integridad.

Posteriormente se realizaron diversos experimentos colocando las egagrópilas con alineaciones intencionales en el origen, a diferentes velocidades, en grupos de a 5. En los grupos (I – V) y (VI – X) las egagrópilas (colocadas alineadas paralelas) a velocidad baja no mostraron desplazamiento en todas las etapas del experimento. Colocadas de modo perpendicular, 1 se desplazó más y 3 no se movieron del punto de origen. A velocidad media las colocadas de manera perpendicular experimentaron un desplazamiento 4 veces mayor que en las ubicadas paralelamente. A velocidad alta ocurrió lo contrario. Las egagrópilas colocadas paralelamente se desplazaron 4 veces más que cuando fueron puestas perpendiculares en el origen.

Por último se colocaron las 5 egagrópilas agrupadas en un montículo. A velocidad máxima se comportaron de manera similar a cuando fueron colocadas paralelas al flujo. Se las encontró en su mayoría dispuestas de manera oblicua al flujo al finalizar el experimento. Sólo 1 perdió parte del material óseo que incluía (estos elementos se hallaron fuera del túnel en la bolsa contenedora).

La egagrópila VI fue colocada sola en el punto origen de manera perpendicular y a velocidad media, ya que se constató su bajo grado de compactación y posible disgregación. A los 0:12’ de arrancado el motor, se desmembró en 3 partes y muchos de los elementos esqueléticos incluidos en ella fueron dispersados. El fragmento más grande se encontró a 40 cm del origen y 4 fragmentos que incluían huesos se hallaron fuera del túnel en pocos segundos.

Figura 9. Experiencia con todas las egagrópilas enteras de *Tyto alba* al finalizar los 10’ a velocidad baja

Egagrópilas disgregadas de *Tyto alba*,

No fue posible realizar una tabla con los datos de las egagrópilas disgregadas de *Tyto alba*, porque durante los experimentos muchas de ellas se rompieron aún más, liberando gran parte del contenido óseo de las mismas. (Ver Apéndice 2).

En las experiencias realizadas sobre sustrato madera a velocidad baja, 8 de ellas mostraron cambios, con desprendimiento de material óseo de su interior. Se vio que el desplazamiento de los distintos huesos que integraban la egagrópila fue similar al del experimentado por las egagrópilas colocadas en grupos de 10 al azar.

La egagrópila I a los 3’ se dividió en 2 fracciones menores y se desprendió gran parte del material óseo de su interior. Las 2 fracciones de la egagrópila no evidenciaron un gran desplazamiento. La egagrópila II se disgregó a velocidad baja (Figura 10). La egagrópila III solo experimentó cambios en los últimos 4’ de experiencia, se deshizo por completo, quedando 2 fragmentos a distintas distancias del punto de origen y material óseo aislado tanto dentro como fuera del túnel. La egagrópila IV, que contenía restos de ave, sólo evidenció desprendimiento de un hueso indeterminable del interior de la misma. La egagrópila VI perdió parte del material óseo, pero en este caso el fragmento mayor remanente fue expulsado del túnel a los 5’ de iniciada la experiencia. Otros huesos también fueron expulsados en los minutos finales. La egagrópila VII no manifestó pérdida de huesos. Solamente se dividió en 2 fragmentos menores, permaneciendo ambos dentro del túnel. La egagrópila VIII no mostró indicios de disgregación mayor, perdiendo solamente un fémur y un pequeño fragmento con pelos y huesos. La egagrópila IX se fragmentó en 5 unidades menores, perdiendo gran parte de sus materiales internos, los cuales en su mayoría fueron expulsados del túnel a los 5’ de iniciada la experiencia.

Figura 10. Egagrópila disgregada de *Tyto alba* al finalizar los 6’ a velocidad baja

Egagrópilas enteras de *Athene cunicularia*

Dispersión

La Tabla 18 muestra la dispersión promedio de egagrópilas enteras frescas sobre sustrato madera en las 3 velocidades en sustrato madera.

Velocidades	**2,70 m/s**			**3,70 m/s**			**4,70 m/s**		
Tiempo	3'	6'	10'	3'	6'	10'	3'	6'	10'
I al IV paralelos	**23,90**	**25,20**	**28,25**	**222,38**	**222,38**	**222,38**	**279,68**	**279,78**	**279,78**
V al IX paralelos	**56,02**	**82,60**	**101,00**	**302,30**	**302,30**	**302,30**	**294,34**	**294,34**	**294,34**
I al IV perpendiculares	**149,10**	**149,10**	**149,10**	**243,13**	**248,13**	**248,13**	**506,70**	**-**	**-**
V al IX perpendiculares	**59,60**	**59,70**	**59,70**	**237,30**	**237,30**	**237,30**	**350,90**	**350,90**	**350,90**
I al IV amontonados juntos	**16,50**	**16,63**	**16,63**	**83,50**	**89,50**	**96,88**	**430,64**	**430,64**	**430,64**
V al IX amontonados juntos	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**74,60**	**131,80**	**131,90**	**281,30**	**281,30**	**281,30**

Tabla 18. Distancias promedio, en cm, de dispersión de egagrópilas enteras frescas de *Athene cunicularia* a 3 velocidades y en 3 tiempos de medición en sustrato madera

Comentarios

Se utilizaron 9 egagrópilas de *Athene cunicularia*. Los procedimientos utilizados fueron los mismos que con las de *Tyto alba*, en 2 grupos y colocadas de manera paralela, perpendicular y en montículo con cada velocidad del túnel. Al contrario de lo observado con las de *Tyto alba*, en todos los casos, las egagrópilas colocadas paralelas al flujo se desplazaron una distancia mayor que las mismas colocadas de manera perpendicular (Figura 11).

Figura 11. Grupo de egagrópilas enteras *Athene cunicularia* al finalizar los 3' a velocidad baja

Observaciones en el ambiente natural

Nidos en el área de la laguna Don Tomás

Se realizaron observaciones en el ambiente natural y se planteó la realización de un experimento al aire libre utilizando el sustrato de un cuenco seco próximo a la laguna Don Tomás, área donde la influencia del viento es fuerte. Se brindan en el Apéndice 3 las medias de los meses de Octubre 2009 – Enero de 2010.

Se eligieron 2 nidos de lechucita de las vizcacheras, *Athene cunicularia*. El primer nido (Nido 1) se encontraba en una zona forestada, con gramíneas pero sin estrato vegetal intermedio, salvo por algunos arbustos aislados. Las gramíneas correspondían principalmente a pasto salado (*Distichlis spicata* Linné) y hacia el O se observaba un renoval de caldén (*Prosopis caldenia*) y molle. El segundo nido (Nido 2) también se encontraba en una zona forestada, con caldenes hacia el N, tamariscos (*Tamarix gallica*) hacia el SE, algunos arbustos aislados de zampa (*Atriplex undulatum* (Moq) D. Dietr.) y pastizal de pasto salado. En su margen O presentaba ejemplares de la familia Chenopodiaceae los cuales actuaron como una barrera efectiva al desplazamiento de egagrópilas y restos óseos. En ambas zonas además, se observó la presencia de teros, perros y grupos de aproximadamente 10 caballos.

Durante la primera visita al Nido 1 (5 de Octubre de 2009), ubicado en las inmediaciones del cuenco principal, sobre el margen O (ver Figura 2), se procedió a la confección de círculos concéntricos desde los 0 m hasta los 6 m, tomando como centro la boca de la cueva. La finalidad de esta metodología fue extraer, en la medida de lo posible, la totalidad de los restos óseos procedentes de egagrópilas disgregadas y egagrópilas enteras o disgregadas para, de esta manera, comenzar las observaciones de dispersión de huesos y egagrópilas en un ambiente natural. Se identificaron, registraron y fotografiaron todos los materiales posibles dentro de cada círculo concéntrico, evaluando su distancia con respecto a la boca de la cueva. Se extrajeron un total de 49 elementos óseos, 2 restos de presas y 5 egagrópilas disgregadas; 30 de estos materiales se hallaron en el primer círculo (desde 0 a 1 m).

Las mismas actividades se realizaron sobre el Nido 2 el día 6 de Octubre de 2009, ubicado al NNO del cuenco principal (ver Figura 2), donde se extrajeron un total de 42 ejemplares (40 restos óseos y 2 egagrópilas), la mayor parte (23) hallados en el primer círculo.

En ambos nidos, el 6 de Octubre se inició el monitoreo del desplazamiento de egagrópilas y huesos aislados presentes.

Para las egagrópilas y los huesos monitoreados se evaluó distancia con respecto a la boca de la cueva, la dirección de su eje mayor respecto al norte y la orientación en grados respecto a la boca de la cueva.

Nido 1 (Figura 12)

En este nido se encontraron 2 egagrópilas, frescas, húmedas y 6 más, compactadas y secas. Se observó que todas contenían principalmente restos de exoesqueleto de artrópodos. Las egagrópilas Nº 1 y 2 fueron colocadas deliberadamente a 0,80 m de la boca de la cueva, a 180° de la misma respecto al N, con sus ejes en dirección N-S, y sin trabas que dificultaran su desplazamiento. Se les realizó una marca con pintura acrílica roja a fin de identificarlas.

Figura 12. Nido 1 de *Athene cunicularia* en laguna Don Tomás

Egagrópila Nº 1: Luego de 2 días se había desplazado 0,16 m, con la misma orientación, trabada por plantas. El 12 de Octubre se observó un desplazamiento de 0,01 m, su eje se hallaba en dirección E-O con orientación de 181°. En la siguiente visita se lo encontró a 0,03 m respecto a lo registrado antes, con su eje en dirección N-S, a 181° y sin trabas a su desplazamiento. El 16 de Octubre permanecía en el mismo sitio, pero en dirección E-O y estaba bloqueada por plantas El 21 de Octubre estaba parcialmente disgregada. Su rotura fue aumentando y el 6 de Noviembre no se identificó ningún fragmento de la misma por lo que dejó de monitorearse.

Egagrópila Nº 2: En la 2ª visita se había desplazado 0,20 m, su eje en dirección NNE-SSO y reorientado a 175°. No hubo cambios hasta el 12 de Octubre que se encontraba en dirección ONO-ESE y a 180°. El 14 de Octubre se hallaba ahora en dirección E-O. En las siguientes visitas esta egagrópila no manifestó ningún tipo de

desplazamiento. Se observó un paulatino enterramiento de la misma, y el 16 de Noviembre se encontraba completamente enterrada.

El día 4 de Noviembre se encontraron dos nuevas egagrópilas (Nº 3 y 4) que contenían restos óseos de anfibios. Las mismas fueron utilizadas en los experimentos, pero a diferencia de las 2 con las que se comenzó el día 6 de Octubre, éstas fueron monitoreadas *in situ* sin reubicarlas como en los casos anteriores, principalmente porque se encontraban muy disgregadas.

Egagrópila Nº 3: Inicialmente se hallaba a 1,78 m y en su conjunto a 210° de la boca de la cueva, con la mayoría de sus huesos orientados en dirección NO-SE. No presentaba obstáculos a su desplazamiento. Al pasar los días los restos óseos que contenía se fueron dispersando cada vez más del núcleo central de la egagrópila. El 25 de Noviembre los huesos se hallaban completamente dispersados con respecto al sitio inicial, por lo que se la dejó de monitorear, principalmente debido a que dichos huesos se hallaban cerca de otros presentes en las inmediaciones del nido y no pudo distinguirse cuáles eran los provenientes de esta egagrópila y cuáles de otras.

Egagrópila Nº 4: Fue encontrada a 1,93 m y a 200° de la cueva. Los restos óseos, ya dispersos estaban orientados en dirección NE-SO, semienterrados y bloqueados por plantas. El día 18 de Noviembre se constató que los huesos se hallaban más dispersos respecto al inicio de las mediciones, y al igual que con la egagrópila Nº 3, el 2 de Diciembre se dejó de considerar en posteriores mediciones.

El 18 de Noviembre se encontró una nueva egagrópila (Nº 5), también con un alto grado de disgregación, la cual contenía fragmentos de exoesqueleto de artrópodos y sólo se observaron 2 huesos de anfibios.

Egagrópila Nº 5: Esta egagrópila fue identificada por la concentración de huesos en el área, a 1,76 m y 180° con respecto a la boca de la cueva. Se evaluaron algunos elementos esqueléticos provenientes de esta egagrópila. Se identificó una tibia-fíbula orientada en dirección NE-SO mientras que el otro, tibial-fibular, se hallaba en dirección N-S, trabado con una planta. Su distancia y orientación permanecieron constantes, pero el 30 de noviembre se observó que el tibial-fibular presentaba su eje mayor en dirección N-S. El 7 de Diciembre los 2 huesos mencionados se orientaban en dirección E-O. El 18 de Diciembre ambos se hallaban reorientados en dirección ENE—OSO. El 21 de Diciembre, la tibia-fíbula se encontró en dirección NNO-SSE, mientras que el tibial-fibular en dirección NE-SO. El 25 de Diciembre ambos se hallaban reorientados en dirección N-S y E-O respectivamente. El 28 de Diciembre se los halló a 1,80 m y 180° de la boca de la

cueva, y orientados en dirección N-S la tibia-fíbula y NO-SE el tibial-fibular. El 30 de Diciembre se encontraron en dirección ENE-OSO y N-S respectivamente. El 1 de Enero de 2010 el tibial-fibular se hallaba a 1,77 m del nido, con orientación N-S, mientras que la tibia-fíbula se encontraba a 1,79 m, con dirección ONO-ESE. La distancia de ambos huesos en la siguiente visita no cambió, sino que solamente lo hizo su orientación; el tibial-fibular con dirección NE-SO, mientras que la tibia-fíbula NO-SE. El 6 de Enero la tibia-fíbula se encontraba en dirección E-O y el tibial-fibular en ENE-OSO. La última visita realizada, el 8 de Enero mostró un nuevo cambio sólo en la orientación de la tibia-fíbula en dirección ONO-ESE.

Egagrópila Nº 6: El 2 de Diciembre se halló un fragmento de egagrópila en estado semiconsolidado en las que era posible observar metápodos de micromamíferos. Esta se encontraba a 0,78 m y 185° de la boca de la cueva y su orientación era en sentido NO-SE y sin trabas a su desplazamiento. Esta egagrópila no fue encontrada en la siguiente visita.

Egagrópila Nº 7: Fue hallada el 9 de Diciembre entre la vegetación que se encontraba en el borde S del montículo de la cueva. Contenía 2 hemimandíbulas con todos los dientes y un fémur de un Cricetidae indet., una vértebra rota, fragmentos de la caja craneana y 2 metápodos; estos últimos, de un micromamífero indet. Esta egagrópila contenía además fragmentos de exoesqueleto de artrópodos. Se la encontró a 1,23 m y 181° con respecto al nido con una dirección predominante de sus huesos N-S. No se apreciaron cambios de ningún tipo hasta el 8 de Enero cuando culminaron las visitas al sitio.

Egagrópila Nº 8: Se la encontró el 21 de Diciembre, semidisgregada, entre vegetación de la cara S del montículo de la cueva. Contenía en su interior 2 escápulas, 2 clavículas y 2 radio-ulna de Anura indet., un húmero y 3 fragmentos indet. de ave y además, restos de exoesqueleto de artrópodos. Se hallaba a 1,30 m y 183° de la boca de la cueva, sin mostrar los huesos contenidos una orientación preferencial. No se apreciaron cambios de ningún tipo en esta egagrópila hasta el último día de observaciones.

Junto con la evaluación de las egagrópilas se observaron numerosos huesos que se hallaban aislados en las inmediaciones de la cueva.

Hueso Nº 1: Un húmero proximal de ave, encontrado el 4 de Noviembre a 0,89 m y 180°, en dirección NE-SO y sin trabas a su desplazamiento. En la siguiente visita se había desplazado 0,03 m, con orientación NO-SE y trabado por restos vegetales. El 9 de Noviembre se lo ubicó a 0,95 m y 178°, con su eje en dirección ENE-OSO, semienterrado por basura vegetal. El 11 de Noviembre se hallaba a 0,98 m, con su eje en dirección E-O y semienterrado. El 13 de Noviembre avanzó 0,09 m respecto a la última medición, sin

variaciones en su orientación. El 18 de Noviembre sólo varió su dirección (NE-SO). El 20 de noviembre se hallaba a 1,00 m de la boca de la cueva, con dirección E-O y trabado con plantas. En la siguiente visita, se lo encontró a 0,98 m y con dirección NO-SE. El 25 de Noviembre estaba a 0,96 m de la cueva, con dirección N-S y trabado con plantas. El 27 de Noviembre se encontraba a 0,92 m y en dirección E-O. En la siguiente visita se hallaba a 0,95 m y 180°, en dirección NNO-SSE. El 2 de diciembre, estaba en dirección N-S. El 4 de Diciembre se hallaba a 0,90 m, con dirección E-O. El 7 de Diciembre no pudo ser encontrado, pero el 9 de diciembre, se lo encontró nuevamente. Se hallaba 0,67 m y 165° de la cueva, en dirección NO-SE y obstaculizado por un ejemplar de pasto. El día 11 de Diciembre y en visitas posteriores no pudo ser hallado, por lo que se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 2: Una escápula de anfibio anuro que el 4 de Noviembre se encontraba a 0,80 m y 185° de la cueva, en dirección N-S, entre restos de basura vegetal. No pudo ser hallada en ninguna visita posterior.

Hueso Nº 3: Una tibia-fíbula de anfibio anuro que el 27 de Noviembre se encontró a 2,18 m y 199° de la cueva, en dirección NE-SO, trabado con plantas. El 30 de Noviembre se hallaba a 2,20 m de la cueva, con su eje en dirección NO-SE. En esta oportunidad, se la encontró entre pastos. No se registraron cambios en posición ni orientación hasta el 7 de Diciembre cuando fue encontrado a 2,14 m y 185° de la cueva, con dirección NO-SE y como dato distintivo se observó la pérdida de una de las epífisis que permanecía aún cerca de la diáfisis. Ambas partes se encontraban obstaculizadas por plantas. El 16 de Diciembre se ubicaba en dirección N-S, y en la siguiente visita, E-O. El 21 de Diciembre se observó un cambio en la posición, provocado en parte por la lluvia (23 mm los días 19 y 20 de diciembre). Se hallaba a 2,26 m y con dirección NO-SE, obstaculizado por plantas. El 25 de Diciembre estaba a 2,40 m y la misma dirección. El último cambio registrado fue el 1 de Enero de 2010 cuando estaba a 2,39 m, en dirección E-O y su estado permaneció sin variación hasta la última visita realizada. Entre el día 7 de Diciembre, cuando se constató la pérdida de una de sus epífisis y el último día de las observaciones el hueso perdió su otra epífisis.

Hueso Nº 4: Un tibial-fibular de anfibio anuro, se encontró el 27 de Noviembre a 1,99 m y 200° de la cueva, en dirección N-S, entre plantas. En la siguiente visita, estaba a 2,00 m de la cueva, en dirección NE-SO. No hubo cambios hasta el 7 de Diciembre, fecha en que no pudo ser localizado y se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 5: Una escápula de anfibio anuro que, el 2 de Diciembre se encontraba a 0,87 m y 190° de la cueva con su eje en dirección N-S entre plantas. En la siguiente visita estaba a 0,86 m con dirección NE-SO, semienterrado entre vegetales y restos de exoesqueleto de artrópodos. El 7 de Diciembre, no pudo ser hallado y se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 6: Un par de hemimandíbulas articuladas de *Ctenomys* sp. fueron halladas el 23 de Diciembre, a 5,69 m y 135° de la cueva, con su eje en dirección NE-SO y sin trabas a su desplazamiento. En la siguiente visita se las ubicó a 5,70 m, con su eje en dirección E-O. El 28 de Diciembre se registró a 5,73 m y en dirección N-S. No se observaron cambios hasta la finalización de las visitas.

Hueso Nº 7: Un húmero distal de anfibio anuro hallado el 23 de Diciembre a 7,43 m y 181°, con dirección NNE-SSO, entre plantas. No hubo cambios apreciables hasta el 1 de Enero cuando se lo halló en dirección N-S. No se observaron nuevos cambios hasta la finalización de las observaciones, el día 8 de Enero.

Hueso Nº 8: El 23 de Diciembre se encontró un hueso de anfibio, posiblemente un fragmento de urostilo. Se hallaba a 6,92 m y 185° de la cueva, en dirección N-S, sin trabas a su desplazamiento. El 25 de Diciembre se hallaba a 6,96 m de la cueva, reorientado en dirección NNO-SSE. El 28 de Diciembre se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 9: Una porción de rostro de *Ctenomys* sp. fue hallada el 30 de Diciembre, a 6,08 m y 134° en dirección NE-SO bloqueada con plantas. Se hallaba a pocos centímetros de distancia de las hemimandíbulas del mismo taxón (hueso Nº 6). No se registraron cambios hasta la última visita realizada, cuando se lo observó en dirección E-O.

En el transcurso de las visitas se observaron numerosos restos de presas, en su mayoría correspondientes a ejemplares de anfibios consumidos parcialmente por la lechucita vizcachera, los cuales fueron tenidos en cuenta para registrar su posible desplazamiento. Se tuvo en consideración que posibles desplazamientos de estos restos podrían haber sido provocados por las mismas aves.

Nido 2 (Figura 13)

En las inmediaciones a la boca de la cueva se hallaron 2 egagrópilas completas que contenían sólo restos de exoesqueleto de artrópodos (egagrópilas Nº 1 y 2) y un fragmento de egagrópila con restos óseos (egagrópila Nº 3). Se realizó con ellos el mismo procedimiento aplicado para con las egagrópilas del nido 1, colocándoselas con sus ejes en

dirección N-S, a 0,80 m y a 180° de la boca de la cueva. Al igual que en el nido 1, no presentaban barreras a su desplazamiento.

Figura 13. Nido 2 de *Athene cunicularia* en laguna Don Tomás

Egagrópila Nº 1: Luego de 2 días, su desplazamiento fue de 0,53 m, su eje continuaba en dirección N-S y 180°. Se encontraba obstaculizada por vegetales. No se registró ningún desplazamiento posterior ni cambios en su estado de agregación (permaneciendo siempre compacta y firme) en los días siguientes y finalmente el 18 de Noviembre no pudo ser encontrada y se la consideró extraviada.

Egagrópila Nº 2: Al cabo de 2 días, se trasladó 0,26 m, en dirección NO-SE y a 210°, encontrándose obstaculizada por plantas. Presentaba un aspecto compacto, aunque se había desprendido uno de sus extremos, y tanto su estado como su posición permanecieron constantes hasta el 13 de Noviembre cuando se la consideró extraviada.

Egagrópila Nº 3: Se identificó en ella una tibia de un micromamífero indeterminado. No pudo ser hallada en la siguiente visita por lo que se la consideró extraviada.

El 10 de Octubre se encontró en la zona del nido una pelvis de ave y restos de otra egagrópila con un radio de ave, los que fueron utilizados también en este experimento. Se los colocó a 0,80 m y 180° de la boca de la cueva, sin trabas a su desplazamiento y con su eje en dirección N-S, en el mismo sitio que las egagrópilas con las que se iniciaron las mediciones el 6 de Octubre.

En la siguiente visita se registró que la pelvis había experimentado un desplazamiento de 0,01 m en dirección NO-SE, a 170° con pérdida de una pequeña porción y trabada con bosta de caballo. El 12 de Octubre estaba a 0,79 m, en dirección NE-SO y a 160°. El 14 de Octubre se la encontró semienterrada, con cambios en la dirección (E-O).

Permaneció en esa posición y estado hasta el 18 de Noviembre, día en que se la consideró extraviada.

El fragmento de egagrópila con restos óseos utilizado varió su posición en la segunda visita luego de colocado, desde 0,80 a 1,05 m y a 200°, en dirección NE-SO, trabado con restos de vegetales. En visitas posteriores sólo se observaron cambios en su posición, variando ésta desde 1,03 m el 14 de Octubre a 1,01 m dos días después. El 19 de Octubre se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 1: El 4 de Noviembre se encontró en las inmediaciones de la cueva, en la zona del montículo, una porción articular de escápula de micromamífero indet. a 0,89 m y 170° de la boca del nido, sin trabas a su desplazamiento y con dirección N-S. El 6 de Noviembre se hallaba a 0,90 m, en dirección E-O. El 9 de Noviembre estaba en la misma posición en la que fue hallado en la primera visita, sin cambios posteriores hasta el 13 de Noviembre. En esa oportunidad se la encontró en dirección NO-SE. El 16 de Noviembre se la consideró extraviada.

Hueso Nº 2: Una vértebra de ave encontrada el 4 de Noviembre a 0,64 m y 215°, en dirección E-O sin trabas a desplazamientos. En la siguiente visita no se la encontró, pero el 9 de noviembre se recuperó a 0,76 m en dirección N-S, semienterrada entre vegetales, fragmentos de egagrópilas y de artrópodos. En la siguiente visita se la consideró extraviada, pero fue recuperada el 13 de Noviembre, a 0,78 m, 215° y en dirección N-S. El 16 de Noviembre fue extraviada definitivamente.

Hueso Nº 3: Un fémur de ave fue encontrado el 11 de Noviembre a 0,52 m y 182°, en dirección E-O trabado con plantas. En la siguiente visita estaba a 0,36 m, 182° en dirección NO-SE, sin trabas a su movimiento. El 16 de Noviembre se lo consideró extraviado, pero en la siguiente visita, el 18, se lo recuperó, encontrándoselo a 1,02 m y 178° de la cueva, en dirección E-O y con vegetales que dificultaban su movimiento. El 20 de Noviembre se registró un desplazamiento de 0,01 m, 178° y dirección NO-SE y sin trabas a su desplazamiento. El 23 de Noviembre se encontraba a 0,98 m. No hubo variaciones sino hasta el 27 de Noviembre en que se ubicó a 1,01 m, en dirección NE-SO. En la siguiente visita se había movilizado 0,04 m, con dirección E-O y estaba obstaculizado por vegetales. Permaneció en la misma posición pero el 7 de Diciembre no pudo accederse al sitio debido a que el día anterior una fuerte lluvia anegó el camino de acceso. El 9 de Diciembre estaba a 1,20 m, en dirección NO-SE, semienterrado por vegetales. No se observaron variaciones hasta el 18 de Diciembre, cuando se evidenció un incremento de 0,03 m, con su eje en dirección N-S. El 21 de Diciembre se hallaba a 1,21

m, en la misma dirección y en la siguiente visita se registró un incremento de 0,01 m con su eje en dirección NO-SE, semienterrado entre vegetales. No hubo ningún nuevo cambio hasta la finalización de las observaciones.

Hueso Nº 4: El 20 de Noviembre se halló en la zona del montículo un tarso-metatarso de ave a 1,11 m y 180°, en dirección NE-SO, sin trabas a su desplazamiento. En la siguiente visita se hallaba a 1,10 m sin otros cambios. El 27 de Noviembre se hallaba a 1,12 m y en dirección E-O, semienterrado entre vegetales. El 30 de Noviembre hubo un incremento de 0,07 m sin otros cambios, y trabado con plantas. En la siguiente visita sólo hubo modificaciones en la dirección (NO-SE). No hubo modificaciones en la siguiente visita, el 7 de Diciembre no se pudo acceder al sitio y cuando esto fue posible, el 9 de Diciembre, se constató que se hallaba a 1,24 m, en dirección E-O, semienterrado entre vegetales. El 16 de Diciembre se lo halló en dirección N-S. El 18 de Diciembre se había desplazado 0,04 m, a 179° en dirección E-O. Esta distancia se incrementó en la siguiente visita, estando ahora a 1,33 m en la misma dirección. Posteriormente cambió la dirección (N-S) y a 180°. Esta posición no cambió en las siguientes visitas y permaneció así hasta la finalización de las mismas.

Hueso Nº 5: Un tibial-fibular de anfibio fue hallado el 16 de diciembre, a 0,53 m y 260° de la cueva, con su eje en dirección NO-SE y con plantas de pasto salado actuando como barreras. El 18 de Diciembre sólo se observó un cambio en la dirección (NE-SO). En la siguiente visita no pudo ser hallado, pero el 23 de Diciembre se lo recuperó, estando a 0,67 m y 185° de la cueva, y su eje en dirección E-O, sin trabas a su desplazamiento. El 25 de Diciembre nuevamente fue considerado extraviado.

Hueso Nº 6: El 16 de Diciembre se encontraron una escápula y clavícula fusionadas de anfibio a 0,66 m y 255° de la cueva, en dirección N-S y con plantas actuando como traba a su desplazamiento. No se apreciaron cambios hasta el 28 de Diciembre cuando no se lo pudo hallar, pero en la visita del 30 de Diciembre se lo recuperó. En esa oportunidad se encontró a 1,19 m, 225° de la cueva y en dirección NNO-SSE y trabado entre vegetales. No hubo nuevos cambios hasta la finalización de las visitas.

Hueso Nº 7: El 23 de Diciembre se encontró un fragmento de cráneo de un ave de aproximadamente 2,5 por 1,5 cm, con marcas de depredación a 1,66 m y 178° de la cueva, en dirección E-O. No se lo registró en visitas posteriores y se lo consideró extraviado.

Hueso Nº 8: Una porción craneana de *Ctenomys* sp. fue hallada el 25 de Diciembre a 2,67 m y 178° de la cueva, en dirección E-O, semienterrada y trabada con plantas. No hubo cambios de ningún tipo hasta la finalización de las visitas el 8 de Enero de 2010.

Hueso Nº 9: Un cráneo de un paseriforme con restos de plumas fue encontrado el 25 de Diciembre entre la vegetación alrededor de la cueva. Se hallaba a 1,15 m y 165° de la cueva y su eje orientado hacia NE-SO. No se observaron cambios en las visitas posteriores.

Hueso Nº 10: Un par de hemimandíbulas de *Ctenomys* sp. articuladas fueron encontradas el 25 de Diciembre en las inmediaciones del nido. Se hallaban a 1,45 m y 160° de la cueva en dirección N-S, y trabadas con plantas. No hubo variación en su posición en las visitas siguientes hasta la finalización el 8 de Enero.

Hueso Nº 11: Un par de hemimandíbulas de *Ctenomys* sp. articuladas encontradas en la zona del montículo el 28 de Diciembre a 0,57 m y 180° de la cueva en dirección NE-SO, las cuales no fueron halladas en las siguientes visitas.

Hueso Nº 12: Un fragmento de pelvis de ave encontrado el 28 de Diciembre a 0,05 m y 270° de la cueva, en dirección NE-SO trabado con plantas. No hubo cambios en visitas posteriores hasta la finalización de las observaciones.

Experimento con egagrópilas en el ambiente natural

Se colocaron 5 egagrópilas de lechuza de los campanarios (*Tyto alba*) en el cuenco NO del Parque "Don Tomás" con el fin de analizar de manera experimental el efecto del viento en la desagregación y dispersión de los huesos acumulados en las mismas. El mencionado cuenco, al momento de realizar este estudio, constituía un sitio abierto, sin agua y sin vegetación, características que se consideraron buenas para llevar a cabo el análisis ya que de esta manera se anulan la influencia potencial del agua y la vegetación en la dispersión. Se destaca que la superficie presentaba una costra salina, propia de la desecación de la laguna.

Las egagrópilas fueron colocadas en el centro del cuenco, alineadas en dirección E-O, con el eje mayor en sentido N-S el día 4 de Noviembre de 2009 (día 1). El sitio fue visitado diariamente y se observaron cuestiones vinculadas a la disgregación y la dispersión de los huesos contenidos en ellas.

El día 1 el cielo estaba despejado y el viento era de 14 km/h (velocidad media). El día 2 las 5 egagrópilas ya mostraban indicios de haber sido transportadas por el viento (Figura 14).

Figura 14. Egagrópilas experimentales sobre cuenco NO seco en la laguna Don Tomás. Las flechas rojas indican la posición de las egagrópilas en el sitio 1 luego del primer día

Se muestra en la Figura 15 como fueron cambiando de posición y dirección estas egagrópilas desde el inicio de las observaciones hasta el día 12.

Egagrópila Nº 1: se había desplazado 137 cm, con su eje mayor en sentido E-O y con respecto al centro de origen en un radio de 360° su orientación era de 160°. Presentaba un estado semidisgregado y además se encontraba obstaculizada en su desplazamiento por la costra salina superficial.

Egagrópila Nº 2: se desplazó 175 cm, su eje continuaba en orientación N-S, pero con respecto al origen se hallaba a unos 150°, trabada por la costra salina y presentaba indicios de haber perdido parte de su material, el cual no pudo ser localizado.

Egagrópila Nº 3: se desplazó 180 cm, con su eje orientado E-O, a 185° del origen, frenado por la costra salina. Continuaba en un estado compactado y entera.

Egagrópila Nº 4: se movilizó 79 cm, también orientada en sentido E-O, a 145° del origen. Mantenía su grado de compactación y no se observaron barreras a su desplazamiento.

Egagrópila Nº 5: se trasladó por el sustrato 158 cm, reorientándose en sentido NO-SE, sin barreras a posteriores desplazamientos y aún entera.

Con el transcurso de los días, la egagrópila Nº 1 fue la única que mostró evidencias de transporte, variando su posición y orientación con respecto al punto de origen (1,91 m y orientación NE-SO el 16 de Noviembre). Las egagrópilas Nº 2 y 3 se encontraban obstruidas al transporte por la costra salina mientras que las Nº 4 y 5 no presentaban

barreras que las retuvieran. Ninguna de ellas manifestó nuevos indicios de transporte hasta el final del experimento.

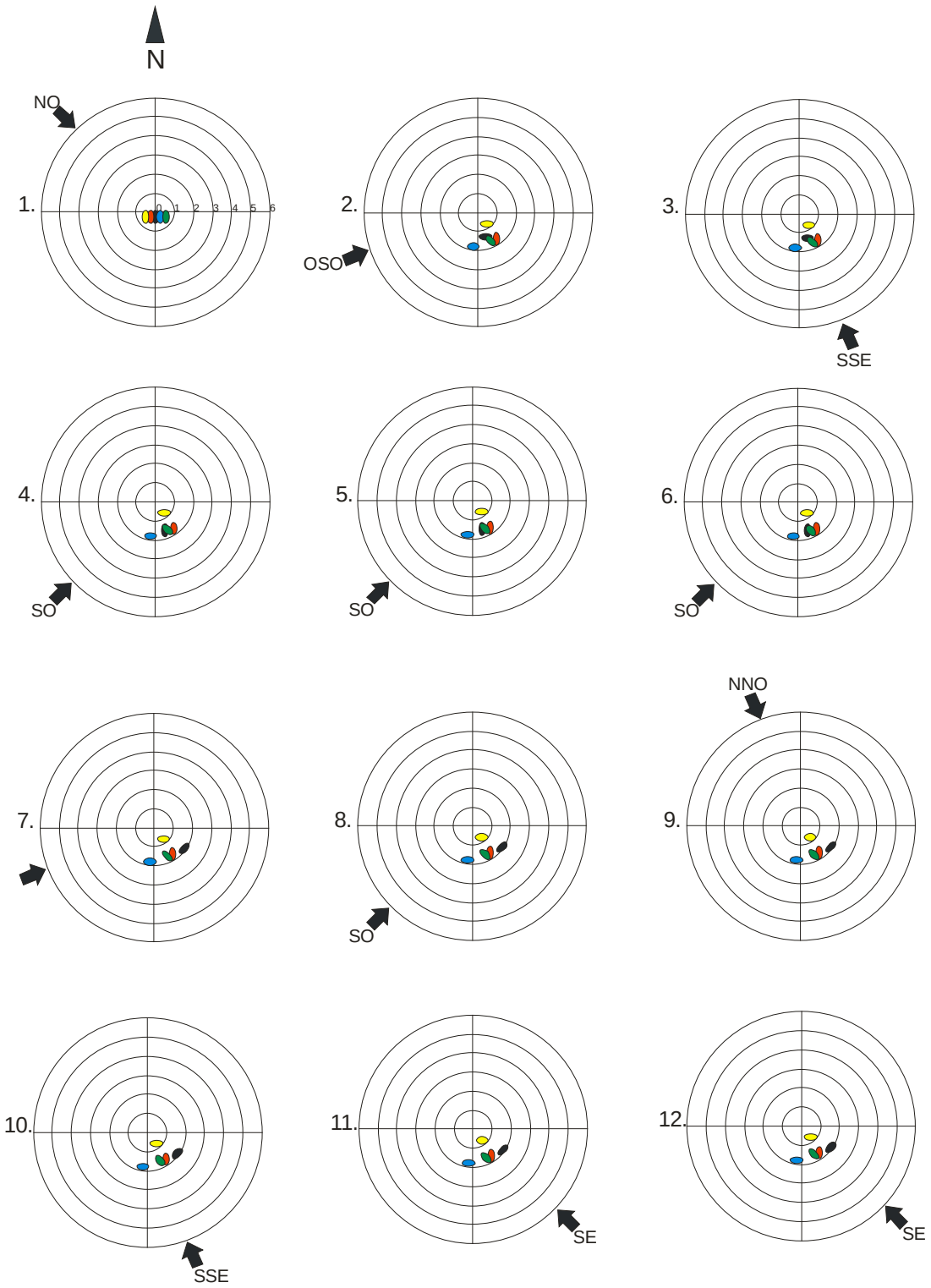


Figura 15. Gráficos concéntricos que muestran los 6 metros evaluados a partir del punto donde se colocaron las egagrópilas experimentales en el sitio 1. Se muestran las 5 egagrópilas (egagrópila nº 1: negro, egagrópila nº 2: rojo, egagrópila nº 3: azul, egagrópila nº 4: amarillo y egagrópila nº5: verde) y la dirección predominante del viento cada día. Los números indican las fechas de observación. El 1 corresponde al 4 de noviembre. El 12, al 15 de noviembre. Para las velocidades promedio diarias ver Apéndice 3

El día 5 de Noviembre la egagrópila Nº 5 mostró ciertos indicios de disgregación y pérdida del material óseo, y presentaba un aspecto hueco con una cobertura exterior formada por pelos. En las cercanías se encontraron restos óseos aislados de micromamíferos que se interpretaron provenientes de esa egagrópila.

Por otro lado se monitoreó el traslado de 3 hemimandíbulas de roedor que se desprendieron de una egagrópila (no pudo ser identificado de cual), pero no manifestaron ningún tipo de transporte en todas las visitas, principalmente debido a que se trabaron en fragmentos de la costra salina irregular.

La egagrópila Nº 4 el día 12 de Noviembre fue hallada dividida en 2 partes.

El día 16 de Noviembre llovieron 26 mm lo que provocó la pérdida de las hemimandíbulas aisladas monitoreadas y de todas las egagrópilas salvo la Nº 3, que permaneció en el mismo sitio. Ya que el cuenco se inundó, el agua facilitó la pérdida de su cobertura exterior de pelos. Esto permitió observar los elementos esqueléticos que contenía. Otra egagrópila, cuyo número no pudo ser identificado, también fue parcialmente disgregada por el agua. Los restos óseos que ambas contenían fueron controlados en días posteriores.

Desde el 17 al 23 de Noviembre, continuando con las visitas periódicas, la egagrópila Nº 3 y los restos no identificados no mostraron evidencias de transporte hasta que una nueva lluvia provocó su extravío.

Con el paso de los días el cuenco comenzó a secarse y cuando fue posible se repitió el experimento con un total de 5 grupos de egagrópilas a fin de obtener más datos en el mismo sitio.

Se colocaron 5 egagrópilas, tanto en el sitio inicial como en 4 nuevos sitios, aproximadamente a unos 50 m cada una del sitio inicial. Nuevamente fueron monitoreadas diariamente y medida su distancia de desplazamiento, orientación de su eje mayor, orientación en grados al punto inicial y su grado de desarticulación.

Desde el 18 al 24 de Noviembre se pudo observar el comportamiento de las egagrópilas en medio natural y en un sitio abierto.

El primer cambio en desplazamientos y reorientaciones de las egagrópilas en el **sitio 1** se observó al día siguiente de colocadas.

<u>Egagrópila Nº 6:</u> Se desplazó 0,21 m, con su eje en dirección N-S y con respecto al origen, a unos 181°. No presentaba ningún tipo de traba que obstruyera su posterior desplazamiento. No se observó disgregación.

Egagrópila Nº 7: Fue la que evidenció más desplazamiento con respecto al sitio inicial (unos 3,73 m), reorientándose en sentido E-O y a 0° respecto al origen. Se la encontró trabada por restos oxidados de alambre presentes en el área, sin cambios en su grado de compactación.

Egagrópila Nº 8: Fue la que menos se desplazó (sólo 0,17 m), permaneciendo también con su eje mayor en dirección N-S, pero a 1° del origen, sin presentar barreras a su desplazamiento. Estaba parcialmente disgregada y dividida en dos partes.

Estas egagrópilas permanecieron en esa ubicación y con sus orientaciones hasta el último día de observaciones, el 24 de Noviembre. Ese día una leve llovizna alteró su apariencia externa, con la consecuente pérdida de su cobertura exterior. Se observó que el agua incrementó la compactación de las mismas.

Las egagrópilas colocadas en el **sitio 2** no mostraron cambios hasta el 4º día de observaciones, cuando las egagrópilas Nº 9 y 10 registraron un leve desplazamiento del sitio inicial. La egagrópila Nº 9 se trasladó 0,28 m desde el sitio inicial, con su eje en orientación E-O. Presentaba un obstáculo que impidió su posterior desplazamiento. La egagrópila Nº 10 se desplazó 0,20 m, reorientándose con su eje mayor en sentido NE-SO. Ninguna de las dos cambió su orientación con respecto al origen. El día 24 de Noviembre el sitio 2 se inundó, por lo que fue imposible acceder al mismo.

En el **sitio 3** el comportamiento de las egagrópilas fue muy parecido al del sitio 2, sin observar cambios sino hasta el 23 de Noviembre cuando 3 de las 5 egagrópilas evidenciaron desplazamiento y reorientación. La egagrópila Nº 11 se desplazó 0,10 m, con su eje en dirección E-O y a 0° con respecto al origen. La egagrópila Nº 12 se desplazó 0,43 m permaneciendo su eje en dirección N-S a 350° del origen. Por último, la egagrópila Nº 13 se hallaba a 0,36 m del sitio inicial, su eje mayor aún en sentido N-S y a 300° con respecto al punto de origen. El último día de observaciones (24 de Noviembre) no se pudo acceder a registrar los datos por encontrarse bajo agua.

Las egagrópilas del **sitio 4** permanecieron intactas y sin cambios salvo la Nº 14 que mostró un leve desplazamiento al segundo día, de 0,75 m con su eje en sentido N-S a 0° del origen, sin presentar variaciones en los días siguientes. Al igual que en el sitio 1, las egagrópilas como consecuencia de la leve llovizna perdieron su cobertura de pelos.

Las egagrópilas del **sitio 5**, no se desplazaron, ni modificaron su orientación ni grado de compactación en todos los días del experimento y el último día a consecuencia de la lluvia las mismas se extraviaron.

Se indica que, a raíz de no observarse ningún movimiento de las egagrópilas de los sitios 2, 3 y 5, éstas fueron intencionalmente movidas 20 cm hacia la izquierda el día 20 de Noviembre, evitando de esta manera que los troncos utilizados como referencia actuaran como barrera ante la acción del viento, el cual proviene predominantemente del N.

A partir del día 25 de Noviembre, el cuenco se encontraba bajo agua a raíz de las lluvias que provocaron un parcial llenado de dicha zona. Se continuó con el monitoreo diario del área a fin de encontrar un momento apropiado para acceder a los sitios. Esto fue posible el día 9 de Diciembre y se vio que las egagrópilas de todos los sitios se habían extraviado.

Discusión

Un carácter de sumo interés tafonómico es la atribución de los diferentes elementos esqueléticos de un vertebrado en categorías de su susceptibilidad al transporte, de modo tal que esto ayude a interpretar el origen de un yacimiento zooarqueológico o paleontológico. En ese sentido interesa conocer de qué modo se pueden comportar los diferentes elementos esqueléticos de un vertebrado en un medio que provoque su transporte y, en consecuencia, evaluar su posible dispersión en determinadas condiciones (Behrensmeyer, 1975).

Wolff (1973) y Korth (1979) plantearon la idea de una hipótesis fluvial para explicar el origen de ciertas acumulaciones en el registro, indicando que los restos de vertebrados que mueren por cualquier causa pueden ser incorporados a un curso de agua donde se comportan como cualquier partícula, sufriendo procesos de selección, transporte y abrasión. En ese sentido Behrensmeyer (1975) evaluó el comportamiento de elementos esqueléticos de diferentes vertebrados en ambientes fluviales, tratándolos como partículas sedimentarias. Korth (1979) indicó que la mayoría de las acumulaciones de micromamíferos fósiles se producen por transporte y depósito por corrientes fluviales, aunque a veces esos restos pueden provenir de acumulaciones previas producidas por depredadores. Mencionó además que ese tipo de acumulaciones se destruyen con facilidad durante su exposición subaérea, por lo tanto la mediación de un transporte hidrodinámico de huesos y dientes liberados de la matriz que los contenía en egagrópilas y heces, ayudaría a su conservación (Korth, 1979; Andrews, 1990).

En el marco de los experimentos que se realizaron en esta tesina, fueron evaluados, tanto en el túnel de viento como en el ambiente natural, la movilidad y eventualmente la disgregación de egagrópilas provocados por acción del viento.

Varios autores se han ocupado de evaluar la movilidad de huesos por acción del agua, utilizando para ello túneles de agua (Voorhies, 1969; Dodson, 1973; Boaz y Behrensmeyer, 1976; Korth, 1979; Andrews y Evans, 1983). En su trabajo, Voorhies (1969) evaluó el transporte de huesos en condiciones controladas y realizó una clasificación de los mismos en 3 grupos, los del grupo I que se movilizan rápidamente por flotación o saltación, los del grupo II, que se movilizan luego, principalmente por tracción y los del grupo III los que más lentamente se movilizan. En su experimento utilizó huesos de mesomamíferos. Posteriormente, otros autores, entre ellos Dodson (1973) y Korth (1979) se ocuparon de evaluar dispersión de huesos de microvertebrados, comparando sus propios resultados con los grupos propuestos por Voorhies (1969). De este modo, los

resultados obtenidos por estos autores resultan en la ubicación de los diferentes huesos de microvertebrados en categorías de poca, intermedia o alta movilidad.

Se debe destacar que si bien varios autores indican la importancia de la acción del viento como movilizador de huesos (Andrews, 1990, Lyman, 1994) no hay disponible trabajos específicos en este sentido. En el marco de estas investigaciones, los resultados preliminares obtenidos fueron comparados con datos publicados de experimentaciones en túneles de agua, principalmente los de Dodson (1973) y Korth (1979), reconociendo las importantes diferencias que existen entre los dos medios (agua y aire). El agua es 60 veces más viscosa y 800 veces más densa que el aire.

En los experimentos realizados en el túnel de viento fueron usados huesos aislados por un lado y grupos de huesos por otro, tanto en sustrato madera, liso, que reduce la fricción, como en sustrato tierra. Resultó interesante la evaluación de los huesos en grupos ya que se estima que estos pueden mostrar más ajustadamente la situación de transporte en un ambiente natural. Sin embargo y a efectos de su comparación se los evaluó también individualmente.

En condiciones naturales el viento sufre variaciones importantes en velocidad y dirección en intervalos temporales pequeños. Por lo tanto, la velocidad media de viento es un valor que raramente se mantiene ya que la misma fluctúa significativamente alrededor de ese valor medio debido a fenómenos de turbulencia. Esto induce el desarrollo de ráfagas que pueden alcanzar valores que superan el doble del valor promedio (Perillo, 2003). Si bien en el túnel de viento la velocidad alta podría corresponder a esas ráfagas que se dan en el ambiente natural, se observó que cuando se experimentó con huesos sobre sustrato madera a esa velocidad, éstos fueron rápidamente trasladados hasta el fondo de la bolsa contenedora. Por este motivo, esta velocidad no fue buena en algunos casos para la evaluación de transporte ya que los elementos esqueléticos quedaban trabados en el fondo de la bolsa. En cambio, los datos surgidos de las observaciones en las velocidades baja y media arrojaron mayor información por lo que resultan ser más pertinentes.

Experimentos con huesos de anfibios

En sustrato madera, en el experimento de huesos de anfibios evaluados aislados a velocidad baja, las vértebras se movilizaron rápidamente, antes de los 3’ estaban en el fondo de la bolsa contenedora. Tibial-fibulares, radio-ulnas y maxilares superaron los 2 m de movilidad en los 10´ expuestos a esa velocidad baja, en tanto ilíacos y tibia-fibulas no

superaron los 12 cm de desplazamiento. En la Figura 16 se muestran las secuencias de dispersión a velocidad baja y media.

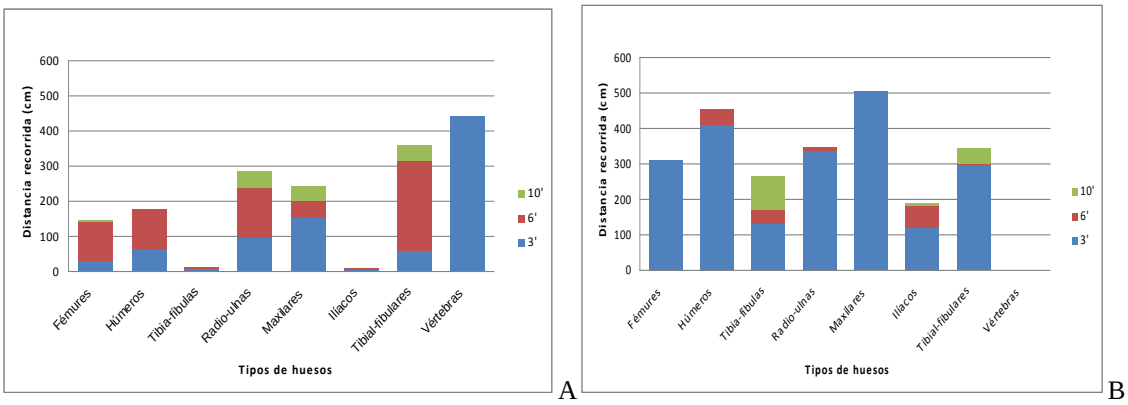
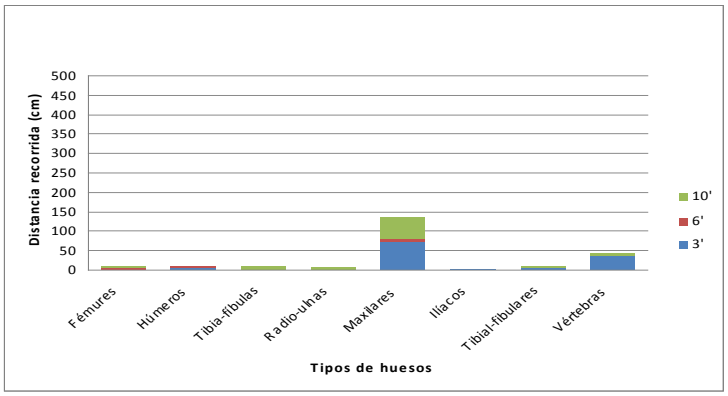


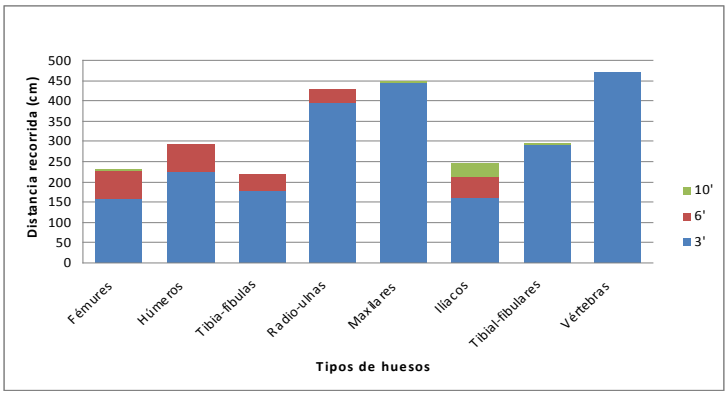
Figura 16. Dispersión de huesos de anfibios aislados en los 3 tiempos de medición a distinta velocidad. A. baja y B. media

En este experimento se observó que se produjo la siguiente secuencia de dispersión de los diferentes elementos: vértebras > maxilares > radio-ulnas > tibia-fíbulas > fémures > tibial-fibulares > húmeros > ilíacos.

Entre los agrupados se observó un retraso en la movilidad de los huesos con respecto a los aislados y a velocidad baja los maxilares se movilizaron más que las vértebras. (Figura 17. A). El resto de los elementos a esa velocidad no superó los 12 cm de traslado. Se observó que, a velocidad media, las vértebras se desplazaron un poco más que los maxilares (Figura 17. B).



A



B

Figura 17. Dispersión de huesos de anfibios agrupados en los 3 tiempos de medición a distinta velocidad. A. baja y B. media

En la experiencia de huesos de anfibios agrupados se vio que estos mantenían su agrupamiento a velocidad baja, oportunidad en que solo unos pocos elementos se separaron del grupo, indicando mayor susceptibilidad al transporte, en tanto a velocidades más altas el agrupamiento se perdía rápidamente.

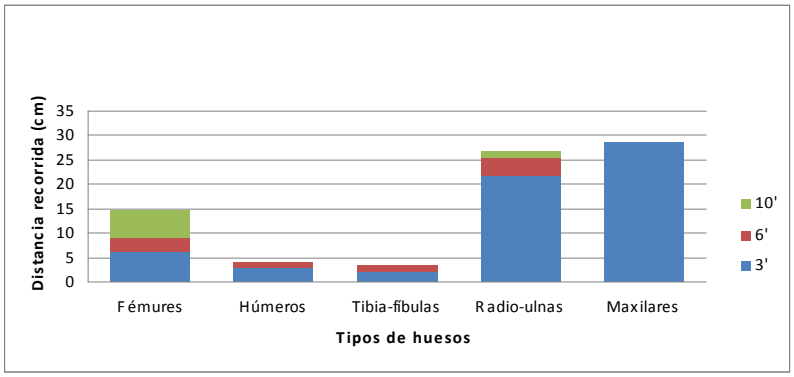
Para huesos agrupados se produjo la siguiente secuencia de dispersión de elementos: maxilares > vértebras > radio-ulnas > tibia-fíbulas > tibial-fibulares > fémures > húmeros > ilíacos.

Por lo expuesto para huesos de anfibios se vio un importante transporte de vértebras y maxilares, una movilidad intermedia de radio-ulnas, tibia-fíbulas, tibial-fibulares y fémures y una movilidad baja de húmeros e ilíacos.

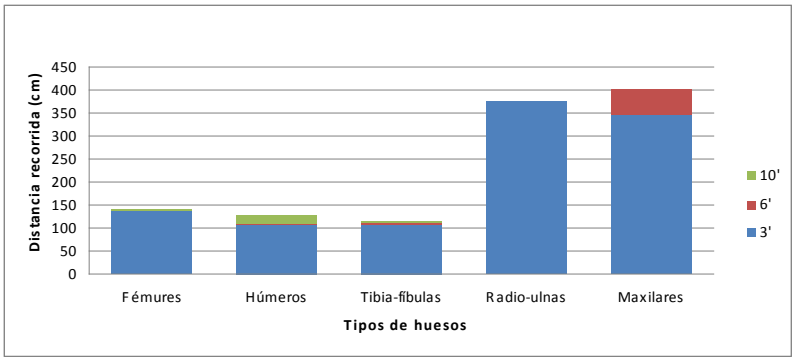
Para huesos aislados predominaron a velocidades baja y media, las orientaciones paralelas en tanto para los agrupados las oblicuas. En particular, se vio además que los huesos largos tuvieron una tendencia más marcada a ubicarse de modo paralelo al flujo del viento.

Cuando estos huesos fueron expuestos a la acción del viento en sustrato tierra, comparativamente para cada uno, su desplazamiento fue menor al verificado en sustrato madera, pero el comportamiento fue similar; primero se desplazaron los maxilares en todas

las velocidades. A velocidades bajas todos se desplazaron muy poco (Figura 18. A). A velocidad alta los que menos se movilizaron fueron tibia-fíbulas y húmeros (Figura 18. B), en tanto a velocidad media fueron húmeros y fémures. Es probable que la propia fricción que produjo el sustrato tierra ejerza alguna influencia sobre la orientación en la que quedaron los huesos, predominando la orientación oblicua a velocidad baja y paralela a media.



A



B

Figura 18. Dispersión de huesos de anfibios en sustrato tierra en los 3 tiempos de medición a distinta velocidad. A. baja y B. alta

Se observó la siguiente secuencia de dispersión de algunos elementos esqueléticos de anfibios en tierra: maxilares > radio-ulnas > fémures > húmeros > tibia-fíbulas.

En su experimento, Dodson (1973) observó características de susceptibilidad al transporte hidráulico de algunos huesos de anfibios e indicó que los húmeros se movilizaron antes que las pelvis y mandíbulas pero luego de las vértebras grandes y las ulnas. Se destaca que los huesos usados por Dodson (1973) correspondían a taxones de anfibios de mayor tamaño que los usados en el experimento del túnel de viento. Esto dificulta las comparaciones de datos, y puede ser una razón en las diferencias encontradas para los mismos huesos. Sólo se advierte que, como ocurre por acción del viento, las vértebras de anfibios fueron los elementos rápidamente movilizados por acción hidráulica (Dodson, 1973). Pinto Llona y Andrews (1999) realizaron experimentaciones con huesos

de anfibios, pero solo analizaron el efecto que provoca en los diferentes huesos distintas granulometrías de sedimento movilizado en barriles con agua.

Con los resultados obtenidos en estos experimentos se categorizaron los diferentes huesos de anfibios en 3 grupos de acuerdo a su susceptibilidad al transporte. Estos grupos están constituidos del siguiente modo:

Grupo1: maxilares + vértebras (que se movilizan rápidamente), grupo 2: radio-ulnas + tibia-fíbulas + tibial-fibulares (de movilidad intermedia) y grupo3: ilíacos + fémures + húmeros (que se movilizan más tardíamente).

Así organizados los distintos huesos de los experimentos, se realizaron análisis estadísticos, que permitieran confirmar la validez de los grupos propuestos.

Sobre sustrato madera en las 2 experiencias realizadas se obtuvieron diferencias significativas en las distancias de dispersión de los huesos de los distintos grupos ($H_{2,70}$=36,36; p<0,01; $H_{3,70}$=6,71; p<0,05). Los del grupo 1 son siempre los primeros en dispersarse, tanto a velocidad baja como media, mientras que entre los de los grupos 2 y 3 no existen diferencias en su dispersión (Figura 19).

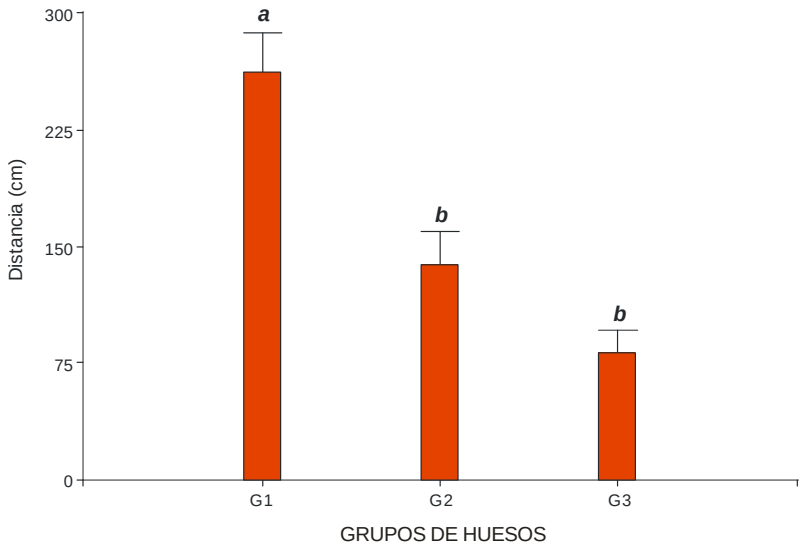


Figura 19. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de anfibios individuales sobre sustrato madera a velocidad baja. Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05). Las barras indican error estándar.

En las 3 experiencias de elementos agrupados también se obtuvieron diferencias significativas ($H_{2,70}$=13,32; $H_{3,70}$=51,82; $H_{4,70}$=12,98; p<0,01). A velocidad baja, los del grupo 1 son los primeros en dispersarse mientras que no existe diferencia entre los de los grupos 2 y 3. A velocidad media, los del grupo 1 se dispersan primero, los del grupo 2 en segundo lugar y por último, los del grupo 3 (Figura 20). A máxima velocidad, los huesos

de los grupos 1 y 2 se comportan de la misma manera, siendo los primeros en dispersarse, mientras que los del grupo 3 lo hacen en último lugar.

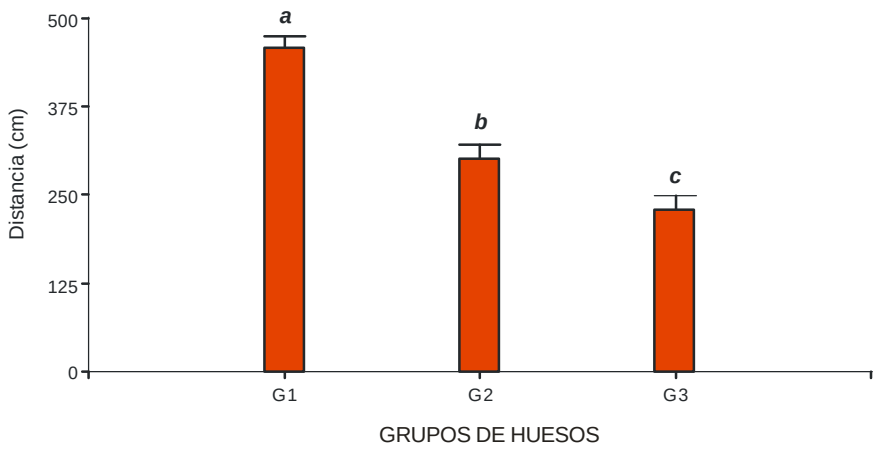


Figura 20. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de anfibios agrupados sobre sustrato madera a velocidad media. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). Las barras indican error estándar.

Sobre sustrato tierra también se observaron diferencias significativas en las distancias de dispersión de los distintos grupos de huesos ($H_{2,70}=28,28$; $H_{3,70}=19,78$; $H_{4,70}= 24,23$; $p<0,01$). A velocidad baja, los del grupo 1 son los primeros en dispersarse y los de los grupos 2 y 3 se comportan de la misma manera, siendo los últimos en ser transportados. A velocidades media y alta, los huesos del grupo 1 son los primeros en ser dispersados, seguido por los del grupo 2 y por último los del grupo 3 (Figura 21).

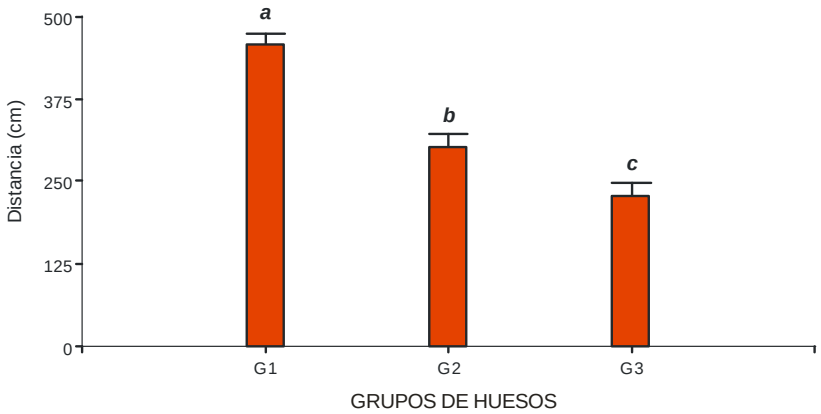


Figura 21. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de anfibios individuales sobre sustrato tierra a velocidad media. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). Las barras indican error estándar.

Experimentos con huesos de roedores

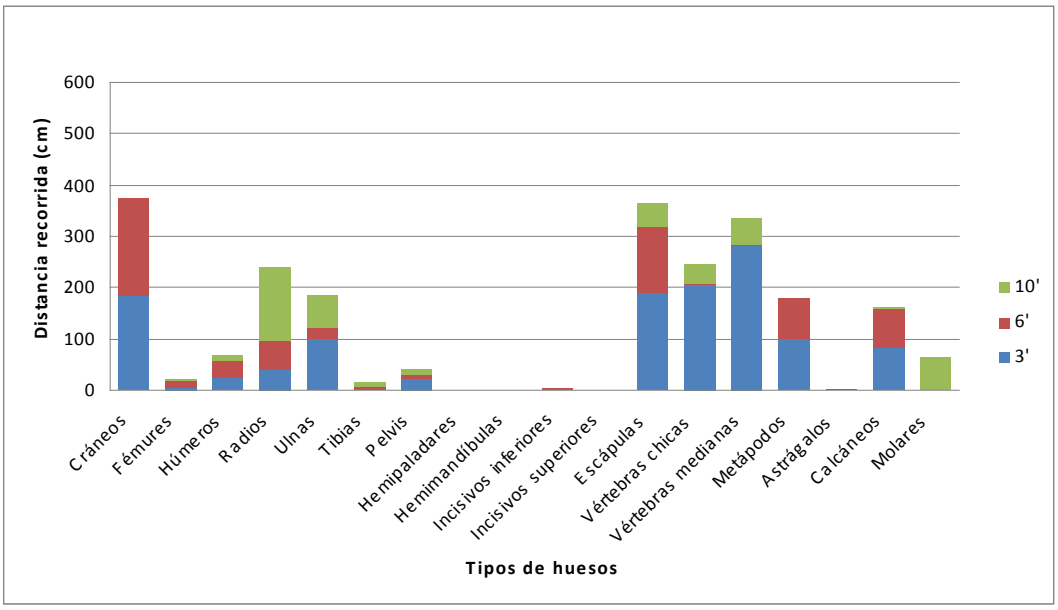
En lo que respecta a los experimentos con huesos de roedores Cricetidae se observó que las hemimandíbulas fueron los elementos que menos se desplazaron en las 3 velocidades en sustrato madera tanto cuando se experimentó con ellos en forma aislada

como agrupada (Figuras 22 y 23). También las mandíbulas de Caviidae se movilizaron menos que los maxilares. Estas observaciones son coincidentes con los datos brindados por Dodson (1973) quien menciona a las mandíbulas como los elementos esqueléticos de *Mus* que más lentamente se mueven bajo la acción del agua. Los cráneos, escápulas y vértebras se movilizaron rápidamente el túnel de viento por lo que sólo se evaluó su transporte a velocidad baja. Dodson (1973) ubicó a las vértebras de ratón entre los elementos que más rápidamente se movilizan por acción del agua. Los cráneos y las escápulas ofrecen una superficie importante en relación a su volumen (Andrews, 1990), lo que facilitaría que la acción del viento los traslade rápidamente. Las escápulas no figuran entre los elementos esqueléticos evaluados por Dodson (1973) en tanto los cráneos son ubicados por este autor en la categoría intermedia de movilidad, junto con tibias, fémures y húmeros. Notoriamente en el experimento en el túnel de viento las tibias, fémures y húmeros se movilizaron poco a velocidad baja y media tanto cuando se los evaluó aislados como agrupados.

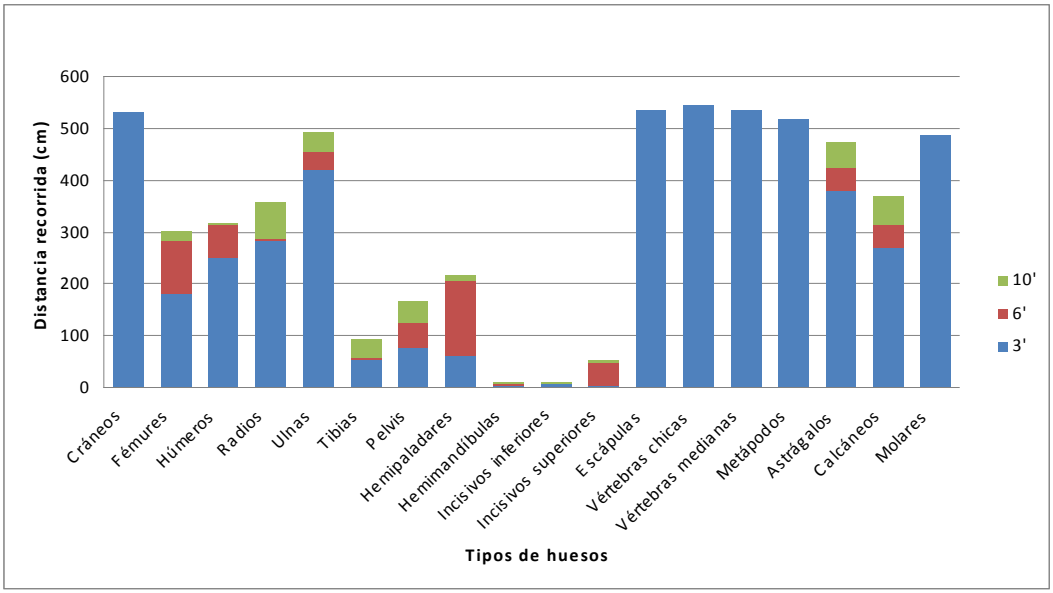
Con respecto a los hemipaladares, Dodson (1973) los ubicó entre los que se movilizan rápidamente en el agua. En el túnel de viento se observó que estos elementos se desplazaron poco tanto a velocidad baja como media.

Cabe recordar que en estas experiencias a baja velocidad la mayoría de los huesos de roedores permanecieron trabados cerca del punto de origen y sólo algunos comenzaron a separarse a medida que avanzaba el experimento. A velocidades más altas el agrupamiento rápidamente se perdía y los huesos comenzaban a dispersarse en forma individual.

De acuerdo a lo expuesto, en el túnel de viento y para huesos aislados de roedores Cricetidae se observó que se produjo la siguiente secuencia de dispersión: vértebras chicas > vértebras medianas > escápulas > cráneos > metápodos > molares > ulnas > astrágalos > calcáneos > húmeros > pelvis > fémures > radios > tibias > hemipaladares > incisivos superiores > incisivos inferiores > hemimandíbulas (Figura 22). Cuando se evaluaron todos los huesos agrupados se observó qué se produjo la siguiente secuencia: vértebras medianas > cráneos > escápulas > calcáneos > metápodos > molares > astrágalos > ulnas > fémures > pelvis > radios > húmeros > tibias > hemipaladares > incisivos superiores > incisivos inferiores > hemimandíbulas (Figura 23).

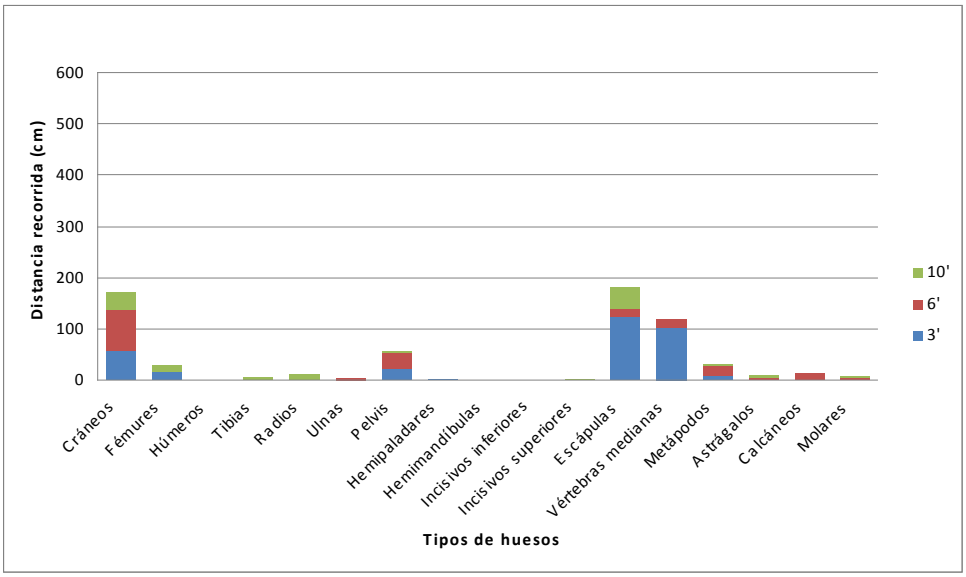


A

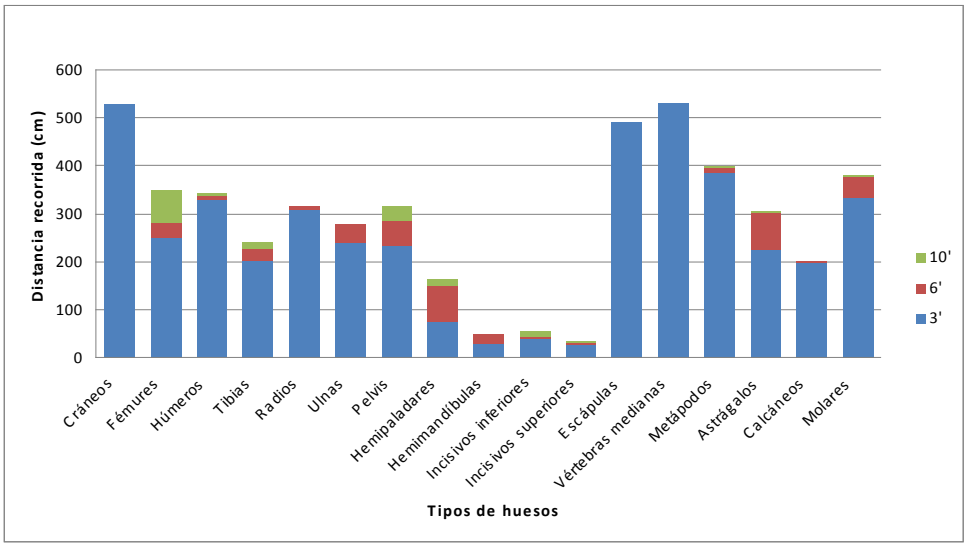


B

Figura 22. Dispersión de huesos de roedores en los 3 tiempos de medición a distinta velocidad. A. baja y B. media



A



B

Figura 23. Dispersión de huesos de roedores agrupados en los 3 tiempos de medición a distinta velocidad. A. baja y B. media

Finalmente, cuando se analizaron los huesos en sustrato tierra, se observó un retraso en la distancia recorrida por los diferentes elementos esqueléticos, tal como ocurrió con los huesos de anfibios, con respecto a la evaluación sobre sustrato madera (Figura 24). La secuencia de dispersión sobre sustrato tierra fue: cráneos > hemipaladares > fémures > radios > ulnas > húmeros > tibias > hemimandíbulas.

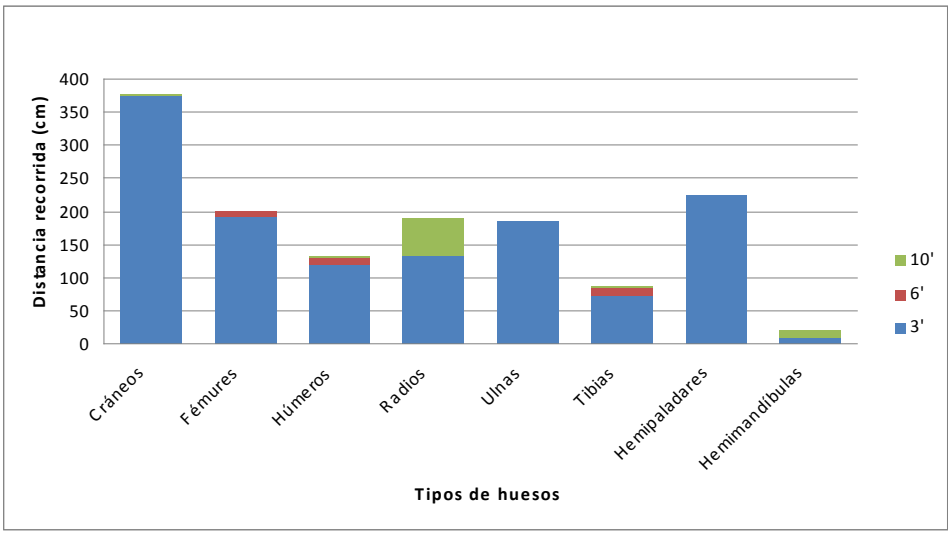


Figura 24. Dispersión de huesos de roedores en sustrato tierra en los 3 tiempos de medición a velocidad alta

En general, entonces se observó que vértebras, cráneos y escápulas se desplazan rápidamente por acción del viento, en tanto hemimandíbulas e incisivos aislados lo hacen muy lentamente. En una categoría intermedia quedan el resto de los elementos esqueléticos, cuya velocidad de desplazamiento puede estar vinculada con el tipo de sustrato.

Korth (1979) encontró en su experiencia que escápulas y vértebras se desplazan lentamente en un flujo de agua, en tanto las mandíbulas, cráneos y tibias lo hacen muy lentamente. Este autor señaló diferencias en la secuencia de transporte de radios y ulnas cuando comparó su experimento con el de Dodson (1973) y las vinculó con la morfología propia de estos elementos.

Con los resultados obtenidos en estos experimentos se categorizaron los diferentes huesos de roedores en 4 grupos de acuerdo a su susceptibilidad al transporte. Estos grupos están constituidos del siguiente modo:

Grupo1: vértebras chicas + vértebras medianas + cráneos + escápulas; grupo 2: metápodos + molares + astrágalos + calcáneos; grupo 3: húmeros + fémures + radio + ulnas + tibias + pelvis y grupo 4: hemipaladares + incisivos superiores + incisivos inferiores + hemimandíbulas.

Los análisis estadísticos realizados permitieron confirmar la validez de los grupos propuestos.

Sobre sustrato madera y considerando los huesos de roedores evaluados individualmente, los grupos mostraron diferencias significativas en las distancias de dispersión en las 2 velocidades evaluadas (baja e intermedia) ($H_{2,70}$=222,43; $H_{3,70}$=249,81; $p<0,01$). Los del grupo 1 a velocidad baja son los primeros en dispersarse, mientras que los

del grupo 4 son los últimos en ser transportados. Entre los de los grupos intermedios (2 y 3) no existen diferencias significativas a velocidad baja, mientras que a velocidad intermedia los de los grupos 1 y 2 se comportan de la misma manera, en tanto los del grupo 3 se dispersan en segundo término y el grupo 4 en último lugar ($p<0,05$) (Figura 25).

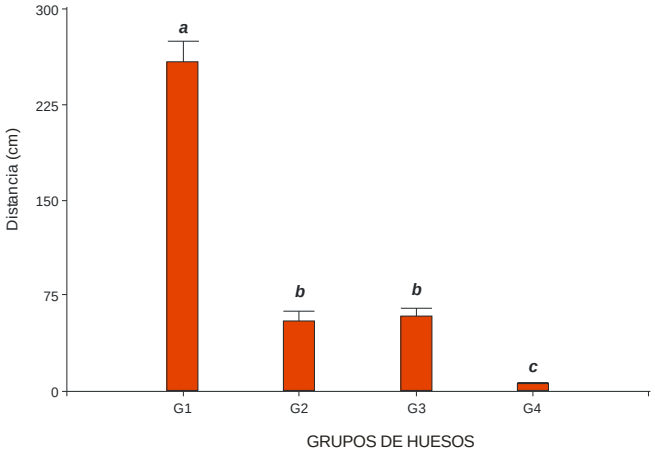


Figura 25. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de roedores Cricetidae individuales sobre sustrato madera a velocidad baja. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). Las barras indican error estándar.

Para los huesos de roedores agrupados sobre sustrato madera, en todas las experiencias se observaron diferencias significativas en las distancias de dispersión ($H_{2,70}=39,83$; $H_{3,70}=165,51$; $H_{4,70}=78,50$; $p<0,01$). Se observó que los del grupo 1 son los primeros en ser transportados y a distancias más lejanas. Los del grupo 4 son los últimos en ser dispersados, mientras que los de los grupos 2 y 3 son intermedios, pero a veces no existen diferencias significativas entre ellos ($p<0,05$) (Figura 26).

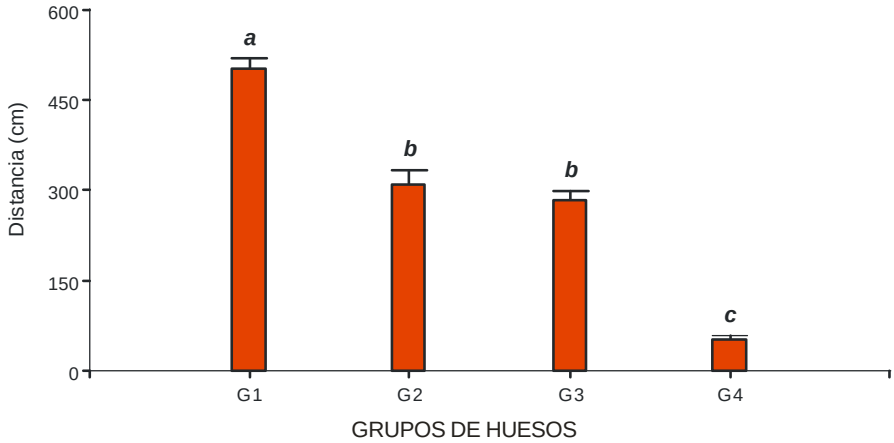


Figura 26. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de roedores Cricetidae agrupados sobre sustrato madera a velocidad media. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0,05$). Las barras indican error estándar.

Sobre el sustrato tierra se obtuvieron diferencias significativas en las distancias de dispersión en las 3 experiencias realizadas ($H_{2,70}=18,60$; $H_{3,70}=63,55$; $H_{4,70}=42,64$;

p<0,01). Los huesos del grupo 1 son siempre los primeros en ser dispersados en las 3 velocidades. No existen diferencias significativas entre los de los grupos 3 y 4 a velocidades bajas e intermedias, mientras que a velocidad alta los huesos del grupo 3 son los segundos en dispersarse y los del grupo 4 lo hacen en último lugar (p<0,05) (Figura 27). Se aclara que no hubo representantes del grupo 2 en las experiencias sobre sustrato tierra por lo que no se evaluó a ese grupo.

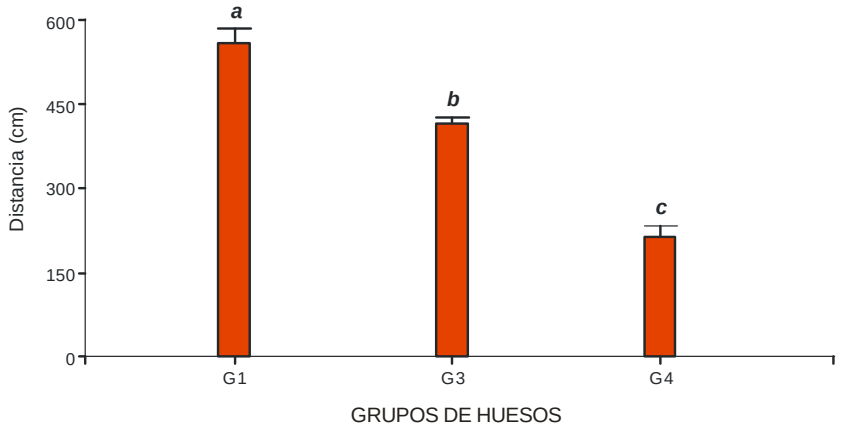


Figura 27. Variación media de la distancia de dispersión de los distintos grupos de huesos de roedores Cricetidae individuales sobre sustrato tierra a velocidad alta. Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05). Las barras indican error estándar.

En cuanto a las orientaciones observadas para el experimento de huesos individuales, en todas las velocidades predominaron las paralelas y solo a velocidad media fue importante la cantidad de restos con orientación oblicua. Para todos los huesos agrupados no se pudo determinar un patrón de orientación, mientras que cuando los huesos fueron evaluados en sustrato tierra predominaron en todas las velocidades las orientaciones oblicuas. Evaluados en forma individual, los huesos largos tienden a ubicarse de modo paralelo al flujo del viento, esta regularidad se pierde cuando se parte de grupos de huesos, ya que probablemente interfieran unos con otros. Finalmente cuando influye la característica del sustrato más irregular, en este caso tierra, tienden a quedar en posición más inestable.

De este modo y como resultado de todas las experiencias realizadas con huesos de roedores, se elaboró la Tabla 19 comparando los resultados obtenidos con los datos brindados por Dodson (1973) y Korth (1979).

	Grupo de dispersión rápida	**Grupo de dispersión intermedia**	**Grupo de dispersión lenta**
Dodson (1973)	Vértebras torácicas Maxilares Pelvis Vértebras cervicales Vértebras caudales	Cráneos Tibias Fémures Húmeros Calcáneos Radios Ulnas	Hemimandíbulas
Korth (1979)	Costillas Escápulas Falanges --- Atlas Metatarsales Vértebras lumbares Radios Ulnas Pelvis	Astrágalos Calcáneos Fémures Hemipaladares Molares Húmeros	Mandíbulas Cráneos Tibias
Esta experiencia	Vértebras Cráneos Escápulas	Metápodos Molares Astrágalos Calcáneos --- Fémures Húmeros Radios Ulnas Tibias Pelvis	Hemipaladares Incisivos Hemimandíbulas

Tabla 19. Comparación de los resultados obtenidos en los experimentos del túnel de viento con huesos de roedores y los datos brindados por Dodson (1973) y Korth (1979) para dispersión fluvial. Las líneas de barras señalan diferencias entre los elementos esqueléticos en cuanto a su dispersión, los que se transportan primero, por encima de ella y los que se transportan luego por debajo

Como se observa en la tabla 19, comparando datos de transporte hidráulico y eólico, se observa que las mandíbulas en todos los casos son los últimos elementos en ser movilizados, en tanto las vértebras y escápulas son las que se dispersan más rápidamente. Los demás elementos esqueléticos muestran distinta susceptibilidad de acuerdo a que sean transportados por el agua o por el viento, pero en general se puede indicar, de acuerdo a estas observaciones que los huesos largos y los metápodos tienden a comportarse frente al transporte por el viento de modo similar al que lo hacen por el agua. Las mayores diferencias para ambos tipos de transporte fueron observadas para los cráneos, los hemipaladares y las pelvis. En algunos casos, estas diferencias podrían estar vinculadas con caracteres intrínsecos de cada elemento esquelético, vinculado con cuestiones taxonómicas.

Experimentos con fósiles de roedores

Como se indicó previamente, los experimentos incluyeron movilización de restos fósiles, a fin de evaluar de qué modo éstos pueden ser afectados por el viento una vez que son reexpuestos a agentes atmosféricos (en este caso, el viento).

Se observó bastante coherencia en la secuencia de dispersión en las 3 velocidades. Se plantea la siguiente secuencia de dispersión para este tipo de restos: escápula > pelvis > húmeros > tibias > fémures > hemimandíbulas > incisivos > cráneo y mandíbula articulada (Figura 28). Se destaca aquí que el cráneo y mandíbula articulada constituían por sí mismo, un elemento de mayor peso, ya que además retenían algo de sedimento por lo que era esperable que se movilizara menos que el resto de los elementos esqueléticos. Con esa consideración, se observa entonces que las mandíbulas fósiles están también entre los que menos se movilizan.

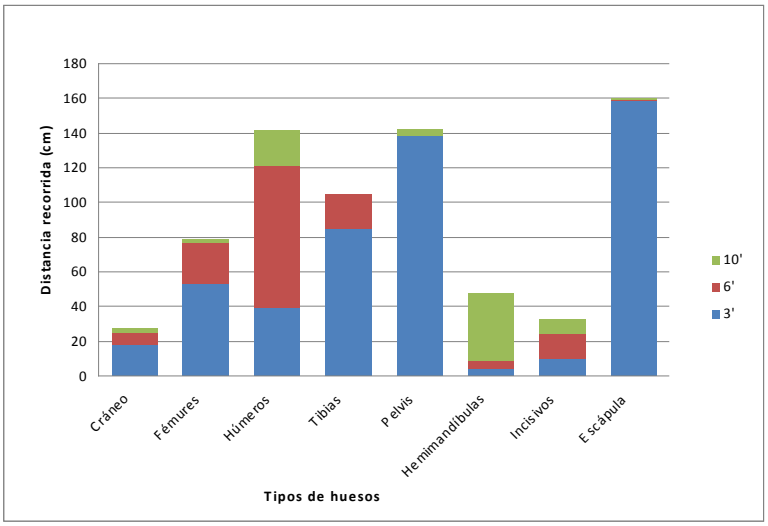


Figura 28. Dispersión de fósiles en los 3 tiempos de medición a velocidad alta

Se agruparon los materiales luego de estos experimentos del siguiente modo:

Grupo 1: escápula + pelvis + tibias, grupo 2: húmeros + fémures, grupo 3: hemimandíbulas + incisivos y grupo 4: cráneo y mandíbula articulada Se intentó una evaluación estadística con los datos obtenidos en estos experimentos, pero, la variabilidad en cuanto a la dispersión de los mismos materiales es tan grande a velocidad media que no se pudo realizar un test estadístico que probara si estas diferencias son significativas o no. De todos modos se observó que los de los grupos 2 y 3 se movilizan más lentamente, los del grupo 4 presentan más variabilidad en cuanto a su dispersión y los del grupo 1 son los que siempre se dispersan primero.

Los fósiles se orientaron principalmente de forma perpendicular en todas las velocidades.

Comparaciones y características evaluadas en estos experimentos

Se utilizaron para las experiencias en el túnel de viento sobre el sustrato madera, más de 320 elementos óseos. Durante las experiencias descriptas, 34 ejemplares fueron trabados en el borde de las tablas a diferentes distancias en todo el trayecto. Sobre sustrato tierra se evaluó la movilidad de 119 elementos óseos de micromamíferos y anfibios de los cuales 21 fueron transportados hacia los bordes y en su mayoría permanecieron allí hasta el final de las respectivas experiencias. No se encontró un patrón que permitiera definir qué tipo de elementos tendía a ser movilizado hacia los bordes. De todos modos, en tubos cerrados, la interacción sólido-fluido provoca disminución de velocidad de flujo desde el centro hacia las paredes (Wolman, 1955; Ritter *et al*., 2002). Además se observó que en algunas oportunidades, elementos pequeños y livianos fueron levantados por el viento, siendo transportados por saltación y luego encontrados debajo de las tablas.

Se destaca que no fueron observadas importantes modificaciones en los huesos vinculadas con el transporte. No se observaron marcas de fricción ni roturas. Este resultado es esperable dado que el tiempo en el cual los huesos estuvieron sometidos a la acción del viento fue muy escaso como para provocar mayores modificaciones, aun considerando que podría haber partículas de sedimento movilizadas dentro del túnel de viento. Solo se verificó la pérdida de alguna epífisis sobre todo en huesos largos de anfibios, pero en general el grado de completitud de todos los elementos usados se mantuvo.

A efectos de evaluar la capacidad de movilidad por acción del viento de algunos tipos de elementos esqueléticos, se confeccionaron gráficos que comparan su desplazamiento en el sustrato madera. Los elementos comparados fueron tibias fósiles, de roedores y de anfibios; fémures fósiles, de roedores y de anfibios; húmeros fósiles, de roedores y de anfibios; hemimandíbulas fósiles, de roedores Cricetidae y Caviidae. Este tipo de análisis constituye una evaluación preliminar acerca de qué manera influyen el tamaño, la forma y la densidad de cada elemento esquelético en su dispersión, argumento que fue propuesto por Behrensmeyer (1975) para evaluar huesos de vertebrados de mediano y gran tamaño. En los experimentos en el túnel de viento, el tamaño de los elementos esqueléticos de los diferentes grupos analizados (anfibios y roedores fósiles y actuales) no constituyó una variable importante, pero sí lo fue su forma y densidad. Se observó que los huesos de anfibios en general se dispersaron con más facilidad que los de

roedores, tanto actuales como fósiles, ya que comparativamente los huesos de anfibios se transportaron a distancias mayores cuando se consideran las mismas velocidades de viento y los mismos tiempos de dispersión. Y en ese contexto, los ejemplares fósiles fueron los que tuvieron más dificultad para desplazarse. Tanto para los anfibios como para los roedores fósiles este carácter fue más notorio en los 10' de experiencia. No se ha realizado en el marco de este trabajo un análisis detallado de la densidad de los huesos y fósiles utilizados en las experiencias, pero de manera general se puede vincular, con los resultados obtenidos, esa característica con la capacidad de dispersión.

Las tibias de roedores fueron las que más se desplazaron en velocidad baja, en tanto a velocidades media y alta fueron las de anfibios (Figura 29). Los fémures de anfibios se desplazaron más en las 3 velocidades (Figura 30). Los húmeros de anfibios se desplazaron más a velocidades baja y media, pero los de roedores se trasladaron más a velocidad alta (Figura 31). A velocidad baja y media las hemimandíbulas de Caviidae fueron las que más se desplazaron, en tanto a velocidad alta fueron las de Cricetidae (Figura 32). En todas las categorías evaluadas los ejemplares fósiles fueron los que menos se desplazaron y prácticamente sólo a velocidad alta se observó movilidad de este último tipo de restos.

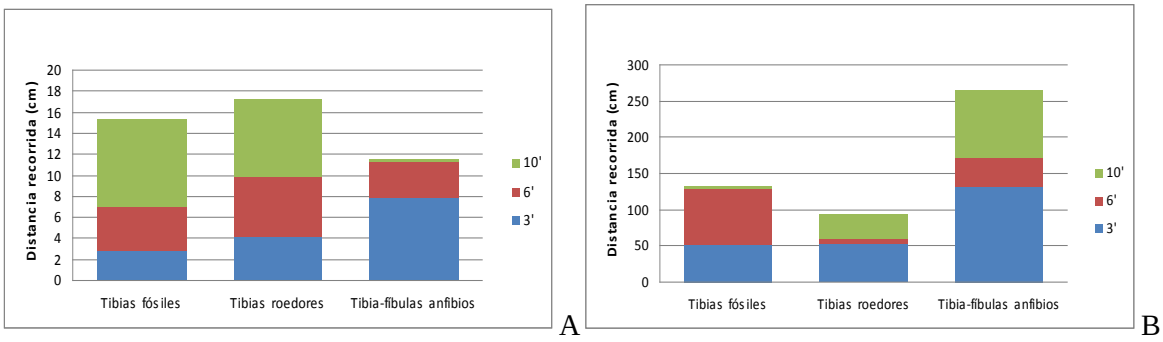


Figura 29. Comparación de dispersión de las distintas tibias en los 3 tiempos de medición. A. velocidad baja y B. velocidad media.

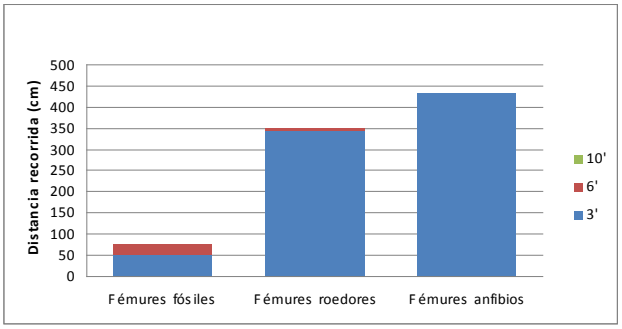


Figura 30. Comparación de dispersión de los distintos fémures en los 3 tiempos de medición a velocidad alta

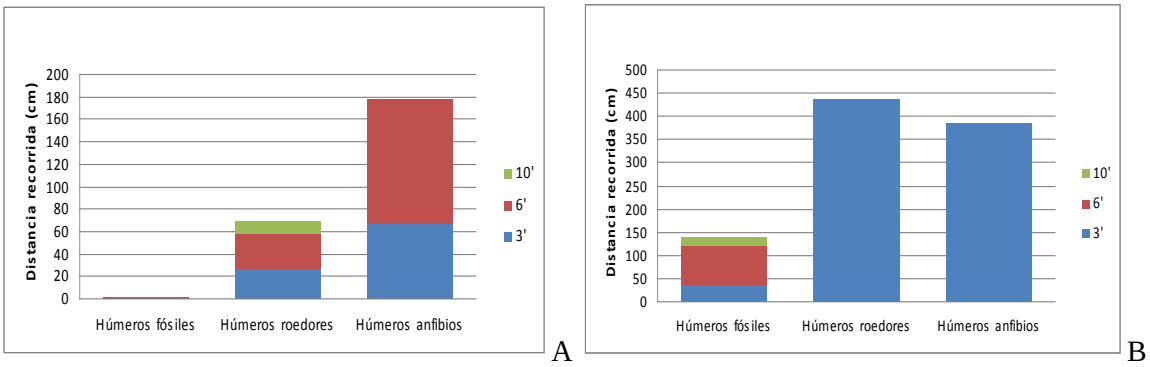


Figura 31. Comparación de dispersión de los distintos húmeros en los 3 tiempos de medición. A. velocidad baja y B. velocidad alta

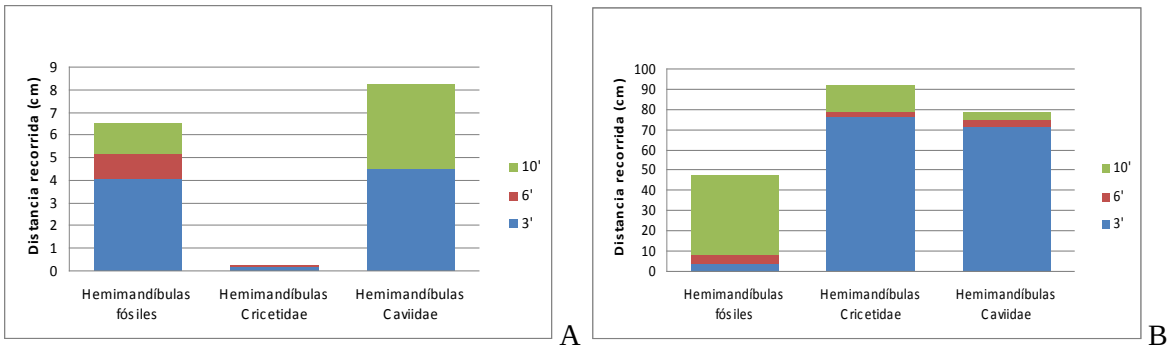


Figura 32. Comparación de dispersión de las distintas hemimandíbulas en los 3 tiempos de medición. A. velocidad baja y B. velocidad alta

Experimentos en el ambiente natural

Con respecto a las observaciones en el ambiente natural el día de colocación de las egagrópilas experimentales en el cuenco seco, el viento provenía del NO a 1,12 m/s. En la segunda visita, se hallaban desplazadas en sentido SE del punto inicial a 145 cm, ese día el viento provenía del OSO y 4 egagrópilas se hallaban en dirección E-O, mientras que 1 se encontraba en dirección NO-SE (Ver Figura 15). Todas permanecieron sin cambios en su posición, excepto 1 que en la cuarta visita se desplazó unos 30 cm y se reorientó al N-S. No hubo ningún cambio hasta la visita 7 (10 de noviembre) cuando esta misma egagrópila se hallaba a 191 cm, en dirección NE-SO. El día previo el viento provenía del SO a 12 Km/h, lo cual habría facilitado el desplazamiento y orientación de dicha egagrópila. Sorpresivamente no hubo cambios en la posición de ninguna de las egagrópilas utilizadas hasta la visita del 17 de noviembre. Es probable que la rugosidad del terreno provocada por la presencia de costra salina, actuara como barrera que impidió el desplazamiento de las egagrópilas. Posteriormente, llovieron 26 mm lo que anegó la zona y provocó la desaparición de las mismas. Al repetir la experiencia el día 18 de noviembre en el mismo sitio, en ese momento el viento provenía del NNE a 1,04 m/s. Al día siguiente, el flujo

cambió su dirección en 180º, proviniendo del SSO a 1,52 m/s. Ese cambio de dirección provocó el desplazamiento de egagrópilas, estando dispersas y llegando una a 373 cm del punto inicial. Tres egagrópilas se encontraron paralelas a las direcciones predominantes y la más lejana en dirección E-O, lo que coincide con las observaciones realizadas en el túnel de viento, en donde se constató que las mismas se desplazan por rodado, de forma perpendicular al flujo que las moviliza.

En cuanto a las egagrópilas en nido 1, luego del primer día se habían desplazado unos pocos centímetros al S. El viento provenía del NNE y las mismas se alinearon de manera más o menos paralela al flujo de viento. El tercer día no hubo variaciones en la posición porque el viento provino de la misma dirección. Al cuarto día se observó un cambio de 180º respecto a la dirección del viento y eso provocó que las egagrópilas se ubicaran en dirección E-O, dirección que mantuvieron hasta el día noveno en el que una egagrópila se ubicó al NE-SO, con viento proveniente del S. Con el paso de los días se fueron encontrando en las inmediaciones de la cueva nuevas egagrópilas pero no se registraron cambios en posición u orientación. Las del nido 2 se hallaban desplazadas en sentido SO respecto al nido. Las mismas permanecieron sin variación hasta el final de las experiencias ya que fueron trabadas en las plantas de los bordes y el viento no pudo cambiar su posición.

Si bien, y considerando estas observaciones, se intentó vincular la movilidad verificada para estas egagrópilas y las velocidades del viento evaluadas para el período de observaciones a nivel del suelo, los datos no fueron siempre alentadores. En el ambiente natural, las egagrópilas sólo en algunos casos se movilizaron y reorientaron en vinculación con el viento predominante. En muchos casos las características del sustrato o la presencia de vegetación favorecieron su trabado e impidieron su movilidad. Muchas sufrieron su disgregación total o enterramiento entre 20 días y 1 mes, lo que las pone fuera de la acción del viento, al menos temporariamente. Perillo (2003) indicó que la vegetación es un factor clave en el transporte y retención de sedimento por acción del viento, indicando que impide la puesta en movimiento del mismo y reduce o aún elimina el propio transporte. Estas observaciones pueden ser traspoladas a otro tipo de objetos movilizados por el viento, como pueden ser los pequeños huesos de microvertebrados y también las egagrópilas.

Por lo expuesto, cuestiones vinculadas con el tipo de sustrato y otras variables meteorológicas como por ejemplo lluvias, hicieron que fuera en muchos casos difícil discernir si la movilidad o la estabilidad de las egagrópilas respondían exactamente a una

vinculación con la velocidad y dirección del viento. Debe resaltarse también la acción que el mismo depredador puede ejercer pisoteando, movilizando y dispersando egagrópilas y huesos (Andrews, 1990).

Con respecto a las egagrópilas evaluadas en el túnel se observó que cuando fueron sometidas a la acción del viento a velocidad baja, se desplazaron poco. A velocidades baja y media, las más afectadas fueron las que se ubicaron con su eje mayor perpendicular al flujo del viento en el origen. A velocidad alta, en cambio, se movilizaron más las ubicadas con su eje paralelo al punto de origen. Se observó además en esos casos una cierta tendencia a la disgregación, seguramente ayudada por la acción de la fuerza del viento sobre ellas.

Cuando se sometieron egagrópilas semidisgregadas a la acción del viento en el túnel se observó que rápidamente se rompían más, liberando los huesos contenidos. Esto es interesante ya que muestra que, cuando comienza el proceso de disgregación (que en el ambiente natural puede facilitarse por muchos efectos, como acción de artrópodos, pisoteo, acción de agua de lluvia e incluso acción del viento), si la egagrópila no se entierra, seguramente en poco tiempo los huesos contenidos en ella quedan liberados en el ambiente.

Korth (1979) observó que a los 20 m del punto de origen las egagrópilas sometidas a transporte hidráulico comenzaban a perder alguno de los huesos contenidos en ella. Entre los 80 y los 200 m, las egagrópilas se disgregaban totalmente y se perdían todos los materiales incluidos en ella. Posteriormente, Fernández Jalvo y Andrews (2003) experimentaron con egagrópilas en tambores con agua, observando que aquellas que previamente habían sido sumergidas en agua no experimentaban cambios notables después de una hora de rotación (a velocidad de 15 cm/s), a las 4 horas comenzaron a perder textura externa y disgregarse, después de 16 horas los huesos contenidos eran bien visibles en la egagrópila, en tanto a las 32 horas los huesos se dispersaron completamente. Si bien esos experimentos fueron realizados para verificar el efecto de la acción del agua sobre las egagrópilas, se podría plantear que, de acuerdo a lo observado en el marco de esta tesina, la continuidad de la acción del viento a una distancia mayor que la que se evaluó con el túnel de viento (más de 6 metros) o la continuidad temporal de la propia acción del viento (más de 10’), facilitaría que las egagrópilas aceleren su proceso de disgregación y pérdida de materiales.

En cuanto a los 55 huesos monitoreados que corresponden a los desprendidos de varias egagrópilas semidisgregadas o disgregadas en el ambiente natural y además a

aquellos que fueron encontrados aislados, 28 sufrieron algo de transporte, 13 se trabaron en algún momento de las observaciones, principalmente entre plantas y 24 se mantuvieron en el lugar en que se habían hallado por primera vez. Hubo huesos que en el transcurso de las observaciones se perdieron (22% del total evaluado) y no pudieron ser posteriormente localizados. Las alternativas propuestas para explicar esa pérdida durante el período evaluado son, en primer lugar que la acción del viento los desplazara mucho más lejos del área de observación, es decir mucho más de lo esperado y por lo tanto no fueron localizados o bien que se enterraron y no se pudo identificar dónde (en el caso de experimentos hechos sobre sustrato tierra). Estas observaciones preliminares confirman en parte la sugerencia realizada por Behrensmeyer *et al.* (2003) acerca de que los huesos de pequeños vertebrados se destruyen o son enterrados rápidamente en ambientes continentales abiertos.

Conclusiones

La acción del viento genera transporte y dispersión de los restos esqueléticos de microvertebrados previamente acumulados por acción depredadora.

En estos experimentos se evaluó de qué modo se dispersan, tanto egagrópilas como huesos aislados en el túnel de viento y en el ambiente natural.

En el túnel de viento, para el caso de los huesos de anfibios se observó que son las vértebras las que primero se dispersan, seguidas por los maxilares. Los elementos de anfibios menos susceptibles al transporte son los huesos ilíacos. Estas características mostrarían de qué modo se pueden reagrupar este tipo de huesos cuando son afectados por la acción del viento.

Para los roedores, las vértebras en general, cráneos y escápulas (elementos más livianos y con gran superficie de rozamiento) son los elementos más susceptibles al transporte y dispersión, siendo los menos afectados las hemimandíbulas y en menor medida los incisivos. Estos elementos ofrecen una superficie menor de resistencia al flujo de viento, sumado a una mayor densidad. Estas observaciones mostraron que para muchos de los elementos esqueléticos de roedores, la acción del viento actúa de manera similar a como actúa un flujo de agua. Por lo expuesto y de modo preliminar, se podría indicar que el viento genera un patrón de reagrupamiento similar al que genera la acción del agua.

Entre los elementos fósiles la escápula y las pelvis son los elementos que evidenciaron un mayor transporte en las experiencias, mientras que el cráneo y la mandíbula articulada no fueron casi afectados por el flujo.

Con respecto a las observaciones realizadas en el túnel de viento y en el ambiente natural surgió que la acción del viento constituye un factor importante en la dispersión de egagrópilas, y cuando se las evaluó semidisgregadas se verificó que constituye un buen agente de dispersión de los restos esqueléticos en ellas contenidas. Sin embargo, y considerando lo que ocurre en el ambiente natural, no debe descartarse que otros factores, como por ejemplo la acción que el mismo depredador puede ejercer moviendo los elementos, pueden contribuir a sesgar los datos obtenidos y, de hecho en esas observaciones, en muchos casos no se pudo verificar una vinculación directa entre el transporte de determinados materiales y el viento.

Estas experiencias mostraron también que el sustrato sobre el que se encuentra la acumulación y sobre el que se dispersan las egagrópilas y los huesos juega un rol importante en el transporte de los mismos. Fueron marcadas importantes diferencias de la acción del viento en el túnel de viento sobre sustrato madera o sustrato tierra. Y en el ambiente natural se destaca la acción que la vegetación juega impidiendo el desplazamiento de los materiales. También se observó que la interacción entre diferentes elementos óseos presentes en la acumulación puede provocar diferencias en los patrones de transporte, sobre todo cuando esas acumulaciones sufren acción de velocidades bajas de viento.

Por lo expuesto, se plantea que el análisis de la acción del viento movilizando pequeños huesos puede ser una vía de evaluación e interpretación de la distribución de restos faunísticos en sitios arqueológicos o yacimientos paleontológicos generados en ambientes continentales abiertos, y en los cuales puedan ser descartados otros factores intervinientes.

Referencias bibliográficas

Alonso Diago, M.A., Hoyos Gómez, M. y Alberdi, M.T. 2002. Tafonomía y Ambiente Sedimentario del Yacimiento de Huelago. Estudios Geológicos 58: 11-25.

Alonso Diago, M.A., Hoyos Gómez, M. y Alberdi, M.T. 2003. Tafonomía del Yacimiento de Vertebrados Pleistoceno de Huéscar-1 (Granada, España). Estudios Geológicos 59: 213-227.

Andrews, P. y Evans, E.M.N. 1983. Small mammals bone accumulations produced by mammalian carnivores. Paleobiology 9: 289-307.

Andrews, P. 1990. Owl, Caves and Fossils. The University of Chicago Press, 231 pp.

Andrews, P. 1995. Experiments in Taphonomy. Journal of Archaeological Science 22: 147-153.

Andrews, P y Whybrow, P. 2005. Taphonomic observations on a camel skeleton in a desert environment in Abu Dhabi. Society of Vertebrate Paleontology 8: 1-17.

Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A. y Robledo, C. W. 2008. InfoStat. Manual del Usuario. Ed. Brujas, Córdoba, Argentina

Behrensmeyer, A.K. 1975. The taphonomy and paleoecology of Plio-Plesistocene vertebrate assemblages east of Lake Rudolf, Kenya. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology 146: 473-578.

Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information on bone weathering. Paleobiology 4:150-162.

Behrensmeyer, A.K., Stayton, C. y Chapman, R., 2003. Taphonomy and ecology of modern avifaunal remains from Amboseli Park, Kenya. Paleobiology 29 (19): 52-70.

Blasco Sancho, F. 1992. Tafonomía y Prehistoria. Métodos y Procedimientos de Investigación. Departamento Ciencias de la Antigüedad (Prehistoria). Universidad de Zaragoza, 254 pp.

Blob, R. W. y Fiorillo, A. R. 1996. The significance of vertébrate microfossil size and shape distributions for faunal abundance reconstructions: a Late Cretaceous example. Paleobiology, 22 (3): 422-435.

Borrero, L.A., Martin, F.M. y Vargas, J. 2005. Tafonomía de la interacción entre pumas y guanacos en el Parque Nacional Torres del Paine, Chile. Magallania 33: 95-114.

Brand, L.R., Hussey, M. y Taylor, J. 2003. Decay and dissarticulation of small vertebrates in Controlled Experiments. Journal of Taphonomy 1 (2): 69-95.

Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Tomo II, fascículo 1. Ed. ACME S.A.C.I. Buenos Aires, 85 pp.

Coard, R. 1999. One bone, two bones, wet bones, dry bones: transport potentials under experimental conditions. Journal of Archaeological Science 26: 1369-1375.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L. Tablada, M. y Robledo, C. W. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: http://www.infostat.com.ar

Dodson, P. 1973. The significance of small bones in paleoecological interpretation. Contributions to Geology, University of Wyoming 12: 15-19.

Fernández Jalvo, Y., Sánchez Chillón, B., Andrews, P., Fernández López, S. y Alcalá Martinez, L. 2002. Morphological taphonomic transformations of fossil bones in continental environments, and repercussions on their chemical composition. Archaeometry 44 (3): 353-361.

Fernández Jalvo, Y. y Andrews, P. 2003. Experimental effects of water abrasion on bone fragments. Journal of Taphonomy 1 (3): 147-163.

Fernández López, S.R. 1999. Tafonomía y Fosilización. En: Tratado de Paleontología. Tomo I. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 51-107, 438-441. Madrid.

Fernández López, S., 2000. Temas de Tafonomía. Departamento de Paleontología. Universidad Complutense de Madrid, 167 pp.

Hill, A. y Behrensmeyer, A.K. 1984. Dissarticulation patterns of some modern East African mammals. Paleobiology 10: 366-376.

Hill, A. y Behrensmeyer, A.K. 1985. Natural dissarticulation and bison butchery. American Antiquity 50 (1): 141-145.

Kaltschmitt, M., Streicher, W. y Wiese, A. 2007. Renewable energy: technology, economics, and environment. Ed. Springer, 538 pp.

Khajuria, C. K. y Prasad, G. V. R. 1998. Taphonomy of a Late Cretaceous mammal-bearing microvertebrate assemblage from the Deccan inter-trappean beds of Naskal, peninsular India. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 137: 153-172.

Korth, W.W. 1979. Taphonomy of microvertebrate fossil assemblages. Annals of Carnegie Museum 48: 235-285.

Littleton, J. 2000. Taphonomic effects of erosion on deliberately buried bodies. Journal of Archaeological Science 27: 5-18.

Lloveras, L., Moreno-García, M. y Nadal, J. 2008. Taphonomic analysis of leporid remains obtained from modern Iberian Lynx (*Lynx pardinus*) scats. Journal of Archaeological Science 35: 1-13.

Lloveras, L., Moreno-García, M. y Nadal, J. 2009. The Eagle Owl (*Bubo bubo*) as a leporid remains accumulator. Taphonomic analysis of modern rabbit remains recovered from nests of this predator. International Journal of Osteoarchaeology 19: 573-592.

Lyman, R.L. 1994. Vertebrate Taphonomy. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press 524 pp.

Montalvo, C.I., Pessino, M. y González, V. 2007. Taphonomic analysis of remains of mammals eaten by pumas (*Puma concolor* Carnivora, Felidae) in central Argentina. Journal of Archaeological Science 34: 2151-2160.

Montalvo, C.I., Melchor, R.N., Visconti, G. y Cerdeño, E. 2008a. Vertebrate taphonomy in loess-palaeosol deposits: A case study from the late Miocene of central Argentina. Geobios 41: 133-143.

Montalvo, C. I., Pessino, M y Bagatto, F. 2008b. Taphonomy of the bones of rodents consumed by Andean hog-nosed skunks (*Conepatus chinga*, Carnivora, Mephitidae) in central Argentina. Journal of Archaeological Science 35: 1481-1488.

Montalvo, C.I. y Tallade, P. 2009. Taphonomy of the accumulations produced by *Caracara plancus* (Falconidae). Analysis of prey remains and pellets. Journal of Taphonomy 7 (2-3): 235-248.

Payne, J.A. 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. Ecology 46: 592-602.

Perillo, G. 2003. Dinámica de transporte de sedimentos. Asoc. Arg. De Sedimentología. Pub. Esp. 2. 200 pp.

Pinto Llona, A.C. y Andrews, P. 1999. Amphibian taphonomy and its application to the fossil record of Dolina (middle Pleistocene, Atapuerca, Spain). Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology 149: 411-429.

Ritter, D., Kochel, R.C. and Miller, J. 2002. Process Geomorphology. Fourth edition. Waveland Press, 576 pp.

Smoke, N.D. y Stahl, P.W. 2004. Post-burial fragmentation of microvertebrate skeletons. Journal of Archaeological Science 31: 1093-1100.

Stahl, P.W. 1996. The recovery and interpretation of microvertebrate bone assemblages from archaeological contexts. Journal of Archaeological Method and Theory 3 (1): 31-75.

Toots, H. 1965. Sequence of disarticulation in mammalian skeletons. Contr. Geol. Univ. Wyoming 4: 37-39.

Valli, A.M.F. 2005. Taphonomy of the late Miocene mammal locality of Akkaşdaği, Turkey, in Sen S. (ed.), Geology, mammals and environments at Akkaşdaği, late Miocene of Central Anatolia. Geodiversitas 27 (4): 793-808.

Voohries, M. R. 1969. Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska. Contrib. to Geol. Univ. of Wyoming. Spec. Pap. No. 2. Laramie, Wyoming: Univ. Wyoming Press (1): 1-69.

Wolff, R. G. 1973. Hydrodynamic sorting and ecology of a Pleistocene mammalian assemblage from California. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 13: 91-101.

Wolman, M. G. 1955. The natural channel of Brandywine Creek, Pa. U.S. Geological Survey Professional Paper 271.

Apéndice 1: Número de elementos usados incluyendo largo y ancho promedio de los distintos materiales utilizados en los experimentos con túnel de viento

Anfibios	Cantidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)
Fémures	**10**	**13,99**	**2,2**
Húmeros	**10**	**10,89**	**2,92**
Tibia-fíbulas	**10**	**11,88**	**3,05**
Radio-ulnas	**10**	**8,22**	**2,67**
Maxilares	**10**	**10,09**	**2,67**
Ilíacos	**10**	**14,93**	**4,95**
Tibial-fibulares	**10**	**7,66**	**2,29**
Vértebras	**10**	**2,1**	**6,97**
Roedores Cricetidae			
Fémures	**10**	**14,18**	**3,26**
Húmeros	**10**	**11,96**	**2,99**
Radios	**10**	**12,01**	**1,38**
Ulnas	**10**	**10,41**	**0,91**
Tibias	**10**	**16,59**	**3,58**
Hemimandíbulas	**10**	**12,33**	**5,355**
Pelvis	**10**	**14,51**	**5,53**
Incisivos superiores	**10**	**6,16**	**1,07**
Incisivos inferiores	**10**	**12,71**	**1,17**
Hemipaladares	**5**	**10,56**	**4,73**
Escápulas	**10**	**10,26**	**5,54**
Cráneos	**10**	**14,65**	**10,48**
Metápodos	**10**	**5,27**	**1,07**
Molares	**10**	**2,24**	**1,48**
Astrágalos	**10**	**2,64**	**1,69**
Calcáneos	**10**	**3,34**	**0,86**
Vértebras chicas (hasta 2 mm de largo)	**10**	**2,61**	**2,48**
Vértebras medianas (desde más de 2 mm hasta 6 mm de largo)	**10**	**4,26**	**5,68**
Roedores Caviidae			
Mandíbulas	**4**	**20,48**	**5,64**
Maxilares	**4**	**17,73**	**13,04**
Roedores indeterminados fósiles			
Fémures	**10**	**20,97**	**6,01**
Húmeros	**9**	**18,21**	**5,89**
Tibias	**3**	**33,45**	**5,12**
Hemimandíbulas	**9**	**25,28**	**10,44**
Hemimandíbulas y rostros	**10**	**1554**	**7,72**
Incisivos	**10**	**13,52**	**1,98**
Escápulas	**1**	**20,1**	**12,3**
Pelvis	**7**	**22,54**	**6,67**
Cráneo y mandíbula articulada	**1**	**39,55**	**25,7**
Hemimandíbulas articuladas	**1**	**31,8**	**32,9**

Apéndice 2: Egagrópilas de distintos productores utilizadas en los experimentos, indicando cantidad, tamaño (largo ancho y grosor) y estado (enteras o disgregadas)

Tyto alba

Egagrópilas	Cantidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Grosor promedio (mm)
Enteras	**10**	**42,11**	**26,57**	**20,24**
Disgregadas	**30**	**38,3**	**26,82**	**20,01**

Athene cunicularia

Egagrópilas	Cantidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Grosor promedio (mm)
Enteras	**9**	**3.56**	**1.50**	**1.46**

Egagrópilas *Tyto alba* experimentales

Egagrópilas	Cantidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)
Enteras	**30**	**3,59**	**2,65**

Apéndice 3: Datos climáticos de dirección y velocidad promedio de vientos diarios para el período Octubre 2009 – Enero 2010 (Servicio Meteorológico Nacional). La última columna muestra los valores obtenidos aplicando la ecuación de Hellman a los valores tomados con la norma del Servicio Meteorológico Nacional

	Octubre (2009)			Se aplica ecuación de Hellman ($\alpha = 0,18$)
Día	Dirección	Velocidad en Km/h	Velocidad en m/s	**Velocidad a 1 cm de suelo (m/s)**
1	NNE	13,50	3,75	1,08
2	N	14,60	4,06	1,17
3	SSE	26,00	7,22	2,08
4	N	20,00	5,56	1,60
5	S	21,20	5,89	1,70
6	SSW	28,40	7,89	2,27
7	NNE	7,00	1,94	0,56
8	NNE	25,00	6,94	2,00
9	N	34,00	9,44	2,72
10	NNE	15,00	4,17	1,20
11	SW	21,00	5,83	1,68
12	SSW	14,00	3,89	1,12
13	S	19,00	5,28	1,52
14	SE	11,00	3,06	0,88
15	S	21,00	5,83	1,68
16	NNE	15,00	4,17	1,20
17	N	12,00	3,33	0,96
18	NNW	5,30	1,47	0,42
19	SSW	8,30	2,31	0,66
20	SSE	17,00	4,72	1,36
21	NNW	10,00	2,78	0,80
22	N	26,00	7,22	2,08
23	S	34,00	9,44	2,72
24	SSW	21,00	5,83	1,68
25	W	22,00	6,11	1,76
26	NNE	23,00	6,39	1,84
27	N	20,00	5,56	1,60
28	NW	7,50	2,08	0,60
29	ESE	18,00	5,00	1,44
30	S	23,00	6,39	1,84
31	NE	15,50	4,31	1,24

	Noviembre (2009)			Se aplica ecuación de Hellman (α = 0,18)
Día	Dirección	Velocidad en Km/h	Velocidad en m/s	**Velocidad a 1 cm de suelo (m/s)**
1	SE	34,00	9,44	2,72
2	SE	26,00	7,22	2,08
3	SW	17,00	4,72	1,36
4	NW	14,00	3,89	1,12
5	WSW	8,00	2,22	0,64
6	SSE	20,00	5,56	1,60
7	SW	17,00	4,72	1,36
8	SW	12,00	3,33	0,96
9	SW	20,00	5,56	1,60
10	WSW	12,00	3,33	0,96
11	SW	9,50	2,64	0,76
12	NNW	9,50	2,64	0,76
13	SSE	16,50	4,58	1,32
14	SE	15,50	4,31	1,24
15	SE	18,00	5,00	1,44
16	N	23,00	6,39	1,84
17	SSE	19,00	5,28	1,52
18	NNE	13,00	3,61	1,04
19	SSW	19,00	5,28	1,52
20	NE	13,00	3,61	1,04
21	ENE	19,00	5,28	1,52
22	ESE	12,00	3,33	0,96
23	SE	18,00	5,00	1,44
24	E	25,00	6,94	2,00
25	S	16,00	4,44	1,28
26	S	15,00	4,17	1,20
27	N	11,00	3,06	0,88
28	N	10,00	2,78	0,80
29	S	19,50	5,42	1,56
30	SSW	18,50	5,14	1,48

	Diciembre (2009)			Se aplica ecuación de Hellman (α = 0,18)
Día	Dirección	Velocidad en Km/h	Velocidad en m/s	**Velocidad a 1 cm de suelo (m/s)**
1	S	14,00	3,89	1,12
2	SW	21,00	5,83	1,68
3	SSE	16,00	4,44	1,28
4	N	21,00	5,83	1,68
5	N	26,00	7,22	2,08
6	SE	15,00	4,17	1,20
7	NNE	10,00	2,78	0,80
8	N	9,00	2,50	0,72
9	NW	10,00	2,78	0,80
10	N	12,00	3,33	0,96
11	ESE	12,50	3,47	1,00
12	ENE	17,50	4,86	1,40
13	N	24,50	6,81	1,96
14	SW	14,10	3,92	1,13
15	NNE	22,00	6,11	1,76
16	N	18,00	5,00	1,44
17	N	29,00	8,06	2,32
18	E	12,50	3,47	1,00
19	S	19,00	5,28	1,52
20	NNW	9,00	2,50	0,72
21	N	11,00	3,06	0,88
22	N	15,00	4,17	1,20
23	NNE	16,50	4,58	1,32
24	SSE	16,00	4,44	1,28
25	NNE	16,00	4,44	1,28
26	ESE	14,00	3,89	1,12
27	SE	10,00	2,78	0,80
28	SE	16,00	4,44	1,28
29	S	18,50	5,14	1,48
30	WSW	9,00	2,50	0,72
31	N	13,50	3,75	1,08

	Enero (2010)			Se aplica ecuación de Hellman (α = 0,18)
Día	Dirección	Velocidad en Km/h	Velocidad en m/s	**Velocidad a 1 cm de suelo (m/s)**
1	WSW	9,50	2,64	0,76
2	NNW	11,00	3,06	0,88
3	NNW	30,00	8,33	2,40
4	NNW	13,50	3,75	1,08
5	E	13,00	3,61	1,04
6	SSW	13,00	3,61	1,04
7	NNW	20,00	5,56	1,60
8	NNW	20,00	5,56	1,60
9	NNE	14,00	3,89	1,12
10	ESE	15,30	4,25	1,23
11	NNE	23,00	6,39	1,84
12	SSW	21,50	5,97	1,72
13	WSW	15,00	4,17	1,20
14	SW	11,00	3,06	0,88
15	N	10,00	2,78	0,80
16	N	15,00	4,17	1,20
17	S	16,50	4,58	1,32
18	N	8,50	2,36	0,68
19	SW	14,00	3,89	1,12
20	WSW	11,00	3,06	0,88
21	SE	23,00	6,39	1,84
22	NE	25,00	6,94	2,00
23	N	23,00	6,39	1,84
24	N	20,00	5,56	1,60
25	NNE	21,00	5,83	1,68
26	N	19,00	5,28	1,52
27	N	15,00	4,17	1,20
28	N	25,00	6,94	2,00
29	E	18,50	5,14	1,48
30	SE	24,00	6,67	1,92
31	E	16,00	4,44	1,28