

Variaciones de los niveles de grasa y proteína en la leche de la foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii* Lesson, 1826) en la isla Laurie, Antártica: estudio preliminar

Variations of fat and protein levels in the Weddell seal (*Leptonychotes weddellii* Lesson 1826) milk at Laurie Island, Antarctica: preliminary study

María E. Márquez¹, Alejandro R. Carlini¹, Andrea V. Baroni² y Patricia A. Ronayne de Ferrer²

¹Depto. de Ciencias Biológicas, Instituto Antártico Argentino (D.N.A.), Cerrito 1248-(1010), Buenos Aires, Argentina

²Cátedras de Bromatología y Nutrición, Fac. de Farmacia y Bioquímica (U.B.A.), Junín 956-(1113), Buenos Aires, Argentina
mitsuki@dna.gov.ar

Abstract.- The Weddell seal (*Leptonychotes weddellii* Lesson, 1826) has in common with other antarctic phocids, a lactation characterized by high rates of nutrients and energy transfer. The study of the variations in the milk composition contributes to the knowledge about this particular model of lactation and allows the acquisition of basic information for veterinary medical studies. The present study shows the preliminary results of the analyses of the variations in milk fat and protein levels from four females sampled sequentially along lactation at Laurie Island, South Orkney Islands during the 2002 breeding season. Important inter individual variations were observed among the sampled females, but a similar pattern

along time which showed: a) an increasing trend for fat levels during the first half of the lactation period (13.04 to 61.25 g 100 g⁻¹), and then maintaining high values (41.21 to 48.88 g 100 g⁻¹) from this point until the end of suckling, and b) total protein levels fluctuated within a narrow range (8.10 to 11.74 g 100 g⁻¹) along the period. Fat and protein values are similar to those reported for other phocids, allowing for the rapid growth and the formation of the blubber to protect the pup and assure its survival.

Key words: Antarctic pinnipeds, milk protein, energy content, lactation

Introducción

El estudio de las características químicas de la leche y de su relación con los modelos de lactancia de las especies brinda datos de utilidad para el conocimiento biológico de las mismas, y para el posible desarrollo de fórmulas artificiales para ser empleadas en cachorros hallados abandonados o criados en cautiverio.

La composición de la leche cambia marcadamente durante el curso de la lactancia en muchas especies de pinnípedos (Jenness & Sloan 1970, Bonner 1984, Tedman 1985, Jenness 1986, Oftedal 1993, Carlini *et al.* 1994, Oftedal & Iverson 1995), la cual refleja el aumentado estrés fisiológico de las hembras y el cambio en los requerimientos metabólicos de las crías (Riedman & Ortiz 1979). Se observa una tendencia general de aumentar la concentración de sólidos en la leche a lo largo del tiempo, principalmente el contenido de lípidos, siendo esto más evidente en las especies de fócidos que ayunan mientras amamantan a sus crías (Kooyman & Drabek 1968, Riedman & Ortiz 1979, Bonner 1984, Tedman 1985, Costa 1993, Oftedal 1993, Carlini *et al.* 1994, Oftedal & Iverson 1995). Esta estrategia de lactancia puede ser una

respuesta adaptativa para mantener el balance de agua en las hembras y proveer una leche rica en energía y nutrientes para transferir a la cría en un corto período (4-45 días).

La foca de Weddell pare en el hielo marino y alimenta a su cachorro durante aproximadamente 45 días (33-55 días) (Lindsey 1937, Bertram 1940, Stirling 1969, Kaufman *et al.* 1975, Laws 1981, Tedman 1985). Luego de la primera o segunda semana de lactancia, la madre realiza viajes al mar donde posiblemente se alimenta (Mansfield 1958, Thomas & DeMaster 1983, Testa *et al.* 1989, Costa 1993, Oftedal 1993), pero sólo recobra una parte de los nutrientes brindados a su cachorro por lo cual continúa perdiendo las reservas acumuladas durante el periodo no reproductivo (Testa *et al.* 1989). Esto no corresponde al patrón general de lactancia de los fócidos que ayunan totalmente durante este período (Bonner 1984, Costa 1993).

El estudio de las variaciones en la composición de la leche permite, por un lado, ampliar nuestro conocimiento de este modelo particular, pero además, obtener información básica para estudios de medicina veterinaria.

El cachorro de foca de Weddell es alimentado con una leche rica en grasa (aproximadamente 42-60%) (Kooyman & Drabek 1968, Tedman 1985, este estudio), lo que le permite cuando menos cuadruplicar su peso corporal al final del período de lactancia, formando una capa subcutánea de grasa que lo protege de las bajas temperaturas del medio ambiente antártico y que también actúa como reserva corporal hasta su alimentación independiente en el mar (Tedman 1985).

El objetivo de nuestro trabajo fue contribuir a un mejor conocimiento de la estrategia de lactancia de esta especie, mediante el estudio de los niveles de grasa y de las proteínas lácteas, en ejemplares muestreados en una población reproductiva en Antártica, durante su período de lactancia. En el presente trabajo se informan los resultados preliminares de los estudios realizados.

Material y métodos

Durante la campaña antártica de 2002 en la isla Laurie (islas Orcadas del Sur), se obtuvieron muestras de leche de cuatro hembras de foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii* Lesson, 1826), con fecha conocida de parto. Los animales se muestrearon en 4-5 oportunidades durante el período de lactancia luego de inmovilizarlos con una inyección intramuscular de la mezcla de clorhidrato de ketamina (Ketamina, 2 mg kg⁻¹ de peso corporal) y de clorhidrato de xilazina (Rompún, 1 mg kg⁻¹ de peso corporal). Las focas se marcaron y se les tomaron muestras de leche luego de administrarle una inyección intramuscular de 40 unidades internacionales de oxitocina sintética (Tedman & Green 1987). Se lavó y limpió el área del pezón de las hembras para prevenir la contaminación de la leche extraída, y las muestras de leche fueron preservadas en frascos de plástico herméticos, a -20°C hasta su análisis. Las muestras de leche entera se analizaron con la siguiente metodología: a) la concentración de grasa se determinó por el método de Roese-Gottlieb (AOAC 1990), b) el nitrógeno total (NT) fue determinado por el método de micro-Kjeldahl (AOAC 1990), y la concentración de proteína cruda se calculó como 6,38 x NT. Para calcular el valor energético de la leche, aportado por la grasa y las proteínas, se emplearon los datos de la composición química y como valores calóricos 39,5 kJ g⁻¹ y 23,8 kJ g⁻¹, respectivamente (Paine 1971). Los hidratos de carbono resultan poco significativos en el aporte energético total en la leche de la mayoría de los fócidos (Jenness & Sloan 1970).

Para el análisis estadístico se empleó la transformación y^2 para la concentración de la grasa.

Para el análisis de las proteínas se utilizó la transformación exponencial: $e^{(P)} = a + b * \text{tiempo}$, donde

{P} representa la concentración de la proteína.

Resultados

En los resultados preliminares obtenidos se observaron importantes variaciones interindividuales en las hembras muestreadas, pero un patrón semejante a lo largo del tiempo que mostró: a) un marcado incremento en los niveles de grasa durante la primera mitad del período de lactancia (Fig. 1), manteniéndose con valores elevados desde este punto, hasta finalizar la misma. Esto representó un incremento en el contenido de grasa del 138 al 316% en los ejemplares muestreados, desde el comienzo al final del período de lactancia medido. Para evaluar si ese incremento era estadísticamente significativo se utilizó un modelo de regresión sobre la variable transformada de la forma: $y^2 = a + b * \text{tiempo}$. En estas condiciones las regresiones lineales correspondientes resultaron significativas para tres de las cuatro hembras ($P < 0,05$); b) niveles de proteínas totales con fluctuaciones dentro de un estrecho margen (8,10 a 11,74 g 100 g⁻¹) a lo largo del período. En el caso de la concentración de la proteína cruda, su comportamiento en función del tiempo permitió observar una tendencia ascendente durante la primera mitad del período de lactancia para algunas hembras, y en un caso descendente hacia el final del período medido, mientras que en otra se estabilizó (Fig. 2). Al utilizarse la transformación exponencial se obtuvieron resultados significativos para dos de las cuatro hembras estudiadas. Es evidente que para describir el comportamiento de esta variable en el tiempo se hace necesario contar con un mayor número de observaciones debido a la mayor complejidad de las variaciones observadas.

Si bien el número de observaciones de este estudio preliminar no permite la generalización a la población de focas de Weddell, en caso de contar en el futuro con mayor número de ejemplares podría ser realizada utilizando un modelo de medidas repetidas. Sin embargo,

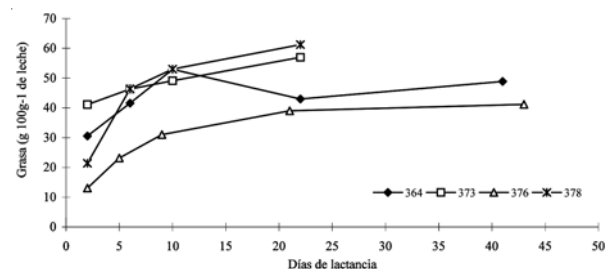


Figura 1

Niveles de grasa en leche de la foca de Weddell durante el período de lactancia

Fat milk levels in Weddell seal milk during the lactation period

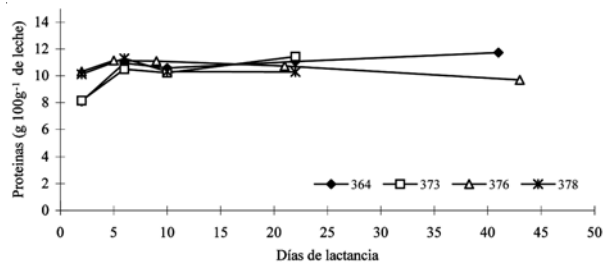


Figura 2

Niveles de proteínas totales lácteas de la foca de Weddell durante el período de lactancia

Total milk protein levels of Weddell seal during the lactation period

el análisis efectuado sobre cada hembra en forma individual sugiere que el modelo utilizado describe la evolución de la variable en cada individuo.

Discusión

Cambios en la composición de la leche

Muchas especies de fócidos presentan marcadas variaciones en la composición de la leche a lo largo de la lactancia, especialmente referidas a la concentración de proteína y grasa, y un alto contenido calórico de la misma (Tabla 1), en comparación con otros mamíferos, especialmente los terrestres (Jenness & Sloan 1970, Hall 1979, Dils 1986, Jenness 1986, Merchant *et al.* 1989, Oftedal & Iverson 1995, ver Tabla 1). En general, en los fócidos este modelo parece favorecer una concentración y acortamiento del período mínimo indispensable de permanencia en un sustrato sólido, donde la parición y el amamantamiento tienen lugar (Riedman & Ortiz 1979, Bonner 1984, Costa 1993, Oftedal 1993).

En el presente estudio se realizaron tomas secuenciales a lo largo de toda la lactancia de la foca de Weddell, lo cual permitió observar que también en este fócido antártico la composición de la leche cambia rápidamente al iniciarse este período. La leche se concentra con el progreso de la lactancia, debido a un aumento del contenido de grasa, alcanzando un valor máximo cercano al 60%. Con respecto a la grasa, en otras especies de pinnípedos se ha informado que el cambio es debido a las necesidades fisiológicas de la hembra de retener agua en el período de ayuno, así como a los tiempos de amamantamiento, lo cual puede justificar el resultado obtenido en esta especie en estudio. La concentración de la proteína cruda, más elevada que los valores de especies terrestres (Ling *et al.* 1961, Jenness & Sloan 1970, Hibberd *et al.* 1982, ver Tabla 1) se

mantiene aproximadamente constante a partir del día 6 de lactancia. Estos hechos están posiblemente relacionados al rápido desarrollo del cachorro; la principal función de la grasa en la leche es aportar energía, mientras que la proteína es la fuente de aminoácidos para incorporarlos en la proteína corporal del cachorro en crecimiento.

Análisis del valor energético

La foca de Weddell, como otros fócidos antárticos, produce una leche de alto valor energético para cubrir los requerimientos del rápido desarrollo de la cría durante su período de lactancia. En las muestras analizadas, la cantidad de energía bruta transferida en la leche corresponde a 515-2419 kJ 100 g⁻¹ de leche, y 193-279 kJ 100 g⁻¹ de leche, provenientes de la grasa y la proteína, respectivamente. El contenido calórico de la leche de la foca de Weddell, como en la mayoría de los mamíferos marinos (Tabla 1), es más elevado que el de los mamíferos terrestres (Jenness & Sloan 1970, Jenness *et al.* 1981, Kretzmann *et al.* 1991, Puppione *et al.* 1992). Esto refleja un régimen de lactancia intenso y eficiente que permite a la hembra (especialmente en las especies que ayunan mientras amamantan), transferir a las crías una gran cantidad de energía en un período corto. Como en otros pinnípedos, el alto contenido energético de la leche de la foca de Weddell se debe a su elevada concentración de grasa. El porcentaje de calorías aportados por las proteínas en las muestras de leche analizadas ven del 20 ± 9% al inicio de la lactancia (día 2) hasta el 11 ± 2% hacia el final de la misma (días 22 a 43), con un promedio del 14 ± 4% para todo el período. Este descenso se explica por el aumento relativo en el porcentaje de grasa en la leche a lo largo del período. Estos resultados son similares a los informados en la bibliografía, donde se considera que sólo aproximadamente el 10% de la energía está presente como proteína (Blaxter 1961, Jenness 1986), mientras que menos del 5% de las calorías proviene de los hidratos de carbono (Jenness & Sloan 1970). Aunque no poseemos datos propios sobre la tasa de crecimiento de las crías de la foca de Weddell, otros investigadores han informado que ésta es mayormente consecuencia del alto nivel de lípidos en la leche y de la deposición de grasa como tejido adiposo subcutáneo que permite al cachorro sobrevivir a las bajas temperaturas del medioambiente antártico, y también actúa como reserva corporal hasta su alimentación independiente en el mar (Kooyman & Drabek 1968, Tedman 1985, Reijnders *et al.* 1990). Estos estudios previos y el presente trabajo demostraron que la leche se hace más concentrada con el progreso de la lactancia, reflejado por un aumento del contenido de grasa. La curva obtenida para los niveles de grasa en la leche (Fig. 1) que aumentan a lo largo de la lactancia, también coincide con lo informado por

Tabla 1

Valores de grasa, proteína y contenido energético de la leche de algunas especies de fócidos y mamíferos terrestres

Fat, protein and energy content of milk from some phocid species and terrestrial mammals

Especie	Duración de lactancia (días)	Grasa (g 100 g ⁻¹ de leche)	kJ 100 g ⁻¹ de leche, aportados por grasas (*)	Proteína cruda (g 100 g ⁻¹ de leche)	kJ 100 g ⁻¹ de leche, aportados por proteínas (*)	Ayuno (SI/NO)	Referencia
<i>Leptonychotes weddellii</i> (n= 4)	33 - 55	13,04 - 61,25	515 - 2419	8,10 - 11,74	193 - 279	SI (hasta mediados de la lactancia)	Este estudio
<i>Mirounga leonina</i> (n= 30)	21 - 24	12,11 - 51,69	478 - 2042	8,45 - 12,97	201 - 309	SI	Carlini <i>et al.</i> 1994
<i>Mirounga angustirostris</i> (n= 6-19)	20 - 28	27 - 51	1066 - 2014	8,4 - 9,2	200 - 219	SI	Oftedal 1993
<i>Lobodon carcinophagus</i> (n= 7)	28	35,03 - 50,77	1384 - 2005	10,04 - 10,78	239 - 257	SI (hasta mediados de la lactancia)	Green <i>et al.</i> 1993
<i>Cystophora cristata</i> (n= 7)	4	56 - 61	2212 - 2410	5,1 - 6,2	121 - 148	SI	Oftedal 1993
<i>Halichoerus grypus</i> (n= 8-11)	10 - 15	41 - 60	1620 - 2370	9,2 - 9,9	219 - 236	SI	Oftedal 1993
<i>Phoca vitulina</i> (n= n.d.)	24	45	1778	9,0	214	SI (hasta mediados de la lactancia)	Tedman 1985
<i>Ursus americanus</i> (n= 7-14)	300	23 - 30	908 - 1185	7,4 - 11,5	176 - 274	SI (en lactancia temprana)	Oftedal 1993
<i>Ursus arctos</i> (n= 5-8)	300 - 400	19 - 22	750 - 869	8,8 - 11,3	209 - 269	SI (en lactancia temprana)	Oftedal 1993
<i>Panthera leo</i> (n= 6)	45 - 90	8,7	344	11,8	281	NO	Oftedal & Iverson 1995
<i>Equus asinus</i> (n= 9)	30 - 180	1,8	71	1,7	40	NO	Oftedal & Iverson 1995
<i>Canis familiaris</i> (n= 25)	7 - 37	9,5	375	7,5	178	NO	Oftedal & Iverson 1995
<i>Rattus norvegicus</i> (n= 3-18)	8 - 17	8,8	348	8,1	193	NO	Oftedal & Iverson 1995

(*) Contenido energético calculado utilizando como valores calóricos 39,5 kJ g⁻¹ para grasas y 23,8 kJ g⁻¹ para proteínas (Paine 1971). (n) = Número de animales analizados. n.d. = No determinado.

Tedman & Green (1987) y Reijnders *et al.* (1990) y estarían correlacionados a la ganancia de peso de los cachorros y el crecimiento lineal hallado durante las 5 semanas post-parto (período de lactancia). De esto se deduce que en esta especie marina la tasa de crecimiento del lactante no se relaciona al contenido proteico de la leche, sino que es mayormente consecuencia de su contenido graso.

La concentración de los nutrientes determinados en este estudio coincide con el patrón general de composición química de la leche de los fócidos (Tabla

1). Entre los pinnípedos hay diferentes estrategias de lactancia reflejados en la longitud de mantenimiento de este período y basadas en el hecho de que las especies ayunen (fócidos) o se alimenten (otáridos) durante el amamantamiento de las crías (Bonner 1984, Costa 1993). La foca de Weddell presenta características que la diferencian de otras especies de fócidos antárticos: a) mantiene un período de lactancia relativamente más largo (aproximadamente 45 días) que se explicaría por la hipótesis que ayuna parcialmente durante el mismo, ingiriendo alimento en el mar al menos durante la

lactancia tardía, b) presenta otro patrón en la variación de los niveles de grasa en la leche. En un estudio previo (Carlini *et al.* 1994) en el elefante marino del sur (*Mirounga leonina*), demostramos que hacia el final del período de lactancia, los niveles de grasa en la leche caen abruptamente como consecuencia de las restricciones energéticas impuestas por el ayuno total en esta especie. En la foca de Weddell, Kooyman & Drabek (1968), Tedman (1985), Oftedal (1993) y este estudio, informan que la concentración de grasa en la leche aumenta a lo largo de la lactancia, manteniéndose en niveles altos hasta aproximadamente el fin de la misma. Este hecho probablemente refleja la contribución de nutrientes obtenidos de alimentos en cortos viajes al mar, al menos durante la última parte de la lactancia.

Agradecimientos

Este estudio se realizó en el marco de los convenios de cooperación científica entre la Dirección Nacional del Antártico, la Universidad de Buenos Aires y la Administración de Parques Nacionales. Los autores agradecen al personal científico destacado en la Base Antártica Orcadas: Guarda Parques G. Porro y G. Sánchez, quienes realizaron el muestreo de campo de los ejemplares analizados, y al Dr. E. Marschoff por el análisis estadístico de los datos. Se agradecen los comentarios y sugerencias de los evaluadores anónimos que contribuyeron a valorizar la redacción final del presente trabajo.

Literatura citada

- Association of Official Analytical Chemists/AOAC. 1990.** Official methods of analysis of the A.O.A.C. 2: 1-1230. Arlington, Virginia.
- Bertram GCL. 1940.** The biology of the Weddell and crabeater seals. British Graham Land Expedition (1934-1937) Scientific Reports 1: 1-139.
- Blaxter KL. 1961.** Lactation and the growth of the young. En: Kon SK & AT Cowie (eds), Milk: the mammary gland and its secretion 2: 305-361. Academic Press, New York.
- Bonner WN. 1984.** Lactation strategies in Pinnipeds: problems for a marine mammalian group. Symposium of the Zoological Society of London 51: 253-272.
- Carlini AR, MEI Márquez, GE Soave, DF Vergani & PA Ronayne de Ferrer. 1994.** Southern elephant seal, *Mirounga leonina*: Composition of milk during lactation. Polar Biology 14: 37-42.
- Costa DP. 1993.** The relationship between reproductive and foraging energetics and the evolution of the Pinnipedia. Symposium of the Zoological Society of London 66: 293-314.
- Dils RR. 1986.** Comparative aspects of milk fat synthesis. Journal of Dairy Science 69(3): 904-910.
- Green B, A Fogerty, J Libke, K Newgrain & P Shaughnessy. 1993.** Aspects of lactation in the crabeater seal (*Lobodon carcinophagus*). Australian Journal of Zoology 41: 203-213.
- Hall B. 1979.** Uniformity of human milk. The American Journal of Clinical Nutrition 32: 304-312.
- Hibberd CM, OG Brooke, ND Carter, M Haug & G Harzer. 1982.** Variation in the composition of breast milk during the first 5 weeks of lactation: implications for the feeding of preterm infants. Archives of Disease in Childhood 57: 658-662.
- Jenness R. 1986.** Lactational performance of various mammalian species. Journal of Dairy Science 69(3): 869-885.
- Jenness R & RE Sloan. 1970.** The composition of milks of various species: a review. Dairy Science Abstracts 32(10): 599-612.
- Jenness R, TD Williams, RJ Mullin. 1981.** Composition of milk of the sea otter (*Enhydra lutris*). Comparative Biochemistry and Physiology 70A: 375-379.
- Kaufman GW, DB Siniff & R Reichle. 1975.** Colony behavior of Weddell seals, *Leptonychotes weddellii*, at Hutton Cliffs, Antarctica. En: Ronald K & A Mansfield (eds). Biology of the Seal. Rapports et Proces Verbaux des Reunions du Conseil International pour l' Exploration de la Mer 169: 228-246.
- Kooyman GL & CM Drabek. 1968.** Observations on milk, blood, and urine constituents of the Weddell seal. Physiological Zoology 41: 187-194.
- Kretzmann MB, DP Costa, LV Higgins & DJ Needham. 1991.** Milk composition of Australian sea lion, *Neophoca cinerea*. Canadian Journal of Zoology 69: 2556-2561.
- Laws RM. 1981.** Biology of antarctic seals. Scientific Progress, Oxford 67: 377-397.
- Lindsey AA. 1937.** Weddell seals in the Bay of Whales, Antarctica. Journal of Mammalogy 18: 127-143.
- Ling ER, SK Kon & JWG Porter. 1961.** The composition of milk and the nutritive value of its components. En: Kon SK & AT Cowie (eds), Milk: the mammary gland and its secretion 2: 195-253. Academic Press, New York.
- Mansfield AW. 1958.** The breeding behaviour and reproductive cycle of the Weddell seal (*Leptonychotes weddellii* Lesson). Falkland Islands Dependencies Survey, Scientific Reports 18: 1-41.
- Merchant J, B Green, M Messer & K Newgrain. 1989.** Milk composition in the red-necked wallaby *Macropus rufogriseus banksianus* (Marsupialia). Comparative Biochemistry and Physiology 93A(2): 483-488.

- Oftedal OT. 1993.** The adaptation of milk secretion to the constraints of fasting in bears, seals, and baleen whales. *Journal of Dairy Science* 76(10): 3234-3246.
- Oftedal OT & SJ Iverson. 1995.** Comparative analysis of nonhuman milks. A. Phylogenetic variation in the gross composition of milks. En: Jensen RG (ed). *Handbook of milk composition*, pp. 749-789. Academic Press, San Diego.
- Paine RT. 1971.** The measurement and application of the calorie to ecological problems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2: 145-164.
- Puppione DA, R Jandacek & DP Costa. 1992.** Positional analyses of triacylglycerol fatty acids in the milk fat of the Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*). *Lipids* 27: 637-639.
- Reijnders PJH, J Plötz, J Zegers J & M Gräfe. 1990.** Breeding biology of Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) at Drescher Inlet, Riiser Larsen ice shelf, Antarctica. *Polar Biology* 10(4): 301-306.
- Riedman M & CL Ortiz. 1979.** Changes in milk composition during lactation in the northern elephant seal. *Physiological Zoology* 52: 240-249.
- Stirling I. 1969.** Birth of a Weddell seal pup. *Journal of Mammalogy* 50: 155-156.
- Tedman RA. 1985.** The Weddell seal, *Leptonychotes weddellii*, at Mc Murdo Sound, Antarctica: milk production in relation to pup growth. En: Ling JK & MM Bryden (eds). *Studies of sea mammals in South Latitudes*, pp. 41-52. South Australian Museum, Northfield.
- Tedman R & B Green. 1987.** Water and sodium fluxes and lactational energetics in suckling pups of Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*). *Journal of Zoology, London* 212: 29-42.
- Testa W, SEB Hill & DB Siniff. 1989.** Diving behavior and maternal investment in Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*). *Marine Mammal Science* 5: 399-405.
- Thomas JA & DP DeMaster. 1983.** Diel haul-out patterns of Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) females and their pups. *Canadian Journal of Zoology* 61: 2084-2086.

Recibido el 16 de abril de 2007 y aceptado el 4 de septiembre de 2007
devuelto por el autor el 14 de enero de 2008