

NITRÓGENO (NH_4^+ , NO_3^-), FÓSFORO ASIMILABLE Y METALES TRAZA (Hg, Cd, Pb, Zn, Ni y Cu) EN SUELOS DE LA COLONIA DE LA GAVIOTA PATIAMARILLA (*Larus cachinnans*) EN EL PARQUE NATURAL DE LAS ISLAS CÍES

X. L. Otero¹ & J. Mouriño²

¹ Departamento de Edafología e Química Agrícola. Facultade de Biología-Universidade de Santiago. 15706 Santiago de Compostela. Correo electrónico: edajax@usc.es

² Arcea, Xestión de Recursos Naturais, Apdo. 5330 36280 Vigo.

Resumen

La gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*) presenta en el Parque Natural de las Islas Cíes su mayor colonia de cría con una población aproximada de 20.000 parejas reproductoras. En el presente trabajo se pretende evaluar el efecto que sobre el contenido en nutrientes y metales traza en el suelo puede tener esta colonia. Para ello se seleccionaron tres acantilados en las islas Cíes y una zona control en cabo Home (sin presencia de gaviotas). Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que los suelos de los acantilados de la Percha, zona donde la gaviota patiamarilla lleva criando con densidades elevadas por lo menos desde los años 70, presenta para el nitrógeno, fósforo asimilable y metales traza concentraciones significativamente más elevadas que la zona control. Los otros dos acantilados de las islas Cíes (Campana y Figueiras) presentaron, en general, concentraciones intermedias entre las zona control y los suelos de los acantilados de la Percha.

Palabras clave: *Larus cachinnans*, Islas Cies, Cationes, Suelos, Acantilados

INTRODUCCIÓN

Las gaviotas, así como otras aves marinas, crían en colonias instaladas sobre acantilados marinos que en algunos casos alcanzan grandes densidades. La presencia continuada a lo largo de varios años de un gran número de individuos sobre un mismo espacio, supone un aporte importante al suelo de heces y otros restos orgánicos (egagrópilas, cadáveres, etc.). Estos aportes pueden modificar las propiedades edáficas iniciales y producir cambios en la vegetación (HOGG & MORTON, 1983). Algunos de estos aspectos han sido estudiados en otros países como son las Islas Británicas (SOBEY & KENWORTHY, 1979), Canadá (HOGG & MORTON, 1983) o Polonia (BUKACINSKI et al., 1994).

En el presente trabajo se han estudiado parámetros edáficos relacionados con la fertilidad del suelo como son las formas de nitrógeno (NH_4^+ , NO_3^-) y el fósforo asimilable, así como el contenido de metales traza (Hg, Cd, Pb, Zn, Ni y Cu) en los suelos de la colonia de gaviota patiamarilla de las islas Cíes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Natural de las Islas Cíes esta localizado en la entrada de la ría de Vigo (Galicia), entre 42°15'04"N y 8°53'30"O (Figura 1). La

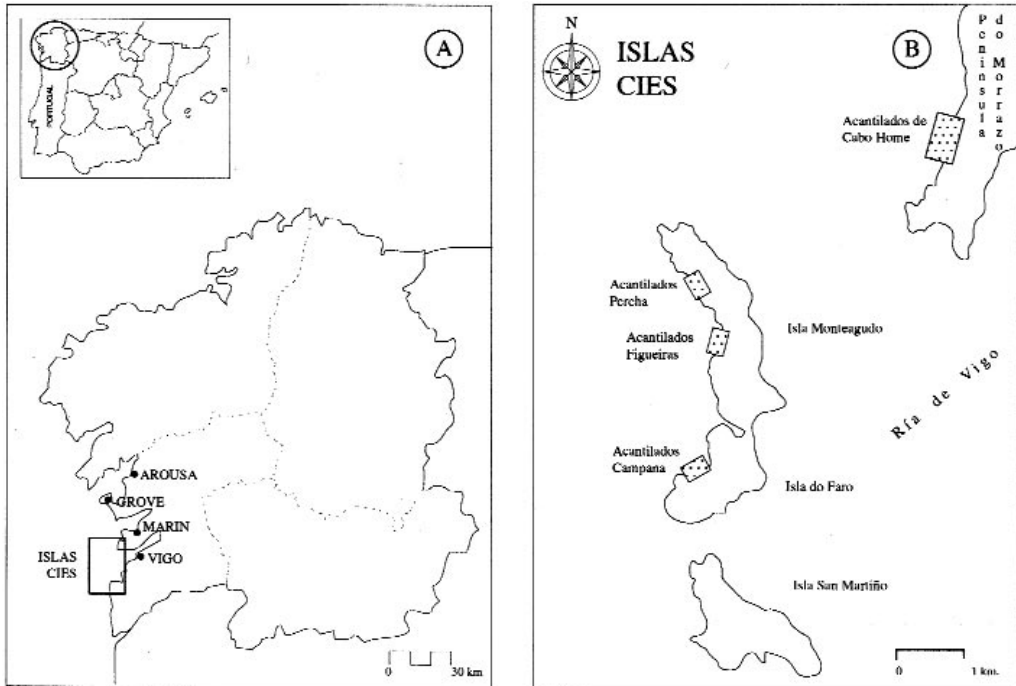


Figura 1.- Localización del área de estudio. Situación de los puertos y acantilados en los que se tomaron muestras de los excrementos y suelos, respectivamente.

gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*), con unas 20.000 parejas reproductoras, es la especie más numerosa que utiliza los acantilados en la época de cría (ARCEA, 1996). Los acantilados se caracterizan por presentar una pendiente media del 55%, elevada rocosidad y pedregosidad y suelos de escasa profundidad, inferior a los 25 cm, correspondiendo al orden de los litosoles líticos y úmbricos (FAO, 1990). El sustrato geológico está constituido por granitos de dos micas que se encuentra fosilizado por un depósito arenoso (IGME, 1981). La precipitación media anual es de 877 mm y la temperatura media anual de 13.8 °C (CARBALLEIRA et al., 1982).

Muestreo y análisis de los suelos

Un total de cuatro áreas fueron seleccionadas para establecer el efecto de la colonia de gaviota patiamarilla sobre el contenido de

nutrientes y metales traza. Tres zonas correspondieron a los acantilados del P.N. de las Islas Cíes (Percha, Figueiras y Campana); mientras que como zona control fueron seleccionados los acantilados de cabo Home, que corresponden al punto de la costa continental más próximo a las islas Cíes (2.6 km) y con condiciones geológicas y ambientales similares. En cada acantilado se estableció una parcela de unos 20 m de largo por 10 de ancho. En cada una de ellas se tomaron 20 muestras al azar en marzo (antes del inicio de la actividad reproductora) y en agosto (final del periodo de cría) desde agosto de 1996 hasta agosto de 1998. En este trabajo se presentan los valores medios obtenidos para el total de las muestras.

El N-NH_4^+ y N-NO_3^- fueron extraídos con una disolución de KCl 2N y determinados según el método de KEMPERS (1974). El P asimilable se determinó a partir del P extraído con una disolu-

ción de NaHCO_3 0.5 M tamponada a pH 8.5 (OLSEN *et al.*, 1954).

El estudio de los metales pesados (Hg, Cd, Pb, Zn, Ni y Cu) en los suelos se llevó a cabo en un total de 15 muestras por cada zona obtenidas en agosto de 1996. Los suelos se secaron al aire y se tamizaron por 63 μm . La fracción metálica fue extraída a través de un ataque con HCl 1N. Esta extracción proporciona una estimación de la fracción metálica más lábil y, por tanto, más biobiodisponible (LUOMA *et al.*, 1981; TESSIER & CAMPBELL, 1987). Veinte mL de HCl 1N (suprapur) fue añadido a 1 g de muestra, la mezcla fue mantenida en agitación continua durante dos horas (BRYAN *et al.*, 1985). El extracto fue filtrado por 0.45 μm y analizados por absorción atómica con un aparato Perkin-Elmer modelo 1100B. El Hg se determinó con autoanalizador Leco-Altec modelo Amac-254.

Muestreo y análisis de los excrementos

Los excrementos frescos se recogieron en los 4 principales puertos pesqueros del sur de Galicia, situados próximos a las islas Cíes (Figura 1). Cada muestra estaba constituida por 5 excrementos que fueron secados a 80 °C hasta peso constante, homogeneizados y molidos. El fósforo total y los metales traza se extrajeron a partir de 0.5 g de cada muestra que fueron atacadas con 10 mL de HNO_3 concentrado (JACKSON *et al.*, 1993) en tubos de vidrio. La mezcla se mantuvo a 100 °C hasta sequedad. Posteriormente se redisolvió con 15 mL HCl 1N. El extracto fue filtrado por 0.45 μm . El fósforo fue determinado por colorimetría del complejo fosfomolibdítico a 880 nm y los metales por absorción atómica. El nitróge-

no total fue determinado en un autoanalizador Leco CSN 1000.

Análisis de los datos

El tratamiento estadístico consistió en un análisis de varianza simple con test de Tuckey para definir las diferencias entre localidades. Previamente se realizaron las transformaciones oportunas para aquellos parámetros que no se ajustaban a una distribución normal. La normalidad fue confirmada mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico SYSTAT 5.0 (ANON., 1992)

RESULTADOS

Formas de nitrógeno

La Tabla 1 presenta las concentraciones obtenidas para las formas de nitrógeno en los suelos estudiados. Los valores más elevados correspondieron a los acantilados de la Percha con $77.8 \pm 10.6 \text{ mg kg}^{-1}$ para el N-NH_4^+ y $21.3 \pm 19.8 \text{ mg kg}^{-1}$ para el N-NO_3^- , para ambas formas los valores fueron significativamente más elevados que los encontrados para la zona control (cabo Home: N-NH_4^+ $17.2 \pm 17.6 \text{ mg kg}^{-1}$; N-NO_3^- : $6.6 \pm 7.9 \text{ mg kg}^{-1}$). Los acantilados de Figueiras y la Campana presentaron concentraciones intermedias, significativamente más elevadas para el amonio que la zona control, pero no hubo diferencias para el nitrato.

P asimilable

Las concentraciones obtenidas para los acantilados de cabo Home (zona control) fueron

	n	Zona Control	Figueiras	Campana	Percha
NH_4^+ (mg kg^{-1})	100	17.22±17.6a	43.07±57.90b	61.57±84.0b	77.75±106.6c
NO_3^- (mg kg^{-1})	40	6.63±7.9a	7.63±10.2a	6.97±8.2a	21.31±19.80b
P asimilable (mg kg^{-1})	100	7.42±3.0a	39.64±20.4b	56.12±27.1b	96.19±45.6c

Tabla 1. Concentración de formas de N (NH_4^+ y NO_3^-) y P asimilable en los suelos de los acantilados de las Islas Cíes y zona control (media±DE). Letras diferentes para una misma fila indican diferencias significativas entre localidades al nivel del 5%.

de 7.42±3.0 mg kg⁻¹. Estas bajas concentraciones están de acuerdo con las encontradas en suelos naturales de Galicia en los cuales el P es uno de los principales limitantes de su fertilidad (CALVO & MACÍAS, 1992). Una situación muy diferente se encontró para los acantilados de las islas Cíes que en todos los casos mostraron valores muy superiores a los de la zona control. Nuevamente, los suelos de los acantilados de la Percha presentaron las concentraciones más elevadas (96.2±45.6 mg kg⁻¹), seguido de los suelos de la Campana (56.1±27.1 mg kg⁻¹) y Figueiras (39.6±20.4 mg kg⁻¹) (Tabla 1).

Metales pesados (Hg, Cd, Cu, Pb, Ni, Zn)

Los máximos valores para todos los metales estudiados correspondieron a los suelos de los acantilados de la Percha. El metal que presentó las mayores concentraciones fue el zinc con un valor medio de 64.78 mg kg⁻¹, seguido del plomo (40.99 mg kg⁻¹), cobre (12.45 mg kg⁻¹), cromo (6.14 mg kg⁻¹), cadmio (1.81 mg kg⁻¹) y mercurio (0.20 mg kg⁻¹). Los valores más bajos para el zinc (15.15 mg kg⁻¹), plomo (11.99 mg kg⁻¹), cromo (2.26 mg kg⁻¹), cadmio (0.48 mg kg⁻¹) y mercurio (0.13 mg kg⁻¹) correspondieron a la zona control, que fueron significativamente más bajos que los encontrados para los acantilados de la Percha (Figura 2).

DISCUSIÓN

Los excrementos que generan los individuos adultos de la gaviota patiamarilla presentan un contenido de N total de 32.7±13 mg g⁻¹ (Tabla 2). La principal forma de N presente en los excrementos de aves marinas es el ácido úrico (LINDEBOOM, 1984), el cual en una primera fase de su descomposición origina N-NH₄⁺ (BUKACINSKI *et al.*, 1994), que a su vez por oxidación (nitrificación) puede generar N-NO₃⁻

(STEVENSON, 1986)). La mayor concentración de N-NH₄⁺ que de N-NO₃⁻ puede ser debido a que el NO₃⁻ generado por los procesos de nitrificación es eliminado fácilmente por lavado durante el periodo otoño-invierno, ya que no es adsorbido a las superficies con carga negativa de las arcillas y geles del suelo.

El fósforo también aparece en los excrementos en elevadas concentraciones (Tabla 2). Sin embargo en este caso, y a diferencia del nitrato, el fósforo que se incorpora al suelo a través de los excrementos puede permanecer y acumularse en él ya que este elemento es absorbido por las formas activas de Fe y Al (PYERZYNSKY *et al.*, 1994). La buena correlación encontrada entre P asimilable y Fe soluble en oxalato amónico (r=0.728, p<0.001, n=23) parece poner de manifiesto que son las formas amorfas de Fe las que pueden jugar un importante papel en la adsorción de este nutriente (OTERO & FERNÁNDEZ-SAMJURJO, 2000). Por el contrario, las formas activas de Al no parecen tener un papel destacable ya que no se ha encontrado respuesta alguna de estos suelos al tests del NaF (OTERO & FERNÁNDEZ-SAMJURJO, 2000).

La acumulación de metales en los tejidos de las aves marinas depende de las costumbres alimenticias de cada especie, de la intensidad y tiempo de exposición en áreas contaminadas, así como de diversos procesos fisiológicos (JOSEPH *et al.*, 1982; DI GIULIO & SACALON, 1984; GOEDE & VOOT, 1985; HONDA *et al.*, 1986, NORHEIM, 1987; ELLIOT *et al.*, 1992). Por otra parte, HEADLEY (1995) encuentra un contenido importante de metales pesados en los excrementos de varias especies marinas y determina que el principal vector de entrada de metales pesados en los suelos de turberas en el Ártico son los excrementos producidos por éstas en los periodos de cría. En nuestro caso, también se han encontrado valores importantes de metales en los excrementos de la gaviota patiamarilla (ver Tabla 2). En cuanto a los

N	P	Hg	Cr	Cd	Cu	Zn	Pb
32.7±12.7	16.6±7.9	2.87±5.5	9.8±5.1	5.8±2.9	60.1±33.3	305.1±158	39.9±5.8

Tabla 2. Concentración total de nutrientes y metales pesados en excrementos de la gaviota patiamarilla (n=13). Valores en mg kg⁻¹.

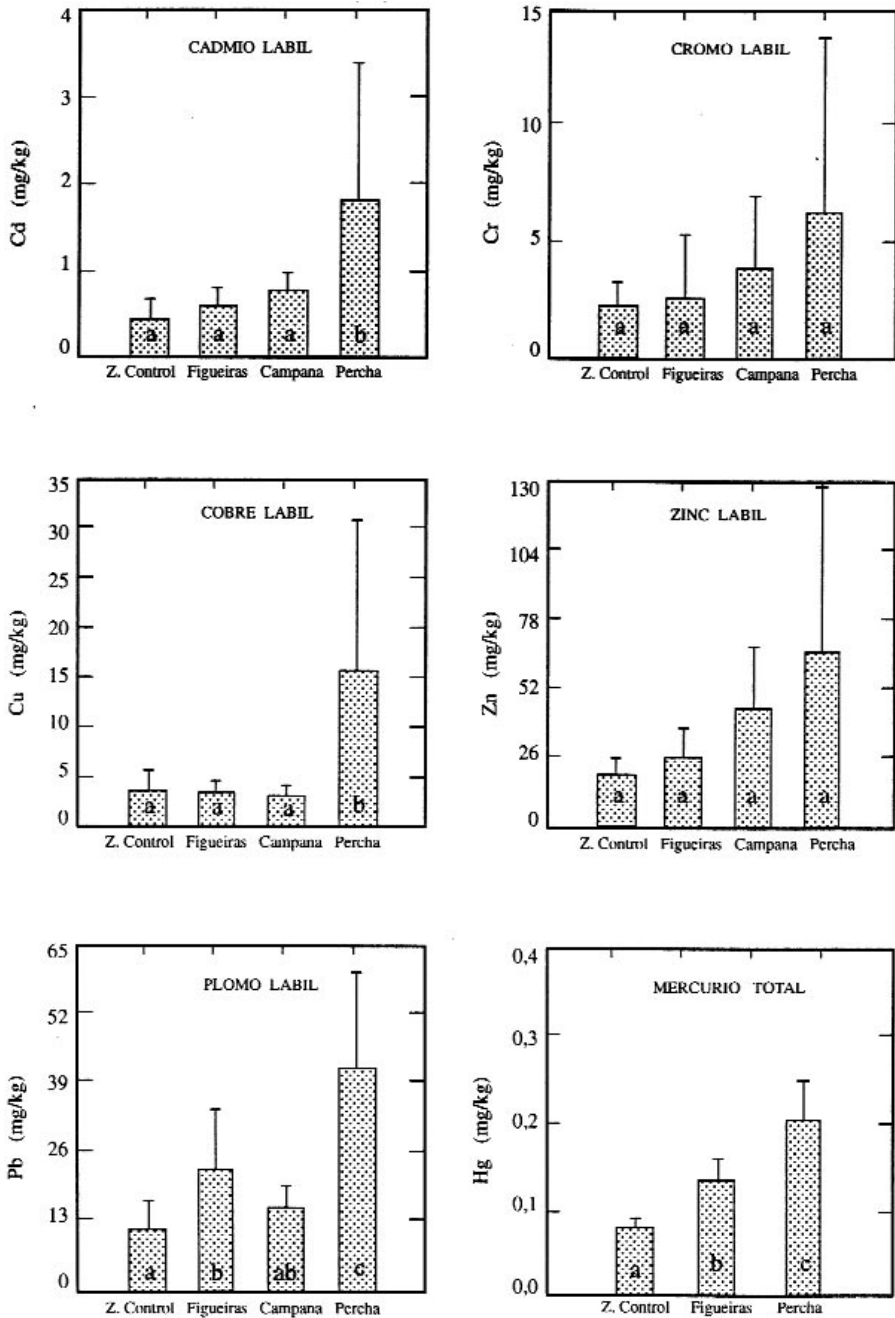


Figura 2.- Concentración de metales traza en suelos de los acantilados de las islas Cíes y zona control. Los valores Cd, Cr, Ni, Pb y Cu corresponden a la fracción lábil (soluble en HCl 1N), mientras que para el Hg se representa la concentración total. Para cada metal barras con diferente letra indican diferencias significativas al nivel del 5%.

suelos, se han obtenidos concentraciones anormalmente elevadas en los suelos de los acantilados de la Percha (Figura 2), que se diferencian significativamente de la zona control, así como de los otros acantilados de las islas Cíes.

Los valores más elevados encontrados en los suelos de los acantilados de la Percha, tanto para los metales traza como para el nitrógeno y fósforo, pueden tener su explicación tanto en la densidad de gaviotas como en el tiempo que esta especie lleva criando en cada uno de ellos. Los datos históricos existentes desde el año 1975 indican que la gaviota patiamarilla ocupa de manera preferencial los acantilados de la Percha en relación con las otras dos zonas (BARCENA, 1977; BARCENA *et al.*, 1987; ALONSO *et al.*, 1991; ARCEA, 1996).

Agradecimientos

Al Servicio Provincial de Medio Ambiente Natural de Pontevedra de la Consellería de Medio Ambiente (Xunta de Galicia) y a la guardería del Parque Natural de las Islas Cíes, por las facilidades concedidas y colaboración en la realización del trabajo de campo, donde también colaboraron Afonso Rodríguez, Bea Gamallo y Edgar Romero. Los resultados de este trabajo forman parte del proyecto "Influencia da colonia de Gaviota Común sobre a biodiversidade das Illas Cíes: efecto sobre outras aves de interese, sobre a vexetación e sobre os solos de acantilados" realizado por ARCEA Xestión de Recursos Naturais para la administración del Parque Natural das Illas Cíes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, P., LÓPEZ, B., MOURIÑO, J. & MUNILLA, I.; 1991. *Censo de gaviota patiamarilla (Larus cachinnans) en las islas Cíes*. Informe no publicado. Servicio Prov. de Medio Ambiente Natural. Pontevedra.
- ANON.; 1992. *SYSTAT for windows*. Version 5. SYSTAT Inc., Evanston, IL.
- ARCEA; 1996. *Censo das poboacións de gaviota común nidificantes nas illas Cíes e Ons*. Informe no publicado. Servicio Prov. de Medio Ambiente Natural. Pontevedra.
- BÁRCENA, F.; 1977. Colonias de aves marinas en las islas Cíes. *Naturalia hispanica* 9. ICONA. Madrid.
- BARCENA F., DE SOUZA, J.A., FERNÁNDEZ, E. & DOMÍNGUEZ, J.; 1987. Las colonias de aves marinas en la costa occidental de Galicia. Características, censo y evolución de sus poblaciones. *Ecología* 1: 197-209.
- BRYAN, G.W., LANGSTON, W.J., HUMMERSTONE, L.G. & BURT, G.R.; 1985. A guide to the assessment of heavy metal contamination in the estuaries using biological indicators. *Mar. Biol. Assoc. U.K. Occas. Publ.* 4: 1-92.
- BUKACINSKI, D., RUTKOWSKA, A. & BUKACINSKA, M.; 1994. The effect of nesting black-headed gulls (*Larus ridibundus* L.) on the soil and vegetation of a Vistula river island, Poland. *Ann. Bot. Fennici* 31: 233-243.
- CALVO, R. M. & MACÍAS, F.; 1992. *Los suelos de la provincia de A Coruña*. Diputación de A Coruña.
- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLÁN, E. Y UCIEDA, F.; 1982. *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza. A Coruña.
- DI GIULIO, R.T. & SCALON, P.F.; 1984. Heavy metals in tissues of waterfowl from the Chesapeake Bay USA. *Environ. Pollut.* 35: 29-48.
- ELLIOT, J.E., SCHEUCHAMMER, A.M., LEIGHTON, F.A. & PEARCE, P.A.; 1992. Heavy metals and metallothionein concentrations in Atlantic Canadian seabirds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 22: 63-73.
- FAO; 1990. *Mapa Mundial de Suelos*. Leyenda Revisada. FAO, UNESCO, ISRIC. Informe 60. Roma.

- GOEDE, A.A. & VOOGT, P.D.; 1985. Lead and Cadmium in waders from the Dutch Wadden Sea. *Environ. Pollut.* 37: 311-322.
- HEADLEY, A.D.; 1996. Heavy metals concentrations in peat profiles from the high Arctic. *Sci. Total Environ.* 177: 105-111.
- HOGG, E.H. & MORTON, J.K.; 1983. The effect of nesting gulls on the vegetation and soil of islands in the Great Lakes. *Can. J. Bot.* 61: 3240-3254.
- HONDA, K., YAMAMOTO, Y., HIDAKA, T. & TATSUKAWA, R.; 1986. Heavy metals accumulations in adelie penguin *Pygoscelis adeliniae*, and their variations with the reproductive processes. *Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec. Issue* 40: 443-453.
- IGME; 1981. Cies. Hoja 222. Escala 1:50.000. Ministerio de Industria y Energía. Madrid
- JACKSON, L.J., KALFF, J. & RASMUSSEN, J.B.; 1993. Sediment pH and redox potential affect the bioavailability of Al, Cu, Fe, Mn, and Zn to rooted aquatic macrophytes. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.* 50: 143-148.
- JOSEPH, L.M., CARL, S.H., GENE, D.S. & FRANCIS, W.W.; 1982. Bioaccumulation of lead and cadmium in the Royal Tern and Sadwich Tern. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 11: 99-102.
- KEMPERS, A.J.; 1974. Determination of sub-microquantities of ammonium and nitrates in soils with phenol, sodium nitroprusside and hypochlorite. *Geoderma* 12: 201-206.
- LINDEBOOM, H.J.; 1984. The nitrogen pathway in a penguin rookery. *Ecology* 65: 269-277.
- LOUMA, S.N., BRYAN, G.W. & LANGSTON, W.J.; 1981. A statistical assessment of the form of trace metals in oxidized estuarine sediments employing chemical extractants. *Sci. Total Environ.* 17: 165-196.
- NORHEIM, G.; 1987. Levels and interactions of heavy metals in seabirds from Svalbard and the Antarctic. *Environ. Pollut.* 47: 83-94.
- OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F.S. & DEAN, L.A.; 1954. *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. U.S. Dep. of Agric. Circ., 939. Washington.
- OTERO, X.L. & FERNÁNDEZ-SANJURJO, M.J.; 2000. Variación estacional de N-NH₄⁺, P, Ca, Mg, y K en suelos de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) (Laridae) en el Parque Natural de las Islas Cíes (SO Galicia). *Nova Acta Científica Compostelana* 10: 59-68.
- PYERZYNSKY, G.M., SIMS, J.T. & VANCE, G.F.; 1993). *Soils and environmental quality*. Lewis Publishers. Boca Raton.
- SOBEY, D.G. & KENWORTHY, J.B.; 1979. The relationship between herring gulls and the vegetation of their breeding colonies. *J. Ecol.* 67: 469-496.
- STEVENSON, F.J.; (1986). *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. John Wiley & Sons Inc., New York, NY.
- TESSIER, A. & CAMPBELL, P.G.C.; 1987. Partitioning of trace metals in sediments: relationships with bioavailability. *Hydrobiologia* 149: 43-52.