

## **Variación estacional de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Ca, Mg y K en suelos de una colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) (Laridae) en el Parque Natural de las Islas Cíes (SO Galicia)**

X. L. OTERO & M.J. FERNÁNDEZ-SANJURJO

*Departamento de Edafología e Química Agrícola. Facultade de Biología  
Universidade de Santiago de Compostela. 15706 Santiago de Compostela. e-mail: edajax@usc.es*

*(Recibido, septiembre de 1999. Aceptado, febrero de 2000)*

### **Resumen**

OTERO, X.L. & FERNÁNDEZ-SANJURJO, M.J. (2000). Variación estacional de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Ca, Mg y K en suelos de una colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) (Laridae) en el Parque Natural de las Islas Cíes (SO Galicia). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **10**: 59-68

En el presente trabajo se estudia el efecto de una colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*) sobre el contenido en nutrientes de los suelos. Para ello se eligieron suelos de los acantilados del Parque Natural de las Islas Cíes donde la gaviota patiamarilla presenta su mayor colonia de cría con más de 20.000 parejas. Se seleccionaron tres sectores de los acantilados con diferentes densidades de gaviotas (Percha, Campana y Figueiras) y otro como zona control (Cabo Home). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> presentaron fuertes oscilaciones anuales y estacionales, sin embargo los valores más elevados correspondieron al periodo estival donde todos los acantilados con gaviotas se diferenciaron significativamente de la zona control. En invierno se observa una disminución de las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, encontrándose diferencias significativas únicamente entre los acantilados con mayor densidad de gaviotas (Percha) y la zona control. En cuanto al fósforo asimilable, los acantilados con presencia de gaviotas presentan, tanto en invierno como en verano, niveles significativamente más elevados que la zona control. Las correlaciones significativas encontradas entre los cationes de intercambio (Ca, Mg y K) y la conductividad eléctrica parecen indicar que su concentración en estos suelos depende más de la influencia marina que de los excrementos y otros restos orgánicos aportados por las gaviotas. El enriquecimiento en N y P podría ser una de las causas de los cambios detectados en las comunidades vegetales en estos acantilados.

**Palabras clave:** Nutrientes, suelos, colonia de aves marinas, *Larus cachinnans*.

### **Abstract**

OTERO, X.L. & FERNÁNDEZ-SANJURJO, M.J. (2000). Seasonal variation in nutrients concentration in soils (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, P, Ca, Mg and K) from breeding sites of yellow-legged gulls (*Larus cachinnans* Pallas, 1811) in the Cíes Islands Natural Park (SW Galicia). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **10**: 59-68

The largest colony of yellow-legged gulls (*Larus cachinnans*) in the world, comprising of more than 20.000 pairs, is found in the Cíes Islands. We have studied the effect exerted by this gull colony on the nutrient content of the soils. Three cliffs with different density of gulls were chosen for this study and compared with a control site where there were no gulls. The highest concentrations of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N were found in soils from breeding cliffs, but only those with the highest gull density showed significant differences, both in summer and winter as compared to the control sites. The levels of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N were significantly higher in summer than in winter, possibly due to leaching during the rainy season (autumn and winter). Results obtained also showed large between years variations in concentrations of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N. Analysis of available P contents revealed clear differences between

control and breeding sites. The levels of P were significantly higher in summer than in those from the control site. The concentrations of Ca, Mg and K are more likely to depend on marine input than on input via gull excrement. It may be, however, that the input of  $\text{NH}_4^+$ -N and P in these soils by excrement is one of the factors contributing to the changes in the composition of flora found on the cliffs of the Cíes Islands.

**Key words:** Nutrients, soils, seabird colony, *Larus cachinnans*.

## INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de la gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*) han experimentado un incremento notable en las tres últimas décadas con repercusiones negativas sobre la flora y la fauna nativa de las islas en las que se instalan sus colonias de cría (ver p.ej. BEAUBRUM, 1994; VIDAL *et al.*, 1998). Una de las causas de los cambios observados en la vegetación puede ser el incremento de las concentraciones de algunos macronutrientes en el suelo (SOBEY, 1976; SOBEY & KENWORTHY, 1979; HOGG & MORTON, 1983; BUKACINSKI *et al.*, 1994). En las Islas Cíes reside la mayor colonia de esta especie, con más de 20.000 parejas reproductoras. Trabajos previos han descrito dos comunidades vegetales (*Cochleario-Matricaritum maritimae* y *Calendulo-Parietarium judaicae*) que definen como comunidades ornitocóprilas y que, según los autores, son consecuencia del enriquecimiento de estos suelos en nitrógeno procedente de los excrementos de las gaviotas (GUITIÁN & GUITIÁN, 1989). En este sentido, OTERO (1998) ha puesto de manifiesto que los suelos de los acantilados de estas Islas presentan en verano concentraciones significativamente más elevadas de P asimilable y  $\text{NH}_4^+$  cambiabile que las de una zona control (sin gaviotas). En el presente trabajo se profundiza en este aspecto, estudiando las variaciones estacionales de diferentes macronutrientes (P asimilable,  $\text{N-NH}_4^+$ , cationes de intercambio) en tres acantilados de las islas Cíes con distintas densidades de gaviotas y se comparan con los de una zona control.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Parque Natural de las Islas Cíes está localizado en la entrada de la ría de Vigo (Galicia-NO Península Ibérica), entre  $42^\circ 15' 04'' \text{N}$  y  $8^\circ 53' 30'' \text{E}$  (Fig. 1). Los acantilados de este Parque se caracterizan por tener pendientes del orden del 55%, elevada rocosidad y abundante pedregosidad. El material geológico está constituido por granitos de dos micas, no obstante un manto arenoso de profundidad variable fosiliza este sustrato (IGME, 1981). La precipitación media anual es de 877 mm y la temperatura media anual de  $13,8^\circ \text{C}$  (CARBALLEIRA *et al.*, 1982). Las características generales de los suelos fueron estudiadas en trabajos previos (MOURIÑO & OTERO 1999) y se presentan en la tabla I. Según estos autores, se trata de suelos con escasa profundidad (en general inferior a los 25 cm), textura franco arenosa (con más del 80% de arena), ácidos (pH 4.5-5.5) con la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) dominada por cationes básicos. El contenido de materia orgánica fue significativamente superior en los acantilados de las islas Cíes que en la zona control, pero no se detectaron diferencias significativas entre los suelos de los acantilados con gaviotas (MOURIÑO & OTERO 1999).

### Recogida de muestras y análisis

Tomando como referencia los resultados obtenidos en el censo de gaviotas realizado en el año 1996 (MOURIÑO & OTERO, 1999), se seleccionaron 3 acantilados en las Islas Cíes con densidades diferentes de gaviotas: Percha (195 parejas  $\text{ha}^{-1}$ ), Campana (158 parejas  $\text{ha}^{-1}$ ) y Figueiras

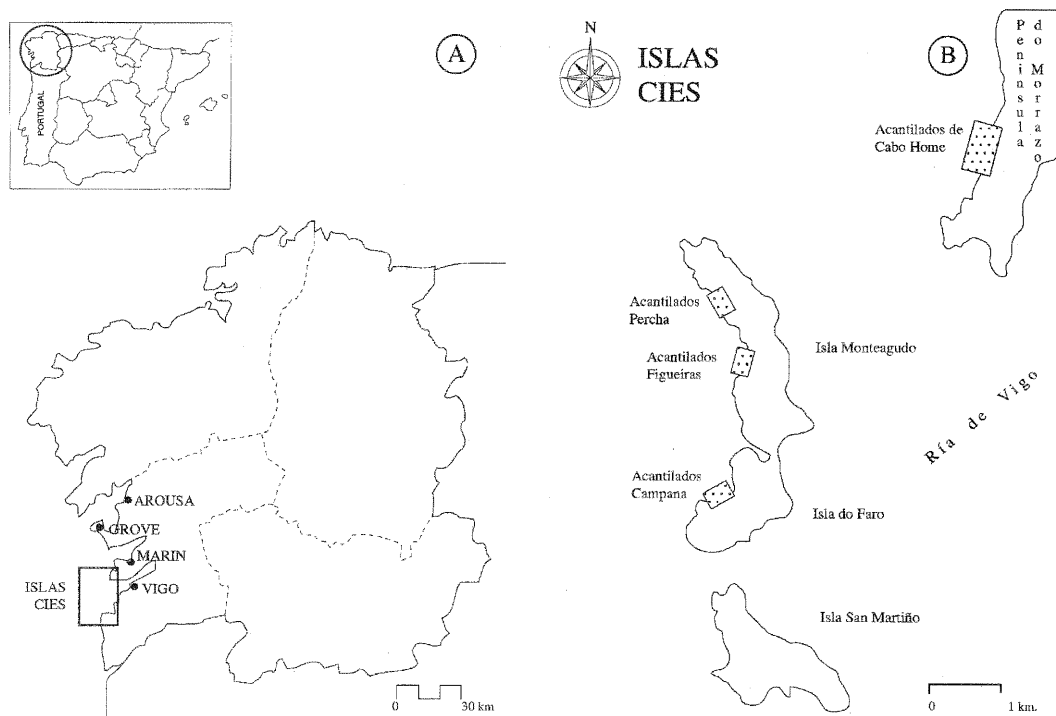


Fig. 1. Localización del área de estudio.

(104 parejas ha<sup>-1</sup>). Como zona control fue seleccionada Cabo Home (Fig. 1) que corresponde al punto de la costa continental más próximo a las islas Cíes (2.6 km) con acantilados que presentan condiciones ambientales muy similares a éstas. Se eligió una parcela de aproximadamente 100 m<sup>2</sup> por cada acantilado; en cada una se recogieron 10 muestras superficiales (0-10 cm) al azar durante la época de cría (agosto de 1996, 1997 y 1998) y antes de la llegada de las gaviotas a los acantilados (febrero de 1997 y 1998).

Las muestras se pasaron por un tamiz de 2 mm y sobre la fracción fina se procedió a las determinaciones analíticas. Las bases de intercambio (Ca, Mg y K) fueron extraídas con NH<sub>4</sub>Cl 1M (PEECH *et al.*, 1947) y las formas Fe de baja cristalinidad fueron extraídas con oxalato amónico 2M tamponado a pH= 3 en una relación

suelo/extractante 1:100, según el método de BLAKMORE *et al.* (1981). El Fe, Ca y Mg se determinaron por espectrometría de absorción atómica de llama y del K por espectrometría de emisión. El N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fue extraído con una disolución de KCl 2N según el método de KEMPERS (1974). El P asimilable se determinó por colorimetría a partir del P extraído con una disolución de NaHCO<sub>3</sub> 0.5 M tamponada a pH 8.5 (OLSEN *et al.*, 1954).

### Análisis estadístico

El tratamiento estadístico consistió en un análisis de varianza simple con test de Tukey para definir las diferencias entre localidad y estación. Previamente se realizaron las transformaciones oportunas para aquellos parámetros que no se ajustaban a una distribución normal.

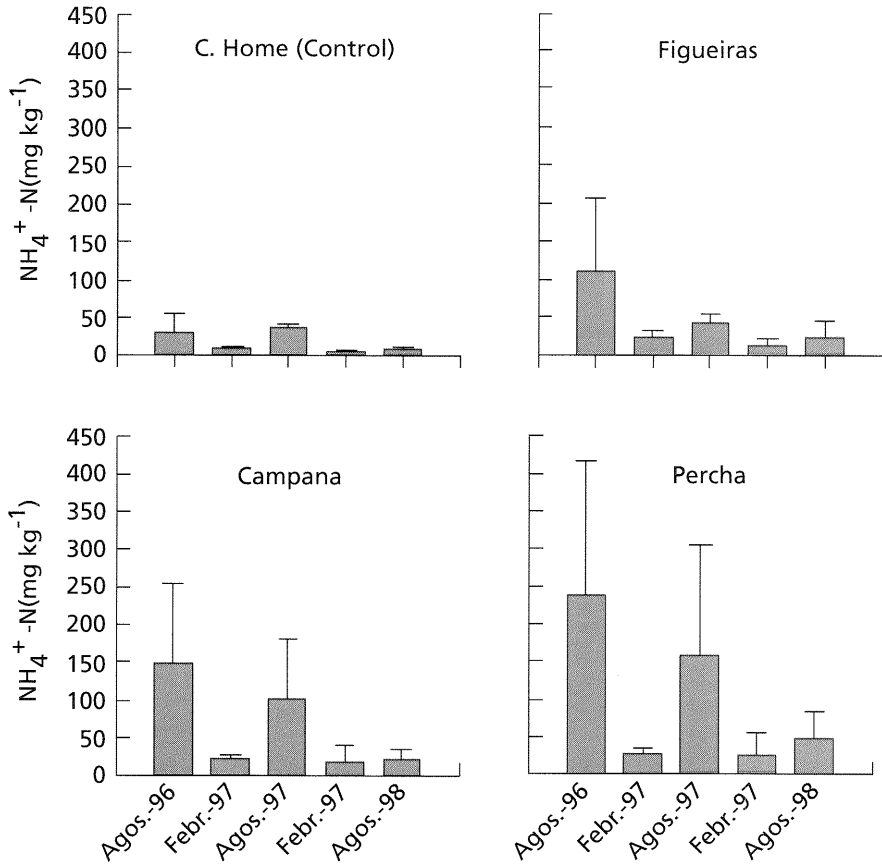


Fig. 2. Variación estacional e interanual de la concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cambiante. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar.

La normalidad fue confirmada mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. La relación entre cationes de intercambio y conductividad eléctrica se determinó mediante los coeficientes de correlación de Pearson. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico SYSTAT 5.0 (ANON., 1992).

## RESULTADOS

### Amonio intercambiable

La Fig. 2 representa las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en los suelos de los acantilados estadia-

dos. Si consideramos las concentraciones de todos los acantilados de manera conjunta, éstas fueron significativamente superiores en agosto que en febrero ( $p < 0.001$ ). Analizando individualmente cada una de las localidades se pone de manifiesto que para un mismo lugar existen cambios importantes de un año a otro en las concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Fig. 2). Así, en la parcela de los acantilados de Percha en el mes de agosto de 1996 se obtuvieron las mayores concentraciones, con un valor medio de  $239 \pm 178$  mg kg<sup>-1</sup>; en el mismo mes del año 1998 su concentración en el suelo fue muy inferior ( $47.5 \pm 36.7$  mg kg<sup>-1</sup>), no diferenciándose

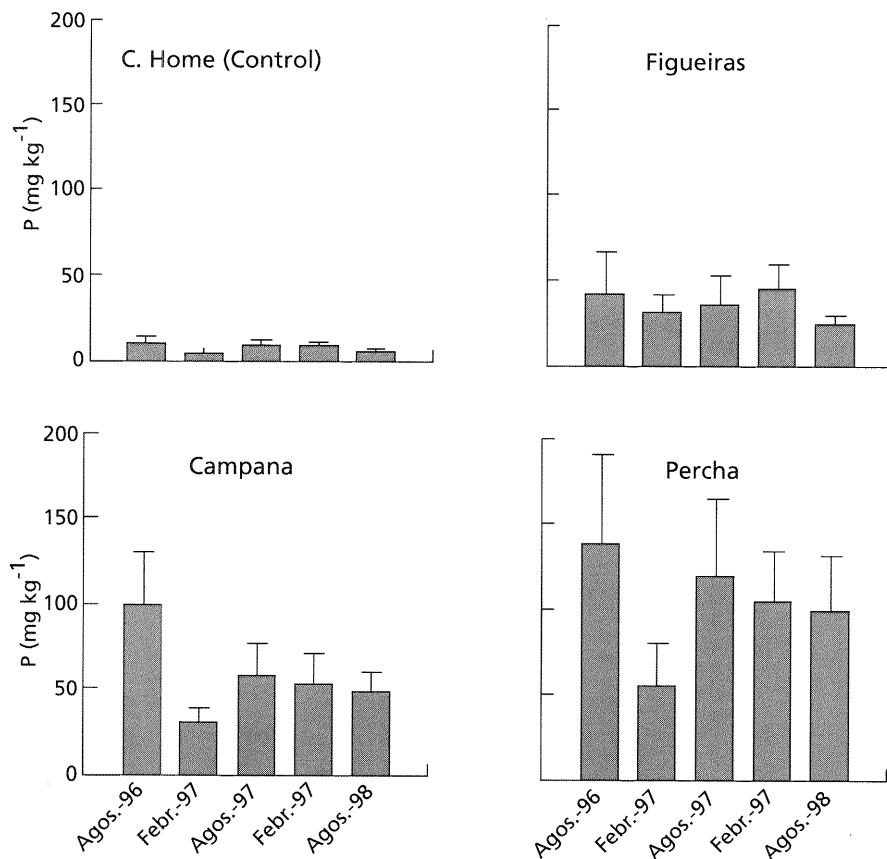


Fig. 3. Variación estacional e interanual de la concentración del P asimilable. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar.

significativamente de las concentraciones de febrero de 1997 ( $p > 0.05$ ). En cuanto a las diferencias obtenidas entre los acantilados, las concentraciones más elevadas correspondieron siempre a los suelos de Percha con un valor medio de  $178 \pm 120 \text{ mg kg}^{-1}$  en agosto y de  $53.9 \pm 18.3 \text{ mg kg}^{-1}$  en febrero, seguidos de los suelos de los acantilados de Campana (agosto =  $88.4 \pm 65.4$ , febrero =  $17.04 \pm 14.0$ ), Figueiras ( $58.3 \pm 43.2$ , febrero =  $16.7 \pm 9.0$ ) y Cabo Home (agosto =  $24.7 \pm 11.4$ , febrero =  $6.1 \pm 3.1$ ). Los suelos de Percha se diferenciaron significativamente tanto para el invierno como para el verano ( $p < 0.01$ ) de la zona control. Por el contrario, los suelos de las zonas de cría con densidades intermedias (Campana y Figueiras) sólo presentaron

diferencias con la zona control en agosto del 96 y del 97 ( $p = 0.01$ ). Las concentraciones de  $\text{N-NH}_4^+$  en los suelos de los acantilados con presencia de gaviotas (Percha, Campana y Figueiras) mostraron escasas diferencias entre ellos. Los suelos de Percha presentaron concentraciones significativamente superiores a los de Figueiras y Campana en febrero de 1998 ( $p = 0.01$ ), mientras que en el agosto del mismo año sólo fueron superiores a los suelos de Figueiras ( $p < 0.05$ ).

### P asimilable

El P asimilable presentó diferencias significativas entre agosto y febrero ( $p < 0.001$ ), obteniéndose en general las concentraciones más bajas en febrero (Fig. 3). Las concentraciones

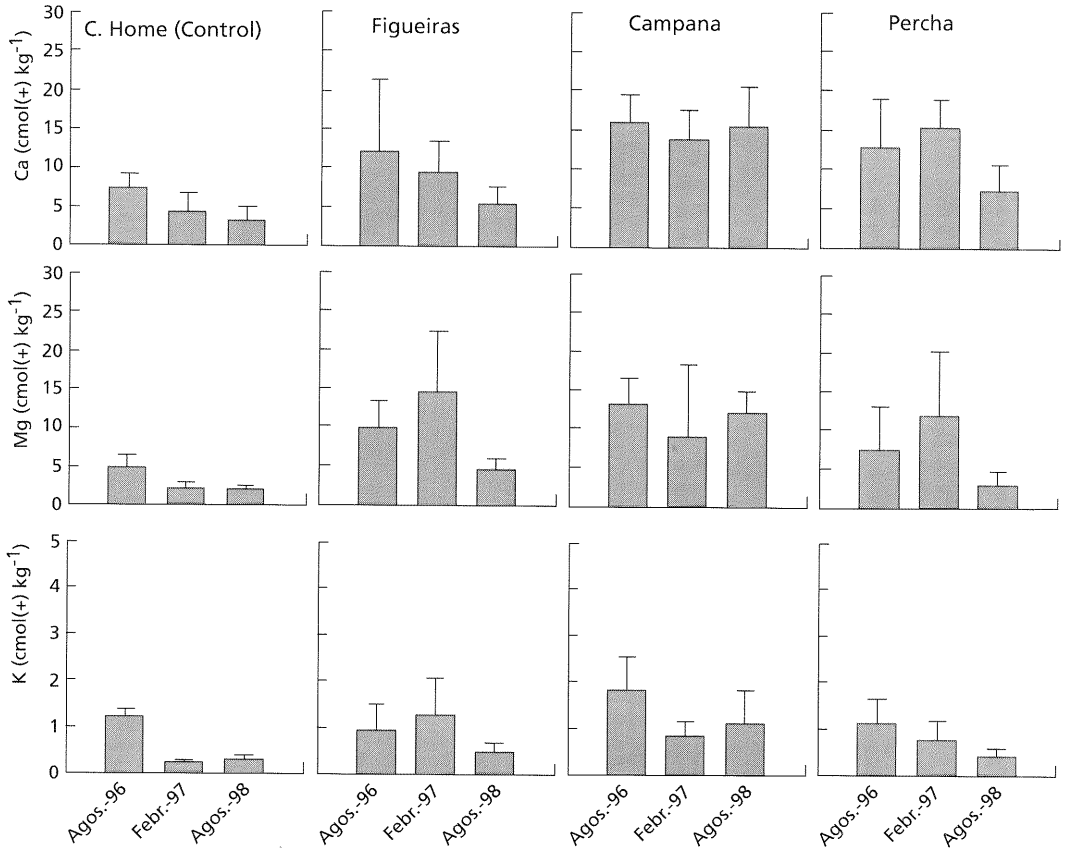


Fig. 4. Variación estacional e interanual de la concentración de cationes básicos. Las líneas verticales en cada barra representan la desviación estándar.

medias más bajas se obtuvieron en los acantilados de Cabo Home ( $8,1 \pm 2.5 \text{ mg kg}^{-1}$  en agosto y  $6.41 \pm 1.1 \text{ mg kg}^{-1}$  en febrero). En los acantilados con presencia de gaviotas las concentraciones fueron muy superiores, diferenciándose significativamente respecto a la zona control ( $p < 0.01$ ) tanto en febrero como en agosto; los niveles más elevados se obtuvieron en Percha (agosto =  $119.9 \pm 43.1 \text{ mg kg}^{-1}$  febrero =  $80.4 \pm 27.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), seguido de los suelos de Campana (agosto =  $69.3 \pm 20.5$ , febrero =  $42.0 \pm 13.8$ ) y Figueiras (agosto =  $47.6 \pm 22.5$ , febrero =  $37.4 \pm 12.0$ ). Las diferencias entre los acantilados con gaviotas no fueron tan claras. Los suelos de

Percha se diferenciaron siempre de los suelos de Figueiras ( $p < 0.05$ ), mientras que los de Campana presentaron una situación intermedia entre ambas zonas.

#### Cationes de intercambio: Ca, Mg, K

Las concentraciones obtenidas para estos tres cationes no parecen relacionarse con la densidad de gaviotas presentes en cada acantilado (Fig. 4). Los valores más elevados correspondieron a los suelos de Campana y Figueiras y no se encontraron diferencias significativas entre los acantilados de las Islas Cíes ( $p > 0.05$ ). Las diferencias más claras con la zona control se obtuvie-

ron en los acantilados de Campana ( $p < 0.01$ ). Por otra parte, considerando conjuntamente todos los acantilados, las concentraciones de estos tres cationes presentaron correlaciones significativas con la conductividad eléctrica de los suelos (Ca,  $r = 0,225$ ,  $p = 0,010$ ; Mg,  $r = 0,61$ ,  $p < 0,001$ ; K,  $r = 0,64$ ,  $p < 0,001$ ;  $n = 130$ ).

## DISCUSIÓN

Trabajos previos han señalado que los excrementos de las aves marinas contienen altas concentraciones de nutrientes, sobre todo de N y P (SOBEY & KENWORTHY, 1979). En este sentido, OTERO (1998) ha puesto de manifiesto que los excrementos de esta especie presentan concentraciones elevadas de P, N, Ca, Mg y K (P total =  $16.6 \pm 7.9$  mg g<sup>-1</sup>; N total =  $32,7 \pm 12.7$  mg g<sup>-1</sup>, Ca total =  $168 \pm 74$  mg g<sup>-1</sup>, Mg total =  $13.2 \pm 5.5$  mg g<sup>-1</sup>, K total =  $2.9 \pm 1.1$  mg g<sup>-1</sup>;  $n = 13$ ). 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-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (BUKACINSKI *et al.*, 1994). En base a este proceso, las mayores concentraciones de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> obtenidas en los suelos de los acantilados pueden ser debidas a los excrementos de las gaviotas. La acumulación de formas inorgánicas de N en los suelos durante el verano se ve favorecida por la ausencia de precipitaciones lo que limita su absorción por las plantas y su pérdida por lavado (RASHID & SCHAEFER, 1984). En invierno la disminución de las concentraciones puede ser consecuencia de una posible ralentización de los procesos de mineralización y de un incremento de su pérdida por lavado que, en suelos arenosos y bien drenados, puede llegar a ser importante (STEVENSON, 1986). Esta pérdida puede ser el principal motivo por el cual no se han encontrado diferencias claras entre las áreas de cría (Campana y Figueiras), y la zona control, ni entre las tres zonas de cría; únicamente en la zona de Percha (con altas densidades de gaviotas) se encuentran concentraciones superiores a la zona control durante todo el año. Las grandes oscilaciones interanuales obtenidas en este tra-

bajo para el N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> fueron también señaladas en otros trabajos realizados en climas templado-húmedos (RASHID & SCHAEFER, 1984), en suelos gallegos (GARCÍA & MACÍAS, 1993), así como en colonias de otras especies de aves marinas (HOGG & MORTON, 1983). Estas oscilaciones son atribuidas al efecto de las condiciones ambientales (temperatura, precipitación) sobre el ciclo del nitrógeno en el suelo (STEVENSON, 1986).

Las bajas concentraciones de P asimilable en la zona control coinciden con las encontradas en suelos naturales de Galicia, en los cuales este elemento es uno de los principales limitantes de su fertilidad, presentando concentraciones en general inferiores a 5 mg kg<sup>-1</sup> (RIVEIRO, 1992). Contrariamente, en los suelos de los acantilados de las islas Cíes se obtienen concentraciones muy elevadas de P asimilable; estos valores son especialmente altos durante la época de cría, en concordancia con la densidad de gaviotas en los acantilados. Las variaciones estacionales detectadas para el P también pueden ser consecuencia de una pérdida por lavado o por erosión de la parte superficial del suelo de estos acantilados. Los procesos erosivos pueden verse favorecidos durante los meses de septiembre y octubre, momento del año en que se producen fuertes precipitaciones sobre unos suelos que presentan una cobertura vegetal muy deteriorada debido a la sequía y a la propia presión de las gaviotas. Estas oscilaciones estacionales no fueron tan pronunciadas como en el caso del amonio, resultando las concentraciones de P en los suelos de los acantilados, tanto en verano como en invierno, muy superiores a las de la zona control. Estos resultados están de acuerdo con el comportamiento geoquímico del P en el suelo. En suelos ácidos el P puede permanecer y acumularse al ser absorbido por formas activas de Fe y Al (PYERZYNSKY *et al.*, 1993) evitándose de esta manera su pérdida por lavado. Una parte de este P puede permanecer ocluido o fijado, no resultando disponible para las plantas ni tampoco extraíble por el NaHCO<sub>3</sub>. No obstante, en suelos muy ácidos (pH < 4.5) la disolución de los óxidos de Fe y Al puede facilitar el paso de formas fijas de P a formas lábiles (TRASAR *et al.*, 1989). La

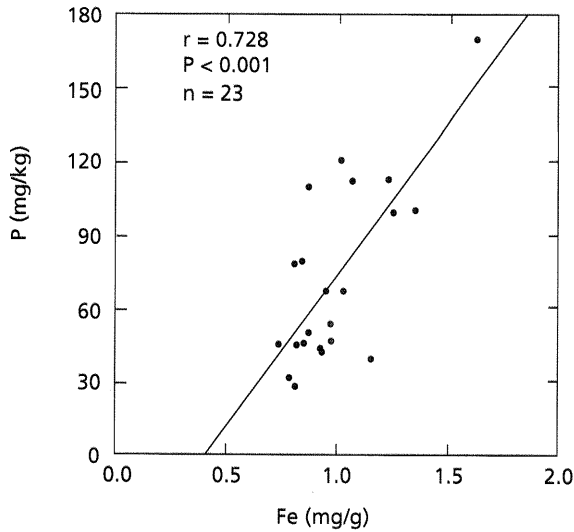


Fig. 5. Correlación entre P asimilable y Fe pobremente cristalino (Fe oxalato).

buena correlación obtenida entre el P asimilable y el Fe soluble en oxalato amónico parece poner de manifiesto que las formas no cristalinas de Fe juegan un papel importante en la adsorción de este nutriente en los suelos de las Islas Cíes (Fig. 5). En cuanto al aluminio, posiblemente en este tipo de suelos no juegue un papel relevante en la adsorción del P ya que en ninguna muestra se encontró una respuesta positiva al test del NaF (Tabla I), lo que indica que no existen cantidades importantes de formas aluminicas de bajo orden que puedan actuar en la fijación del P (GARCÍA-RODEJA *et al.*, 1984).

Los cationes de intercambio presentaron los mayores valores en los acantilados de Campana y Figueiras lo que sugiere que no están relacionados con la densidad de gaviotas en los acantilados. Las correlaciones significativas encontradas entre estos cationes y la conductividad eléctrica para muestras procedentes de los cuatro acantilados parecen indicar que Ca, Mg y K dependen principalmente de la influencia marina.

Desde el punto de vista ambiental, trabajos previos han señalado que la expansión de la gaviota patiamarilla experimentada en las tres

últimas décadas ha tenido un efecto negativo sobre especies nativas de la flora y de la fauna en islas del mar Mediterráneo y del océano Atlántico (BEAUBRUM, 1994; VIDAL *et al.*, 1998). En el caso concreto de las Islas Cíes sus acantilados presentan comunidades vegetales exclusivas (*Cochleario-Matricaritum maritimae* y *Calendulo-Parietarium judaicae*) que GUTIÁN & GUTIÁN (1989) atribuyen al aporte de N a los suelos proveniente de los excrementos de las gaviotas. Por otra parte, MOURIÑO & OTERO (1999) han encontrado correlaciones negativas entre la densidad de nidos de gaviota y la cobertura de algunas especies endémicas del NW Ibérico como *Silene uniflora*. El efecto de las gaviotas sobre los cambios de la vegetación en otras áreas parece ser resultado de una combinación de factores como son las perturbaciones físicas (obtención de material para la construcción del nido, pisoteo, etc.), alteración de los procesos competitivos (dispersión de especies alóctonas, expansión de especies ruderales) e incremento de nutrientes en el suelo (ver p.ej. SOBEY & KENWORTHY, 1979; HOGG & MORTON, 1983; BUCKACINSKI *et al.*, 1994; VIDAL *et al.*, 1998). HAWKE *et al.* (1999) han encontrado que las

TABLA I. Características químicas de la parte superficial (&lt;10 cm) de los suelos estudiados (Tomada de Mouriño &amp; Otero, 1999; n=10)

|                                    | Cabo Home | Figueiras | Campana    | Percha     |
|------------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| pH(agua)                           | 5.8±0.6   | 5.0±0.4   | 5.7±0.5    | 4.7±0.4    |
| pH(KCl)                            | 4.4±0.1   | 4.2±0.1   | 4.9±0.6    | 3.7±0.2    |
| pH(NaF)                            | 7.5±0.01  | 7.5±0.02  | 7.5±0.04   | 7.5±0.07   |
| C.eléctrica (µS cm <sup>-1</sup> ) | 268.4±137 | 791.4±618 | 1134.1±627 | 575.5±434  |
| m.o. (%)                           | 5.96±1.2  | 16.44±9.6 | 15.55±4.2  | 24.74±10.6 |
| Ca (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )     | 5.40±2.7  | 9.40±5.6  | 12.03±5.9  | 12.17±6.9  |
| Mg (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )     | 3.48±1.9  | 9.11±4.7  | 12.34±3.9  | 7.20±6.5   |
| Na (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )     | 1.76±0.6  | 4.70±1.2  | 9.40±4.2   | 2.51±1.7   |
| K (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )      | 0.71±0.5  | 0.90±0.5  | 1.29±0.6   | 0.70±0.4   |
| Al (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )     | 0.05±0.02 | 0.04±0.01 | 0.03±0.01  | 0.20±0.08  |

pH(agua): relación suelo/solución= 1:2,5

pH(KCl):relación suelo/solución= 1:2,5

pH(NaF): relación suelo/solución= 1:50

m.o. (materia orgánica): autoanalizador CNS

concentraciones de N total y P asimilable en suelos donde las colonias de aves marinas desaparecieron hace 600 años son similares a las obtenidas en zonas con presencia actual de estas aves y muy superiores a las de suelos sin esa influencia. En base a estos resultados, si los cambios observados en las comunidades vegetales de los acantilados de las Islas Cíes fuesen consecuencia del incremento de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y P, estaríamos ante un proceso prácticamente irreversible y de una evidente importancia ecológica ya que podría afectar a especies endémicas de distribución muy restringida.

## AGRADECIMIENTOS

A Jorge Mouriño, Alfonso Rodríguez y Francisco Sierra por su colaboración en la recogida de las muestras. A Felipe Macías, Director del Departamento de Edafología y Química Agrícola (Universidad de Santiago), por las facilidades ofrecidas en los análisis de laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANON. (1992). *SYSTAT for windows*. Version 5. SYSTAT Inc., Evanston, IL.
- BEAUBRUM, P.C. (1994). Controllo numerico di una especie in espansione: il gabbiano reale *Larus cachinnans*. In: Monbailliu, X. & Torre, A. (Eds.), *La gestione degli ambiente costieri e insulari del Mediterraneo*: 353-379. Medmaravais, Alghero.
- BLACKMORE, L.C., SEARLE, P.L., & DALY, B.K. (1981). *Soil Bureau Laboratory Methods: A. Methods for chemical analysis of soils*. New Zealand Soil Bureau Scientific Report 10A.
- 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.
- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLÁN, E., & UCIEDA, F. (1982). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza, A Coruña.
- GARCÍA, A & MACÍAS, F. (1993). Variación estacional de la mineralización del nitrógeno en sistemas forestales de Galicia. *Congreso Forestal Español*, vol. I: 145-150.

- GARCÍA-RODEJA, E., MACÍAS, F. & GUTIÁN, F. (1984). Reacción con el FNa de los suelos de Galicia. I. Características y significado del test de FNa. Distribución de la reactividad en función del material de partida. *Anales de Edafología y Agrobiología*, **XLIII** (5-6):755-776.
- GUTIÁN, J. & GUTIÁN, P. (1989). La influencia de las colonias de aves marinas en la vegetación de los acantilados del Noroeste Ibérico. *Boletín da Sociedade Broteriana*, **62**: 77-86.
- HAWKE, D.J., HOLDAWAY, R.N., CAUSER, J.E. & OGDEN, S. (1999). Soil indicators of pre-European seabird breeding in New Zealand at sites identified by predator deposits. *Aust. J. Soil Res.*, **37**: 103-113.
- 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.
- IGME (1981). *Cies*. Hoja 222. Escala 1:50.000. Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- KEMBERS, 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.
- MOURIÑO, J. & OTERO X.L. (1999) *Influencia da colonia de gaviota común sobre a biodiversidade das Illas Cíes: Efectos sobre outras aves de interese, vexetación e solos de acantilados*. Informe inédito. Servicio de M.A.N. Xunta de Galicia, Pontevedra.
- 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.
- OTERO, X.L. (1998). Influencia de la colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*, Pallas) sobre el contenido de nutrientes (amonio y fósforo) en los suelos de los acantilados del parque natural de las Islas Cíes (SO de Galicia, NO España). *Thalassas*, **14**: 57-62.
- PEECH, L., ALEXANDER, L.T. & DEAN, L.A. (1947). *Methods of soils analysis for soil fertility investigations*. USDA, Cir, nº 757.
- PYERZYNSKY, G.M., SIMS, J.T. & VANCE, G.F. (1993). *Soils and environmental quality*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- RASHID, G.H. & SCHAEFER, R. (1984). Seasonal variation in the nitrogen mineralization and mineral nitrogen accumulation in two temperate forest soils. *Pedobiología*, **31**: 381-390.
- RIVEIRO, A. (1992). *Datos para la evaluación agronómica de los suelos de la provincia de La Coruña. Ensayo de una metodología*. Tesis Doctoral (inéd.). Facultad de Biología, Universidad de Santiago.
- SOBEY, D.G. (1976). The effects of herring gulls on the vegetation of Isle of May. *The Botanical Society of Edinburgh*, **42**: 469-485.
- 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.
- TRASAR, M.C., GIL, F. & GUTIÁN, F. (1989). Relaciones entre algunas propiedades físico-químicas y las fracciones de fósforo en suelos naturales de Galicia (NW España). *Anal. Edafol. Agrobiol.*, **XLVIII** (5-12): 665-680.
- VIDAL, E., MÉDAIL, F., TATONI, T., ROCHE, P. & VIDAL, P. (1998). Impact of gull colonies on the flora of the Riou archipelago (Mediterranean Islands of South-east France). *Biol. Conserv.*, **84**: 235-243.