

**LIBERACION EXPERIMENTAL DE BASES EN SUELOS
DE ORIGEN GRANITICO DEL MARESME (BARCELONA):
POSIBLES COMPONENTES PERIODICOS
EN LAS SERIES CRONOLOGICAS DE VALORES**

por J. BECH, J.M. FDEZ. DELGADO y M. BERBEL

Laboratori de Sòls.

Escola d'Agricultura de Barcelona (U.P.B.)

y Laboratorio de Fisiología Vegetal y Edafología

SUMMARY

Mathematical procedures have been employed to analyse the oscillations which appear in the graphic representations of chronological series of experimental liberation values of bases (Ca, K, Na and Mg), together with conductivity variations and pH evolution, for soils of granite origin from the "El Maresme" district (Barcelona, Spain).

The experimental liberation technique was performed by means of automatic percolation at 30°C for year and a half, for 200 gr. samples which were leached with 30 ccs. of distilled water every 24 hours.

On the mathematical prospection, theoretical compound models were used, whose oscillations were the result of (making up) rhythmical fluctuations of periods of 14,8 and 35 days. These models have been applied to the autocorrelograms of the increases in these values with respect to the triply smoothed curve of mobile averages, thus determining the percentage coincidence between the models and graphs.

The percentages obtained were high (> 70 %) and those obtained in real value graphs maintain a direct relationship those found in autocorrelograms.

RESUM

S'analitzen per mitjà de procediments matemàtics les oscil·lacions que apareixen en representacions gràfiques de sèries cronològiques de valors, d'alliberament experimental de bases (Ca, K, Na i Mg), de variació de la conductivitat i d'evolució del pH en sòls d'origen granític de la comarca del Maresme (Barcelona).

La tècnica d'alliberament experimental va ésser la de percolació automàtica a 30°C, al llarg d'un any i mig, de 200 grams de material per mostra assajada, que era lixiviada amb 30 cc. d'aigua destil·lada cada 24 hores.

En la propsecció matemàtica s'han emprat pautes teòriques compostes, les oscil·lacions de les quals eren el resultat de compondre fluctuacions rítmiques de períodes de 14,8 i 35 dies. Aquestes pautes han estat aplicades a les gràfiques de valors respecte al tercer suavitzat de mitjanes mòbils i s'han determinat els percentatges de coincidències entre pautes i gràfiques.

Els % obtinguts són elevats (superiors al 70 %) i guarden relació directa els obtinguts en gràfiques de valors reals amb els trobats en autocorrelogrames.

INTRODUCCION

El interés agronómico de la liberación experimental de bases en suelos de origen granítico ha sido puesto de manifiesto por diversos autores: BASTISE (1951), SIMONSON (1970) y CABIBEL (1972).

En anteriores trabajos (BECH, 1966, 71, 72, 73 y 74) hemos expuesto métodos originales y resultados de nuestras experiencias en esta línea de investigación, que abarcan buena parte de la problemática desarrollada en nuestra

tesis doctoral en ciencias.

Por tanto, el objeto de la presente publicación, más que insistir en la descripción de los métodos y condiciones de la experiencia de extracción de bases —lo cual ya se hizo en el lugar citado—, se centra en la exposición de los procedimientos de prospección estadística utilizados en la investigación de los posibles componentes rítmicos en las series cronológicas de valores y en los resultados obtenidos con los mismos.

MATERIAL

Dado que el establecimiento de experiencias de liberación con un alto con-

trol de variables en el tiempo limitaba el número de muestras a emplear, era

necesario que éstas fuesen suficientemente representativas. Por ello, previamente se hizo un muestreo general de los suelos graníticos de la comarca del Maresme (Barcelona), que comprendía unas cincuenta muestras. Una vez analizadas, se escogieron de entre ellas tres, que respondían a las características medias más frecuentes: una de los suelos graníticos de la llanura inferior (BECH, 1972) —la número 7—, y dos de los saprolitos del escalón intermedio —números 4 y 5—, que de hecho constituyen las dos únicas unidades de

interés agronómico, pues el escalón superior cae dentro del ámbito forestal.

Además, a fin de estudiar la influencia de la textura en las experiencias de lixiviación, se tamizó la muestra núm. 4, y con su fracción inferior a 0,25 mm. se constituyó la muestra núm. 8. Se trataba ésta pues de material de la misma naturaleza que la 4, pero a la que se suprimió la fracción de arena gruesa.

Los resultados de los análisis físico-químicos de las mismas se presentan en el cuadro adjunto.

(ver cuadro núm. 1)

METODO

Se pueden considerar dos aspectos:

a) Los métodos propiamente experimentales de percolación, obtención y análisis de los extractos.

b) Los procedimientos de prospección de componentes periódicos en las series cronológicas de valores.

En cuanto al primero, el dispositivo de percolación automática, las condiciones de extracción, la obtención y determinación analítica de los extractos ya quedaron debidamente tratados en dos publicaciones precedentes (BECH, 1966 y 1971).

En el trabajo de BECH (1971) se discutieron las variaciones cronológicas de liberación de bases en las muestras números 4 y 5, con una duración de la experiencia de 19 meses (series "largas" de datos), del 4-IX-64 al 4-IV-66; aquí se estudian además los referentes a las muestras números 7 y 8, con una dura-

ción de 12 meses (series "cortas"), del 15-III-65 al 4-IV-66.

Es el segundo aspecto —b—, el que nos interesa especialmente en la presente publicación.

Los datos obtenidos en cada uno de los extractos percolados, agrupados por magnitudes y por muestras, se han representado:

1) En gráficas de valores liberación/tiempo.

En cada una de ellas figura además el tercer suavizado de medias móviles. En total resultan 24 gráficas: 4 cationes (Ca, K, Na, Mg), variación de la conductibilidad y del pH, para cada una de las cuatro muestras (ver figuras 33.133 y 33.135).

2) En espectros de autocorrelación (correlogramas: YULE-KENDALL 1967, cap. 24, pp. 628-691), de incrementos de los valores reales respecto al

tercer suavizado de medias móviles. En total resultan 24 gráficas.

Estos últimos son de clara significación, ya que comparan precisamente las fluctuaciones que muestran las curvas de liberación, respecto a su tendencia general reflejada en el tercer suavizado.

Hemos seleccionado aquí 4 de los correlogramas más ilustrativos. En ellos se han dibujado rayados verticales de periodicidad igual a 14,8, 29, 5 (doble del anterior) y 35 días (ver figuras 33.64 y 33.82).

Los cálculos y el mismo trazado de las gráficas han sido realizados con la ayuda de una computadora IBM-360N del Servicio de Cálculo de la Universidad de Barcelona.

La prospección de los posibles componentes periódicos se llevó a cabo con las pautas teóricas compuestas que se citan a continuación:

1) Complejo cosinusoidal 1:2,37:4,74 (100: 20: 40% :), y un período fundamental de 35 días (fig. 33.29); ha sido empleada únicamente en la prospección de fluctuaciones rítmicas en las gráficas de valores reales.

2) Pauta teórica compuesta de los mismos períodos que la anterior, representados únicamente por rayado vertical. Su empleo se ha ceñido exclusivamente a la prospección de los espectros de autocorrelación.

El complejo cosinusoidal es el resultado de la composición de tres ondas cosinusoidales. Para su obtención se

han tenido en cuenta dos criterios: la amplitud y el período de cada onda.

En cuanto a los períodos de dichas ondas, se tomaron los de 35 días, de 14,8 días y 7,4 días, dado que en trabajos anteriores (CABALLERO 1969 y BECH 1971) ya se habían detectado utilizando pautas simples correspondientes a cada una de estas periodicidades.

Para el período de 35, por tanto, la función coseno recorre 360° en 35 días; para el período de 14,8 lo recorrerá en 14,8 días, etc. Se calculó para cada 3,7 días (medio período de 7,4), el valor que toman los ángulos en cada una de las tres ondas, y sus cosenos respectivos. Para ello se redujeron los ángulos a sus equivalentes menores de 360° ($\cos x = \sin (x-270)$).

Por lo que respecta a la amplitud, siguiendo a CABALLERO (1969 a), los cosenos del ritmo de 35 días han sido multiplicados por un factor 1, por un factor 0,20 los de 14,8, y por 0,40 los de 7,4. El valor de la función compleja en cada punto es el resultado de sumar los valores de las tres funciones, multiplicados por sus respectivos factores.

Las funciones se toman cosinusoidales, para hacer coincidir en el día 0 los máximos de tres funciones, partiendo así de un máximo absoluto. Para la fijación de la pauta en el tiempo se partió del complejo sinusoidal análogo hallado por CABALLERO (1969 a) para el año 1967, y retrocediendo en el tiempo hasta el año 1964 en el que se iniciaron las experiencias aquí expuestas.

RESULTADOS

Análisis de las series cronológicas en cuanto a sus posibles componentes periódicos

En el trabajo precedente ya citado (BECH 1967), aplicando muestras simples se vio que en los valores de liberación experimental de bases en suelos de origen granítico aparecían fluctuaciones periódicas de 14,8 y 35 días.

En el presente se ha intentado determinar el porcentaje en el que estas oscilaciones pueden ser atribuidas a la combinación de ambos períodos. La conveniencia de esta prospección ya se indicaba en dicha publicación.

Con análogo fin comparativo que en A), hemos construido el diagrama circular anexo (fig. 33.89)

Los porcentajes obtenidos aquí son más bajos que en el cuadro de valores reales, estando las medias comprendidas entre 70 y 80 %.

Los más elevados corresponden a

Mg de las muestras	5 y 8
Na " " "	4, 7 y 8
Ca " " "	4, 5 y 8
pH " " "	7 y 8
Conductibilidad de las 5 y 8	

Es evidente la correspondencia existente entre las medias de los porcentajes calculados en los gráficos de valores reales y en estos correlogramas.

Destacan también en correlogramas de incrementos los porcentajes medios relativos a la muestra núm. 8.

CONCLUSIONES

Se detectan en todas las series cronológicas de liberación de Ca, K, Na y Mg, en las de variación de pH y conductibilidad, fluctuaciones compuestas de los períodos 14,8 y 35 días. Lo mismo ocurre en los correspondientes espectros de autocorrelación de incrementos de valores reales respecto al tercer suavizado de medias móviles.

Los porcentajes de máximas coincidencias entre estas oscilaciones y las pautas compuestas empleadas son siempre bastante significativos.

Existe correspondencia directa entre los tantos por ciento obtenidos en el estudio de las gráficas de valores reales y en los autocorrelogramas de incre-

mentos. Esta correspondencia afecta tanto a las muestras como a las diversas magnitudes de las mismas.

Todo ello pone de manifiesto la validez del método seguido: prospección de posibles componentes periódicos en los correlogramas de incrementos, con el fin de precisar el estudio realizado en las gráficas de los valores de liberación, mediante las mismas técnicas empleadas en dicho estudio.

Parece que un mayor enriquecimiento en fracción fina (arcilla + limo) corresponde a una acentuación de las concordancias, si bien se atenúan las amplitudes.

A) Porcentajes de coincidencias de las fluctuaciones que aparecen en las gráficas de valores reales respecto al complejo cosinusoidal.

Se ha calibrado el porcentaje que existe para cada gráfica de valores reales entre el número de máximos ("picos") y mínimos ("valles") coincidentes con los del complejo cosinusoidal y el total teórico de fluctuaciones posibles. Dichos % se exponen en el cuadro 2, en el que, además, indicamos la media para cada gráfica.

Con el propósito de comparar las medias halladas las hemos representado en un diagrama circular (ver fig. 33.37).

En el mismo se señala con una circunferencia de trazo grueso la región en donde coinciden mayor número de medias.

Se aprecia que los porcentajes de coincidencia son elevados, en general superiores al 80 %. En Ca y Mg de la muestra núm. 8, en "valles", se supera el 90 %. Las medias más elevadas corresponden al Mg de las muestras 5 y 8, al Na de las muestras 4, 7 y 8, Ca de la muestra 8, conductibilidad de las

muestras 4 y 7, y pH de la muestra 8. Nótese que la muestra núm. 8, constituida por la fracción inferior a 0,25 mm. de la núm. 4, es la que presenta, en general, los porcentajes de coincidencia más elevados.

B) Porcentaje de coincidencias de las fluctuaciones que aparecen en los correlogramas de incrementos de los valores reales respecto al tercer suavizado de medias móviles en relación a la pauta compuesta de rayado vertical

Para el análisis de los autocorrelogramas de los incrementos de los valores reales respecto al tercer suavizado de medias móviles, se ha utilizado, como ya se indica en el apartado de Métodos, una pauta en la que se reúnen todos los períodos fundamentales que incluye el complejo cosinusoidal, pero representados en forma de líneas vertidas.

Utilizando el mismo procedimiento que en el apartado anterior, hemos deducido los porcentajes de coincidencias del cuadro 3.

Cuadro 1. ANALISIS DE LOS SUELOS UTILIZADOS EN LA EXPERIENCIA

Muestras número	4 Premià de Dalt sapolito zona media	5 Premià de Dalt regolito zona media	7 Vilassar suelo de zona baja
% Grava	18,6 %	43,2 %	22, %
<i>Anàlisi mecànic</i>			
Arena gruesa	71,3 %	84,4 %	67,7 %
Arena fina	19,2 %	11,4 %	19,9 %
Limo	5,9 %	1,1 %	5,5 %
Arcilla	3,6 %	3,1 %	7, %
pH (en H ₂ O)	7,2 %	8, %	6,8 %
pH (en CaSO ₄)	7,2 %	7,6 %	6,5 %
CO ₃ Ca	—	—	—
M. orgànica	1,296 %	0,22 %	1,48 %
<i>Bases extractables en AcNH₄, pH 7</i>			
K	270 ppm	115 ppm	145 ppm
Na	115 ppm	120 ppm	115 ppm
Mg	109 ppm	113 ppm	328 ppm
Ca	1640 ppm	1800 ppm	1440 ppm
<i>Extracto 1:5</i>			
Conductibilidad	0,456 mmhos.	0,145 mmhos	0,239 mmhos
Sales totales	1,459 g/lit.	1,464 g/lit.	0,767 g/lit.
C. I. C.	5,57 m.e. %	5,7 m.e. %	7,4 m.e. %
<i>Anàlisi químic total</i>			
SiO ₂	70,90	70,29	67,04
Al ₂ O ₃	12,15	12,80	14,62
Fe ₂ O ₃	4,55	3,73	4,46
MgO	1,33	1,24	1,07
CaO	1,39	1,87	1,87
Na ₂ O	2,29	2,59	2,56
K ₂ O	2,89	3,01	2,69
H ₂ O +	2,05	1,58	3,82
H ₂ O -	1,78	1,44	1,46
Total	99,43	98,55	99,68

Cuadro 2. % DE MAXIMAS COINCIDENCIAS ENTRE LAS OSCILACIONES DE LAS SERIES DE VALORES REALES Y DEL COMPLEJO COSINUSOIDAL 1: 2,37: 4,74 (100: 20: 40 %)

Magnitud	Muestra	"picos"	"valles"	media
Ca	4	80,-	81,5	80,7
	5	81,8	78,1	80,-
	7	85,-	75,-	80,-
	8	75,-	90,4	82,5
Mg	4	76,6	88,4	78,5
	5	81,8	87,-	84,-
	7	80,7	79,3	80,-
	8	76,5	90,5	83,5
Na	4	90,-	77,-	83,5
	5	83,3	74,-	78,6
	7	90,-	77,-	83,5
	8	84,2	80,-	82,1
K	4	76,-	84,-	80,-
	5	82,-	80,-	81,-
	7	78,8	78,9	78,9
	8	86,6	76,5	81,5
pH	4	85,2	73,3	79,2
	5	77,4	81,-	79,-
	7	78,2	84,-	81,-
	8	82,7	81,8	82,2
Conduct.	4	82,7	83,3	83,-
	5	78,-	80,6	79,-
	7	88,8	79,6	83,-
	8	80,-	75,-	77,5

Cuadro 3. % DE MAXIMAS COINCIDENCIAS ENTRE LAS OSCILACIONES DE LOS AUTOCORRELOGRAMAS DE INCREMENTOS Y UNA PAUTA TEORICA COMPUESTA DE PERIODOS DE 7,4, 14,8 y 35 DIAS

Magnitud	Muestra	"picos"	"valles"	media
Ca	4	80,-	72,4	76,2
	5	80,-	73,3	76,5
	7	70,5	73,7	72,1
	8	83,3	76,9	80,-
Mg	4	72,7	70,9	71,8
	5	74,9	75,8	75,4
	7	72,2	70,-	71,1
	8	80,-	75,-	77,5
Na	4	69,7	84,8	77,2
	5	67,6	78,2	72,4
	7	68,7	79,-	73,5
	8	70,-	80,-	75,-
K	4	75,-	73,-	74,-
	5	71,5	77,4	74,2
	7	68,7	79,-	73,5
	8	75,-	70,-	72,5
pH	4	70,-	75,-	72,5
	5	69,7	76,5	73,2
	7	75,-	76,-	75,5
	8	75,-	78,-	76,6
Conduct.	4	73,3	73,3	73,3
	5	82,1	68,9	75,5
	7	71,4	78,6	74,9
	8	80,-	71,4	75,6

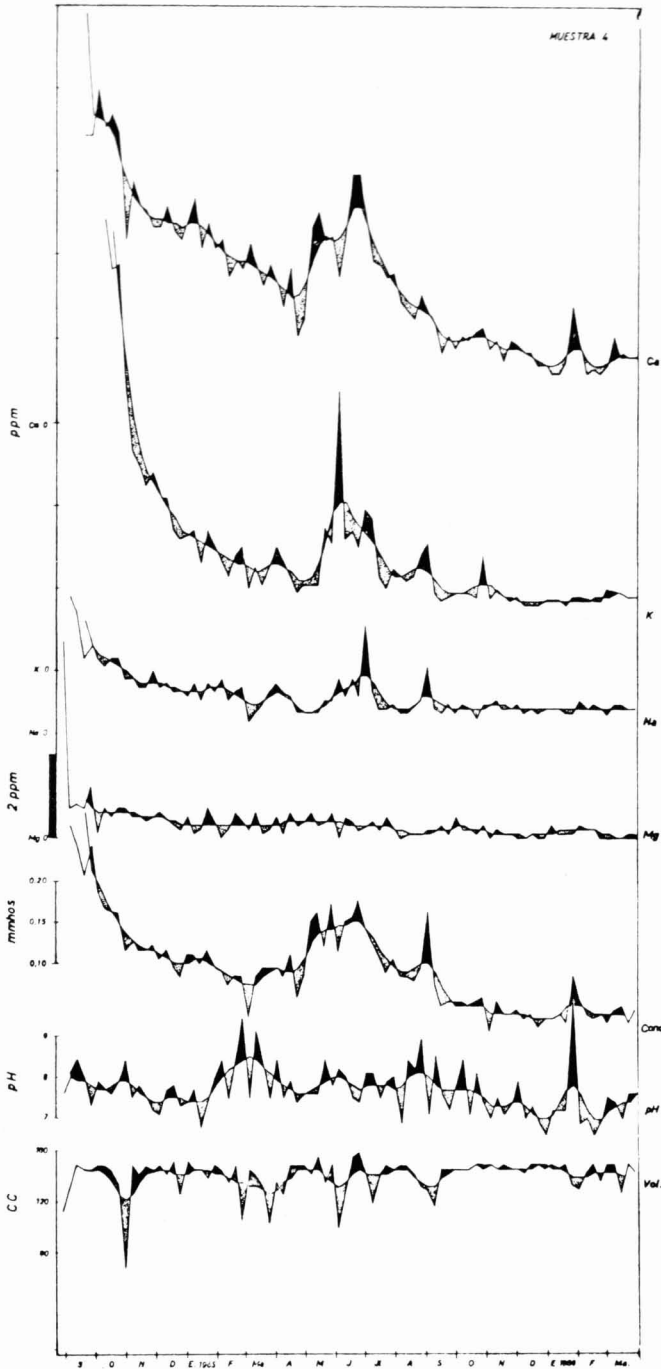


Figura 33.133.— Comparación de las gráficas de valores reales con sus respectivos terceros suavizados.

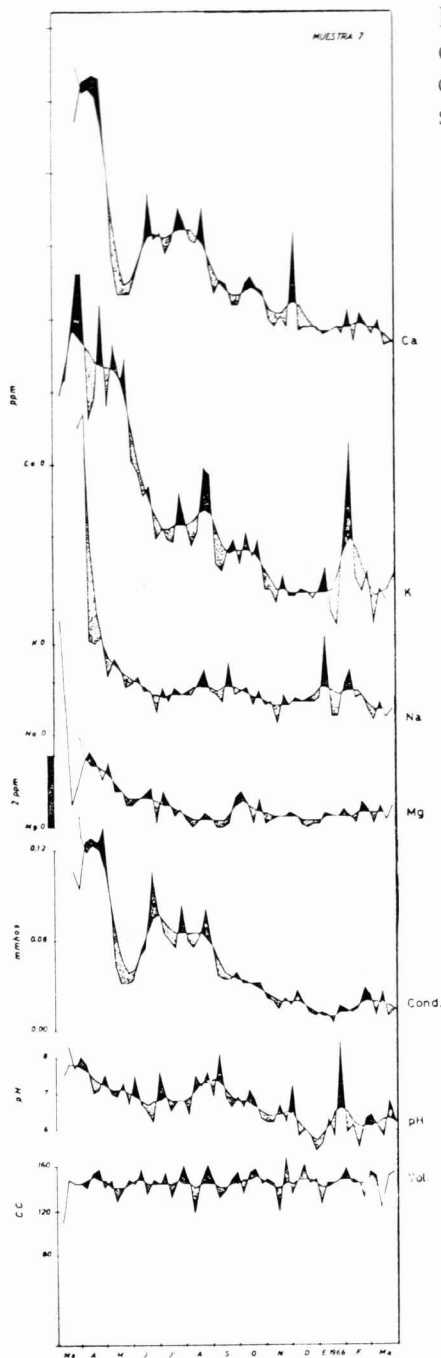


Figura 33.135.— Comparación de las gráficas de valores reales con sus respectivos terceros suavizados.

MUESTRA 5

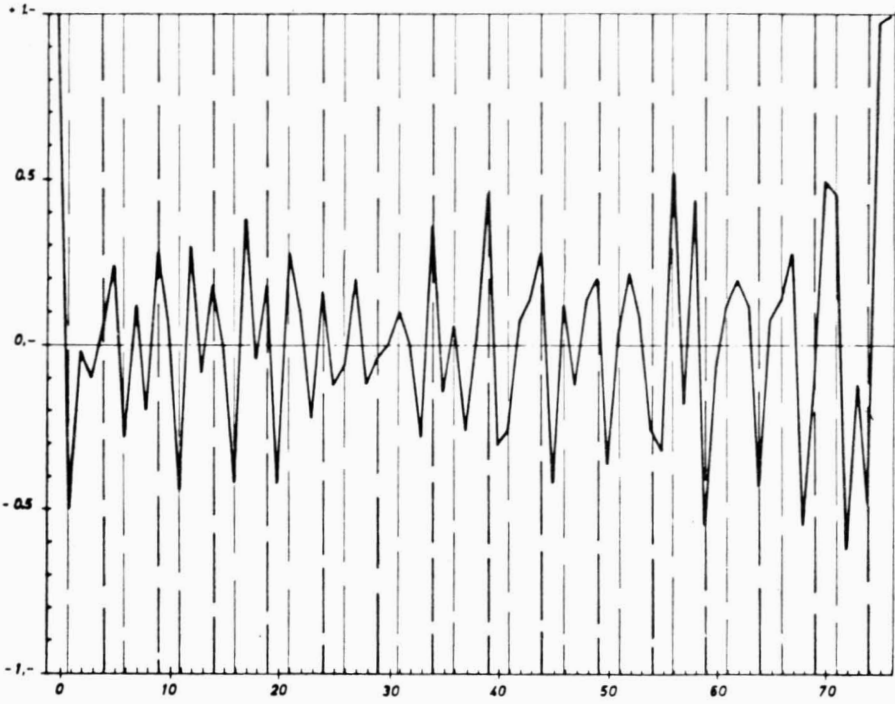


Figura 33.64.— Liberación de Mg ++ : espectro de autocorrelación de los valores reales respecto al tercer suavizado de medias móviles.

MUESTRA 8

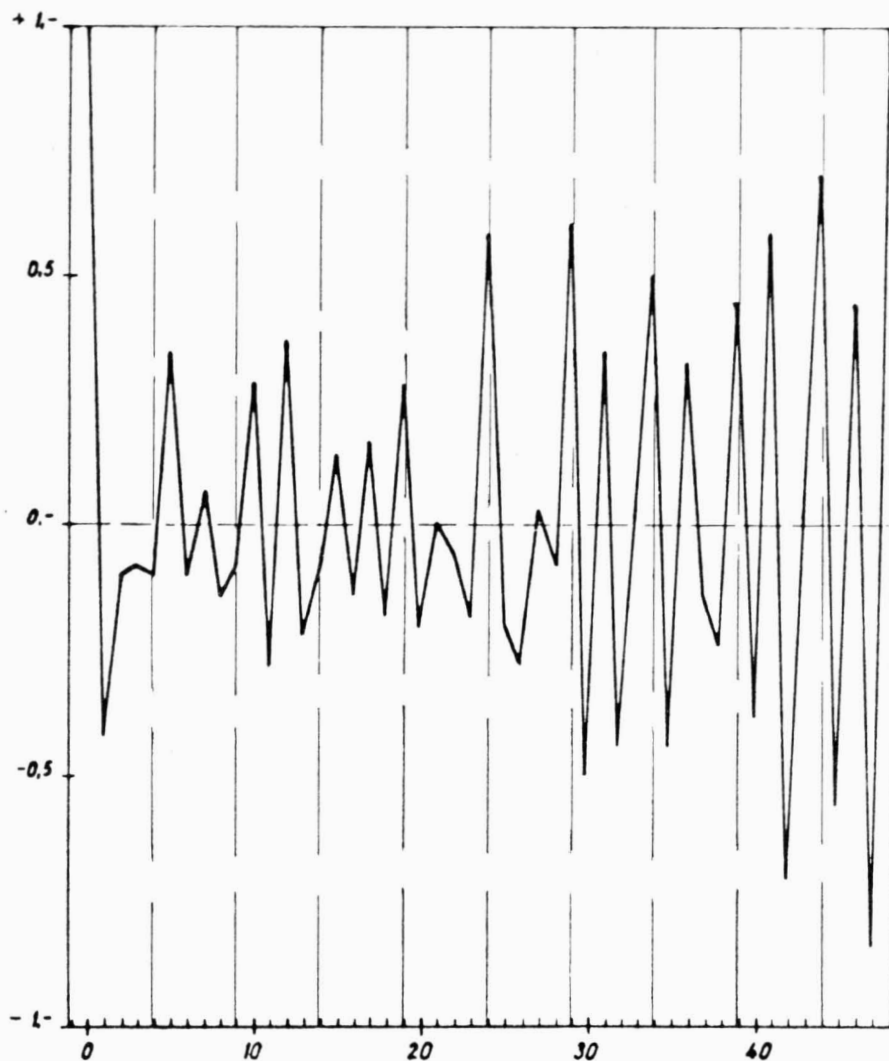


Figura 33.82.— Variación de pH: espectro de autocorrelación de incremento de los valores reales respecto al tercer suavizado de medias móviles.

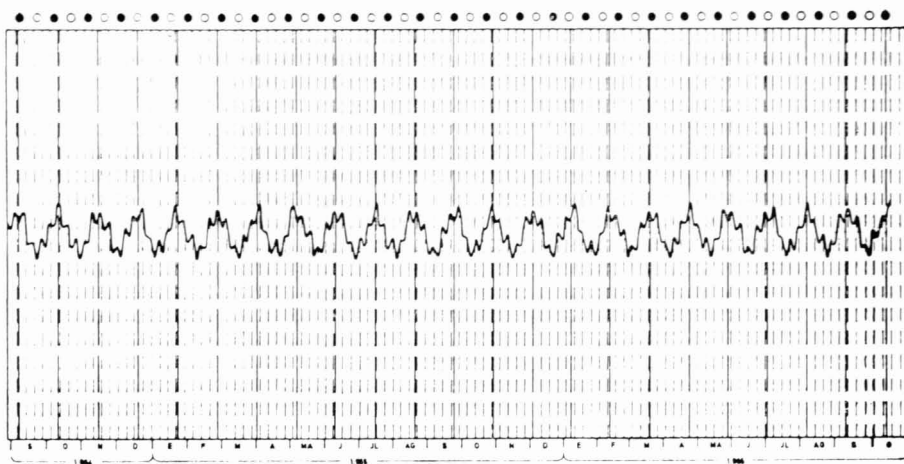


Figura 33.29.— Pauta del complejo cosinusoidal 1:2, 37:4,74 (100:20:40)

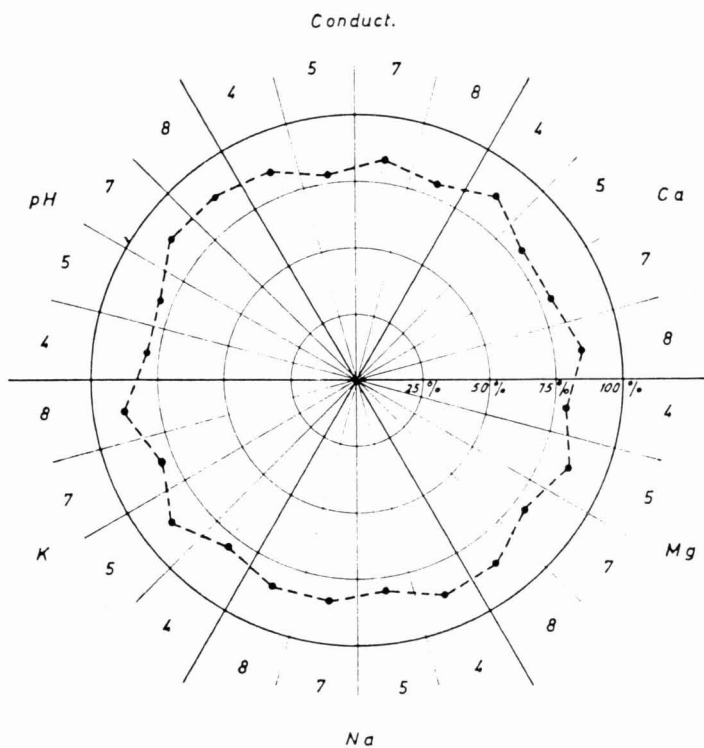


Figura 33.37.— Diagrama circular de distribución de los valores del cuadro núm. A (porcentajes de oscilaciones respecto al complejo cosinusoidal).

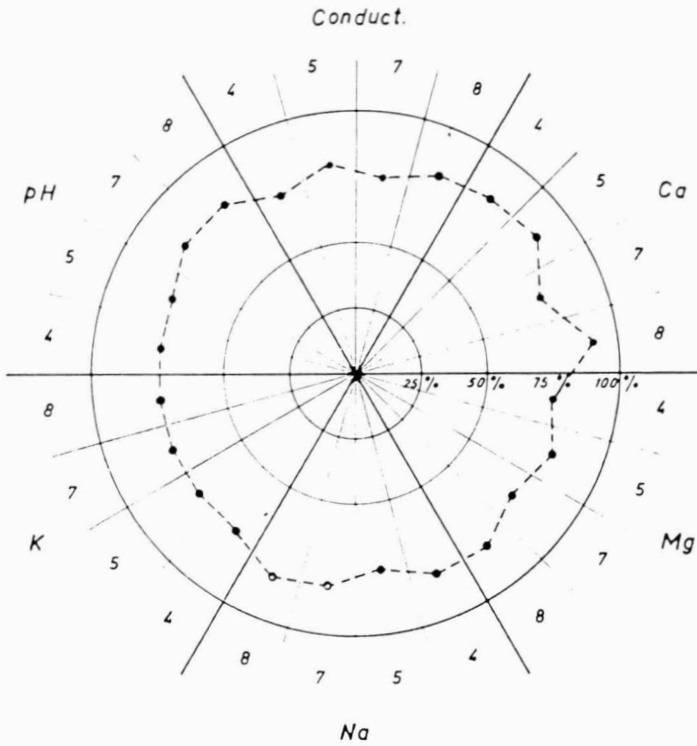


Figura 33.89.— Diagrama circular de distribución de los valores del cuadro B (porcentajes de oscilaciones respecto a la pauta compuesta de rayado vertical).

BIBLIOGRAFIA

- BASTISSE E.M. (1951). *Dix-huit années d'études lysimétriques appliqués a l'agronomie*. Ann. Agron. n. 727.
- BECH, J. (1966). *Percolador automático con capacidad para regular condiciones edáficas o de meteorización*. P. Inst. Biol. Aplic. 40: 135-143.
- BECH, J. (1971). *Variaciones cronológicas en la liberación de bases por suelos de origen granítico*. P. Inst. Biol. Aplic. 51: 17-32.
- BECH, J. (1972). *Datos sobre mineralogía de la fracción arena en los regolitos, saprolitos en los suelos graníticos del Maresme (Barcelona)*. Publ. Inst. Geol., Dip. Barcelona, 27: 113-115.
- BECH, J. (1972). *Liberación de bases en suelos de origen granítico de la comarca del Maresme (Barcelona)*. Tesi doctoral Fac. Cienc. Univ. Barcelona, 2 vols. 533 pág. (Doc. ciclost. de difusió limitada).
- BECH, J. (1973). *Alliberació de calç i de potassa als sòls granítics del Maresme (Barcelona)*. Treb. Soc. Cat. de Biol. 32: 51-71.
- BECH, J. (1974). *Liberación de bases en suelos de origen granítico de la comarca del Maresme (Barcelona)*. Resum de la tesi doctoral en Ciències. Secret. Publ. Univ. de Barcelona. 51 pág.
- CABIBEL (1972). *Mobilisation de potassium du sol au cours d'une culture Stanford-De Ment*. Ann. Agron.
- CABALLERO, A. (1969). *Ritmos de período largo en el crecimiento de las plantas*. Mem. Real Acad. Cienc. y Art. de Barcelona, 37 (6) 169-214.
- CABALLERO, A. (1969). *Estudi comparatiu del creixement de les graminies cultivades a Barcelona i a latituds més elevades*. Treb. de la Soc. Catal. de Biol. XXVII, 53-59.
- CABALLERO, A., UBACH, M., BERBEL, M., MORALES, A. (1968). *Ritmos en el crecimiento y en la producción de gramíneas pratenses*. Collectanea Botanica 7: 117-149.
- SIMONSON ROY, W. (1970). *Losses of Nutrient elements during soil formation in nutrient mobility in soils: Accumulation and Losses*. Soil Society of America.
- YULE-KENDALL (1967). *Introducción a la estadística matemática*.