

Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, II. Variación estacional del pH edáfico

José Manuel Moreno (*)

Resumen: Moreno, J. M. *Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, II. Variación estacional del pH edáfico. Lazaroa, 6: 151-168 (1984).*

Se aportan medidas de dos años del pH del suelo y de la hojarasca de 31 parcelas pobladas por distintas unidades de jaral, y en distintos estadios dinámicos, pertenecientes a la alianza *Cistion laurifolii*. Se muestra la existencia de importantes variaciones estacionales del pH, detectándose un ciclo de variación anual. Los sintáxones estudiados se caracterizan frente a este factor ecológico, comparándose los datos de estos matorrales frente a otros de brezales. Se demuestra la tendencia a la acidificación que produce el jaral frente a los cantuesales, si bien los horizontes superiores permanecen menos ácidos que los inferiores. Los análisis multivariable realizados no permiten reconocer preferencias de ninguno de los sintáxones por un rango de pH.

Abstract: Moreno, J. M. *Ecological comparative study of the rock-rose scrubs of Madrid, II. Soil-pH seasonal fluctuation. Lazaroa, 6: 151-168 (1984).*

During two years soil and litter pH of 31 permanent plots grown by several rock-rose scrubs (jarales) of *Cistion laurifolii* at different dynamic stages have been measured. Acidity records show the existence of important seasonal variations and according to a certain rhythm. The different syntaxa are characterized as for this ecological factor and the results for these matorrals are compared with other data of heath-scrubs. Adult jaral-phases tend to decrease soil pH when compared with younger dwarf-scrubs-phases, nevertheless upper soil levels generally remain less acidic. Multivariable analysis do not show preference of the different syntaxa for a certain soil-pH range.

INTRODUCCION

La reacción del suelo es uno de los indicadores más frecuentemente utilizados para describir las condiciones ecológicas de plantas y sus comuni-

(*) Departamento de Botánica, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, 28040 Madrid.

dades (ELLEMBERG, 1974). Si bien las preferencias generales de los distintos táxones son más o menos conocidas, interesa saber el comportamiento específico en áreas determinadas (AUBERT, 1978; BERNÁLDEZ & al., 1977), toda vez que bien por efecto de competencia con otras especies (ELLEMBERG, 1958), bien por diferenciación de ecótipos (ERNST, 1978; MERINO, 1975) un mismo taxon puede aparecer bajo condiciones edáficas muy diferentes. En este sentido, es particularmente interesante el estudio del comportamiento de las comunidades vegetales, debido a su mayor estenoicidad frente a las condiciones ambientales que las especies que las componen (SCHÖNHAR, 1952).

Acerca de la naturaleza de los suelos poblados por los jarales objeto de estudio han aportado datos VELASCO (1969), VELASCO & RÍO (1980), VELASCO & MINGO (1981), entre otros, no obstante con objetivos diferentes que la caracterización y búsqueda de las posibles diferencias entre los distintos sintáxones existentes en el área de trabajo para el factor edáfico en cuestión. En el estudio hemos tenido en cuenta las variaciones estacionales que experimenta el pH, denunciadas para numerosas comunidades, en concreto para brezales (LÖTSCHER & HORST, 1962; HORST, 1964; LACHE, 1976), habiéndose detectado variaciones hasta próximas a dos unidades de pH (LÖTSCHER & ULLRICH, 1962). Asimismo, se ha tenido en cuenta el dinamismo con objeto de valorar cómo repercute en el suelo la instalación de un jaral maduro frente a los tomillares pioneros.

AREA DE TRABAJO, MATERIAL Y METODOS

La investigación se ha efectuado en el área norte y oeste de la provincia de Madrid, para lo cual se seleccionaron 31 parcelas de muestreo comprendiendo distintos matorrales de *Cistion laurifolii* en distintos estadios de desarrollo y teniendo en cuenta la variabilidad de sustratos existentes en la provincia (véase descripción de parcelas e inventarios florísticos en MORENO, 1984a). En la tabla 1 se relacionan las comunidades estudiadas así como las abreviaturas y simbología que utilizaremos en lo sucesivo. Cada parcela fue visitada en periodos trisemanales aproximadamente, desde febrero a octubre, durante dos años consecutivos (algunas parcelas sólo se visitaron un año). Se recolectaron cinco muestras distribuidas al azar en tres niveles edáficos: suelo de 0 a 5 cm y de 5 a 15 cm de profundidad, respectivamente, y hojarasca (en aquellas parcelas con biomasa suficiente) procedente de las dos especies dominantes de *Cistus* (*ludanifer* y *laurifolius*). Las cinco muestras de cada nivel se mezclaron *in situ* para constituir una muestra mezcla, transportándose al laboratorio en recipientes herméticamente cerrados.

Las medidas se efectuaron con un pH-metro Methrom n.º 4284, procediéndose cada año de forma diferente: 1) en relación suelo/agua 1:2 en muestras sin homogeneizar y a las 24 horas (STEBING, 1965); 2) en pasta saturada en muestras cribadas en fresco por tamiz de 2 mm de luz y a las 2 horas (Comisión de Métodos Analíticos, 1973), ambos procedimientos en suspensión acuosa. Con ello se pretendían evitar los posibles efectos añadidos de método, ya que aunque en el primero se someten las muestras a menor manipulación, la gran cantidad de gravas de estos suelos (MORENO, 1984b) podía suponer efectos distorsionadores, por lo que se procedió a la homogeneización de las muestras en el segundo año. El segundo método arrojó resultados algo inferiores (0,22 en promedio) debido a la menor dilución de la muestra (RYTI, 1965). La hojarasca fue analizada en suspensión acuosa, suponiendo el menor período de lectura del segundo año un aumento de 0,17 en promedio. Las variaciones observadas en los distintos

Tabla I
Relación de las unidades de jaral estudiadas, parcelas de cada una, abreviaturas y símbolos utilizados en el texto y figuras.

Símbolo	Abreviatura	Sintaxon	Parcelas
	R-C lad	<i>Rosmarino-Cistetum ladaniferi</i>	
▽	R-C typ	- <i>typicum</i>	AB, EP, JA, PA, SA, SB, TB, VA, VB
△	R-C gen	- <i>genistetosum hirsutae</i>	VI, VP, VT
▲	R-C cyt	<i>cytisetosum scoparii</i>	CC, EA, EB, LA, LB, TC
⊙	R-C cis	<i>cisetosum cyprii</i>	JB, PB
	S-C lau	<i>Santolino-Cistetum laurifolii</i>	
●	S-C typ	- <i>typicum</i>	JC, MA, MB, NA, PC
○	S-C cyt	- <i>cytisetosum purgantis</i>	NB
◆	H-C lau	<i>Halimio-Cistetum laurifolii</i>	DA, DB, HS
◇	T-H cti	<i>Thymo-Halimietum commutati</i>	AA
□	A-C lad	<i>Argyrobium-Cistus ladanifer</i> (com.)	TA

métodos, a pesar de la constancia de las mismas, no se han considerado como relevantes a efectos comparativos dada la magnitud de los cambios estacionales observados, como se discutirá más adelante, habiendo supuesto el mismo efecto de método sobre todas las muestras. Para la comparación de resultados se han utilizado los siguientes análisis matemáticos: anova para comparaciones emparejadas (SOKAL & ROHLF, 1979); análisis de componentes principales (programa ANCOMP) y clasificación jerárquica ascendente utilizando como métrica las distancias euclídeas y algoritmo la maximización del momento centrado de orden dos de una partición (programa CAHCOOR), ambos del paquete ADDAD (JAMBU, 1978).

RESULTADOS

Variación anual de la reacción del suelo

Los suelos de los jarales se caracterizaron durante los dos años de estudio por la inestabilidad de sus pH, tanto en la hojarasca como en los dos niveles orgánico-minerales considerados. La magnitud de la variación de cada parcela y nivel puede verse en las figuras 1 y 2. Las mayores amplitudes anuales superaron la unidad de pH, hasta 1,3, que fue la máxima variación por parcela encontrada, tanto en hojarasca (PB, NB), como en el suelo (JC, EP). La hojarasca presentó en conjunto las variaciones más grandes (0,7-0,9 fue el rango más frecuente) (fig. 3), frente al rango 0,5-0,7 más frecuente en el suelo.

La comparación de las distintas asociaciones estudiadas agrupando las parcelas respectivas de cada una, no ha permitido detectar ninguna diferencia significativa entre las mismas, por lo que a la amplitud media de la variación estacional se refiere, o lo que es lo mismo, la magnitud de la variación estacional del pH de los suelos en los tres niveles medidos no parece estar

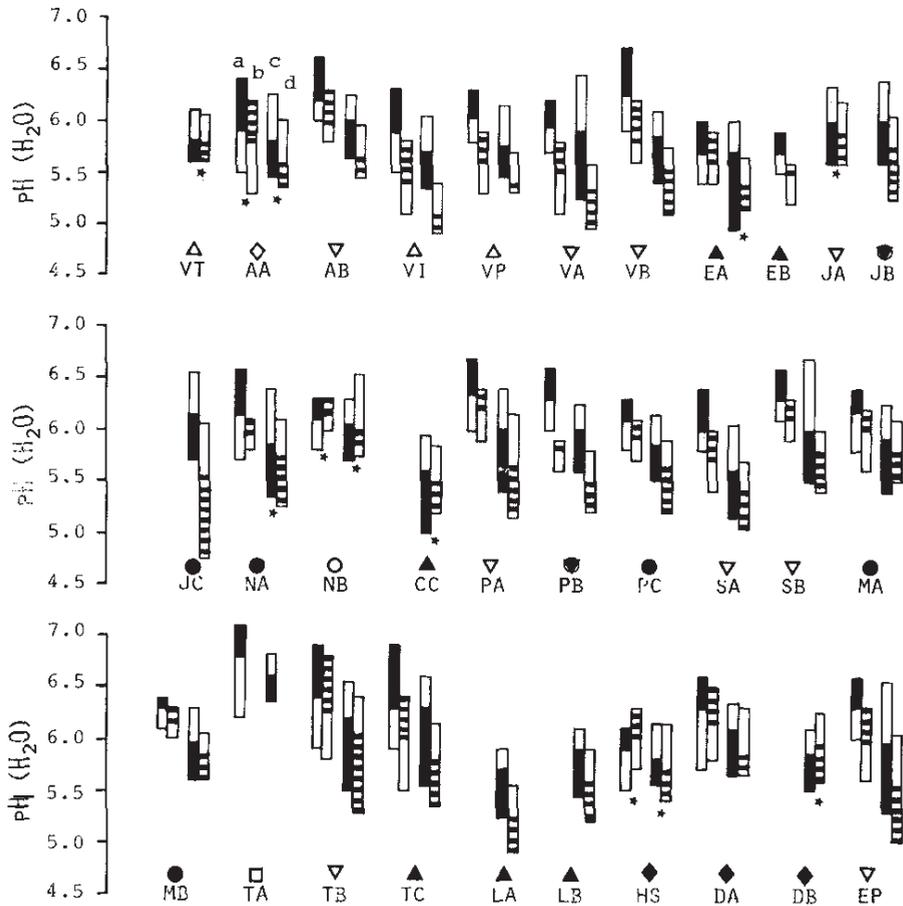


Fig. 1.—Valores medios y extremos de los pH (H₂O) edáficos medidos a lo largo del año en las distintas parcelas de jaral. (Unidades de vegetación y símbolos en tabla I).

a=0-5 cm y b=5-15 cm, medidas del III al X de 1979.

c=0-5 cm y d=5-15 cm, medidas del II al X de 1980.

(*) Diferencia no significativa entre los dos niveles.

regida por las comunidades vegetales que albergan. Igualmente, se procedió a comparar mediante el correspondiente anova de comparaciones emparejadas la amplitud media de los dos niveles minerales, agrupando las parcelas en las tres asociaciones con más de una de éstas. Los resultados no fueron muy concluyentes por cuanto en el primer año las diferencias no fueron significativas para ningún sintaxon; en el segundo año, el horizonte superior (0 a 5 cm) de *R-C lad* apareció más variable en promedio que el nivel inferior (5 a 15

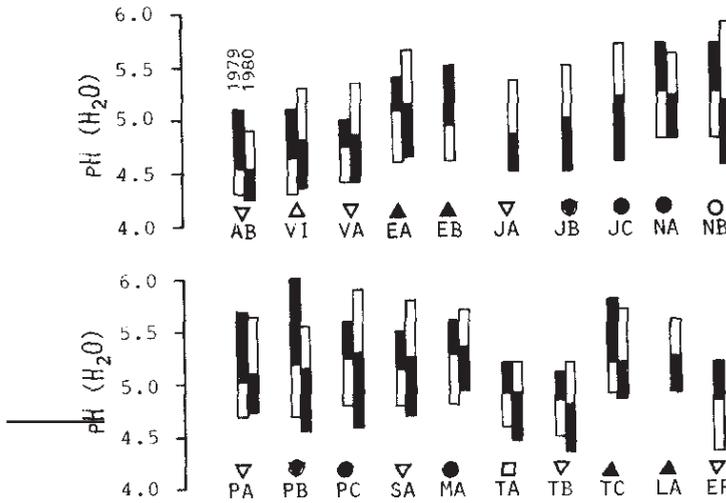


Fig. 2.—Valores medios y extremos del pH (H₂O) de la hojarasca a lo largo del año de las distintas unidades de jaral. Medidas del III al X de 1979 y del II al X de 1980. (Parcelas y unidades de vegetación en tabla I).

cm), con una diferencia media de 0,18 de pH, estadísticamente significativa. Habida cuenta que dicho grupo fue el más numeroso (19 parcelas) y dejando de lado el efecto del método en el primer año, por cuando las variaciones aparecieron más atenuadas, parece evidenciarse una tendencia de las capas superiores del suelo de los jarales de esta asociación a sufrir mayores variaciones estacionales en su acidez actual.

El siguiente aspecto a destacar es que las fluctuaciones estacionales del pH edáfico presentaron unas pautas de variación bien definidas, como se deduce de las figuras 4 y 5, en las que hemos agrupado por niveles las parcelas pertenecientes a las asociaciones *R-C lad* y *S-C lau*, respectivamente. Ambos grupos se caracterizaron en los dos años de estudio y en los tres niveles respectivos por un marcado ritmo anual, definido por presentar pH elevados en primavera para ir cayendo paulatinamente hacia el verano, obteniéndose los valores más bajos en los meses de julio y agosto, para elevarse de nuevo conforme avanzó el otoño. Así pues, el curso anual de variación presentó dos picos altos, primavera y otoño, y un mínimo estival. Los registros de 1980 muestran niveles invernales también bajos, reflejándose la posible existencia de otro mínimo invernal, si bien la falta de más datos no nos permite asegurarlo. El curso de la variación anual es manifiesto tanto para los valores medios como, en general, para los máximos y mínimos, si bien en éstos la divergencia fue mayor, lo cual no es sino reflejo de la inestabilidad del pH del

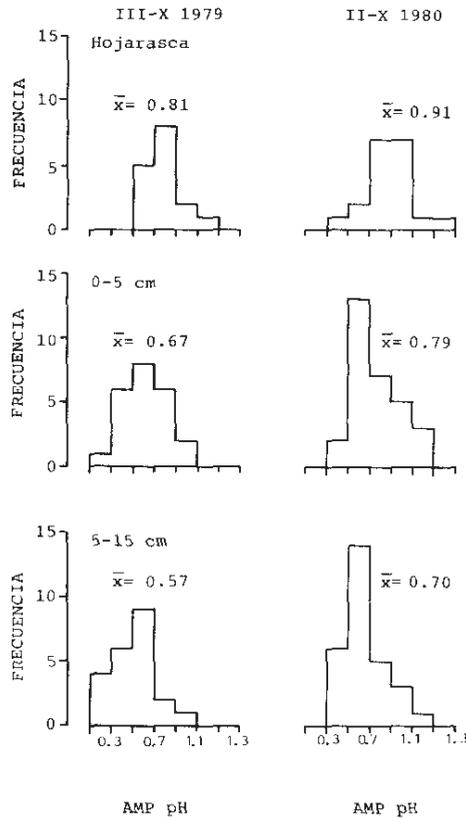


Fig. 3.—Distribución de amplitudes de la variación del pH (H₂O) de la hojarasca y del suelo de las distintas unidades de jaral.

suelo, pues incluso en épocas de mínimos hubo parcelas con valores por encima de lo normal.

Valores medios y extremos y rangos por sintáxones

La hojarasca de los jarales se caracterizó por presentar pH ácidos a moderadamente ácidos, con medias anuales comprendidas entre 4,5 y 5,5 (fig. 2), correspondiendo los valores máximos y mínimos a MA (*S-C typ*) con 5,4 y a AB (*R-C typ*) con 4,5, respectivamente. Los valores absolutos extremos fueron de 6,0 en PB (*R-C cis*) y 4,2 en AB (*R-C typ*). En vista de los datos obtenidos no parece advertirse una división clara entre los distintos sintáxones; sí parece existir una tendencia por parte de las parcelas correspondientes

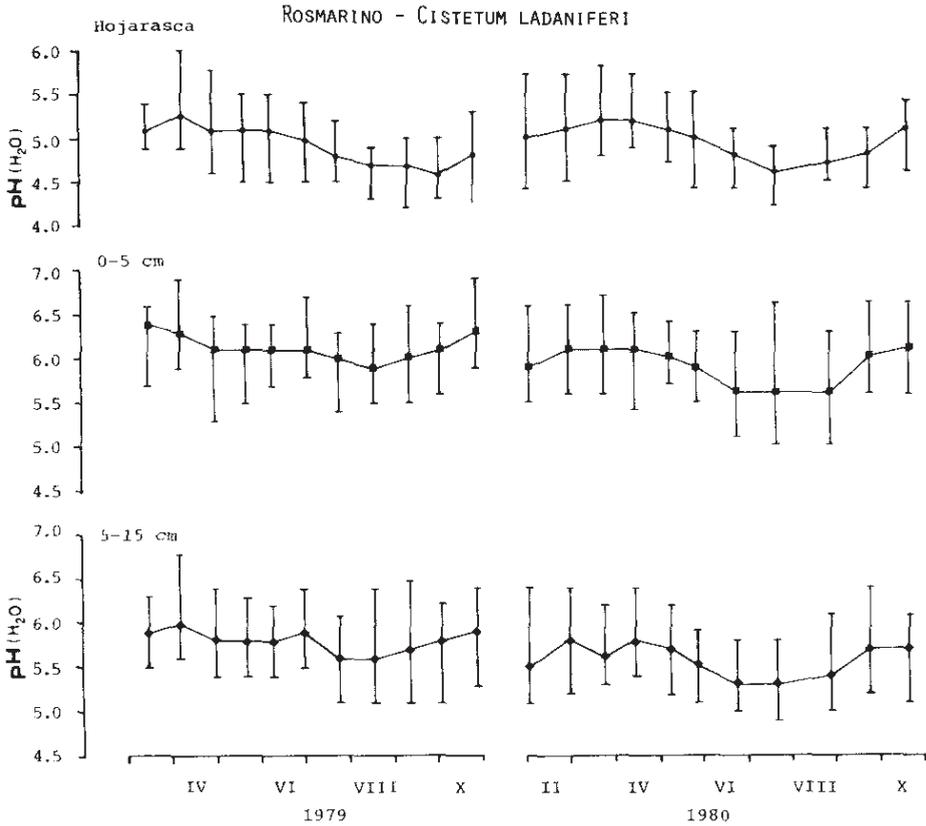


Fig. 4. --Variación anual del pH (H₂O) de la hojarasca y del suelo del conjunto de parcelas de *Rosmarino-Cistetum ladaniferi*. Valores medios y extremos del siguiente número de parcelas: 1979) 11 de hojarasca y 14 de suelo; 1980) 13 de hojarasca y 19 de suelo.

a *S-C lau* y las situadas a mayor altitud de *R-C lad* a presentar pH ligeramente más elevados que otras de *R-C lad* situadas a cotas inferiores, observándose cómo todas las parcelas de *S-C lau* presentaron valores mayores que 5. Reflejo de esta tendencia pueden ser los datos obtenidos para el grupo JA-JB-JC, en el que la acidez media y máxima disminuye en el sentido del jaral de estepas. Peor dibujada pero con datos de dos años puede verse esta tendencia en el grupo PA-PB-PC, en el que igualmente los valores medios aumentan hacia *S-C typ*, aunque en este caso la hojarasca de *R-C typ* partiese de un pH ya por encima de 5.

En la figura 1 se han representado los valores medios y extremos registrados en los dos niveles orgánico-minerales del suelo de cada una de las parcelas. Los valores medios anuales de los distintos jarales estuvieron

SANTOLINO - CISTETUM LAURIFOLII

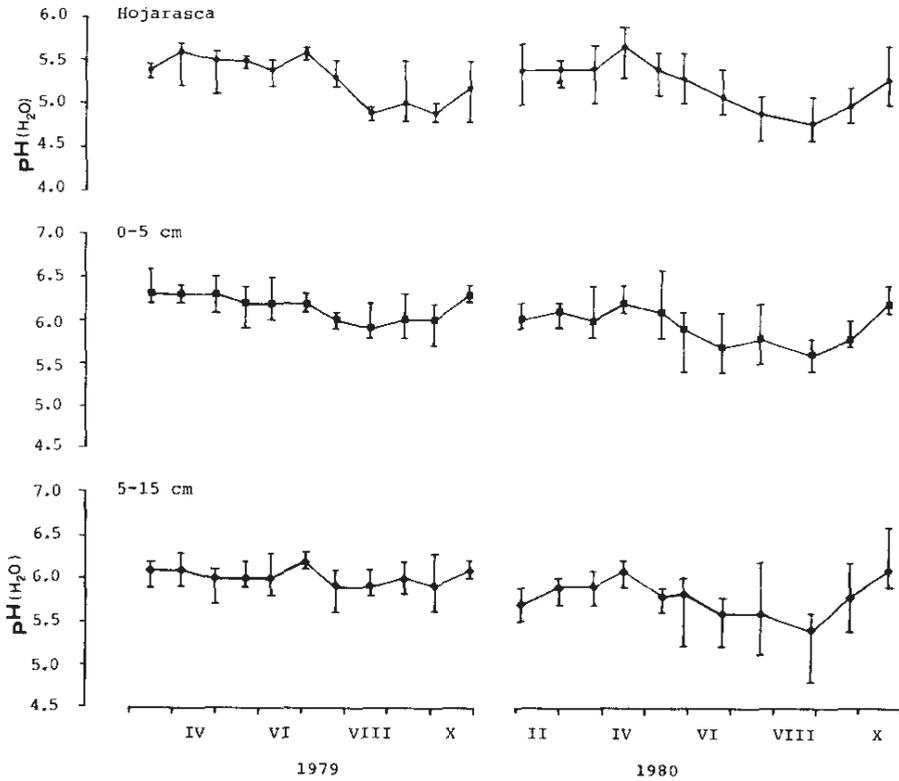


Fig. 5.—Variación anual del pH (H₂O) de la hojarasca y del suelo del conjunto de parcelas de *Santolino-Cistetum laurifolii*. Valores medios y extremos del siguiente número de parcelas: 1979) 4 de hojarasca y 5 de suelo; 1980) 5 de hojarasca y 6 de suelo.

comprendidos, por lo común, entre 5,5 y 6,0 para ambos niveles, oscilando entre los 6,7 de TA (*A-C lad*), que fue la media más elevada, y los 5,1 del horizonte inferior de VI (*R-C gen*). Paralelamente, los valores extremos absolutos se presentaron en TA con 7,1, mínima acidez registrada, y 4,7 de JC, que fue la máxima acidez medida, si bien los pH por debajo de 5 fueron escasos; de hecho sólo en cinco parcelas, y normalmente en su horizonte inferior, se obtuvieron valores de acidez inferiores a dicho valor. Por el contrario, los valores superiores a 6,0 fueron casi generales, superando trece parcelas el valor de 6,5 que, en este caso, se presentó más frecuentemente en el horizonte superior. En conjunto, pues, hay que calificar los suelos de los jarales de todas las comunidades estudiadas como moderadamente ácidos. La tabla 2 recoge lo expresado para cada uno de los sintáxones investigados;

Tabla 2

Valores extremos (máximos y mínimos) y amplitudes de los pH(H₂O) obtenidos en el horizonte superior del suelo (0 a 15 cm) de distintas unidades de jaral. (Abreviaturas en tabla 1).

Sintaxon	Número de parcelas		III al X de 1979			II al X de 1980		
	1979	1980	Máx.	Min.	Ampl.	Máx.	Min.	Ampl.
<i>T-H cti</i>	1	1	6,40	5,30	1,10	6,25	5,35	0,90
<i>R-C gen</i>	2	3	6,30	5,10	1,20	6,15	4,90	1,25
<i>R-C typ</i>	8	9	6,90	5,10	1,80	6,80	4,95	1,85
<i>R-C cis</i>	1	2	6,60	5,60	1,00	6,40	5,20	1,20
<i>R-C cyt</i>	4	6	6,90	5,20	1,70	6,60	4,95	1,65
<i>S-C typ</i>	4	5	6,60	5,60	1,00	6,55	4,75	1,80
<i>S-C cyt</i>	1	1	6,30	5,80	0,50	6,55	5,70	0,85
<i>H-C lau</i>	2	3	6,60	5,50	1,10	6,35	5,40	0,95
<i>A-C lad</i>	1	1	7,10	6,20	0,90	6,80	6,35	0,45

en todos ellos se observa que los valores máximos estuvieron claramente por encima de 6,0, mientras que los mínimos, con la excepción del caso comentado de JC, apenas si bajaron de 5,0.

El análisis comparativo en base al conjunto de datos de un año se hará más adelante, si bien queremos señalar en este punto las peculiaridades de TA (*A-C lad*), toda vez que el suelo de esta parcela no tenía la suficiente potencia como para tomar muestras de los dos niveles, por lo que no podrá ser incluido en posteriores análisis matemáticos. La mencionada parcela se diferenció claramente de las demás por presentar los mayores valores medios anuales, los cuales, en los dos períodos, estuvieron por encima de 6,5, esto es, muy próximos a la neutralidad. Correspondientemente, los valores superiores a dicha cota fueron frecuentes, habiéndose registrado el mayor valor de todos los medidos (7,1), no bajando el mínimo de 6,2, y esto en una sola ocasión. Todo ello nos lleva a considerar a esta parcela como la más básica de todas y desviante de la acidez moderada del resto de los jarales estudiados, lo cual puede servirnos para explicar la presencia de las plantas basófilas que aparecen en esta comunidad: *Argyrolobium zanonii* y *Stachelina dubia*, entre otras (ver inventario en MORENO, 1984a).

El rango máximo de los pH medidos fue de 2,4 (desde 4,7 a 7,1, registrados en JC y TA, respectivamente), si bien el rango dentro del cual se presentaron los sintaxones investigados, comprendiendo la variabilidad territorial de las distintas parcelas y la debida a la estacionalidad fue menor, alcanzando 1,9 en las comunidades con mayor número de parcelas.

Comparación de los dos niveles orgánico-minerales

En la figura 1 puede apreciarse cómo el nivel 5 a 15 cm presentó generalmente pH inferiores al de 0 a 5 cm, tanto en sus valores medios como

en los extremos. Cuando se procedió a comparar ambos horizontes a lo largo de cada año por medio de un anova para comparaciones emparejadas, tales diferencias fueron altamente significativas para la mayoría de las parcelas, excepto para aquellas en las que se ha señalado con (*). No obstante, aún en estas parcelas, a pesar de que la diferencia no fue significativa, el horizonte superior fue menos ácido. Del conjunto de sintáxones, el comportamiento más desviante correspondió a las parcelas de *H-C lau*, ya que en HS y DB se invirtió la norma, a lo que hay que unir el hecho de que el ciclo de variación anual fuese también el más desviante.

Comparación de fases

Con objeto de valorar la repercusión que ejerce sobre el pH del suelo la instalación de un jaral maduro (dominado por *Cistus ladanifer* o *C. laurifolius*) a partir de fases de tomillar, dominadas fundamentalmente por cantuesos (*Lavandula pedunculata*), se procedió a comparar los dos horizontes homólogos de cada fase de un grupo de parcelas situadas a escasos metros una fase de la otra. La tabla 3 recoge los resultados de la comparación mediante el correspondiente anova para comparaciones emparejadas. En 13 de los 14 casos el pH de la fase de jaral maduro fue más ácido en sus dos niveles que el del equivalente de la fase de cantuesal. El análisis estadístico no fue tan concluyente; en las dos parcelas pertenecientes a *S-C lau* las diferencias fueron muy pequeñas, sin que se pueda asegurar estadísticamente, si bien, dentro de la tendencia apuntada, la mayor basicidad se presentó en el cantuesal. Las parcelas de *R-C lad*, con excepción de los niveles superiores del segundo año de VA-VB, arrojan diferencias relativamente importantes y constantes, pudiéndose concluir que existe una caída en el pH del suelo conforme se instala el jaral maduro, caída más pronunciada en el nivel inferior, manteniéndose tal diferenciación a lo largo del ciclo de variación anual.

Análisis numérico multivariable

Para valorar las posibles diferenciaciones de los sintáxones estudiados frente al pH, se han sometido los datos de hojarasca (19 parcelas) y los de los dos niveles orgánico-minerales (29 parcelas) del segundo año a análisis de componentes principales y clasificación jerárquica, obteniéndose la correspondiente ordenación jerárquica (PINEDA, F. D. & al., 1979). La mayor parte de la información de la nube de datos queda recogida en los dos primeros ejes del análisis de componentes principales, particularmente en el I de cada análisis (las varianzas explicadas por cada eje se representan en las respectivas figuras). Al eje I contribuyen positiva y altamente todas las fechas de

Tabla 3

Comparación por horizontes del pH (H₂O) edáfico entre fases de jaral (J) y de cantuesal (C) por medio de un anova para comparaciones emparejadas.
(Abreviaturas en tabla 1).

Sintaxon	Parcela		III-X 1979		II-X 1980	
			0-5 cm	5-15 cm	0-5 cm	5-15 cm
R-C typ	VA (J)	M	5,93	5,49	5,92	5,34
		M	6,26	5,81	5,85	5,53
	VB (C)	D	-0,33	-0,32	0,07	-0,19
		S	***	***	ns	***
R-C typ	SA (J)	M	5,99	5,71	5,61	5,40
		M	6,32	6,07	6,02	5,79
	SB (C)	D	-0,34	-0,36	-0,40	-0,39
		S	**	**	**	**
R-C cyt	LA (J)	M		-----	5,71	5,26
		M			5,87	5,57
	LB (C)	D	---		-0,16	-0,32
		S	---	---	*	***
S-C typ	MA (J)	M	6,18	5,98	5,92	5,79
		M	6,28	6,15	5,93	5,85
	MB (C)	D	-0,10	-0,16	-0,01	-0,06
		S	ns*	*	ns	ns

M: valores medios del año; D: diferencias medias entre fases para cada horizonte; S: significación estadística de la diferencia para P=0,05; 0,01 y 0,001; ns: no significativo.

lectura, representando el tamaño de la nube (RAO, 1971); el eje II representa diferencias de comportamiento en los distintos períodos del año.

En la figura 6 se representan sobre el plano definido por los dos primeros ejes del análisis de componentes las distintas parcelas, en base a los datos de hojarasca. La nube de éstas se escinden en dos conglomerados: las de pH más bajo, situadas hacia el lado negativo del eje I, y las de pH más elevado en el lado positivo. El primer grupo de parcelas comprende jarales maduros, todos ellos con dominancia casi exclusiva de *Cistus ladanifer*, y homogéneos en su comportamiento frente al eje II, esto es, variaron todos de forma similar a lo largo del año, estando marcado el extremo negativo (mayor acidez relativa) por la parcela más baja (AB). El otro grupo comprende hojarasca de *Cistus laurifolius*, con MA representando el extremo positivo (menor acidez relativa), además de parcelas de R-C lad en las que la dominancia de *Cistus ladanifer* no es tan patente y situadas en cotas más altas; asimismo, la disposición frente al eje II es más dispersa, evidencia de una menor homogeneidad de condiciones. En resumen, este análisis permite evidenciar que la hojarasca procedente de *C. laurifolius* es menos ácida, si bien no llega a

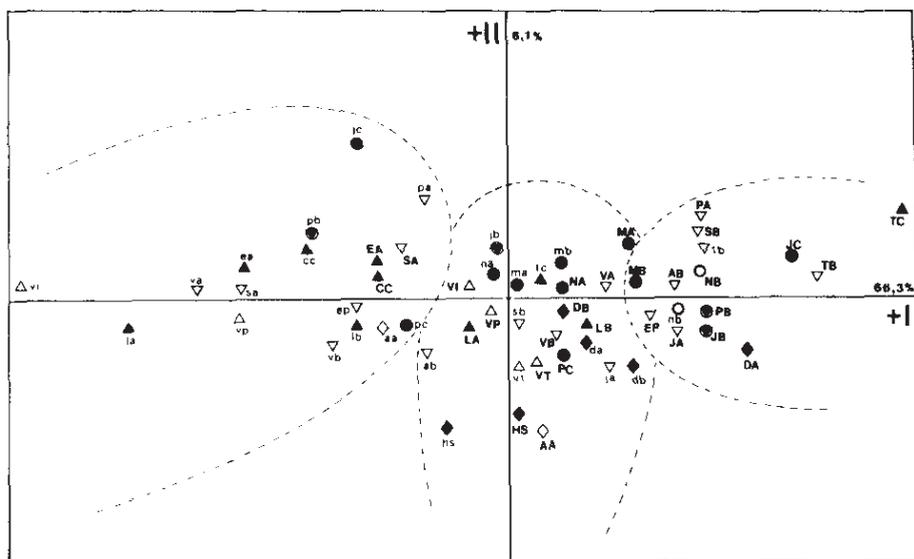


Fig. 7. Ordenación jerárquica (análisis de componentes principales y clasificación jerárquica) de las parcelas en base a las medidas de pH (H₂O) del suelo del II al X de 1980. (Unidades de vegetación y símbolos en tabla 1: mayúsculas 0-5 cm de profundidad y minúsculas 5-15 cm, respectivamente.)

mientras que el grupo de la izquierda comprende horizontes inferiores (más ácidos), disponiéndose en torno al centro de coordenadas horizontes de ambos tipos. En resumen, queda puesto de manifiesto la tendencia de los horizontes superiores de los distintos jarales a presentar pH más elevados, justo en la zona más directamente influida por la materia orgánica.

La ordenación obtenida para los grupos VA-VB, SA-SB, LA-LB y MA-MB, en sus dos horizontes, corrobora las conclusiones ya apuntadas, según las cuales es patente la distancia entre los horizontes equivalentes de las distintas fases, situándose los cantuesales (parcelas terminadas en B) a la derecha del eje I (menor acidez), y los jarales (parcelas terminadas en A) a la izquierda (mayor acidez); también se observa que la mayor diferencia correspondió al nivel inferior (5 a 15 cm), lo cual se refleja en la mayor distancia en la representación entre las parcelas respectivas.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El estudio periódico a lo largo de dos ciclos consecutivos del pH de los suelos de algunos jarales de *Cistion laurifolii*, así como de la hojarasca que proporcionan, ha permitido concluir los siguientes extremos:

Todas las parcelas estudiadas presentaron en sus horizontes orgánico-minerales pH moderadamente ácidos, con valores comprendidos entre 5,0 y 6,5 en su mayoría. Sólo en 10 ocasiones del total de las 1056 medidas efectuadas se registraron valores inferiores a 5,0, siendo relativamente frecuentes los valores superiores a 6,5. Nuestros resultados coinciden con los datos obtenidos por otros autores para la zona y mismo tipo de comunidades (VELASCO & RIO, 1980), así como para especies afines situadas en áreas más alejadas (BERNÁLDEZ & *al.*, 1977; VII Reunión Nacional de Suelos —*Halimio-Stauracanthetum* de los arenales de Doñana, perfil n.º 6).

La comparación de los datos registrados, tanto en sus valores medios y extremos, como el conjunto de la variación a lo largo del año, no permite establecer diferencias entre ninguno de los sintáxones estudiados. Solamente la parcela de la comunidad de *Argyrolobium-Cistus ladanifer* (parcela TA) se diferenció de las demás por su proximidad a la neutralidad, sin que se registrasen pH por debajo de 6,0 y sí por encima de 7,0, causas a las que cabe atribuir la presencia de los táxones basófilos que la caracterizan; por el contrario, la presencia de *Coronilla minima* e *Hippocrepis glauca* en DA (ver inventarios en MORENO, 1984a) no parece poner de manifiesto diferencia alguna por lo que al pH respecta.

La hojarasca, procedente en su mayoría de *Cistus ladanifer* o de *C. laurifolius*, resultó ser ácida a moderadamente ácida (pH comprendidos entre 4,5 y 5,5 mayoritariamente), lo cual es común para este tipo de horizontes; no obstante, los valores obtenidos son relativamente altos si se comparan con hojarascas de brezales (LACHE, 1976). Los análisis multivariable realizados ponen de manifiesto la no existencia de relación entre el pH del suelo y el de la hojarasca. En base a estos mismos análisis ha podido detectarse una tendencia por parte de las parcelas situadas a mayor altitud a presentar hojarascas menos ácidas, siendo las pertenecientes a *S-C lau* las menos ácidas de todas.

Todas las parcelas se caracterizaron por una considerable fluctuación en la acidez actual en los tres horizontes, habiéndose podido establecer un ritmo de variación anual que se repitió en los dos años. Según éste, los pH más elevados se presentaron en primavera para ir descendiendo hasta el mes de agosto, en el que se registraron los valores mínimos. De nuevo, en otoño, hubo un aumento hasta alcanzarse los valores de primavera. En invierno parece presentarse un segundo mínimo, aunque menos acusado que en verano, como lo ponen de relieve los datos de febrero de 1980, extremo que no puedo establecerse en 1979 por haber comenzado las medidas más tarde, aunque las determinaciones previas realizadas en dicho mes también parecen confirmarlo.

El descenso generalizado del pH edáfico coincidió con las épocas más secas, mientras que los pH más altos aparecieron con humedades edáficas elevadas (ver el curso anual de la humedad del suelo en MORENO, 1984a); esto fue particularmente notable con la llegada de las lluvias otoñales, época en la que el incremento del pH fue general en todas las parcelas. No obstante,

tal correlación no fue siempre directa, como se deduce de los valores invernales y de algunas caídas detectadas tras incrementos en la humedad edáfica con motivo de alguna tormenta veraniega.

El ritmo de variación estacional encontrado, con la mayor humedad edáfica correlacionada con incrementos en el pH, coincide con lo descrito por HORST (1964) para comunidades de *Calluno-Genistion* en el Norte de Alemania, siendo la contraria a la encontrada por LACHE (1976) para éstas y otras comunidades de brezal. Habida cuenta los devenires climáticos anuales, este ciclo estaría en consonancia con el de la concentración de electrolitos, probable determinante de las variaciones que se observan (LEHR, 1950; SCHWERTMANN & VEITH, 1966; RYTI, 1965; TOUTAIN, 1974).

Las variaciones medias a lo largo del año fueron de 0,7-0,9 para la hojarasca, y de 0,5-0,7 para los horizontes orgánico-minerales. Estos valores son elevados en comparación con los datos obtenidos por otros autores para distintos brezales (LOTSCHER, 1962; HORST, 1964; LACHE, 1976). El primer autor justifica la pequeña variación de los brezales que estudia por las condiciones más homogéneas del clima subatlántico, así como por la pobreza de los suelos de dichas comunidades. En nuestro caso se produce justo lo contrario, esto es, fenómenos climáticos muy contrastados, tanto térmicos como ómbricos, además de una mayor riqueza de cationes de los suelos respectivos.

La variación estacional de la acidez del suelo es independiente de la comunidad vegetal que alberga. La mayor variación se da en el nivel superior del suelo, si bien ésta sólo se ha podido asegurar para el grupo de parcelas de *R-C lad* en el segundo año de estudio. La mayor actividad biológica del horizonte superior, motivada por su mayor contenido en materia orgánica y nutrientes (MORENO, 1985), así como los mayores contrastes de temperatura y humedad pueden ser los responsables de tales diferencias.

Las variaciones estacionales observadas pueden jugar un papel importante en la mejora de las condiciones de nutrición de estas comunidades, ya que los máximos de pH, esto es, la menor acidez, se presenta en los periodos de máxima actividad vegetativa. Este aspecto cobra importancia si tenemos en cuenta la relevante contribución a la capacidad de cambio de la materia orgánica de estos suelos (VELASCO & MARTÍNEZ, 1973), la cual es más dependiente del pH.

A medida que progresa el dinamismo hacia la constitución del jaral maduro, existe una caída en el pH de los dos niveles edáficos considerados, más acusada para *R-C lad* que en el único par de parcelas de *S-C lau* que se estudiaron. Tal acidificación ha podido demostrarse por los correspondientes métodos estadísticos, si bien las parcelas de las fases de cantuesal no quedaron diferenciadas frente a otras de jaral, concluyéndose que tal proceso acidificador no es lo suficientemente acusado como para que suponga un cambio significativo en el medio edáfico, a diferencia de lo denunciado para comunidades de brezal (GRUBB & *al.*, 1969). Probablemente, tal aumento de iones H^+ haya que explicarlo por la toma de cationes y su acumulación en la

biomasa aérea u hojarasca, más activa en las primeras fases de una comunidad (NILSSON & *al.*, 1981), y antes de que el predominio de la descomposición de restos orgánicos pueda dar entrada de nuevo a los cationes retirados, proceso lento ya que la mayor parte de la materia orgánica de esta vegetación humifica mal, permaneciendo libre en su mayor parte (VELASCO & MINGO, 1981).

La mayoría de las parcelas presentaron menor acidez en el primer nivel (0 a 5 cm) que en el inferior (5 a 15 cm), lo cual pone de relieve que aunque la materia orgánica que aportan los jarales se descomponga mal, lo hace en suficiente medida como para mantener más elevado el pH. Este aspecto contrasta también con los datos de que se dispone para las comunidades de brezal, en las que los horizontes superficiales son más ácidos que los inferiores, lo cual puede estar motivado, por una parte, por la tendencia hacia la acidificación que supone la propia dinámica edáfica bajo condiciones de clima atlántico (CALVO & DÍAZ-FIERROS, 1981), así como el efecto negativo de la propia materia orgánica que aportan. Además de esta diferencia en profundidad, que supone dinámicas edáficas muy diferentes, en cuanto a los valores absolutos también parece evidenciarse una diferencia entre los jarales y los brezales: mientras que los primeros tenderían a poblar suelos cuya acidez raramente desciende de 5,0, la acidez de los brezales (*lato sensu*), al menos en superficie, tendería a ser inferior a dicho valor; ello puede suponer condiciones de nutrición diferentes debido a la influencia del pH en la disponibilidad de cationes, efectos tóxicos debido a aluminio, o procesos de mineralización del nitrógeno diferentes: la dominancia de la vía N-NH₄ en brezales ha sido puesta de relieve (LACHE, 1976), resta por ver cómo se realiza en jarales. Habida cuenta que es en la Península Ibérica donde ambos tipos de matorral presentan su mayor variabilidad (RIVAS-MARTÍNEZ, 1979), sería de interés el profundizar en los factores ecológicos de naturaleza edáfica que determinan su actual distribución.

BIBLIOGRAFIA

- Aubert, G. —1978— Relations entre le sol et cinq espèces d'Ericacées dans le sud-est de la France — *Oecol. Plant.*, 13: 253-269.
- Bernaldez, F. G., Merino, F. & García Novo, F. —1977— Distribución de especies de matorral en relación con el pH del suelo en Sierra Morena — *Anales de Edafología y Agrobiología*, 36: 381-392.
- Calvo, R. & Díaz-Fierros, F. —1981— Consideraciones acerca de la acidificación de los suelos de la zona húmeda española a través de la vegetación — *Anales de Edafología y Agrobiología*, 40: 411-425.
- Comisión de Métodos Analíticos —1972— Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos I. pH, materia orgánica y Nitrógeno — *Anales de Edafología y Agrobiología*, 32: 1153-1172.
- Ellemberg, H. —1958— Bodenreaktion (Einschliesslich Kalkfrage) — *Handb. Pflanzenphysiol.*, 4: 638-708.

- Elleberg, H. 1974 - Zeigewerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas — Scripta Geobotanica, 9: 97 pp.
- Ernst, W. 1978 - Discrepancy between ecological and phytosociological optima of plant species. A re-interpretation - - Oecol. Plant., 13: 175-188.
- Grubb, P., Green, H. & Merrifield, R. -1969 - The ecology of chalkheath: its relevance to the calcicole-calcifuge and soil acidification problems — J. Ecology, 57: 175-212.
- Horst, K. 1964 - Klima und Bodenfaktoren in Zwergstrauch- und Waldgesellschaften der Naturschutzparks Lüneburger Heide-Naturschutz & Landschaftspflege in Nierdersachsen, Hannover, 2: 60 pp.
- Jambu, M. 1978 - Classification automatique pour l'analyse des données. I Methodes et algorithmes - Dunod, Paris.
- Lache, D. -1976 - Umweltbedingungen von Binnendünen- und Heidegesellschaften im Nordwesten Mitteleuropas - Scripta Geobotanica, 11: 96 pp.
- Lehr, J. 1950 - Seasonal variations in the pH value of the soil, as influenced by nitrification. Fourth International Congr. Soil Sc. Trans., 2: 155-157.
- Lötscher, W. 1962 - Beiträge zur Ökologie der subatlantischen Zwergstrauchheide Nordwestdeutschlands. I Vegetation und Bodenfaktoren - -Beitr. Biol. Pflanz., 37: 331-380.
- Lötscher, W. & Ullrich, C. 1961 - Zur Frage jahreszeitlicher pH schwankungen an natürlichen Standorten - Flora, 150: 657-674.
- Lötscher, W. & Horst, K. 1962 - Zur Frage jahreszeitlicher pH-schwankungen. II Untersuchungen an Heide- und Waldstandorten - - Flora, 152: 689-701.
- Merino, F. 1975 - Estudio de la composición mineral de Rosmarinus officinalis L. en relación con el sustrato - Tesis doctoral, Sevilla.
- Moreno, J. M. -1984a - Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, I. Variación anual de la humedad del suelo - - Lazaroa, 6: 105-126.
- Moreno, J. M. 1984b - Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, III. Características físicas de suelo - - Studia Oecologica (en prensa).
- Moreno, J. M. 1985 - Estudio ecológico comparado de los jarales de Madrid, IV. Contenido del suelo en carbono y nutrientes - - Lazaroa (en prensa).
- Nilsson, S. I., Miller, H. G. & Miller, J. D. - 1982 - Forest growth as a possible cause of soil and water acidification: an examination of the concept - Oikos, 39: 40-49.
- Pineda, F. D., Bernaldez, F. G. & Nicolás, J. P. 1979 - Descripción automática de la vegetación III. Clasificación y ordenación simultáneas de datos cualitativos - - Anales de Edafología y Agrobiología, 28: 2207-2224.
- Rao, C. R. 1971 - Taxonomy in anthropology. En: F. Hodson, D. Kendall & P. Tautu (eds.), Mathematics in the Archaeological and Historical Science - Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Reunión Nacional de Suelos (VII) -1978 - Guía de las excursiones científicas - Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla (multicop.).
- Rivas-Martínez, S. 1979 - Brezales y jarales de Europa Occidental. Revisión fitosociológica de las clases Calluno-Ulicetea y Cisto-Lavanduletea - Lazaroa, 1: 5-128.
- Rivas-Martínez, S. 1982 - Mapa de las series de vegetación - Diputación provincial de Madrid, Madrid.
- Ryti, R. -1965 - On the determination of soil pH - - Journ. Sci. Agr. Soc. Finland, 37: 51-60.
- Schönhar, S. -1952 - Untersuchungen über die Korrelation zwischen der floristischen Zusammensetzung der Bodenvegetation und der Bodenazidität sowie anderen chemischen Bodenfaktoren - Mitt. Ver. Forstl. Standortskartierung, 2.
- Schwertmann, U. & Veith, J. -1966 - Aziditätsformen in Elektrolytextrakt saurer Böden - Z. Pflanzenernäh., Bodenkunde, 113: 226-235.
- Sokal, R. & Rohlf, F. 1979 - Biometría - Ed. Blume, Madrid.
- Steubing, L. 1965 - Pflanzenökologisches Praktikum - P. Parey Vlg., Berlin.
- Toutain, F. 1974 - Etude ecologique de l'humification dans les hebraies acidiphiles - Tesis doctoral, Universidad de Nancy.
- Velasco, F. 1969 - La humificación de los suelos pardos degradados de Quercus toza Bosch - Anales de Edafología y Agrobiología, 28: 613-618.

- Velasco, F. & Río, J. —1980— La humificación en las etapas de sustitución del bosque climácico en La Pedriza del Manzanares (Madrid) — *Anales de Edafología y Agrobiología*, 29: 143-154.
- Velasco, F. & Mingo, P. --1981— Distribución de la materia orgánica libre y ligada y de las fracciones de humina en suelos climácicos y en suelos degradados -- *Anales de Edafología y Agrobiología*, 40: 179-190.