

Importancia del azufre en la nutrición mineral de leguminosas forrajeras tropicales*1/ _____ LUIS E TERGAS**

ABSTRACT

Greenhouse experiments with elemental sulphur and gypsum indicated the significance of this element on growth and nodulation of different tropical forage legumes. *Cetrosema pubescens* and *Dolichos axillaris* did not respond to treatments on a soil low in sulphur. However, in *Macroptilium atropurpureum* the response to 100 ppm elemental sulphur or in the form of gypsum was highly significant in terms of shoot dry weight after the second clipping and nodules dry weight also. *Glycine wightii* responded to 25 ppm S as gypsum in all three clippings, increasing shoots and nodules dry weight significantly over the control with no significant response to elemental sulphur for the first two clippings. In *Pueraria phaseoloides* the response was highly significant to 25 ppm elemental sulphur or in the form of gypsum in terms of nodule dry weight only. There was not a significant response to sulphur in terms of root dry weight for any of the species evaluated. — The author.

Introducción

EL azufre es un nutrimento esencial para el crecimiento de las plantas cuyas deficiencias en suelos tropicales de América Latina han sido detectadas por McClung y Freites (11) en Brasil, Müller (14) y Martini (10) en Centroamérica, e INIAP (4) en Ecuador. Aparentemente, estas deficiencias están asociadas con la mineralización del azufre orgánico y posiblemente con las continuas quemadas en suelos cultivados según observaciones de McClung y Freites (11) y McClung *et al.* (12) en Brasil; y con la capacidad de absorción de sulfatos de los Andosoles y Latosoles según informes de Fox (5) en Hawaii y de Bornemisza y Llanos (2) en Costa Rica

Las leguminosas, en general, parecen ser muy susceptibles a las deficiencias de azufre en el suelo. Bergensen (1) señala un efecto específico en la capacidad de fijación de nitrógeno de las leguminosas, de modo afectar la síntesis de nitrogenasa, enzima compuesta de que la deficiencia marginal de este elemento podría proteínas con altos contenidos de azufre. Robinson y Jones (15) indican la importancia que tiene el azufre en la nutrición mineral del *Stylosanthes humilis* y Gates (6) explica que el azufre parece influir principalmen-

te en el desarrollo de los nódulos después de la iniciación.

Teitzel y Bruce (17), así como también Robinson y Jones (15) encontraron respuestas a azufre en leguminosas forrajeras tropicales en Australia. Jones y Quagliato (8) registrando en Brasil un aumento en la producción de materia seca de varias leguminosas tropicales con aplicaciones de hasta 60 kg de azufre por hectárea en un suelo deficiente en este elemento. Sin embargo, la información disponible no es suficiente para medir la magnitud del problema en el establecimiento y persistencia de asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en el trópico americano. Por lo tanto se diseñó este trabajo con el objeto de evaluar el efecto del azufre en el crecimiento y nodulación de varias leguminosas forrajeras tropicales en solución nutritiva y en un suelo Latosol en el trópico ecuatoriano.

Materiales y métodos

Investigaciones en solución nutritiva

Este trabajo se realizó en el invernadero con el objeto de identificar los síntomas de deficiencias y niveles óptimos de azufre en las leguminosas *Cetrosema pubescens*, *Dolichos axillaris*, *Macroptilium atropurpureum** y *Glycine wightii*. Las plantas se sembraron en maceteros con capacidad para 0,5 kg de arena seca al aire. La arena había sido lavada con una solución de ácido clorhídrico al 10 por ciento y enjuagada varias veces con agua desionizada.

* Recibido para publicación el 6 de febrero de 1976

1/ Contribución del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador.

** Especialista Pastos Tropicales. Programa de Desarrollo Ganadero 901-PAN Banco Nacional de Panamá. Apartado 5220. Panamá 5.

* *Phaseolus atropurpureus* DC

Las soluciones nutritivas se prepararon de la forma siguiente:

Solución Nutritiva A

Substancia	mg/litro solución
Ca (NO ₃) ₂	984,0
K ₂ HPO ₄	252,0
Fe Quelato	71,5
MnCl ₂ · 4H ₂ O	1,4
H ₂ BO ₃	2,0
Zn Quelato	0,9
Cu Quelato	0,3
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,1

Solución Nutritiva B

Tratamientos Azufre	Substancias			
	Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	MgSO ₄ · 7H ₂ O	NH ₄ NO ₃	Urea
ppm	mg/litro solución			
0	725,4	—	—	96,0
1	717,7	7,7	5,0	94,5
5	685,4	38,5	25,0	86,7
10	645,4	77,0	50,0	77,1
25	525,4	192,5	125,0	48,0
50	325,4	385,0	250,0	0,0

La Solución Nutritiva A se utilizó en todos los tratamientos en estudio y la Solución Nutritiva B se usó de acuerdo con los tratamientos de 0, 1, 5, 10, 25, y 50 ppm azufre en forma de sulfato, haciéndose los ajustes necesarios con nitrato de magnesio, nitrato de amonio y urea de manera que sólo variaron las concentraciones de azufre.

En cada macetero se sembraron 5 semillas germinadas y se seleccionaron 3 plantas para el estudio en el momento de formar el primer par de hojas verdaderas. A partir de este momento se aplicaron 50 ml de las soluciones nutritivas A y B, respectivamente, correspondientes a cada tratamiento, cada 2 días por un total de 5 semanas. Los maceteros se mantuvieron húmedos mediante riego por capilaridad usando filtros de cigarrillos en contacto con la arena y un recipiente con agua desionizada.

Durante el ensayo se hicieron observaciones sobre síntomas de deficiencias y al final se determinó el peso seco del material vegetativo.

Investigaciones en invernadero

Se realizaron dos ensayos de invernadero; el primero exploratorio para identificar un suelo deficiente en azufre y el segundo para estudiar el efecto del elemento en la nutrición mineral de varias leguminosas forrajeras tropicales. El diseño experimental en ambos casos consistió en bloques al azar con tres repeticiones.

Ensayo 1—Este ensayo se realizó con un suelo Latosol de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) cerca de Quevedo, Ecuador. Se estudió el efecto de los elementos fósforo, azufre, manganeso, boro, zinc y molibdeno, así como varias combinaciones de estos elementos en el crecimiento de siatratro, *Macroptilium atropurpureum*. Las concentraciones de cada elemento fueron las siguientes: fósforo 100 ppm, azufre elemental 100 ppm, manganeso 0,25 ppm, boro 50 ppm, zinc 0,05 ppm, y molibdeno 0,01 ppm.

En cada macetero de 1 kg de suelo seco al aire se sembraron 5 semillas y luego se seleccionaron 2 plantas para el estudio en el momento de formar el segundo par de hojas verdaderas. Las plantas crecieron por un período de 7 semanas antes de realizar el primer corte a una altura de 5 cm y luego se dejaron crecer por períodos similares hasta completar un total de 3 cortes.

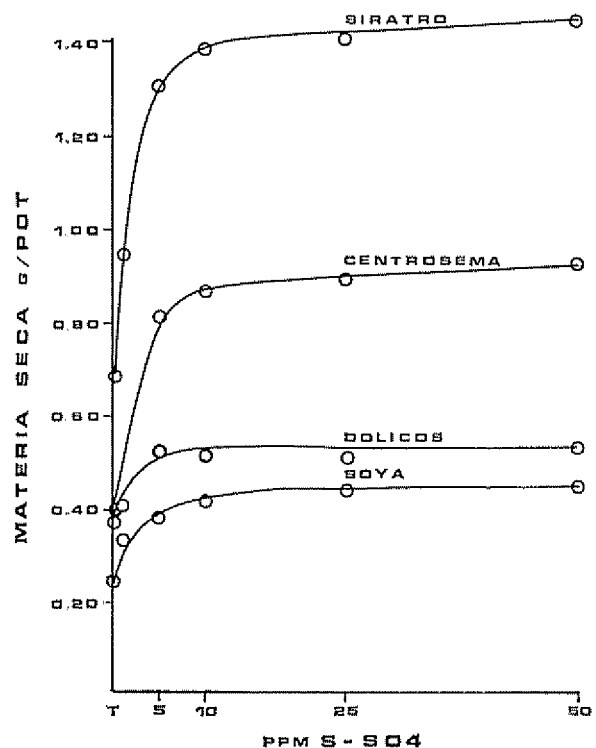


Fig. 1—Crecimiento de diferentes leguminosas forrajeras tropicales en relación con la concentración de azufre en solución nutritiva.

para determinación de materia seca y contenido de nitrógeno. Al final del tercer corte se sacaron las raíces para hacer observaciones del desarrollo del sistema radical y la nodulación. Durante el ensayo se mantuvo la humedad del suelo cerca de la capacidad de campo añadiendo agua desionizada regularmente.

Ensayo 2 —Este ensayo se estableció en una forma similar al anterior estudiando el efecto de varios niveles de azufre: 0,25, 50, 100 y 200 ppm en forma de yeso y 100 ppm en forma de azufre elemental en el crecimiento y nodulación de las leguminosas *Centrosema pubescens*, *Dolichos axillaris*, *Macroptilium atropurpureum* (Siratro), *Glycine wightii* (Soya) y *Pueraria phaseoloides* (kudzú).

Se usaron maceteros de 2 kg de suelo seco al aire y la conducción del ensayo fue similar al Ensayo 1.

Resultados y discusión

Investigaciones en solución nutritiva

La Figura 1 muestra el crecimiento de las diferentes leguminosas forrajeras en relación con la concentración de azufre en solución nutritiva. En general, hubo una

respuesta significativa a niveles de 5 y 10 ppm de azufre soluble. Estos resultados concuerdan con Hasan *et al.* (7) y Fox (5) quienes encontraron que para el crecimiento óptimo del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), caña de azúcar y macadamia, eran necesarios de 5 a 15 ppm de azufre en forma de sulfato en la solución del suelo.

Las plantas que crecieron en el tratamiento testigo que contenía trazas de azufre presentes en las semillas y en la solución con 1 ppm de azufre mostraron los síntomas característicos de deficiencias de este elemento. Las hojas nuevas eran relativamente pequeñas y de un color amarillo a verde claro y las plantas lucían delgadas, relativamente pequeñas, con entrenudos cortos, y con guías débiles. Estos síntomas desaparecieron al aumentar la concentración de azufre a 5 ppm en la solución nutritiva, observándose un crecimiento vigoroso en todas las especies en estudio.

Investigaciones en invernadero

Ensayo 1.—En este ensayo se identificaron las deficiencias de azufre en un suelo Latosol de la Estación Experimental a partir del segundo corte. El Cuadro 1

Cuadro 1.—Efecto del azufre, fósforo y elementos menores en el crecimiento y contenido de nitrógeno de siratro después del segundo corte en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador.

Tratamiento	Materia Seca	Nitrógeno	Peso Raíces
	g/maceta	%	g/maceta
1. Testigo	3,70 b ¹	2,16 de	9,86 N.S
2. P	3,66 b	2,15 de	10,66
3. Mn	3,66 b	2,06 e	10,06
4. B	4,00 b	2,12 de	9,67
5. Zn	3,76 b	2,09 e	9,93
6. Mo	3,53 b	2,14 de	9,33
7. S	5,00 a	2,53 abc	8,70
8. S+Mn	5,16 a	2,53 abc	9,26
9. S+Mn+B	4,83 ab	2,62 ab	10,10
10. S+Mn+B+Zn	4,70 ab	2,66 a	8,93
11. S+Mn+B+Zn+Mo	5,20 a	2,36 abcde	9,36
12. S+P	4,76 ab	2,62 ab	10,50
13. S+P+Mn	5,13 a	2,32 abcde	10,03
14. S+P+Mn+B	5,56 a	2,29 bcde	9,46
15. S+P+Mn+B+Zn	4,73 ab	2,46 abcd	9,76
16. S+P+Mn+B+Zn+Mo	5,63 a	2,40 abcde	10,33

¹ Los promedios seguidos de una misma letra no son estadísticamente diferentes (5% de probabilidad) según pruebas de amplitudes múltiples de Duncan.

Cuadro 2 —Producción de materia seca de leguminosas forrajeras para el primer corte en relación con niveles de azufre en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador

Niveles de S	Centrosema	Dolichos	Siratiro	Soya	Kudzu
ppm			g/maceta		
0	4,23 N S	5,50 N S	3,13 N S	6,00	5,00 N S
25	4,40	6,20	3,10	8,37**	5,37
50	4,67	5,40	4,27	6,33	5,47
100	4,23	6,53	3,63	5,77	4,77
200	4,83	5,87	3,13	5,57	6,17
100 ¹	4,33	5,20	3,57	6,07	5,07
Promedio	4,45	5,78	3,47	6,35	5,31

1/ Azufre elemental

** P > 0,01

muestra el efecto de azufre, fósforo y elementos menores en el crecimiento y contenido de nitrógeno de siratro. Podemos observar que la respuesta a azufre en términos de materia seca y contenido de nitrógeno fue significativa comparada con los demás tratamientos. Al combinar el azufre con los demás nutrientes en estudio, los resultados fueron similares, por lo tanto la posibilidad de alguna interacción entre elementos quedaría descartada. El peso seco de raíces no fue afectado significativamente por ninguno de los tratamientos.

El crecimiento y desarrollo de las plantas también mostró el efecto del azufre, observándose plantas más vigorosas, con entrenudos más largos y guías más fuertes, lo cual favorecía la compatibilidad y persistencia de

esta leguminosa en asociaciones con gramíneas forrajeras de porte alto tales como guinea, *Panicum maximum* Jacq. y puntero o jaragua, *Hypparhenia rufa* (Nees) Staff, especies comunes en las praderas tropicales de América. También se pudo observar una influencia en la emisión de tallos florales en el tratamiento que contenía azufre, lo cual concuerda con las observaciones de Robinson y Jones (15) en *Stylosanthes humilis* en Australia, quienes reportaron que una deficiencia de azufre causaba una demora en la floración de unas tres semanas.

Ensayo 2.—La producción de materia seca de las leguminosas forrajeras en estudio para el primero, segundo y tercer corte en relación con los niveles de azu-

Cuadro 3 —Producción de materia seca de leguminosas forrajeras para el segundo corte en relación con niveles de azufre en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador.

Niveles de S	Centrosema	Dolichos	Siratiro	Soya	Kudzu
ppm			g/maceta		
0	2,50 N S	3,49 N S	2,14	3,43	3,43 N S
25	2,49	3,78	2,32	5,08*	4,20
50	3,54	3,44	2,88*	5,04*	4,13
100	2,39	3,90	2,41	4,10	3,27
200	2,70	3,80	2,690	3,50	4,27
100 ¹	3,21	3,68	3,03**	3,69	4,28
Promedio	2,80	3,68	2,56	4,14	3,93

1/ Azufre elemental

* P > 0,05

** P > 0,01

Cuadro 4.—Producción de materia seca de leguminosas forrajeras para el tercer corte en relación con niveles de azufre en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador

Niveles de S	Centrosema	Dolichos	Siratro	Soya	Kudzu
ppm			g/pot		
25	2,32 N S	2,67 N S	2,41	2,40	2,74 N S
0	2,86	3,21	3,12*	4,27**	4,60
50	3,20	2,85	3,27*	5,04**	3,63
100	2,05	4,14	3,07*	4,14**	3,69
200	2,35	2,61	2,98*	4,42**	3,76
100 ¹	3,02	2,94	3,46**	4,07**	4,22
Promedio	2,63	3,07	3,05	4,05	3,77

1/ Azufre elemental

* P > 0,05

** P > 0,01

fre en el suelo se muestran en los Cuadros 2, 3 y 4, respectivamente. Se observó un comportamiento diferente en cuanto a las leguminosas en relación con los tratamientos. *Centrosema*, *Dolichos* y kudzu no respondieron a la aplicación de azufre en ninguna forma de fertilización; en cambio, la soya respondió significativamente a niveles de 25 ppm de azufre en forma de yeso a partir del primer corte sin que se notara una diferencia significativa entre yeso y azufre elemental a niveles de 100 ppm para el tercer corte. En siratro la respuesta fue altamente significativa a 100 ppm de azufre elemental para el segundo y tercer corte, corroborando los resultados obtenidos en el ensayo 1; además se observó una respuesta significativa a 50 y 25 ppm de azufre en forma de yeso para el segundo y tercer corte, respectivamente.

El Cuadro 5 muestra los pesos de raíces de leguminosas forrajeras después del tercer corte los cuales no fueron afectados por los tratamientos. Sin embargo, en el Cuadro 6 se observa que el peso seco de nódulos de soya y kudzu aumentó significativamente con la aplicación de 25 ppm de azufre en forma de yeso; en siratro el tratamiento de 100 ppm de azufre elemental o en forma de yeso fue superior a los demás niveles, con que resultaron estadísticamente superiores al testigo; y en *Centrosema* y *Dolichos* no se presentó una respuesta significativa en relación con los niveles de azufre aplicados, aunque se notó cierta tendencia en el primero en responder a niveles bajos.

En general, podemos señalar que las respuestas a azufre están de acuerdo con los resultados obtenidos

Cuadro 5.—Peso seco de raíces de leguminosas forrajeras después del tercer corte en relación con niveles de azufre en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador.

Niveles de S	Centrosema	Dolichos	Siratro	Soya	Kudzu
ppm			g/pot		
0	2,29 N S	1,27 N S	7,65 N S	2,33 N S	2,42 N S
25	2,38	1,15	7,02	2,69	2,26
50	2,49	1,15	7,85	2,40	1,99
100	2,04	1,11	7,84	2,41	1,72
200	2,29	1,12	6,57	2,42	2,21
100 ¹	1,85	1,38	7,78	2,38	1,84
Promedio	2,22	1,19	7,45	2,44	2,07

1/ Azufre elemental

* P > 0,05

** P > 0,01

Cuadro 6—Peso seco de nódulos de leguminosas forrajeras después del tercer corte en relación con niveles de azufre en un suelo Latosol, Pichilingue, Ecuador

Niveles de S	Centrosema	Dolichos	Siratro	Soya	Kudzu
ppm			g/maceta		
0	0,32 N S.	1,12 N S	0,17	0,21	0,89
25	0,84	1,25	0,40*	0,49**	2,28**
50	0,69	1,36	0,50*	0,57**	1,87**
100	0,39	1,16	0,72**	0,57**	2,15**
200	0,43	0,94	0,34*	0,44**	2,01**
100 ¹	0,53	1,12	0,68**	0,40*	1,95**
Promedio	0,53	1,16	0,47	0,44	1,86

1/ Azufre elemental

* $P > 0.05$ ** $P > 0.01$

por Jones y Quagliato (8) en estudios similares; sin embargo, ellos obtuvieron respuestas significativas con *Centrosema pubescens* lo cual no fue el caso en el presente trabajo. Parece ser que *Centrosema* y *Dolichos* son especies tolerantes a bajos niveles de azufre en el suelo y que solamente responden a este elemento cuando el suelo es muy deficiente. En cambio, la soya y el siratro parecen ser bastantes susceptibles a deficiencias de azufre. También es notable la respuesta a azufre del kudzú en cuanto a peso seco de nódulos, lo cual está directamente relacionado con la capacidad de fijación de nitrógeno de la planta en asociación con el *Rhizobium* del suelo; esta respuesta, similar al siratro y soya concuerda con lo informado por Gates (6) quien observó un aumento en el peso seco de nódulos de *Stylosanthes humilis* causado por aplicaciones de azufre. De nuevo, el comportamiento de *Centrosema* y *Dolichos* en relación a nodulación indica diferencias acentuadas entre especies.

Los resultados de este trabajo indican que la evaluación de las deficiencias de azufre en el suelo posiblemente dependerá de la planta indicadora que se utilice en este tipo de estudio. Spencer *et al.* (16) señalan que los análisis de suelo no son buenos indicadores comparados con estudios de campo, a pesar de que Kamprath (9) menciona posibles respuestas cuando los niveles de sulfato extraídos del suelo con una solución de acetato de amonio son menores de 10 ppm. También parece existir una diferencia aparente en cuanto a los niveles óptimos de azufre en las hojas. Müller (14) señala que en tomate las concentraciones de azufre en hojas que mostraban síntomas de deficiencias eran 0,07 por ciento comparadas con 0,12 por ciento en hojas normales, y Bouma *et al.* (3) consideran que es necesaria una concentración de 0,16 a 0,20 por ciento de azufre total en trebol subterráneo para alcanzar un 80

por ciento de la máxima respuesta en rendimiento. Sin embargo, Robinson y Jones (15) encontraron que el contenido de azufre en *Stylosanthes humilis* era solamente de 0,10 por ciento en plantas fertilizadas mientras que el de las semillas era de 0,36 por ciento indicando una posible translocación de este elemento después de la floración.

Finalmente, este trabajo parece indicar diferencias entre especies en cuanto a la utilización del azufre en relación a las formas de aplicación. Al respecto, McLachlan y De Marco, (13) encontraron que los rendimientos en trébol subterráneo eran superiores con aplicaciones de yeso que con azufre elemental y que el calcio no tuvo ningún efecto nutricional. Es posible que la acidez residual del azufre elemental, comparada con el yeso, esté relacionada con las respuestas de diferentes especies de leguminosas especialmente las tropicales que se caracterizan por producir exudados alcalinos en las raíces.

Resumen

Experimentos de invernadero en un suelo deficiente en azufre, mostraron una diferencia entre especies de leguminosas forrajeras tropicales en respuesta a la fertilización con azufre elemental y yeso en términos de materia seca de las partes aéreas y de nódulos, sin que se notara ningún efecto sobre peso seco de raíces.

Centrosema pubescens y *Dolichos axillaris* no respondieron a los tratamientos; sin embargo, *Macroptilium atropurpureum* respondió significativamente a 100 ppm de S en forma elemental y yeso en términos de materia seca de las partes aéreas después del segundo corte y en peso seco de los nódulos. *Glycine wightii*

respondió a 25 ppm de S en forma de yeso en los tres cortes, aumentando el peso de las partes aéreas y de los nódulos, pero no respondió al azufre elemental en los dos primeros cortes y *Pueraria phaseoloides* respondió únicamente a 25 ppm de S en forma elemental y yeso en términos de peso de nódulos solamente.

Literatura citada

- BERGENSEN, F. J. The central reactions of nitrogen fixation Plant and Soil, Special Volume: 511-524. 1971.
- BORNEMISZA, E. y ILLANOS, R. Sulfate movement, adsorption and desorption in three Costa Rican soils Soil Science Society of America Proceedings 31 (3): 356-360 1967.
- BOUMA, D., SPENCER, K. y DOWLING, E. J. Assessment of the phosphorus and sulphur status of subterranean clover pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 9: 329-340 1969.
- ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP) Informe Técnico 1973. 125 p.
- FOX, R. I. Chemistry and management of soils dominated by amorphous colloids Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 33: 112-119. 1974.
- GATES, C. T. Nodule and plant development in *Stylosanthes humilis* H.B.K.: symbiotic response to phosphorus and sulphur. Australian Journal of Botany 22:45-55 1974.
- HASAN, S. M., FOX, R. L. y BOYD, C. C. Solubility and availability of sorbed sulfate in Hawaiian soils Soil Science Society of America Proceedings 34 (6): 897-901. 1970.
- JONES, M. B. y QUAGLIATO, J. I. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfalfa a vários níveis de enxofre. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 5:359-363. 1970.
- KAMPRATH, E. J. Azufre. In SANCHEZ, P. A., ed. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Ed. Español. North Carolina Agricultural Experiment Station. 1973 pp 195-198 (Boletín Técnico No 219).
- MARTINI, J. A. Caracterización del estado nutricional de los principales Latosoles de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. Turrialba 19 (3):394-408 1969.
- McCLUNG, A. C. y DE FREITES, I. M. M. Sulphur deficiency in soils from Brazilian Campos. Ecology 40 (2):315-317. 1959.
- , y IOTT, W. I. Analyses of several Brazilian soils in relation to plant responses to sulphur. Soil Science Society of America Proceedings 23 (2): 221-224 1959.
- McLACHLAN, K. D. y DE MARCO, D. G. The influence of time of application of gypsum and elemental sulphur on the pasture response to sulphur. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 8:725-730. 1968.
- MÜLLER, I. E. Deficiencia de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba 15 (3): 208-215. 1965.
- ROBINSON, P. J. y JONES, R. K. The effect of phosphorus and sulphur fertilization on the growth and distribution of dry matter, nitrogen, phosphorus, and sulphur in Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*). Australian Journal of Agricultural Research 23: 633-640 1972.
- SPENCER, K., BOUMA, D. y MOYE, D. V. Assessment of the phosphorus and sulphur status of subterranean clover pastures. 2. Soil tests. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 9: 320-328. 1969.
- TEITZEL, J. K. y BRUCE, R. C. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 4. Soils derived from metamorphic rocks. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 12: 281-287. 1972.

NOTAS Y COMENTARIOS

Como encaran a las sequías los insectos

Los escarabajos tenebrianidos del Desierto Namib del Sudoeste de Africa habitan una de las zonas más áridas del mundo, por lo que han tenido que adaptar su entero estilo de vida para afrontar el problema de la falta de agua.

Gracias al celo y determinación de William Hamilton y Mary Seeley, el insecto ha tenido la distinción de aparecer en las portadas de las dos revistas principales de ciencia general del mundo, *Nature* y *Science*, en el transcurso del mes de julio de 1976. Los dos artículos tratan de dos diferentes estrategias adoptadas por los escarabajos para lograr aprovechar la poca humedad que consigue penetrar en el desierto en los vientos nocturnos cargados de niebla.

Los escarabajos de *Nature* (Vol 262, p. 284) son activos de día y permanecen enterrados en el suelo por las noches, a menos que sean atraídos por la presencia de una neblina. En este caso, emergen de sus huecos, trepan hasta la cumbre del surco más cercano, y se paran, con las patas posteriores estiradas, condensando la niebla en su parte posterior. Hamilton y Seeley pesaron escarabajos antes y después de este ejercicio nocturno y calcularon que en una buena neblina pueden recolectar hasta un 34 por ciento de su propio peso en agua de neblina, aunque lo más común es más o menos 12 por ciento.

Los escarabajos de *Science* (Vol 193, p. 454) prefieren hacer algo más que sólo pararse y esperar, y en una noche húmeda cubren el paisaje desértico con pequeñas trincheras, de alrededor de un metro de largo, que hacen arrastrándose por la arena. Las paredes levantadas de las trincheras colectan agua (esta vez Hamilton y Seeley pesaron los surcos antes y después de la neblina) y el escarabajo absorbe la humedad cuando retrocede por la trinchera que ha hecho.

Explosión y extinción: una ley de evolución

Los pasos más grandes en la evolución son también los menos comprendidos, ya que las complejidades para desarrollar, por ejemplo, la fotosíntesis o la sangre caliente van más allá de los modelos matemáticos simples de hoy día. De esta manera, hay todavía campo para argumentos puramente cualitativos sobre cómo ocurrieron estos grandes saltos hacia adelante. Dos artículos recientes buscan tratarlos como procesos principalmente endógenos. Señalan cómo la emergencia y extinción de grupos mayores de animales parecen seguir patrones repetidos en los que los factores ambientales son sólo secundarios.

P. J. Darlington, de Harvard, presenta no tanto una teoría como una formulación de principios simples, para ponerlos frente a lo que llaman la "explosión detallada" en biología. Lo que le interesa es la manera como aparecen los radicalmente nuevos tipos (*Proceedings of the National Academy of Sciences* vol 73, p 1360).

Cualquiera que mire el árbol evolucionario de los vertebrados, por ejemplo, notará que cada clase, desde los peces hasta los mamíferos, se presentaron al mundo explosivamente, estableciendo sus mayores linajes temprano y cambiando relativamente poco desde ese momento. Darlington resume las cuatro fases que conforman tal "segmento" de la evolución.

El comienzo es a menudo lento. Esto es debido a que un nuevo modo de vida, tal como vivir sobre la tierra o tener hijos vivos, necesitará adaptaciones separadas a tantos sistemas que los primeros pocos pasos tendrán poco valor selectivo. Pero más allá de cierto punto, los individuos parcialmente adaptados tendrán éxito. Recíprocamente, la frecuencia de combinaciones sin éxito de los nuevos caracteres, esto es el costo del proyecto a la población, se hará tan alto que el progreso tiene que ir hacia adelante siempre más rápido. Después de esta "adaptación explosiva", la evolución de la adaptación general se volverá otra vez más lenta conforme se acerca a lo mejor que puede dar de sí. Pero las nuevas oportunidades abiertas a un tipo de animal radicalmente nuevo provocan otra explosión, esta vez una radiación de la nueva línea en muchas especies, para capturar papeles existentes y ocupar aquellos que se crean. Finalmente, la cuarta fase es la estabilización de la nueva ecología.

Darlington está también interesado en la manera en que estas mismas leyes pueden aplicarse a la evolución en otros niveles diferentes al genético. Por ejemplo, la adaptación (genética) explosiva que produjo al cerebro humano, fue seguida por una radiación explosiva en términos sociales, con la creación de diversidad cultural y técnica. La revolución tecnológica de nuestro propio siglo podría representar una versión social de una adaptación explosiva. No es necesario de que uno apoye los dogmas desacreditados del darwinismo social para apreciar que "el cambio de la herencia genética a social no terminó la competencia y la selección natural sino que las mudó a un nuevo nivel en las que son quizá más susceptibles a un control inteligente".

En todavía otro nivel, la ciencia misma, se puede decir que sufre segmentos de evolución en la forma de revoluciones kuhnianas: la adaptación explosiva conforme emerge el nuevo concepto revolucionario, y la radiación de la "ciencia normal" que él hace posible. En este nivel, el darwinismo fue en sí mismo un ejemplo de este uno de los más grandes procesos darwinianos.

Retornando a una biología más tradicional, Keith Thompson, de Yale, trata las extinciones en gran escala también como un carácter inherente de la evolución (*Nature*, vol 261, p 578).

Comienza con la extinción de los dinosaurios, y revive la idea vieja, generalmente impopular, de la vejez racial para explicar esta catástrofe y otras similares; pero ofrece un significado plausible para la idea, en términos darwinianos.

Muchos grupos que una vez reinaban sobre la Tierra (trilobitos, nautiloides, los grandes anfibios y muchos otros) parecen haber perecido en momentos de su diversidad más grande. En muchos casos, la razón parece obvia: se desarrollaron competidores más avanzados. Pero para algunos, notablemente los dinosaurios, no se puede suministrar tal respuesta. Thompson sugiere que sus varios éxitos en la diversidad guardaban las semillas de su propia destrucción.

Señala que todos estos grupos llegaron a la cúspide conforme un patrón similar: una radiación explosiva que en un lapso de unos pocos millones de años se curvó suavemente en una declinación "implosiva". Su teoría es que la creciente especialización de las especies en radiación las hace menos resistentes a pequeñas fluctuaciones ambientales. Así no será necesaria una sola catástrofe para eliminar la raza entera. Mas allá de cierta etapa, cada especie sería vulnerable a sus propios desastres privados, de una naturaleza que podría resistir una especie menos especializada.

La única esperanza de supervivencia como grupo mayor debe ser desarrollar una nueva adaptación importante, que pueda conducir la evolución un paso más allá.

PUBLICACIONES

Habitat. Una nueva publicación bimestral ha iniciado la Pergamon Press en colaboración con el World Environment and Resources Council (WERC). La nueva adición al nutrido establo de la Pergamon se llama *Habitat* y se trata de una revista internacional multidisciplinaria destinada a publicar investigaciones originales, revisiones de literatura, registros de experiencias reales, y planes para actividades futuras que conciernen a todos los aspectos de los asentamientos humanos, tanto urbanos como rurales.

El primer número, de fecha junio de 1976, está presentado editorialmente por Enrique Peñaloza, Secretario General de la Conferencia Habitat de Vancouver. Entre los artículos, el de más interés rural es uno de C. L. Saltor sobre la dicotomía rural-urbana china, lo que llama la China "agropolita".

Bibliografía Agropecuaria Venezolana. El SININCA (Sistema Nacional de Información para las Ciencias Agropecuarias) está publicando la *Bibliografía Agrícola Venezolana*. El primer número abarcó el período de enero a junio de 1975, siguió siendo después trimestral y se espera cambiarla a semestral en 1977. Según se anuncia en la Introducción, la *Bibliografía* "señala documentos no-conventionales publicados en Venezuela", aunque en el número que tenemos a la vista hay dos tesis de Chapingo, México (Refs. 443 y 473 de 1976). Al parecer se excluyen las publicaciones convencionales (artículos en revistas conocidas, libros, etc.) y la literatura sobre Venezuela publicada en el exterior, lo que disminuye algo su valor para el usuario. Colaboran ocho bibliotecas agrícolas de Venezuela, principalmente la del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Maracay.

Ciencia Forestal. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, de México, ha iniciado con fecha mayo-junio 1976 una revista bimestral, *Ciencia Forestal*. El primer número tiene artículos sobre *Pinus patula* y sobre zapatas de riedera para frenos del "Metro".