

**LA DOSIS COMO FACTOR DE REGULACION DE LA
POBLACION PARASITARIA EN EL SISTEMA *Neostromylylus*
linearis/*Cernuella (Xeromagna) cespitum arigonis*
(NEMATODA, PROTOSTROMYLYLINAЕ/MOLLUSCA,
STYLOMMATOPHORA)**

Por A. Reguera Feo
F. A. Rojo Vázquez y
M. Cordero del Campillo

INTRODUCCION

El descubrimiento del papel de ciertos moluscos terrestres como intermediarios de *Muellerius capillaris* se debe a HOBMAIER y HOBMAIER³. Desde entonces se han sucedido las investigaciones conducentes a valorar el papel de distintas especies de moluscos como hospedadores intermediarios de Protostromylylinos, estudiando diversos aspectos de las relaciones parásito/hospedador y las influencias ambientales. Un resumen de las especies que intervienen puede consultarse en el trabajo de CORDERO y MANGA¹.

Un intento de clasificar las especies de moluscos, en cuanto a su adecuación como hospedadores intermediarios, fue llevado a cabo por DAVTIAN², quien llegó a establecer cinco categorías de moluscos (obligados, subobligados, facultativos, mortales y absolutamente resistentes), en orden decreciente de idoneidad. Los criterios básicos fueron la *intensidad* y la *extensión* del parasitismo, y el período de tiempo requerido para la formación de la LIII. En otros trabajos se ha considerado el papel de la temperatura, la edad de los moluscos y muy diversos factores.

En general, las variables analizadas y las condiciones de los experimentos son tan heterogéneas, que los resultados son difícilmente comparables. Por esta razón, hemos pretendido en el presente trabajo estudiar con detalle el papel de la dosis en el sistema *Neostromylylus linearis* (MAROTEL, 1913) GEBAUER, 1932/*Cernuella (Xeromagna) cespitum arigonis* SCHMIDT, 1853, y ajustar los resultados a un modelo matemático.

MATERIAL Y METODOS

Se dispusieron 7 lotes, de 40 ejemplares cada uno, de la especie de molusco citada, recogidos en la zona comprendida dentro de un radio de 5 Km en torno a la ciudad de León. Se comprobó que estaban exentos de infestación natural, estudiando un 15 % de las respectivas colectas.

Las larvas de *N. linearis* se obtuvieron a partir de las deyecciones de una oveja mantenida con infestación pura en el Departamento, procedente de Villacete (León), siguiendo el método de BAERMANN-WETZEL. Al cabo de 18 horas se recogían 10 ml del fondo, que se sometían a centrifugación (2.000 rpm durante 4 minutos). Se eliminaba todo el sobrenadante, y se volvían a suspender 1-2 ml del fondo hasta un volumen de 10 ml de agua corriente, para realizar el recuento en cámara MCMMASTER.

La infestación se realizó individualmente por el método de KASSAI⁴, manteniendo el contacto del molusco con las LI en placa de Petri, durante tres horas y media, a temperaturas de 18-23°C, a la cual permanecieron después los caracoles hasta el momento de su sacrificio.

La dosis media infestante LI/molusco, para cada uno de los lotes fue, respectivamente, de 50, 100, 150, 300, 400, 500 y 1.000 larvas. Transcurrido el período de contactos larvas/molusco, se recogieron las LI que permanecían en la placa, para deducir, por diferencia, las que habían invadido al caracol.

A partir de 6-7 días post-infestación se sacrificaron por el método de aplastamiento de KASSAI (cit. ROJO, 6) un promedio de 2 caracoles diarios en cada lote, elegidos al azar. Se separaba el pie, seguidamente se dislaceraba ligeramente con agujas de disección y, finalmente, se montaban en el compresorio de triquineloscopia. Se estudió el grado de evolución de las larvas observadas.

El cálculo matemático a partir de los datos obtenidos, se realizó según el modelo básico de crecimiento de una población, aplicando la tasa de mortalidad entre distintos estadios, sin tener en cuenta la variable «tiempo»^{2 bis}

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados diarios se agruparon en conjuntos cada cuatro días, a partir del 6.º, para su análisis. En todos los casos, los porcentajes de infestación de los moluscos superaron el 90 %, de modo que, según la clasificación de DAVTIAN (*ibid.*) podemos considerar a *C. (X.) cespitum arigonis* como hospedador intermediario obligado de *N. linearis*.

El promedio de LI que penetraron en cada caracol fue relativamente constante, con pequeñas desviaciones, pues el coeficiente de fluctuación varió entre 1,2 y 2,2.

La distribución de los resultados obtenidos en cada lote nos llevó a pensar que la invasión del molusco por las LI respondía a una determinada ley de

distribución. A fin de averiguar cuál era el tipo de tal distribución, dividimos cada lote en clases, entre 3 y 10, según el tanto por ciento de larvas que hubieran penetrado, y comparamos el número de moluscos que comprendían estas clases realmente, con los que serían de esperar si la distribución estuviera regulada por alguno de los tres tipos fundamentales: normal, binomial o poisson.

El cálculo de la X^2 indica que la infestación de los moluscos por LI sigue, fundamentalmente, una ley de probabilidad, con intervención secundaria del azar. Esta conclusión resulta más evidente cuando el número de clases es de 5 a 7, es decir, con una media de 6 a 8 moluscos por clase.

La influencia de la edad del molusco no ha podido ser establecida en nuestra experiencia, aunque ROJO (*ibid.*) trabajando con el mismo sistema hospedador/parásito observó un 68,2 % de penetración en los adultos y 84,0 % en los juveniles, pero trabajó con dosis distintas a las nuestras. ROJO y CORDERO⁷ observan igualmente, que se infestan de forma más frecuente los jóvenes.

Tampoco hemos apreciado diferencias significativas en cuanto a la influencia de la temperatura (Tabla I y Figs 1-7), aunque parece advertirse una aceleración en el desarrollo, con las superiores. El análisis de este factor no entraba entre los problemas que nos propusimos estudiar, y los márgenes térmicos con que trabajamos, junto con la variación en las dosis empleadas, no permiten conclusiones. MORRONDO y col.⁵ tienen observaciones parecidas.

En cambio, sí encontramos diferencias entre el número de larvas penetrantes y las que alcanzaron el estadio de LIII, con la dosis larvas/molusco aplicadas (Tabla II). Realizados los cálculos pertinentes, resulta que el número de larvas penetrantes guarda una relación lineal con la dosis aplicada, que responde a la ecuación:

$$y = 0,57x + 3,88 \quad (r = 0,99; p < 0,001)$$

Por su parte, el número de larvas evolucionadas hasta LIII guarda también una relación lineal con el número de larvas que penetraron en el pie del caracol, y que responde a la ecuación:

$$y = 0,46x - 41,78 \quad (r = 0,96; p < 0,001)$$

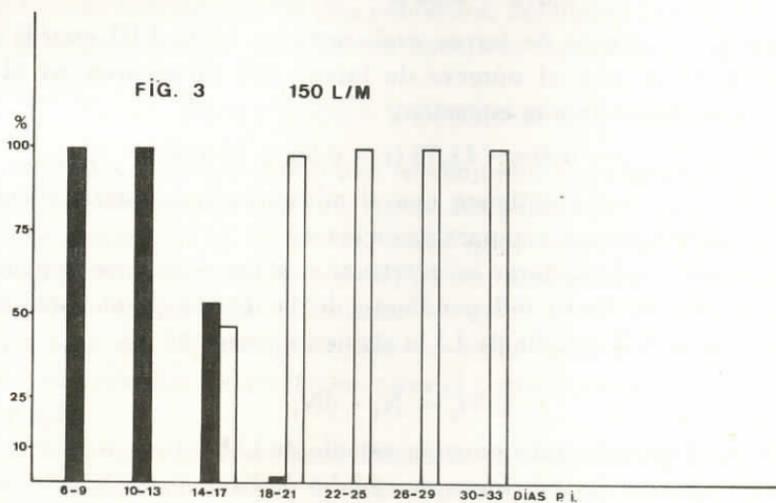
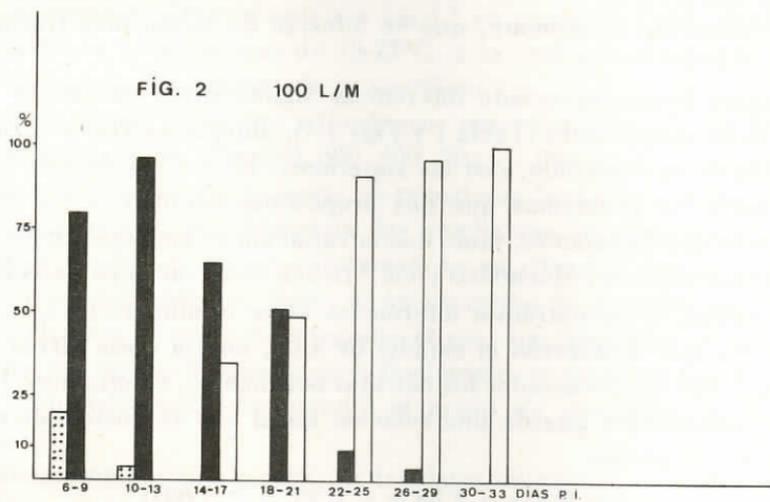
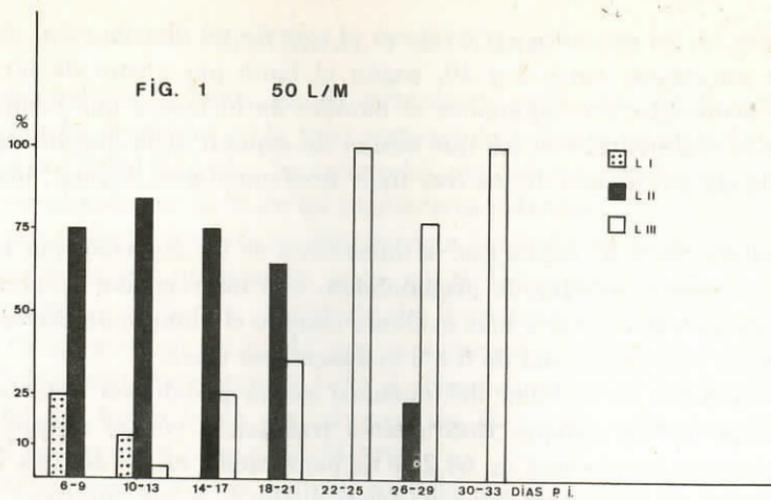
MORRONDO y col. (*ibid.*) obtienen con el mismo sistema parásito/hospedador resultados perfectamente comparables a éstos.

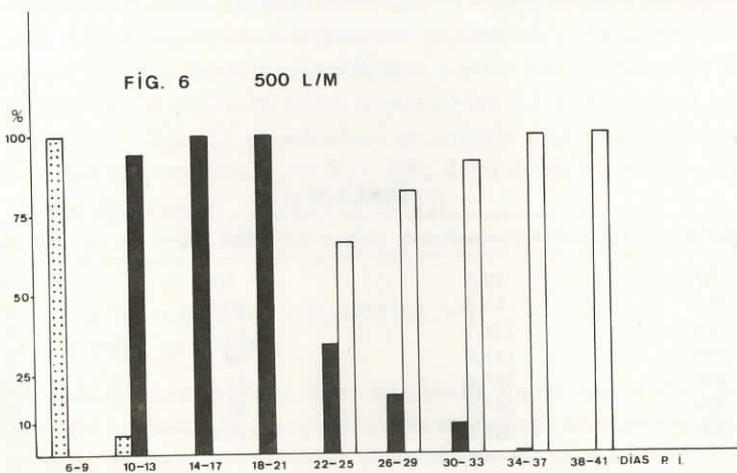
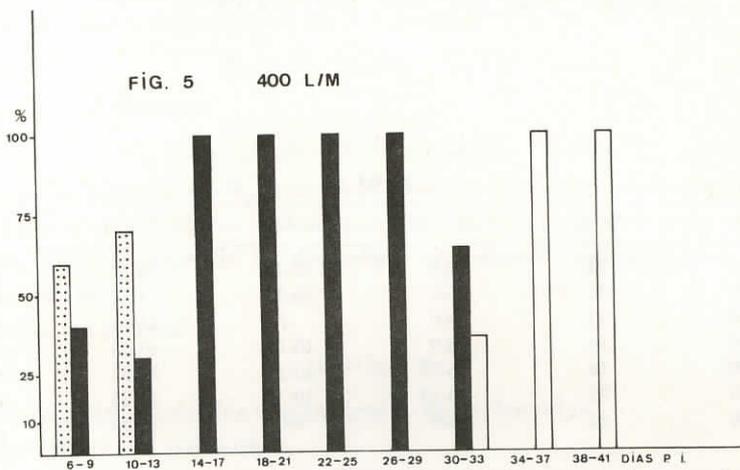
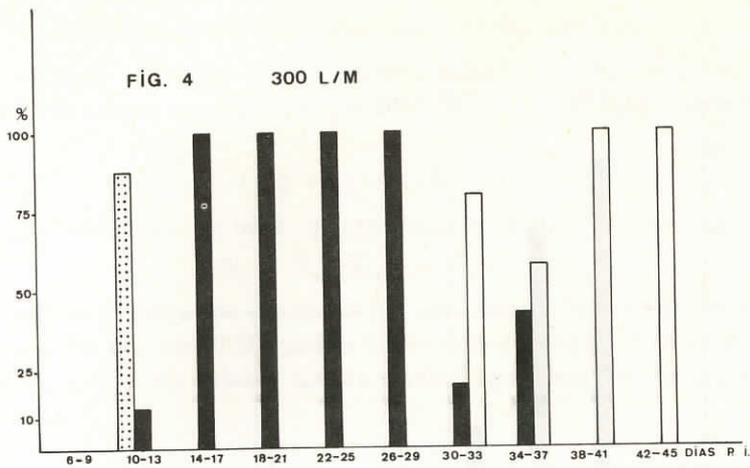
Otro aspecto a considerar es averiguar si estas relaciones dependen o no de la densidad. Si fuera independiente de la densidad, el estadio de LII guardaría respecto al estadio de LI la siguiente relación:

$$N_2 = N_1 - dN_1$$

donde N_2 = número de individuos en estadio de LII

donde N_1 = número de individuos en estadio de LI





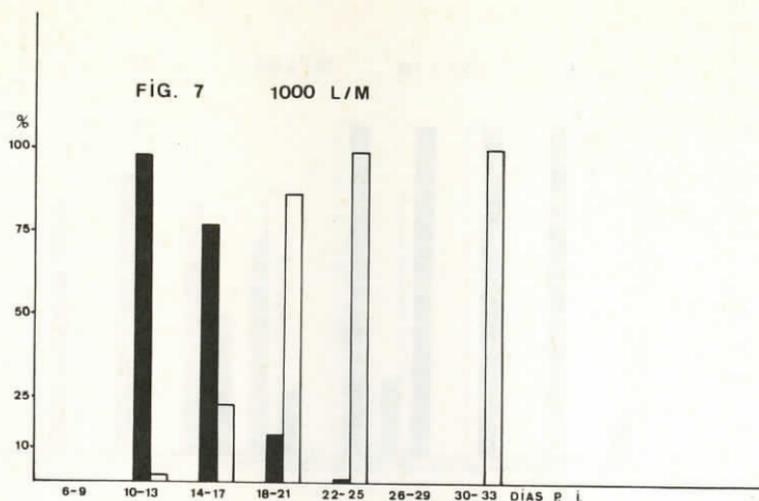


TABLA I

L/M	T.° C	1.ª LII	U.ª LI	1.ª LIII	U.ª LII
50	23	6-9	10-13	10-13	26-29
100	23	6-9	10-13	14-17	26-29
150	23	6-9	-6	14-17	18-21
300	18	6-9	10-13	30-33	34-37
400	18	6-9	10-13	30-33	30-33
500	23	10-13	10-13	22-25	34-37
1.000	20	6-9	6-9	10-13	26-29

días p.i.

TABLA II

L/M (N ₀)	LI penetr. (N ₁)	LII Máx. (N ₂)	LIII Máx. (N ₃)
50	39,3	6,0	6,2
100	56,8	10,7	25,7
150	121,7	28,1	31,7
300	131,3	38,1	20,4
400	247,6	71,2	40,8
500	267,0	97,0	128,5
1.000	584,2	153,0	267,0

donde \underline{d} = tasa de mortalidad/individuo entre los dos estadios.

Es decir, \underline{d} sería constante y no resultaría influida por N_1 . Si fuera dependiente de la densidad, también \underline{d} dependería de ella y, por tanto, sería función de N_1 :

$$\underline{d} = C_1 + C_2 N_1$$

C_1 y C_2 son constantes, de modo que tendríamos la siguiente relación:

$$N_2 = N_1 - C_1 N_1 - C_2 N_1^2$$

Si analizáramos los estadios separados por otro estadio intermedio (por ej., LI y LIII, entre las que está LII), podría haber más de un factor dependiente de la densidad. Así, si no hubiera ningún factor dependiente de la densidad, la fórmula sería:

$$N_3 = N_1 - \underline{d} N_1$$

Si hubiera un factor dependiente de la densidad:

$$N_3 = N_1 - C_1 N_1 - C_2 N_1^2$$

Y si hubiera dos factores:

$$N_3 = N_1 - C_3 N_1 - C_4 N_1^2 - C_5 N_1^3 - C_6 N_1^4$$

Pues N_2 sería función de N_1 , con dependencia de la densidad. Siguiendo el proceso, pueden calcularse polinomios de orden creciente, para anticipar resultados dependientes de la densidad, sin alterar los resultados que no dependen de ella.

La relación general es:

$$D = \log_2 P$$

donde D = n.º de resultados dependientes de la densidad

donde P = orden del polinomio.

Y así, el número del orden del polinomio que se ajuste mejor a los datos reales nos indicaría el número de acontecimientos dependientes de la densidad.

Realizados los cálculos correspondientes a estos planteamientos, hallamos que en ninguna de las dos relaciones investigadas (LI penetradas/LI disponibles por molusco, y LIII/LI penetradas) se aprecia una independencia de la densidad, ya que la ecuación $N_2 = N_1 - \underline{d} N_1$ daba coeficientes de correlación carentes de significación ($r = 0,38$; $r = -0,47$).

El paso LI penetradas/LI disponibles por molusco resultó ser dependiente de la densidad:

$$N_1 = 20,98 + 0,45 N_0 + 0,0001106 N_0^2$$

$$R = 0,9986 \quad p < 0,001$$

El paso LIII/LI penetradas, en el que podía haber uno o dos momentos dependientes de la densidad, aparece como monodependiente (ni siquiera se ajusta a un polinomio de tercer grado, $R = 243,8$). La relación es:

$$N_3 = -0,51 + 0,21 N_1 + 0,000433 N_1^2,$$

$$R = 0,9814 \quad p < 0,001$$

En este punto surge la cuestión de determinar en qué fase del período LI a LIII está el momento dependiente de la densidad, en esta relación. Dado que las LI son de difícil localización en el pie del caracol, por su transparencia y por la ausencia de reacción por parte del hospedador, en este período inicial, decidimos estudiar si había o no dependencia de la densidad en el paso de LII a LIII, fases perfectamente localizables en el molusco.

Consideramos, para ello, las mayores medias de LII y LIII por molusco, encontradas a lo largo de los plazos de cuatro días en que se agruparon las observaciones diarias (Tabla II). En los cálculos sobre estos datos no se encontró dependencia de la densidad para las LII ($R = 781,4$). Resulta, pues, que la relación es independiente de la densidad, pero con un índice de correlación muy bajo ($R = -0,32$).

$$\underline{d} = -0,19 - 0,000945 LII$$

Es decir, resulta prácticamente constante (podemos considerar despreciable a 0,000945) y nula ($-0,19$). Resultaría, en consecuencia, que el número de LIII sería igual al de LII.

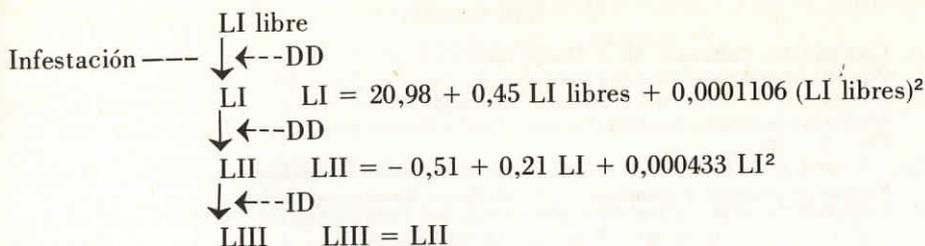
En conclusión, desde el estadio de LI hasta alcanzar la fase infestante o invasora (LIII) hay diversos modos de comportamiento. En la fase de invasión del molusco hay dependencia del número de larvas disponibles y el proceso sigue una ley de distribución binomial y, de forma secundaria, una distribución de poisson.

El paso de LI a LII también depende de la densidad, en este caso, del número de LI penetradas.

El tránsito de LII a LIII no tiene interferencias y es independiente de la densidad, hasta el punto de que todas las LII presentes en el pie del molusco pasan a LIII.

En resumen, el proceso de invasión y evolución de las larvas se enfrenta con mayores dificultades para su desarrollo en primer lugar en el momento de la penetración de las LI, SVARC⁸ habla de una reacción mucosa por parte del molusco, que impide la llegada de las larvas al tegumento de éste y, en segundo término, la dificultad de localización en un lugar idóneo para convertirse en LII. A partir de este momento el desarrollo está prácticamente asegurado.

A la vista de estos resultados proponemos el siguiente modelo matemático:



RESUMEN

Siete lotes de 40 ejemplares cada uno, del molusco *Cer­nuella (Xeromagna) cespitum arigonis* se infestaron con larvas de *Neostromgylus linearis*, en dosis de 50 a 1.000 LI/molusco, a fin de estudiar el papel de la magnitud de la dosis infestante en la implantación y evolución de la población parasitaria.

El cálculo matemático se basó en el modelo básico de crecimiento de una población.

En la fase invasora del molusco se apreció dependencia del número de larvas disponibles, ajustándose el proceso a una distribución binomial y, secundariamente, de tipo poisson. También depende de la densidad el paso de LI a LII, pero no el tránsito de LII a LIII. Se propone un modelo matemático para interpretar el fenómeno.

DOSIS AS A REGULATION FACTOR OF PARASITE POPULATION IN THE SYSTEM *Neostromgylus linearis* / *Cer­nuella (Xeromagna) cespitum arigonis* (NEMATODA, PROTOSTROMGYLINAЕ / MOLLUSCA, STYLOMMATOPHORA).

SUMMARY

Seven lots, each one made up of 40 specimens of the snail *Cer­nuella (Xeromagna) cespitum arigonis*, were infected with larvae of *Neostromgylus linearis*, at dosages ranging from 50 up to 1,000 LI/mollusc, in order to determine the role of the infection dose on the invasion and further evolution of the parasite population.

Mathematical calculations are based on a basic model of a growing population.

During the invasion phase a density dependence on the number of larvae was demonstrated, the process being adjusted to a binomial distribution and, secondly, to a poisson type. The transit from LI to LII was also density dependent, but this was not the case from LII to LIII. A mathematical model is proposed to interpret the phenomenon.

BIBLIOGRAFIA

- 1) CORDERO DEL CAMPILLO, M. y MANGA-GONZÁLEZ, M. Y. (1976).—Helmintos y moluscos con especial referencia a la familia Helicidae. *An Fac. Vet. León*, **22** (1): 181-195.
- 2) DAVTIAN, E. A. (1947).—(Receptividad comparada de moluscos a la invasión por las larvas de *Muellerius capillaris*, *Cystocaulus nigrescens*, y *Synthetocaulus* spp.) *Trud. Nauch. Issld. Vet. Inst.*, **5**: 3-20.
- 2bis) HIRSCH, R. P. (1977).—Use of mathematical models in Parasitology. En: ESCH, G. W. (edit.). *Regulation of parasite populations*. Acad. Press, London, pp. 169-207.
- 3) HOBMAIER, A. y HOBMAIER, M. (1929).—Ueber die Entwicklung des Lungenwurmes *Synthetocaulus capillaris* in Nackt-, Weg-, und Schnirkelschnecken. *Münch. Tierärztl. Wshr.*, **80**: 621-25.
- 4) KASSAI, T. (1957).—Schnecken als Zwischenwirte der Protostrongylidae. *Z. Parasitenkd.*, **18**: 5-19.
- 5) MORRONDO-PELAYO, M. P., CORDERO DEL CAMPILLO, M., DÍEZ BAÑOS, P. y MANGA GONZÁLEZ, M. Y. (1980).—Infestación experimental de tres *Cerutuella* spp. (Mollusca, Stylommatophora) con larvas de *Muellerius capillaris* y *Neostromgylus linearis* (Nematoda, Protostrongylinae). *An Fac. Vet. León*, **26**:
- 6) ROJO VÁZQUEZ, F. A. (1973).—Bronconeumonías verminosas ovinas, con especial atención al ciclo biológico de *Neostromgylus linearis* (Marotel, 1913), Gebauer, 1932. Tesis Univ. Oviedo, Fac. Vet. León, 151 pp.
- 7) ROJO VÁZQUEZ, F. A. y CORDERO DEL CAMPILLO, M. (1974).—Le cycle biologique de *Neostromgylus linearis* (Marotel, 1913), Gebauer, 1932. *Ann. de Parasitol. hum. et comp.*, **44** (6): 685-699.
- 8) SVARC, R. (1968).—Zur Frage der Pathologie und der Ökologie des Lungenwurmes *Muellerius capillaris*. *Studia Helminth.*, **2**: 181-211.