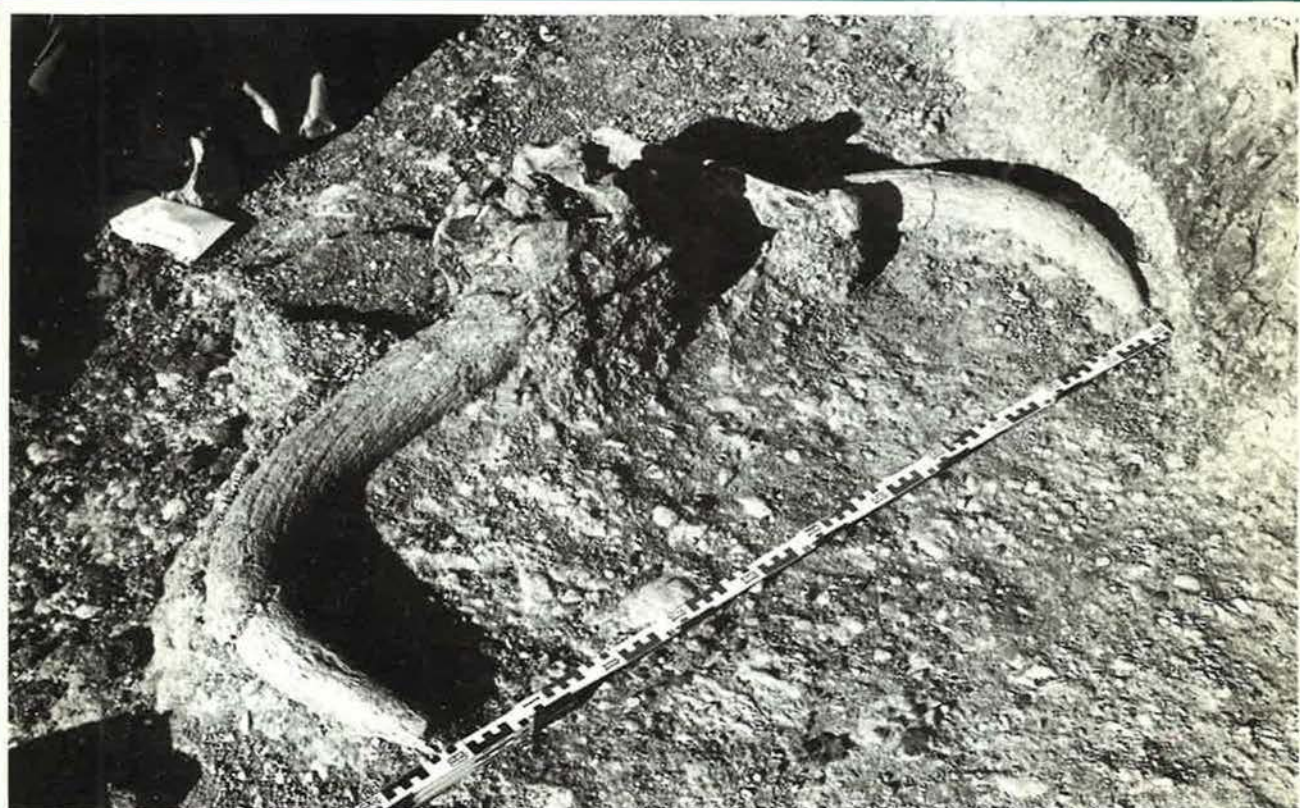


Revista de
BACHILLERATO



cuaderno **3** monográfico

Suplemento del núm. 11 de R/B. - Julio-septiembre 1979



CIENCIAS NATURALES

- Tendencias actuales de la Genética
- Bibliografía
- Excursiones de campo

EL MITO DE DOÑANA

Descripción minuciosa de la naturaleza e historia del famoso coto de Doñana. Aquilino Duque, autor de la obra, aporta a lo largo de sus páginas un amplio material desconocido hasta la fecha, con el que se pretende informar sobre los problemas de Doñana, mostrar sus bellezas y estimular la sensibilidad de las personas hacia la conservación del medio ambiente natural.

La obra, que incluye una selección de documentos, diversos mapas que detallan la evolución geológica e histórica y la distribución de las especies vegetales y animales, y enriquecida por extraordinarias láminas en color, tiene un precio de 3.000 pesetas.

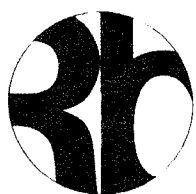


El mito de Doñana

Aquilino Duque

Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n Teléfono: 449 77 00



REVISTA de BACHILLERATO
Dirección General
de Enseñanzas Medias

CUADERNO MONOGRAFICO. 3
Suplemento del n.º 11 de R/B.
Año III. Julio-septiembre 1979.

CONSEJO DE DIRECCION

Presidente:

Raúl A. Vázquez Gómez

Vocales:

José Antonio Alvarez Osés

Emilio Barnechea Salo.

Julio Calonge Ruiz.

**Encarnación García Fer-
nández.**

José Luis Hernández Pérez

Ignacio Lázaro Ochaíta.

José Ramón Pascual Ibarra

Carlos Prieto García.

DIRECTOR:

José Luis Pérez Iriarte.

SECRETARIA de REDACCION:

Matilde Sagaró Faci.

REDACCION:

Av. del Generalísimo, 207,

5.ª planta.

Madrid-34.

EDITA:

**Servicio de Publicaciones
del M.E.**

Ciudad Universitaria.

Madrid-3.

IMPRIME:

Ruan, S. A.

Alcobendas (Madrid).

D. L.: M. 22.906-1977.

I.S.B.N.: 84-369-0211-4

SUMARIO

	<i>Págs.</i>
PRESENTACION	2
ESTUDIOS	
• Citogenética y retraso mental, por José Antonio Abrisqueta.....	3
• Interpretación morfológica del sistema circulatorio en triblásticos, por Vicente Dualde Pérez.....	12
• Pasado, presente y futuro de las levaduras, por Dimas Fernández- Galiano	16
• La producción biológica en el mar, por María Fernanda Genicio Grijalba	20
• Reflexiones sobre la didáctica de la excursión de campo, por J. Lillo Beviá y Luisa Fernanda Redonet Alvarez.....	23
• Ingeniería genética, por Carmen Madrid Duque.....	27
EXPERIENCIAS	
• Itinerario paleontológico al techo de España Peninsular, por Emiliano Aguirre Enríquez.....	33
• Distribución estratigráfica óptima y total de los principales grupos de microfósiles, por José M.ª Casielles Aguadé.....	47
• Biología práctica en el COU, por Antonio Ron Pedreira, Rosario García Echave y José A. Vega Hidalgo.....	51
• Programación de las Ciencias Naturales de 3.º de Bachillerato (una experiencia realizada por el Seminario del I.N.B. «Calderón de la Barca» de Madrid), por Enrique Ramírez Sánchez-Rubio...	55
INFORME	
• Recopilación bibliográfica sobre Ciencias Naturales, por J. Lillo Beviá y Luisa Fernanda Redonet Alvarez	60

*Este cuaderno monográfico ha sido coordinado por Ignacio
Lázaro Ochaíta.*

*Todas las ideas y opiniones que puedan aparecer en las colaboraciones
son de exclusiva responsabilidad de los autores, cuyos textos se respetan
íntegramente.*

PRESENTACION



Al programar el contenido de este Cuaderno Monográfico dedicado a Ciencias Naturales existían dos posibilidades: imponer una unidad temática, en torno a la cual girarían todas las colaboraciones, o bien reunir un conjunto heterogéneo de trabajos de interés para los naturalistas. Optamos por la segunda, asumiendo el riesgo que comporta la diversidad de temas de los estudios y experiencias elegidos, por estar más al alcance de las posibilidades actuales de nuestra revista. Además, pensamos que un tema único sólo debe abordarse cuando responde al interés mayoritariamente expresado por el profesorado, lo que hubiera implicado contar con las sugerencias y colaboración de todos los docentes a quienes el número va dedicado.

El presente cuaderno monográfico ofrece un conjunto de trabajos, de indudable calidad e interés, divididos en tres grandes apartados: Estudios, Experiencias e Informe. Sólo pretendemos iniciar el camino a la espera de que, futuros números dedicados a Ciencias Naturales sean el natural lugar de encuentro donde poder intercambiar conocimientos, opiniones y experiencias, haciendo realidad el viejo sueño de la actualización permanente y estableciendo la necesaria comunicación entre los profesionales de un área como la nuestra, en la que el aislamiento conduce, a corto plazo, a la fosilización científica y didáctica.



Citogenética y retraso mental

Por José Antonio ABRISQUETA (*)

Con este trabajo quiero responder a la amable invitación de esta revista, que me honra solicitando mi colaboración. El tema que he escogido tiene, a mi juicio, un gran interés científico y una amplia incidencia social y es, a su vez, uno de los más afines a la línea de investigación que actualmente desarrollamos en el Instituto.

Desde el nacimiento de la cultura, la gente se ha interesado por la herencia biológica, es decir, por la transmisión de rasgos tanto físicos como mentales de padres a hijos. Este interés por la genética se ha visto incrementado en la actualidad por el auge que esta disciplina ha experimentado en el contexto de las ciencias biomédicas, ante las posibilidades que ofrece para el hombre.

La genética va descubriendo de una manera progresiva los procesos por los que llega a configurarse, dentro de unas coordenadas perfectamente programadas, el substrato biológico de la persona. La genética va reconociendo la etiología de muchos cuadros clínicos y los factores que actúan en la génesis de una desviación fenotípica. La genética, por así decirlo, va penetrando en la esencia misma de la vida poniendo al descubierto los elementos que participan en los procesos vitales. Por otro lado, la importancia de la genética se ha hecho progresivamente más patente, a medida que la sociedad ha avanzado en su desarrollo económico. Un país, una vez que ha superado los problemas de la desnutrición y de las enfermedades parasitarias o infecciosas, lo cual sucede cuando se sale del subdesarrollo, observa cómo afloran las afecciones genéticas. Estas vienen a constituir la nueva barrera con la que debe enfrentarse la ciencia y la sociedad.

Hasta hace unos años no se conocía la estructura biológica que servía de base al fenómeno de la transmisión hereditaria, los genes, cuyo soporte son los cromosomas. Hoy, sin embargo, disponemos de técnicas con las que se analiza la estructura y la función de este substrato físico de la herencia humana, los cromosomas, y ello ha constituido un

hito trascendental en la historia de la genética. Estos nuevos métodos de estudio han permitido objetivar la importancia del factor cromosómico en el origen de ciertas anomalías y han colaborado positivamente al desarrollo de una nueva línea de trabajo y de investigación dentro del área de la genética humana, la citogenética. El campo de estudio de esta nueva ciencia comprende el comportamiento de los cromosomas humanos durante la división celular, su origen y su relación con la transmisión y recombinación de los genes.

En 1959, Lejeune y colaboradores (1) describen, por vez primera, una aberración cromosómica en el hombre, la presencia de un pequeño cromosoma telocéntrico supernumerario en los niños mongólicos o afectos del síndrome de Down. A partir de entonces fueron descubriéndose progresivamente nuevas cromosomopatías como origen de diversas alteraciones. Hoy son más de 1.600 (2) los tipos de anomalías numéricas y estructurales de los cromosomas que se conocen en la especie humana.

En estas coordenadas parecía como si todo proceso morboso o estado patológico congénito tuviera su causa en la presencia o ausencia de una determinada cromosomopatía. Si bien los hechos evidentemente no apoyaron tal supuesto, ya que las enfermedades genéticas no son debidas solamente a aberraciones cromosómicas, sino también a factores monogénicos o mendelianos y poligénicos o multifactoriales, por tanto no específicamente cromosómicos. Se pudo observar, además, el incremento o disminución de

(*) Doctor en Ciencias Biológicas. Jefe de la Sección de Genética Humana del Instituto de Genética (C.S.I.C.).

(1) Lejeune, J.; Gautier, M., y Turpin, R.: «Etudes des chromosomes somatiques de neuf enfants mongoliens». *Compt. Rend. Acad. Sci.*, 248, 1721-1722 (1959).

(2) Borgaonkar, D. S.: «Chromosomal Variation in Man. A Catalog of Chromosomal Variants and Anomalies». Nueva York, 1977.

material genético podía armonizarse con un fenotipo normal o paranormal, limitándose el efecto negativo prácticamente a la esfera sexual, en las autosomopatías, por el contrario, una alteración genética, sea por una aneuploidia o por duplicación o deficiencia de parte de un cromosoma, producía inevitablemente una anomalía importante del fenotipo.

Era lógico, en estas condiciones, que fuera particularmente sensible a las aberraciones cuantitativas de los cromosomas, la formación o la regulación del órgano más complejo del ser humano, el sistema nervioso central y que, en consecuencia, la inteligencia fuese la más vulnerable de todas las funciones. Ello explica que la deficiencia mental, más o menos acusada, sea el denominador común de una alteración cromosómica.

Precisamente, uno de los problemas en el ámbito de las anomalías humanas, que quizá con más entusiasmo trata de analizar la citogenética es el de la subnormalidad o deficiencia mental. Un problema, por otro lado, al que por su volumen la sociedad es particularmente sensible y permeable.

En nuestro país, según los estudios realizados en algunas zonas y las estimaciones más generalizadas (3), del 1 al 1,15 por 100 de la población total está afectada de deficiencia mental. Ello supone una cifra absoluta superior a los 360.000 subnormales. Lo que, a su vez, equivale a decir que más de un tercio de los hogares españoles cuentan en su seno con algún deficiente mental.

Son múltiples y variadas las causas que pueden originar una inteligencia subnormal y no solamente los factores citogenéticos, si bien estos ocupan, como veremos, un lugar importante. Existen agentes endógenos, constitucionales, que ejercen una acción negativa sobre el desarrollo de la inteligencia. Como, por ejemplo, las anomalías cromosómico-metabólicas, cuya frecuencia, en conjunto, oscila entre el 35 y el 40 por 100 (15-20 por 100 cromosómicas y 20 por 100 metabólicas). Existen, por otra parte, factores peristáticos o ambientales, causas de tipo exógeno, que inciden directa o indirectamente sobre el desarrollo del individuo y pueden propiciar una subnormalidad mental. Por ejemplo, la desnutrición, los traumas obstétricos o las secuelas de infecciones perinatales. Estas dos últimas causas son probablemente las más importantes en la génesis de un retraso mental. Se calcula que del 50 al 60 por 100 de los factores de subnormalidad se dan alrededor del parto. Aunque tampoco conviene desdeñar los casos de deficiencia, cuya etiología es desconocida. Moser y Wolf (1971) en una población de 1077 retrasados mentales con un cociente intelectual (CI) menor de 50 observaron que el 34 por 100 de los casos eran de causa desconocida (4), en tanto que las anomalías cromosómicas ocupaban el 23 por 100 de los pacientes. En una población deficiente mental, estudiada recientemente en nuestro Instituto de Genética (C.S.I.C.) la incidencia de aberraciones cromosómicas ha sido de 20,41 por 100 (5). El factor cromosómico, por consiguiente, es un elemento de relativa importancia a la hora de reconocer el origen de una subnormalidad mental.

Antes de continuar y a fin de delimitar los extremos del problema conviene precisar qué se entiende por retraso mental. Adoptamos la definición de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), que la describe como «un trastorno en el cual el desarrollo de la mente se ha detenido o es incompleto, que se caracteriza especialmente por una inteligencia sub-

normal y es de una naturaleza o grado que requiere o es susceptible de tratamiento médico o exige un cuidado o adiestramiento especial del paciente» (6).

En este trabajo no pretendo mostrar una relación completa de las cromosopatías que conllevan un retraso mental más o menos grave, quiero más bien hacer una breve descripción de una serie de síndromes o cuadros patológicos, clínicamente bien definidos, que cursan con un deterioro más o menos importante de la inteligencia y cuya etiología obedece a una anomalía cromosómica perfectamente diferenciada. Limito mi exposición a los autosomas, ya que sus alteraciones son las que producen un mayor daño a la capacidad mental de un individuo. Las aberraciones de los cromosomas sexuales aunque pueden originar algún déficit intelectual, ésta deficiencia generalmente no es grave.

Finalmente, debo señalar que los métodos de estudio de que hoy disponemos para el análisis de los cromosomas permiten visualizar con claridad aún las más pequeñas alteraciones estructurales de los cromosomas. Las técnicas de bandas nos revelan en los cromosomas una secuencia de zonas claras y oscuras (bandas), con las que aquellos pueden diferenciarse perfectamente (figura 1 y 2). Existe para su interpretación una especie de reglas de juego o un sistema de nomenclatura, internacionalmente admitido (7), con el que puede designarse de una manera breve y clara las características de una anomalía cromosómica.

Síndrome de Dawn o trisomía 21

Fue denominado originalmente idiocia mongoloide o mongolismo y fue descrito en 1866 por Langdon Down. Este autor atribuyó al síndrome la presencia de deficiencia mental y de rasgos faciales de tipo mongoloide. Lejeune (1959) descubrió la anomalía cromosómica responsable de esta alteración que consiste en la presencia de un cromosoma pequeño supernumerario, morfológicamente similar a los del grupo G (21-22) y que convencionalmente se le designa como cromosoma 21 (figura 3). Un año más tarde, Polani y colaboradores (1960) describieron el síndrome de Down por translocación de un cromosoma del grupo G a un cromosoma del grupo D (D/G). Posteriormente, se descubrieron la translocación G/G y los casos de mosaicismo: trisomía 21/normal.

Los individuos afectados de esta cromosomopatía presentan una facies característica (figura 4), siendo notable la deficiencia mental que padecen. Su C.I. gira alrededor de 50, aunque hay casos de retraso mental grave y otros con una oligofrenia liminar (8).

(3) Real Patronato de Educación y Asistencia a Deficientes: «Plan Nacional de Prevención de la Subnormalidad». Madrid, 1978.

(4) Moser, H. W., y Wolf, P. A.: «The nosology of mental retardation. Including the report of a survey of 1378 mentally retarded individuals». *Birth Defects*, 7, 117 (1971).

(5) Martín Lucas, M. A.: «Análisis cromosómico y dermatoglífico de los Trastornos Mentales». Madrid, 1979.

(6) O.M.S.: «Glosario de trastornos mentales y guía para su clasificación». Ginebra, 1976.

(7) París Conference (1971). Standardization in Human Cytogenetics. Nueva York, 1973.

(8) Valtueña, O.; Vázquez, C., y Abrisqueta, J. A.: «Tres casos de mongolismo con C.I. inhabitual». *Medicamenta*, 55, 443-452 (1972).



Fig. 1.—Bandas Q. Metafase teñida con Quinacrina. La flecha indica la banda fluorescente típica del cromosoma Y.

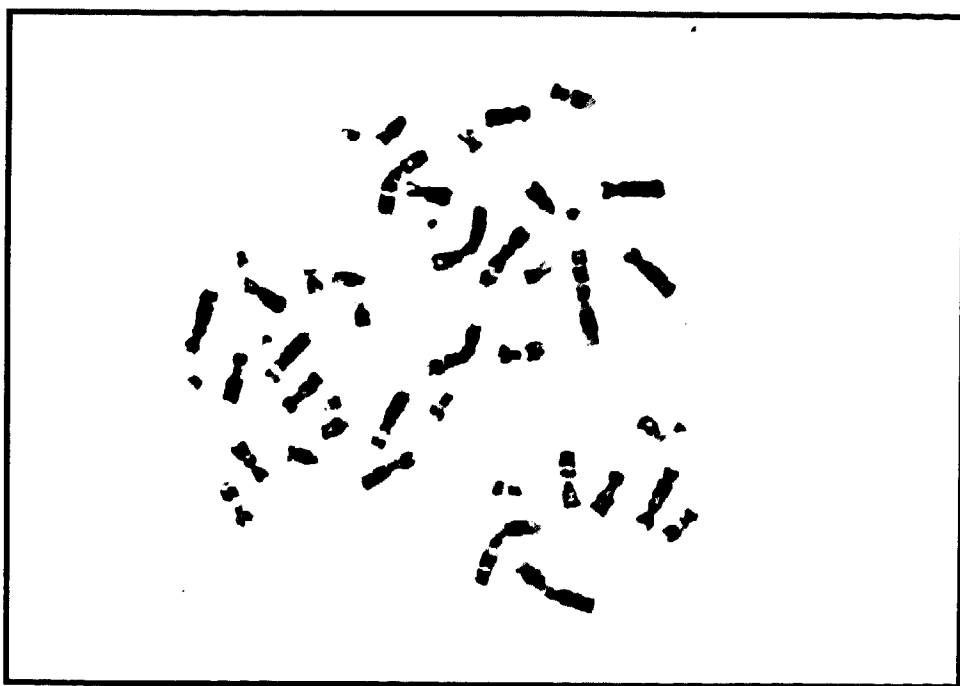


Fig. 2.—Bandas G. Metafase tratada con tripsina y teñida con colorante Giemsa.

En el fenotipo de estos pacientes se observa: Hipotonía muscular, protrusión de la lengua con tendencia a mantener la boca entreabierta. Macroglosia y lengua escrotal. Braquicefalia con occipucio relativamente plano, nariz pequeña, epicanthos internos, oblicuidad hacia arriba de las hendiduras palpebrales y frecuentemente cardiopatía.

La incidencia de este síndrome se estima en 1/600 a 1/700 nacimientos. La frecuencia de aparición de esta enfermedad genética, particularmente en casos de trisomía primaria o libre es, en líneas generales, mayor entre los hijos de madres adultas. La edad materna es un factor que ejerce cierta influencia en la aparición entre la progenie de casos Down por trisomía primaria. También la edad paterna aumenta ese riesgo cuando el padre tiene 40-49 años y de

forma considerable si la edad es superior a 55 años.

El riesgo de recurrencia está en función del tipo de anomalía que presente el probando: trisomía libre o translocación. La forma más frecuente es la de trisomía 21 primaria (95,2 por 100), siguiendo a continuación la trisomía por translocación D/G (2,6 por 100), la trisomía por translocación G/G (1,5 por 100) y, finalmente, los casos de mosaicismo (0,6 por 100).

Síndrome de Patau o trisomía 13

La etiología cromosómica de este síndrome fue descubierta por Patau y colaboradores en 1960. Se trata de una cromosopatía muy grave, que cursa

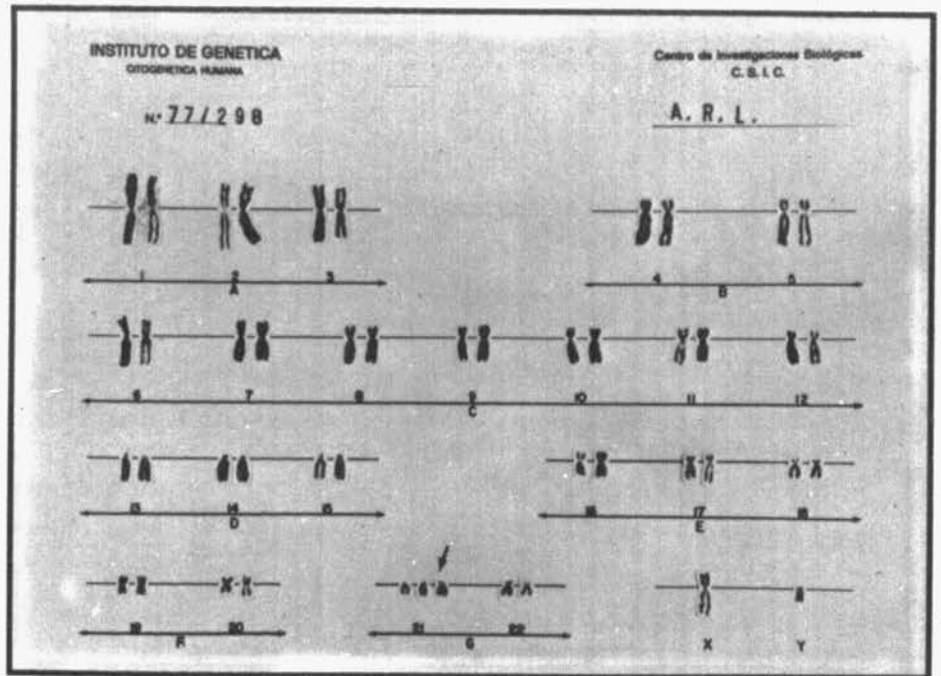


Fig. 3.—Complemento cromosómico de un niño con la trisomía 21. (Síndrome de Down).



Fig. 4.—Niño afectado del síndrome de Down.

con anomalías importantes que reducen la supervivencia de sus portadores a unas pocas semanas. La alteración consiste en la presencia de 3 cromosomas del par 13 en el conjunto de cromosomas de una célula o cariotipo (figura 5).

En su fenotipo se observa un defecto tipo prosencefalia con grados variables de desarrollo incompleto del prosencefalo y de los nervios olfatorio y óptico que lesiona gravemente el cerebro. Presentan, asimismo, microftalmia o anoftalmia. Fisura palatina y labio leporino. Polidactilia. Flexión de los dedos de las manos con o sin imbricación y camptodactilia. Graves malformaciones cardíacas y de otros órganos.

Su frecuencia se estima en 1/4.000-1/10.000

nacidos vivos. La edad materna, al igual que en el síndrome de Down, es un factor importante en la etiología de la enfermedad. Muy frecuentemente el cromosoma 13 supernumerario se encuentra libre. En un 20 por 100 de los casos existe, sin embargo, una traslocación entre dos cromosomas del grupo D (D/D), normalmente 13/14. Cuando la madre es portadora de la traslocación equilibrada hay propensión a incrementarse el número de abortos. En cambio, cuando el padre es el portador, aumenta el número de portadores balanceados o equilibrados entre la descendencia.

Síndrome de Edwards o trisomía 18

En 1960, Edwards y colaboradores describieron un nuevo síndrome asociado a la presencia de un cromosoma extra del grupo E (16-18), que luego se comprobó que pertenecía al par 18 (figura 6).

Estos niños nacen gravemente afectados, lo que compromete muy seriamente su supervivencia. Se estima que menos del 10 por 100 de estos niños llegan a superar el año de vida.

Los estigmas más característicos del síndrome son: Cráneo pequeño y estrecho con un occipucio prominente. Pabellones auriculares malformados y de implantación baja. Grave deficiencia mental. Micrognatia. Mano cerrada, con tendencia a la imbricación del dedo índice con el dedo medio y del dedo meñique con el anular. Hipertonía, cardiopatía y malformaciones múltiples y graves de los órganos viscerales.

La frecuencia es de 1./8.000 nacidos vivos. La mayoría de los pacientes presentan en su cariotipo una trisomía primaria del cromosoma 18. Solamente un 10 por 100 son trisomía por translocación o doble trisomía y otro 10 por 100 son mosaicos.

El carácter subletal de la enfermedad causa frecuentemente la muerte intrauterina. Puesto que los varones parecen tener una supervivencia más corta, esta enfermedad se observa principalmente en las niñas. Por cada 3 niñas sólo hay un niño afectado.

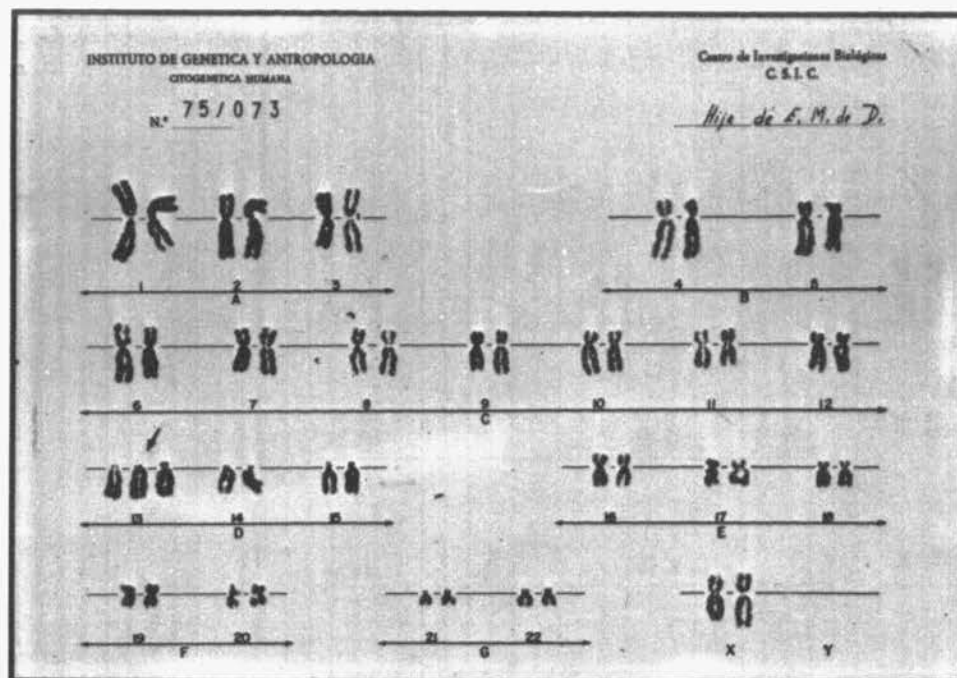


Fig. 5.—Cariotipo de una niña con la trisomía 13 (síndrome de Patau).

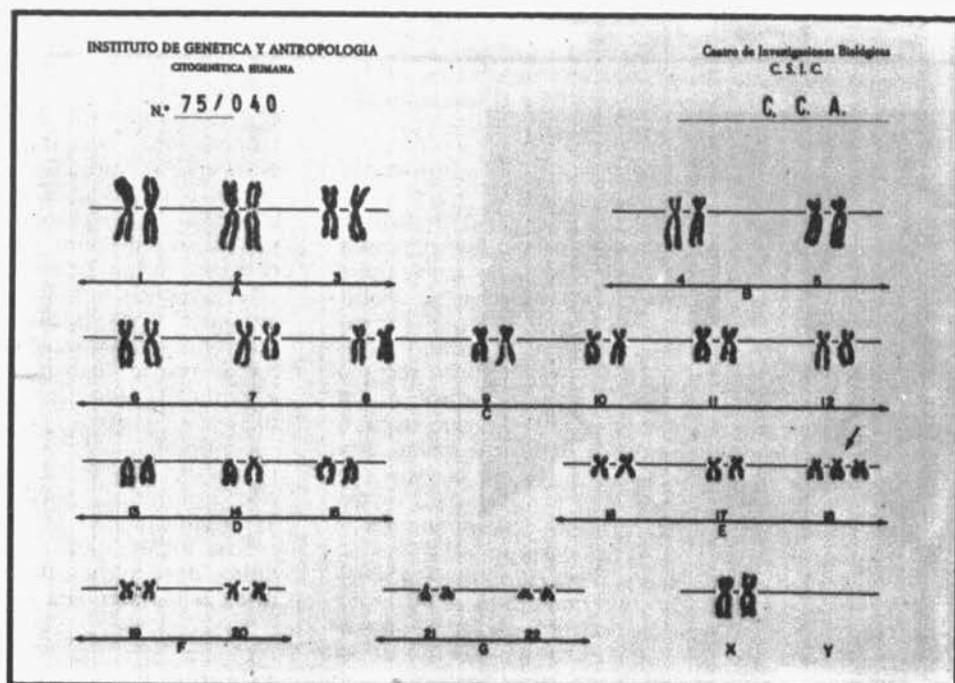


Fig. 6.—Cariotipo del síndrome de Edwards (Trisomía 18).

Síndrome del «maullido del gato» o delección parcial del brazo corto del cromosoma 5

Su nombre dice relación con el llanto característico que tienen los pacientes afectados de este síndrome. Lejeune y colaboradores (1963) descubrieron la etiología cromosómica de esta enfermedad que consiste en la delección parcial del brazo corto (p) de uno de los cromosomas 5, y se designa 5p- (figura 7). El niño afectado es mentalmente subnormal, su desarrollo psicomotor está más gravemente lesionado que en la trisomía 21 y tiene un peculiar grito, como un maullido, motivado por la hipoplasia de la laringe que padecen.

Como características clínicas cabe destacar, ade-

más del llanto típico, bajo peso de nacimiento y crecimiento lento. Deficiencia mental grave. Microcefalia, cara redonda con hipertelorismo, epicanto y hendiduras palpebrales antimongoloides. Orejas de implantación baja, ocasionalmente con apéndices preauriculares. Cardiopatía (figura 8).

Su incidencia está probablemente alrededor de 1/50.000, sin embargo, entre deficientes mentales con un C.I. inferior a 50, la frecuencia es de 1/350. Según otra estimación, el síndrome está presente en alrededor del 1 por 100 de individuos institucionalizados con C.I. inferior a 35.

Suele ser importante la detección de posibles portadores de translocaciones cromosómicas equilibradas entre los progenitores, ya que en ese su-

N.º 796

M. J. H. C.

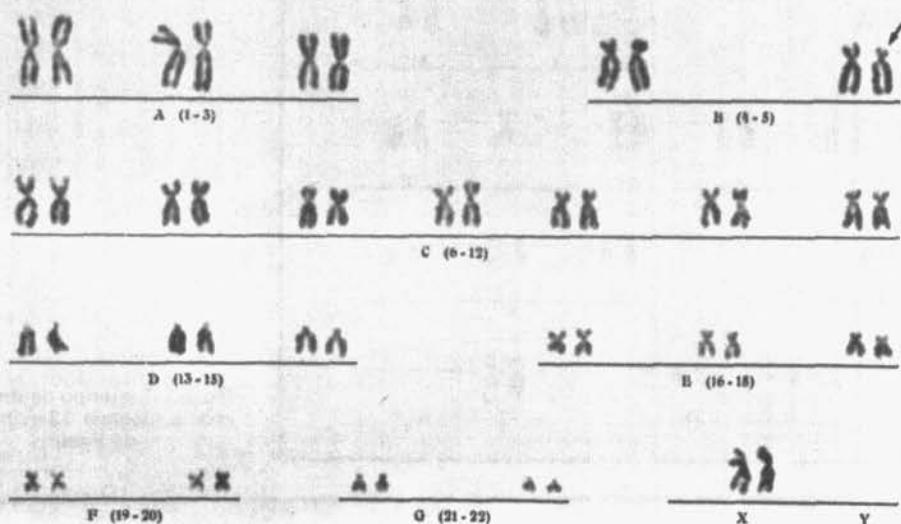


Fig. 7.—Dotación cromosómica de un caso del síndrome del «maullido del gato» (5p—).



Fig. 8.—Aspecto de una niña con el síndrome 5p—.

puesto el riesgo de recurrencia puede ser notable (9). Aproximadamente el 10 por 100 de los casos es por translocación parental.

La supervivencia es bastante larga de no mediar lesiones orgánicas graves.

Trisomía 22

Un síndrome relativamente nuevo, cuya existencia ha sido discutida y que hoy se admite como entidad clínica. En 1968, Uchida y colaboradores describen

el caso de un niño de 4 días con diversas malformaciones, que presentaba un cromosoma pequeño extra que se identificó como 22 (figura 9).

Aunque el tamaño y morfología del cromosoma es similar al 21, sin embargo, los efectos de la trisomía 22 son absolutamente distintos a los de la trisomía 21 o síndrome de Down (10).

Los rasgos más frecuentes son: Bajo peso de nacimiento y un evidente retraso mental y somático. Microcefalia, fisura palatina, labio leporino, micrognatia, orejas malformadas de implantación baja y apéndices preauriculares. Hipoplasia genital. Cardiopatía (figura 10).

La edad avanzada de la madre favorece la aparición de la trisomía 22. La incidencia de la trisomía aún no se conoce, pero se estima entre 1/30.000 y 1/50.000 nacidos vivos.

Las expectativas de vida tampoco están establecidas, pero se han descrito varios pacientes de 4 ó 5 años e incluso dos que han superado los 10 años.

Trisomía 8

Hace pocos años, De Grouchy y colaboradores (1971) y otros autores comunicaron un nuevo estado patológico debido a un cromosoma supernumerario del grupo C (6-12). Las técnicas de bandas han demostrado que se trata de un cromosoma 8 (figura 11).

(9) Abrisqueta, J. A.; Pérez, A.; Aller, V.; Del Mazo, J.; Goday, C.; Martín, M. A., y Torres, M. L.: «Cri du chat syndrome and translocation t (5p—; 18p+)». *J. Genet. Hum.*, 24, 173-182 (1976).

(10) Pérez-Castillo, A.; Abrisqueta, J. A.; Martín-Lucas, M. A.; Goday, C.; Del Mazo, J., y Aller, V.: «A new contribution to the study of 22 trisomy». *Humangenetik*, 30, 265-271 (1975).

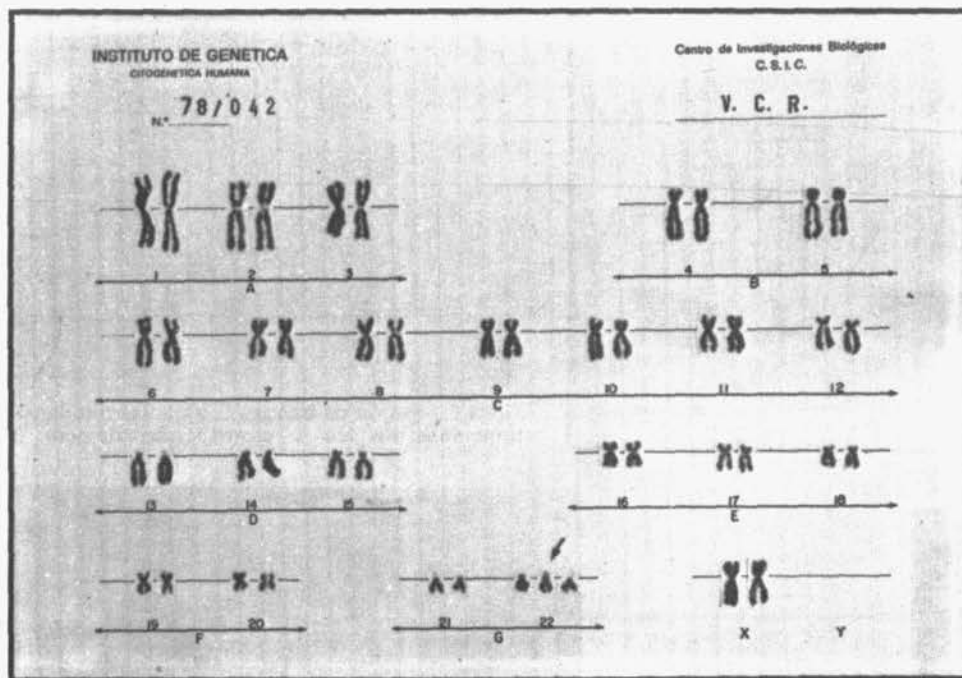


Fig. 9.—Cariotipo de un caso con trisomía 22.



Fig. 10.—Trisomía 22. Paciente de 2 meses de edad.

Se han descrito casos de trisomía pura y de mosaicismo, siendo interesante destacar que, en contraste con otros síndromes autosómicos, el retraso mental no es tan marcado como podría hacer tener la importancia de la aberración cromosómica. El C.I. varía entre 50 y 80.

En cuanto al fenotipo cabe mencionar, entre otros estigmas, la dismorfia de la cara, displasia de los pabellones auriculares, anomalías oculares, aplasia de la rótula, malformaciones esqueléticas y del aparato urinario.

En un caso estudiado por nosotros (11), la paciente presentaba talla corta, ptosis palpebral izquierda, platirrinia, orificios nasales hacia adelante, hipertelorismo, orejas de implantación baja y cardiopatía congénita. Hipotonía generalizada. Surcos profundos en las palmas de las manos y plantas de los pies (figura 12).

No es infrecuente que estos pacientes lleguen a alcanzar de 13 a 28 años de edad.

Anomalías cromosómicas menos conocidas

Quiero comentar en este apartado dos tipos de alteraciones autosómicas, que hacen referencia a segmentos de ciertos cromosomas y cuyos portadores acusan una subnormalidad mental más o menos importante.

En primer lugar, la trisomía 9p, es decir, la presencia por triplicado de los brazos cortos del cromosoma 9. Rethoré y colaboradores (1970) describieron por vez primera este síndrome, considerándolo como una nueva entidad nosológica. Era la primera trisomía parcial (+9p) a nivel de los cromosomas del grupo C (6-12).

Hemos tenido oportunidad de analizar un caso de estos en nuestro Instituto (12). Era un niño de 10 años con grave deficiencia de lenguaje, y en cuyo cariotipo se podía detectar la presencia de un cromosoma extra, de morfología similar a los del grupo G (21-22), pero que resultó ser, según las técnicas de bandas, el brazo corto (p) de un cromosoma 9 (figura 13).

Nuestro paciente presentaba un retraso mental grave. Su cociente intelectual era inferior a 30. No presentaba caracteres somáticos anormales muy relevantes. Su desarrollo motor era normal, así como el área personosocial. Tenía, sin embargo, muy afectada el área de lenguaje, hasta el punto que era ininteligible. En su cara, se encuentran algunos rasgos

(11) Aller, V.; Abrisqueta, J. A.; Pérez, A.; Martín, M. A.; Goday, C., y Del Mazo, J.: «A case of trisomy 8 mosaicism 47, XX, +8/46, XX». *Clin. Genet.*, 7, 232-237 (1975).

(12) Aller, V.; Abrisqueta, J. A.; Martín-Lucas, M. A.; DE Torres, M. L.; Del Mazo, J.; Pérez-Castillo, A.: «Trisomía 9p libre en un niño con retraso mental». *An. Esp. Pediat.*, 12, 463-468 (1979).

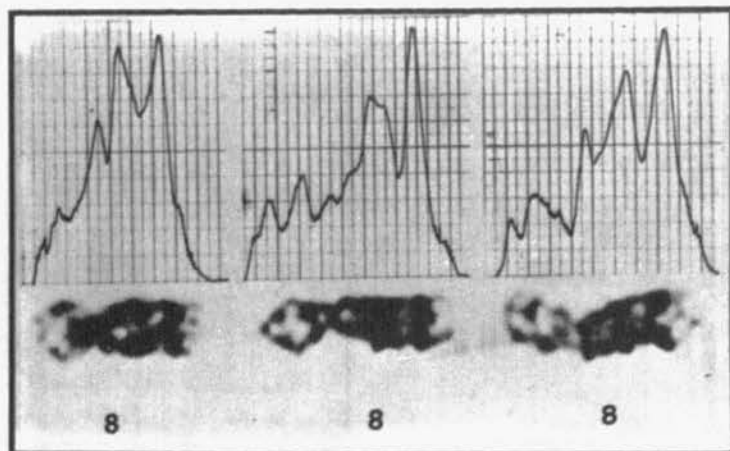


Fig. 11.—Patrón de bandas G y curvas fotodensitométricas de los 3 cromosomas número 8.



Fig. 14.—Facies de un paciente con la trisomía 9p.



Fig. 12.—Fenotipo de un caso de trisomía 8 en mosaico.

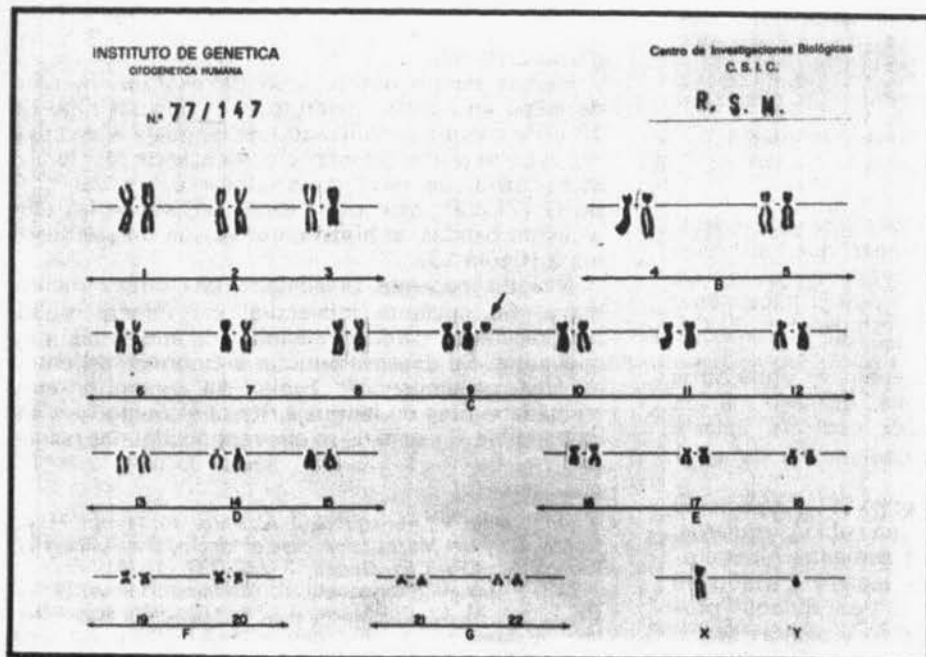


Fig. 13.—Cariotipo de una trisomía para los brazos cortos del cromosoma 9 (+9p).

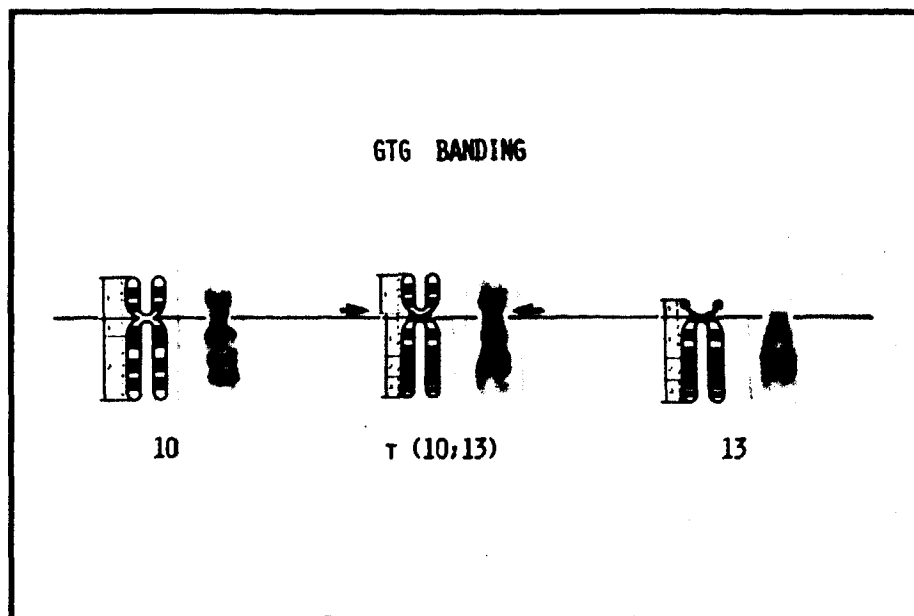


Fig. 15.—Trisomía 10p por translocación 10/13. Cromosomas implicados en la translocación y diagrama de las bandas G. La flecha indica el punto de rotura.

dismórficos, como el aire de «preocupado» que presenta, ojos hundidos, inclinación antimongoloide de las hendiduras palpebrales, ligero hipertelorismo, nariz globosa con puente nasal ancho y extremo voluminoso, orejas en soplillo con ausencia de la bifurcación del antehélix (figura 14).

No existen datos estadísticos suficientes para valorar su frecuencia en la población general, aunque al parecer esta cromosomopatía es relativamente frecuente. Su esperanza de vida es bastante larga.

En segundo lugar, la trisomía 10p, es decir, la trisomía para los brazos cortos del cromosoma 10. Son pocos los casos reseñados hasta ahora, desde que en 1974 se describieron los primeros pacientes.

En un caso estudiado por nosotros (13), pudimos advertir que la niña presentaba en su cariotipo el número normal de cromosomas, esto es, 46, pero que uno de ellos era anormal. La técnica de bandas puso de manifiesto que uno de los cromosomas, que por su morfología correspondía al grupo C (6-12), estaba compuesto por los brazos largos de un cromosoma 13 y los brazos cortos de un cromosoma 10, dando lugar, en consecuencia, a una trisomía de los brazos cortos del par 10 (figura 15).

Se observa en la paciente, junto al retraso mental, un cuadro de malformaciones somáticas importantes. Efectivamente, tenía un aspecto microsomático y sufría diversas malformaciones óseas. En su cara se apreciaban los ligeros estigmas del síndrome 10p,

así, la frente alta y voluminosa, con hirsutismo, los ojos ligeramente separados y con estrabismo; el puente de la nariz ancho y deprimido, pabellones auriculares, grandes y alados, de implantación baja, la boca en pico de tortuga y el filtro largo.

La exploración psicomotora realizada a los 29 meses de edad dio un Cociente de Desarrollo de 34, según el test de Gesell. El retraso en el desarrollo se extendía a todas las áreas. En efecto, el retardo mental de estos enfermos suele ser profundo, con un C.I. del orden de 20. La letalidad es, al parecer, importante.

Para terminar este breve recorrido sobre diversos síndromes cromosómicos, que conllevan una deficiencia mental quisiera dejar constancia de la importancia que tienen en todo este contexto los dermatoglifos, las huellas digitopalmares. Es conocida la relación embriológica existente entre sistema nervioso central y epidermis y por ese motivo los caracteres dermopapilares suelen acusar una serie de rasgos más o menos típicos en las afecciones cerebrales con base genética. Incluso se ha podido establecer, en muchos de estos síndromes cromosómicos, un patrón de huellas dactilopalmares, que puede considerarse patognómico.

(13) Aller, V.; Abrisqueta, J. A.; Pérez-Castillo, A.; Del Mazo, J.; Martín-Lucas, M. A.; De Torres, M. L.: «Trisomy 10p due to a de novo t (10p; 13q)». *Hum. Genet.*, 46, 129-134 (1979).

Interpretación morfológica del sistema circulatorio en triblásticos

Por Vicente DUALDE PEREZ (*)

El tipo de organización diblástico, representado por Poríferos, Cnidarios y Ctenóforos, ligado estrechamente al medio acuático, con una cavidad saciforme atrial o gastrovascular, amplia y una pared del cuerpo reducida a dos capas celulares en contacto directo con dicha cavidad y con el medio acuático, no requiere la presencia de un sistema de conducción específico para el transporte alimentario o de gases y para la eliminación de los desechos, ya que todas las células que forman el animal establecen contacto directo con el exterior o con la cavidad interna del cuerpo, lo que permite realizar estos intercambios de materiales de una manera directa (1).

Pero cuando en el transcurso de la evolución hace su aparición la organización triblástica, la complejidad estructural y de diferenciación orgánico-funcional que permite el desarrollo de la tercera hoja embrionaria hace necesaria la aparición de un sistema circulatorio desarrollado a sus expensas, cuya misión es la de hacer llegar a todas las células del organismo los nutrientes y gases desde el aparato digestivo y respiratorio y eliminar los desechos a través de los órganos excretores.

Así pues, el sistema circulatorio es una adquisición básica del estado triblástico ligada estrechamente a la tercera hoja embrionaria: el mesodermo.

El estudio de la anatomía comparada del sistema circulatorio en triblásticos requiere para su correcta interpretación morfológica tener en cuenta las vicisitudes embriológicas de su desarrollo en los distintos *phyla*, y paralelamente el establecimiento de consideraciones de tipo filético.

De acuerdo con este criterio es necesario ante todo establecer las siguientes premisas en torno a la significación morfológica del mesodermo y de la cavidad celomática que en él se fragua.

Primero.—El establecimiento de una clara distinción entre mesodermo (*mesoblasto* de HAYMAN) y mesénquima, sino desde un punto de vista anatómico estricto no siempre fácil de discriminar, si por lo menos con un criterio de potencialidad morfológica basado en hechos filogenéticos y embriológicos.

De acuerdo con esta idea deberá entenderse por mesodermo verdadero el *celotelio* o *mesotelio*

(según la terminología de HAYMAN), es decir, las estructuras que por lo menos en principio son de tipo mesoepitelial y forman una capa regular de células alrededor de una cavidad, el celoma o cavidad secundaria del cuerpo, en cuya capa celular es siempre posible distinguir una hoja parietal (*somatopleura*) y una visceral (*esplacnopleura*).

Por el contrario, tendrán la significación mesenquimática aquellas formaciones que ofrecen el aspecto o de células aisladas irregulares a menudo ameboidales o de un tejido conjuntivo desordenado, laxo, parenquimatoso (2).

Segundo.—La admisión de un criterio monofilético para explicar el origen del celoma que implica la unidad filética de todos los celomados y, en consecuencia, la posibilidad de homologación de todas las formaciones celomáticas. Esta postura defendida por numerosos autores tales como SEDGWICK, PETER AXA, REMANE, JUGERSTEN y ALVARADO entre otros, supone tratar de encontrar una explicación unitaria razonable al significado morfológico, embriológico y filético de las cavidades celomáticas.

Tercero.—La existencia dentro de un monofilético

(*) Catedrático de Ciencias Naturales del I.N.B. «San Vicente Ferrer» de Valencia.

(1) Debe destacarse, no obstante, que en la mesoglea, capa gelatinosa provista de células mesenquimatosas y situada como sabemos entre las dos capas celulares (ecto y endodermis) que forman la pared del cuerpo de estos animales, se desarrollan unas corrientes que hacen circular diversas sustancias asimiladas, contribuyendo de esta forma a su distribución entre las células.

(2) De acuerdo con HYMAN, el mesenquima puede tener en el embrión un origen tanto ectodérmico como endodérmico, pero el mesotelio siempre es de procedencia endodérmica o surge simultáneamente con él, aunque en su formación pueden participar los elementos migrantes desde el ectodermo, como se observa en los vertebrados. Estos conceptos de ecto y endomesodermo no están nada claros, de ahí que no todos los autores se hallen de acuerdo con el criterio de la doctora HYMAN. Téngase además en cuenta que el mesodermo puede estar incluso predeterminado como un esbozo blastodérmico antes de la gastrulación y que el valor morfogenético de las hojas blastodérmicas ha decaído mucho desde hace tiempo.

mo básico, de una bifurcación precoz en dos grandes líneas filéticas, la de los *Protóstomos* y la de los *Deuteróstomos*, establecidas por GROBBEN, en 1908.

La protostomia, ligada a la segmentación espiral del huevo, gastrorrafia blastopórica, hiponeuria y esquizocelia celomática, ha evolucionado con una amplia irradiación hacia una cima anagenésica representada por los insectos. La deuterostomia, vinculada a la segmentación radial del huevo, la isoquilia o nototenia blastopóricas, la epineuria y la enterocelia celomática ha desembocado en una cima mucho más alta, de gran envergadura, representada por los primates y el hombre.

Sentadas las premisas que anteceden es necesario destacar ahora cómo durante el desarrollo embrionario de los triblásticos se asiste a una especie de competencia o pugilato entre aquellas formaciones estrictamente mesodérmicas y aquellas otras de tipo mesenquimático, de tal manera que se podrían establecer tres tipos de sistemas circulatorios en los triblásticos de acuerdo con el resultado de esta competencia.

a) Aquellos en que por predominar el desarrollo de un mesodermo típico se forma un *sistema circulatorio vascular perfectamente limitado por mesotelios o mesepitelios y, por tanto, cerrado*. (Anélidos, vertebrados, por ejemplo.)

b) Aquellos otros casos diametralmente opuestos en los que el predominio casi absoluto de un desarrollo mesenquimático sobre el mesepitelial aboca en una *masa parenquimática lagunar entre la cual se realiza la circulación* de los líquidos corporales. Tal es el caso de los Plelmintos en los cuales durante su desarrollo embrionario el blastómero 4d destinado en otros grupos de protóstomos a formar los típicos mesepitelios, da lugar a estructuras predominantemente mesenquimáticas.

c) Por último, podemos considerar aquellos intermedios en que no existe una clara hegemonía en favor ni de mesepitelio ni de mesenquina y, en consecuencia, se forman *aparatos circulatorios vasculolagunares* en los cuales existen porciones limitadas por tubos y otras abiertas a un sistema lagunar parenquimático (caso por ejemplo de Artrópodos y Moluscos). Dentro de este grupo cabría también incluir el caso especial de los sistemas hemal y perihemal de los Euinodermos, uno de los más brillantes ejemplos de equilibrio mesenquimático-mesepitelial.

Es necesario subrayar ahora, que las interpretaciones embriológicas que anteceden de significación filogenética, tratándose, en todo caso de simples analogías. En efecto, dentro de las dos grandes líneas filéticas de triblásticos: Protóstomos y Deuteróstomos, encontramos representantes de los tres tipos de aparato circulatorio citados, entre los cuales pueden establecerse homologías, independientemente de que se trate de un sistema cerrado o vascular, lagunar y mixto o vasculolagunar.

Seguidamente analizaremos estas homologías en los principales *phyla* de ambas líneas evolutivas.

PROTOSTOMOS

Dentro de los Protostomos encontramos los tres tipos representativos de sistema circulatorio a que nos hemos referido.

Los **Plelmintos** presentan un sistema típicamente lagunar y la circulación de líquidos de corpo-

rales tiene lugar en el seno de la masa parenquimatosa del mesenquima que rellena su cuerpo.

Los **Nemertinos** poseen un sistema circulatorio perfectamente cerrado formado por vasos sanguíneos totalmente desarrollados. Existe en ellos un vaso dorsal y dos laterales que se extienden a lo largo del cuerpo y que se unen entre sí tanto en la parte anterior como en la posterior. En algunos casos existen además delgados vasos transversales que unen el dorsal con los laterales, aunque conviene aclarar que ello no es un signo de metamería. El impulso sanguíneo se realiza por contracciones de las paredes de los propios vasos; hacia adelante en el dorsal y hacia atrás en los laterales.

En los **Anélidos** el sistema circulatorio es también típicamente vascular y cerrado (3). Consta solamente de dos vasos longitudinales: uno dorsal en el que la sangre fluye hacia delante y otro ventral con corriente sanguínea en sentido opuesto. Por cada metámero existen dos vasos en arco que unen entre sí el vaso dorsal con el ventral. En ocasiones (Anélidos más evolucionados), estos vasos metaméricos son dobles y si existen branquias (Poliquetos como *Arenicola*, por ejemplo); a partir de los más externos se desarrollan unos vasos branquiales que se ramifican en ellas. Los vasos que abandonan las branquias se dirigen luego hacia el vaso ventral.

La circulación se consigue por contracción de las paredes de los vasos, aunque en algunos Anélidos se forman ampollas o vesículas por dilatación de aquellos, cuyas paredes se contraen rítmicamente.

Los **Artrópodos** presentan un sistema circulatorio típicamente vasculolagunar. Como parte esencial del mismo existe un vaso dorsal homólogo del de los Anélidos, aunque más evolucionado, pues diferencia un típico corazón formado en los insectos varios ventrículos sucesivos. Las contracciones de la pared muscular de este corazón empujan la sangre hacia adelante por un vaso anterior que desemboca libremente en las cavidades lagunares del cuerpo. El retorno de ésta sangre al corazón no se realiza por ningún vaso particular, sino directamente a través de los orificios laterales pares existentes en la pared de dicho órgano, denominados *ostiolos*. Este modelo puede presentar grados muy distintos de desarrollo según la clase de artrópodos de que se trate, siendo de destacar la estrecha dependencia que existe entre el desarrollo vascular y los dispositivos para la respiración, dependencia que se manifiesta de modo muy particular en los Artrópodos terrestres. En efecto, aquellos artrópodos como los Miriápodos cuyas tráqueas están poco desarrolladas, o los Arácnidos que respiran por filotráqueas, poseen un sistema circulatorio en el que los vasos se hallan bastante desarrollados en detrimento de las lagunas.

Todo lo contrario ocurre en los insectos con un sistema respiratorio traqueal amplio, en los cuales la circulación es básicamente lagunar, con una reducción notable de los vasos sanguíneos, reducidos casi exclusivamente al largo tubo dorsal compuesto de varias cámaras o ventrículos, que actúa de corazón.

El sistema circulatorio de los **Moluscos** es también típicamente vasculolagunar, si bien más cerrado que el de los Artrópodos, pues aquí las lagunas al menos en las clases más superiores, desempeñan

(3) No obstante, en los Hirudíneos, los vasos sanguíneos no son completamente cerrados, pues en ciertos lugares comunican con lagunas de la cavidad general del cuerpo (*senos sanguíneos*).

un papel mucho menos importante. Presenta el sistema circulatorio de los Moluscos una estrecha relación filética con el de los Artrópodos y especialmente con el de los Anélidos. Como parte principal existe un vaso dorsal homólogo del que se presenta en los *phyla* citados, pero una porción del mismo se dilata para formar un corazón perfectamente definido, que a diferencia del de los Artrópodos no posee ostiolos, pues la sangre fluye hacia él dentro de vasos que proceden de los órganos respiratorios de la cavidad paleal.

En el corazón es posible distinguir siempre un ventrículo formado por una única cámara y un número de aurículas, que en general se corresponde con el de branquias. La mayor parte de Moluscos poseen dos aurículas; en cambio, los Gasterópodos monobranquios solo presentan una. En contraposición, los Cefalópodos tetrabranquios, con rasgos primitivos en su sistema circulatorio que los acercan a los Anélidos, poseen cuatro aurículas, y dicho sistema es casi enteramente cerrado.

Cabe destacar como hecho curioso que en los Lamelibranchios el ventrículo del corazón está aparentemente atravesado por el intestino, pero lo que en realidad ocurre es que lo rodea.

Hecho importante a señalar en el sistema circulatorio de los Moluscos es la presencia de una bolsa celomática que rodea al corazón. Esta reducida cavidad hemo-gonadal-pericárdica es la única representación celomática de estos animales.

DEUTEROSTOMOS

Como *phyla* más representativos de este grupo nos ocuparemos de los Equinodermos y de los Cordados.

En los **Equinodermos** se presenta un sistema circulatorio (?) extraordinariamente curioso que no ofrece relación alguna de proximidad o similitud con el de otros *phyla*, lo que da lugar a una muy difícil interpretación morfológica del mismo. Este hecho se debe probablemente en gran parte a su organización secundaria pentarradiada que modifica profundamente las líneas primitivas de su desarrollo embrionario. Debe tenerse en cuenta además, que lo que puede considerarse sistema circulatorio de los Equinodermos no desarrolla una circulación sanguínea regular y la propia sangre apenas está diferenciada con respecto al líquido celomático.

Lo que podemos pues considerar como sistema circulatorio de los Equinodermos, y sobre el que nuestros conocimientos son aún bastante incompletos, comprende los denominados *sistema hemal* y *sistema perihemal*.

a) El *sistema hemal* consta de una serie de pequeños conductos sinuales, lagunares, excavados en el mesénquima y carentes de revestimiento propio definido. Ello se debe a que esta formación no deriva del enteroceloma embrionario, sino del mesénquima primario que invade la cavidad del blastocelo. Ahora bien, las formaciones del sistema hemal están rodeadas de otras tubulares, típicamente celomáticas, que constituyen los llamados *senos* del sistema perihemal.

Las partes fundamentales del sistema hemal son tres:

— Un *anillo oral o hiponeural* situado alrededor del peristoma, del que parten cinco ramas sinuales radiales que se sitúan por debajo de los canales radiales del aparato ambulacral.

— Un *anillo aboral o genital* del que parten también cinco ramas sinuales que se bifurcan (por tanto son diez en realidad) con destino a las gonadas.

— Una *glándula axial o glándula parda* también de aspecto sinusal y estructura linfóide, cuyos senos se continúan con los dos anillos anteriores, que quedan de esta forma unidos a través de dicha glándula, la cual además se prolonga por encima del anillo aboral introduciéndose en la llamada vesícula madreporica del sistema perihemal.

Todavía se desconoce la función precisa del sistema hemal y especialmente de su glándula axial. En el interior de sus espacios sinuales se observan celomocitos y cabe pensar que puedan representar una vía para la distribución de alimento y también una función excretora. En todo caso el papel circulatorio parece ser escaso.

b) El *sistema perihemal* está formado por unos conductos celomáticos derivados del somatocelo izquierdo y del axocelo izquierdo (de éste deriva el seno axial solamente).

Los conductos del sistema perihemal rodean a las partes descritas del sistema hemal, por tanto en él se pueden distinguir: un *canal circular oral* con cinco canales radiales; un *canal circular aboral* con otros cinco canales radiales que se bifurcan y acaban envolviendo a las gónadas; y el llamado *seno axial*, conducto que uniendo los dos anteriores envuelve la glándula del mismo nombre y al canal hidróforo del aparato ambulacral, y se prolonga dorsalmente en la llamada *vesícula madreporica*, en la que se introduce el extremo superior de la glándula axial y a cuya contracción se supone que se debe la circulación (?) del sistema hemal.

Vemos, pues, como una vez más y en este caso de los Equinodermos de manera muy elocuente, mesénquima y mesotelio originan formaciones diferentes, que aquí se desarrollan en armónico equilibrio de tal forma que las segundas sirven de pared a las primeras.

El sistema circulatorio de los **Cordados** es típicamente cerrado, desarrollando una amplia red vascular de arterias, venas y capilares. Destaca básicamente como diferencia fundamental respecto de los vistos hasta ahora, la presencia de un musculoso corazón que ocupa una posición ventral.

Podemos considerar a los *Procordados (Acrania)* como el arquetipo de este sistema circulatorio. Está formado por un conjunto de vasos sencillos en los que estructuralmente no existe diferencia entre arterias y venas. Carecen aún de corazón, aunque la arteria ventral o endostilar lo supliría, por hallarse dotada de movimientos contráctiles.

La aorta endostilar o ventral, dotada como acabamos de indicar de una pared contractil, es la que formará en los Vertebrados el corazón. De su parte anterior arrancan varios pares de arterias branquiales, que después de atravesar las branquias donde la sangre se oxigena, van a parar a las aortas dorsales a partir de las cuales la sangre se distribuye por todo el cuerpo mediante una serie de pares de arterias de disposición metamérica, que se corresponden con los miotomos. Estas arterias terminan en una red capilar (en ocasiones existen lagunas o espacios linfoides revestidos de epitelio) a partir de la cual se origina el sistema venoso que se reúne para formar las llamadas venas cardinales, conductos de CUVIER y vena subintestinal, que desembocan en la aorta endostilar, cerrándose así el circuito circulatorio.

En los *Peces* el sistema circulatorio representa el más primitivo de los Vertebrados. Consta de un corazón, que posee una aurícula y un ventrículo. Del ventrículo sale la aorta ventral que da cuatro pares de arterias branquiales aferentes, que llevan la sangre venosa a las branquias, donde se convierte en arterial. De las branquias recogen esta sangre cuatro pares de arterias branquiales eferentes, que hacia adelante forman las arterias carótidas, que llevan la sangre a la cabeza y hacia atrás, se reúnen en una arteria aorta dorsal, que se ramifica y reparte la sangre por todo el cuerpo, volviendo por las venas a la aurícula.

Así pues, como vemos en una vuelta completa la sangre sólo pasa una vez por el corazón (cuando es venosa), es decir, se trata de una «circulación sencilla», la cual además es «completa» porque no hay mezcla de sangre arterial y venosa.

A partir de los Peces el sistema circulatorio ha ido evolucionando de acuerdo principalmente con las modificaciones del aparato respiratorio, que deja de ser branquial para pasar a ser pulmonar. Las principales modificaciones afectan al corazón y a los llamados arcos branquiales o aórticos, formados por las arterias branquiales aferentes y eferentes, que si bien en los Peces quedan separadas por las branquias, en los otros vertebrados al desaparecer éstas se sueldan cada aferente con su correspondiente eferente, constituyendo cuatro pares de arcos (4).

A partir de este sistema circulatorio de los peces, las modificaciones principales en los restantes vertebrados son las siguientes:

En los *Antibios* el corazón presenta dos aurículas y un ventrículo en el que se produce mezcla de sangre arterial y venosa. El primer par (tercero en realidad) de arcos aórticos se independiza de la aorta dorsal y forma las arterias caróticas, que conducen la sangre a la cabeza. El segundo par (IV) se mantiene en forma de dos arcos aórticos, que una vez reunidos en una aorta dorsal reparten por todo el cuerpo la mezcla de sangre arterial y venosa que sale del ventrículo. Esta sangre regresa luego como venosa a la aurícula derecha. El tercer par de arcos aórticos (V) desaparece. Por último, el cuarto par (VI) se transforma en arterias pulmonares que conducen a los pulmones la mayor parte de la sangre venosa que sale del ventrículo por la aorta ventral. De los pulmones la sangre una vez oxigenada (sangre arterial) regresa

a la aurícula izquierda. Se trata pues de una circulación «doble e incompleta».

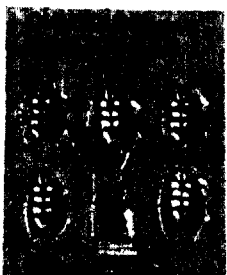
En los *Reptiles* el corazón tiene dos aurículas y el ventrículo está dividido incompletamente por un tabique (en Cocodrilos este tabique es completo). La aurícula derecha recibiendo la sangre venosa del cuerpo y la izquierda la arterial procedente de los pulmones. Al pasar la sangre al ventrículo, aunque se mezcla algo, en la parte derecha predomina la venosa y en la izquierda la arterial.

Del ventrículo salen tres vasos en vez de una sola aorta ventral. De esta manera, los arcos aórticos en su mayoría se independizan ya desde su origen. El cuarto par que como siempre forma las arterias pulmonares, sale de la parte derecha del ventrículo, llevando, por tanto, sangre venosa a los pulmones. El segundo par forma dos arcos o cayados aórticos independientes que arrancan de la parte izquierda del ventrículo y, por tanto, recogen sangre arterial para distribuirla por todo el cuerpo tras reunirse en una aorta dorsal. Por último, el primer par, único que no tiene salida independiente del corazón, permanece unido al cayado aórtico derecho, dando las arterias carótidas que llevan la sangre a la cabeza. En consecuencia, la circulación de los reptiles sigue siendo «doble y menos incompleta» que en los anfibios, pues la mezcla de sangre arterial y venosa no es tan intensa.

En las *Aves* el sistema circulatorio presenta un corazón con cuatro cavidades perfectamente separadas: dos aurículas y dos ventrículos. En cuanto a los arcos aórticos responden al mismo esquema de los reptiles, con la diferencia de que ha desaparecido el izquierdo del segundo par, quedando sólo el derecho. En consecuencia, la circulación en las aves es «doble y completa» porque ya no hay mezcla de sangre venosa con arterial en el ventrículo.

En los *Mamíferos* el sistema circulatorio es semejante al de las aves, con la diferencia de que el cayado aórtico que ha desaparecido es el derecho, quedando, por tanto, el izquierdo.

(4) En realidad, el estado primitivo de los vertebrados está representado por seis arcos aórticos, pero actualmente han desaparecido el primero y el segundo, quedando los últimos cuatro que en vez de llamarlos III, IV, V y VI, con el fin de facilitar la descripción los denominaremos respectivamente I, II, III y IV.



Sm
Ediciones

CIENCIAS DE LA NATURALEZA 1.º (BUP)

Juan A. Arbosa
Pedro Nogueira
Ldos. en Ciencias Biológicas

(19,5×24) 420 págs. Color

Conscientes de que este primer curso será la única oportunidad que van a tener muchos alumnos dentro del Bachillerato para estudiar esta materia, los autores han procurado proporcionar, en el desarrollo de los cuestionarios, el nivel de conocimientos científicos necesarios para una formación integral. El libro incluye lecturas complementarias, sugerencias de actividades y ejercicios prácticos, así como un apéndice de raíces utilizadas en el lenguaje científico.

Pasado, presente y futuro de las levaduras

Por Dimas FERNANDEZ-GALIANO (*)

INTRODUCCION

Las levaduras, esos diminutos hongos microscópicos tan activos desde el punto de vista microbiológico, tienen hoy un papel fundamental en la tecnología de algunos alimentos y es de esperar que lo tengan aún mayor en el futuro. Es más, es posible que constituyan no tardando mucho tiempo una de las mayores reservas nutritivas para la humanidad. Al mismo tiempo, estos microorganismos han alcanzado un papel sumamente importante en el desarrollo de la ciencia actual, para no referirnos a su empírica utilización desde posiblemente la prehistoria, para la elaboración de alimentos tan preciados como el pan. Es ésta la razón de que queramos hoy señalar en este artículo las características de las levaduras que les confieren la excepcional importancia que tienen para los microbiólogos actuales.

LAS LEVADURAS COMO ORGANISMOS

Las levaduras pertenecen a ese inmenso y un poco misterioso mundo de vegetales heterótrofos que son los hongos, pero dentro del mismo ocupan un puesto bastante singular. En efecto, para empezar, sus células están dispersas, y no dispuestas en los típicos filamentos fúngicos que conocemos con el nombre de hifas y que tan característicos son del resto de los hongos. Estas células dispersas, independientes unas de otras pero que generalmente forman unas poblaciones numerosísimas, se reproducen por gemación, es decir, por unas pequeñas yemas que nacen en la superficie de la célula, yemas que crecen hasta alcanzar un tamaño casi igual al de la célula madre y se emancipan luego convertidas en células hijas. Generalmente la levadura madre da una levadura hija cada vez y solamente cuando ésta ha quedado en libertad al romperse el delicado pedúnculo que las une, comienza la madre la formación de otra yema que dará una segunda célula hija, pudiendo repetirse este proceso varias veces en cada levadura, como lo demuestran las plurales cicatrices que se pueden apreciar en la pared celular de una célula adulta, testigos de otras tantas gemmaciones.

La segunda singularidad que queremos apuntar sobre las peculiaridades botánicas de las levaduras

es que su sencillez anatómica, que puede inducirnos falsamente a la creencia de que se trata de unos hongos primitivos, enmascara la realidad de una larga historia evolutiva, pues está fuera de toda duda que las levaduras son unos ascomicetos, es decir, unos hongos filogenéticamente muy elevados, próximos parientes del cornezuelo del centeno y de los penicilios productores de penicilina, y parientes también, aunque en un grado menos cercano, de los basidiomicetos comestibles o venenosos que conocemos con el nombre de setas. Ahora bien, estos hongos ascomicetos han experimentado después una regresión morfológica que les ha reducido a la condición de unicelulares, quedando apenas como testimonio de su elevado rango sistemático unas reducidas ascas en las que se desarrollan cuatro ascosporas y un proceso sexual también muy reducido, y esto ni siquiera en todas las levaduras.

Por supuesto que esta historia filogenética no nos es conocida en sus detalles y solamente podemos hacer ciertas suposiciones sobre ella gracias a la existencia de levaduras productoras de micelio (que las hay), a la producción de éste en condiciones experimentales en algunas levaduras, etc., pero desarrollar este camino nos llevaría más lejos de lo que se pretende en este escrito.

LAS LEVADURAS COMO MICROORGANISMOS

Las levaduras cumplen también con todas las condiciones precisas para que se puedan considerar como microorganismos: su tamaño es pequeño, su actividad metabólica muy grande y, en consecuencia, ejercen una gran actividad bioquímica sobre los sustratos orgánicos sobre los que crecen y se desarrollan. Precisamente de esta última cualidad dimana la enorme importancia que han tenido y tienen, como he dicho anteriormente, en la tecnología de los alimentos, en su doble papel de elaboradoras de alimentos y de bebidas y de alimentos «per se» que ostentan.

(*) Catedrático de Microbiología de la Facultad de Biología. Universidad Complutense de Madrid.

Dadas estas circunstancias, no nos debe extrañar que los microbiólogos las manejen con técnicas de laboratorio en todo similares a las empleadas con otros microorganismos (principalmente técnicas «bacteriológicas») y que en los programas de microbiología de cualquier tipo de estudios figuren temas dedicados a estos seres.

Pero, además, hay otras características de las levaduras que han recabado la atención de los microbiólogos.

En primer lugar, el hecho de que algunas levaduras son patógenas para el hombre, ya que se sabe que los microbiólogos muestran siempre una atención especial, muy justificada, hacia los patógenos. Entre estas levaduras destaca *Candida albicans* (conocida antiguamente con el nombre de *Monilia albicans*), agente de las moniliasis humanas, que son unas infecciones agudas o subagudas no demasiado graves pero muy aparatosas, en las que la levadura en cuestión invade las mucosas de la boca o de otras cavidades, recubriéndolas de un abundante micelio blanco (*Candida* es una levadura de las que forman micelio en ciertas condiciones).

En segundo término, la utilidad que han mostrado ciertas levaduras en los estudios de genética citoplasmática. En efecto, cruzando entre sí ciertos mutantes de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* se ha podido demostrar que el responsable de ciertas características genéticas es el ADN contenido en las mitocondrias y no el ADN de los cromosomas, por lo que se hace patente la influencia del citoplasma en ciertos fenómenos hereditarios.

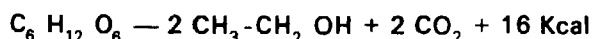
Por último, una cualidad adicional que les confiere un alto valor microbiológico es la capacidad de las levaduras de vivir en presencia de oxígeno (en aerobiosis) o en ausencia de este elemento (en anaerobiosis), cualidad que se descubrió primero en estos seres y que se define diciendo que se trata de organismos aerobios y anaerobios facultativos.

Pero, además, cuando estos microorganismos pasan de las condiciones aerobias a las condiciones anaerobias modifican su metabolismo utilizando en uno u otro caso diferentes sistemas enzimáticos para la degradación de los compuestos (principalmente azúcares) que constituyen su alimento.

Así, por ejemplo, cuando una levadura de las denominadas «de vino» vive en aerobiosis, con abundante provisión de oxígeno, utiliza la glucosa mediante un sistema enzimático respiratorio, es decir, obtiene el máximo rendimiento energético de la oxidación de dicho azúcar, oxidación que en este caso es total y que se lleva a cabo por una serie de reacciones que se pueden resumir en la ecuación sumaria siguiente:



En cambio, si esta misma levadura crece ahora en anaerobiosis usando el mismo azúcar como sustrato nutritivo, se sirve de un sistema enzimático fermentativo, que da origen a las reacciones que se resumen en la ecuación sumaria:



En esta reacción no solamente se obtiene por mol de glucosa una cantidad de calorías claramente inferior a la proporcionada por la respiración, sino que en su segundo miembro se halla un compuesto, el

alcohol etílico, que está todavía dotado de energía, frente a los productos exentos de energía (dióxido de carbono y agua) que en el caso anterior encontrábamos y que nos indicaban que el aprovechamiento de la glucosa era completo.

Hay que advertir que, naturalmente, como la cantidad de energía que se obtiene en la respiración es mayor que la que proporciona la fermentación alcohólica, el exceso de energía respiratoria lo emplea la levadura en crecer y desarrollarse, por lo que, a igualdad de otras condiciones (temperatura, tiempo, sustrato, etc.), la respiración es más «productiva» que la fermentación, fenómeno que fue ya observado por el padre de la Microbiología, el gran Louis Pasteur, por lo que se designa con el nombre de «efecto Pasteur».

EL NACIMIENTO DE LA BIOQUÍMICA

Los preciosos trabajos de Louis Pasteur en 1860 establecieron por primera vez el concepto de fermentación como un cambio químico que se producía por la acción de unas células denominadas «fermentos», que no eran otra cosa que levaduras. Estos descubrimientos significaron de algún modo el nacimiento de una fisiología microbiana pero no llevaban en sí mismos más que el germen de lo que había de ser esa ciencia que hoy luce esplendorosamente con el nombre de Bioquímica: el verdadero nacimiento de ésta se puede cifrar con gran exactitud en 1897, fecha en que los hermanos Hans y Eduard Büchner llevaron a cabo una observación accidental, pero de la que se extrajeron unas enormes consecuencias desde el punto de vista científico y aún desde el punto de vista de la Filosofía.

Los Büchner preparaban unos extractos de levaduras con fines medicinales, los cuales se descomponían con facilidad debido a contaminaciones bacterianas, por lo que ensayaron añadirles sustancias antisépticas conservantes, las cuales no debían ser tóxicas (como en fenol, que era a la sazón un antiséptico muy utilizado). Intentaron, pues, conservarlas a la manera de los zumos de frutas a los que se añade gran cantidad del azúcar ordinario de cocina (sacarosa) cuando se elaboran compotas o mermeladas. El inesperado resultado fue la rápida descomposición de la sacarosa en glucosa y fructosa por la acción del extracto de levadura. Los hermanos Büchner habían preparado lo que hoy se llama un extracto sin células, en el que había una enzima libre, la sacarosa, que actuaba «in vitro», es decir, en un ambiente no biológico. Una actividad tan vital como ésta, que según los estudios y teorías de Pasteur era uno de los atributos más genuinos de los seres vivos, podía ser llevado a cabo por un material químico, por un fermento del tipo de los que para distinguirlas de los «fermentos figurados», es decir, de las células íntegras habían de ser llamados desde entonces (hasta que pasaron a denominarse enzimas) «fermentos solubles». No consideraré aquí, aunque habría materia suficiente para ello, la trascendencia filosófica de este importante hecho científico.

LAS LEVADURAS DE LAS BEBIDAS ALCOHOLICAS

Tradicionalmente, el empleo industrial de las levaduras se ha reducido prácticamente a su empleo en

la industria del pan y en la elaboración de las bebidas alcohólicas. En ambos casos, las levaduras se emplean para aprovechar su capacidad de fermentar los azúcares o, en general, los hidratos de carbono.

En el caso del pan, el dióxido de carbono desprendido en la fermentación es el causante del esponjamiento de la masa, además de provocar la levadura ciertas modificaciones del sabor que hacen al pan más agradable al gusto. Sin embargo, la levadura no es esencial para la panificación en general, pues existen tipos de pan (los panes ázimos) que se llevan al horno sin que la masa haya fermentado, ya que no se le ha añadido levadura alguna.

Para las bebidas alcohólicas es, en cambio, excusado es decirlo, absolutamente esencial la acción de las levaduras sobre los zumos vegetales, pues el objetivo que se persigue con su fabricación es la obtención de una bebida en la que el alcohol etílico es su componente más característica.

La utilización empírica de las levaduras para la fermentación de los jugos de frutas es antiquísima, tanto que se suele citar como testimonio de esta venerable antigüedad nada menos que el Antiguo Testamento, en donde se lee que Noé se embriagó bebiendo zumo de uva fermentado, es decir, vino.

Aparte de este curioso antecedente bibliográfico sabemos que la humanidad consume desde tiempo inmemorial gran cantidad de bebidas fermentadas, y se puede decir que cada cultura tiene su propia o sus propias bebidas alcohólicas, todas las cuales tienen el denominador común de que los agentes de la fermentación son, por lo menos mayoritariamente, las levaduras. El vino, propio de los países mediterráneos, producto de la fermentación del mosto de la uva; la cerveza, de los pueblos del norte de Europa, en que se fermenta la malta o cebada germinada; la sidra, que se fabrica en donde se colectan gran cantidad de manzanas, pues es el resultado del jugo de estas frutas; el sake del Japón, bebida procedente de la fermentación del arroz; el pulque de los mejicanos, zumo fermentado del maguey (que nosotros llamamos pita); son tanto ejemplos variados de bebidas alcohólicas consumidas hoy en grandes cantidades; a ellos podríamos añadir otras ya en desuso, como el hidromiel de los romanos.

Todas estas bebidas pueden dejarse fermentar espontáneamente, pues las levaduras son muy abundantes en la naturaleza y están sobre los mismos frutos cuyos jugos van a servir de materia prima para la bebida y, por supuesto, muy abundantes en los lagares y demás recintos en los que se llevan a cabo estas fermentaciones. De hecho, la elaboración de los vinos y de las demás bebidas alcohólicas se ha realizado hasta hace poco tiempo de manera empírica, sin preocuparse de la flora microbiana causante de la fermentación.

Sin embargo, en la actualidad se seleccionan muy bien las levaduras responsables del proceso y los enólogos o los cerveceros cuidan mucho de que ninguna levadura «salvaje» intervenga en el proceso, el cual se lleva a cabo con levaduras conocidas y cuidadosamente escogidas para que los efectos sean los deseados, ya en cuanto a la mayor o menor producción de alcohol, ya en cuanto a otras características, que pueden estar en relación con la materia a fermentar, con la fase de la fermentación, etc.

Las principales levaduras que se emplean en la elaboración de las bebidas alcohólicas pertenecen al género *Saccharomyces* (*Sacch. cerevisiae*, *Sacch. uvarum*, etc.), pero no son las únicas, pudiéndose

encontrar otras muchas, entre las más conocidas, *Candida vini*, *Candida sake*, *Torulopsis stellata*, *Hansenula anomala*, *Pichia fermentans*, etc.

LA SCP

Pero no todas las posibilidades de utilización de las levaduras en provecho nuestro son tan antiguas como el aprovechamiento de su capacidad fermentante. Hoy se ensayan en todo el mundo unos métodos de laboratorio (que ya se están llevando a escala industrial) destinados a obtener de las levaduras (y de otros microorganismos) las proteínas de que tan necesitada está la dieta alimenticia de una gran parte de la humanidad. Se trata de aprovechar, pues, no la acción de las levaduras, sino su propio cuerpo. En la jerga actual científica, tan proclive a las siglas, la proteína obtenida de estos microorganismos en cultivo se denomina SCP, es decir, «single cell protein», proteína de células aisladas, en contraposición a las proteínas de los tejidos que consumimos habitualmente como alimento cuando comemos cualquier tipo de alimento rico en proteínas, de origen animal o vegetal.

Ante el pavoroso déficit de proteínas que, como acabo de decir, parece el mundo, la SCP podría ser en el futuro, si no la solución, sí, por lo menos, parte de la solución.

Veamos, pues, primeramente, los términos en que aparece planteado este problema, en lo que se refiere a microorganismos utilizables, condiciones de cultivo y materias primas para la alimentación de estos microorganismos, para revisar después la problemática referente a su utilización como alimento de la SCP.

Puesto que todos los microorganismos tienen un elevado contenido proteico, se ha pensado en muchos de ellos para estos fines, por lo menos a escala de laboratorio, y se han ensayado principalmente bacterias (*Escherichia coli*, especies de *Pseudomonas*, *Nocardia*, *Bacillus*, etc.) y levaduras, sobre todo éstas, siendo las especies más utilizadas *Candida utilis*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Hansenula anomala*. Todos estos microorganismos (y especialmente las levaduras) son de muy rápido crecimiento en condiciones apropiadas de cultivo y sus rendimientos en proteínas son relativamente grandes, habiéndose calculado que el contenido en proteínas de las levaduras es, aproximadamente, el 35 por 100 del peso de la célula completa.

Como quiera que, al llegar a la escala industrial, se trata de la obtención de toneladas de células, las condiciones del cultivo, así como la recogida de la cosecha, presentan una serie de problemas de ingeniería química de importancia, pero perfectamente resolubles en el momento actual. Destacaremos simplemente los problemas de mantenimiento de la temperatura apropiada (en el caso de las levaduras mediante sistemas de refrigeración muy cuidadosamente estudiados) el mantenimiento de un pH también apropiado y muy singularmente el problema de la aireación. En efecto, como se dijo anteriormente, el rendimiento en crecimiento de la levadura es mucho mayor cuando vive en aerobiosis, debido al efecto Pasteur, pero como quiera que el cultivo se realiza en un enorme tanque de fermentación, y hay que hacer llegar el aire, dentro de lo posible, a todos los puntos de la masa, el problema es complejo. Añadamos que se ha descubierto que la administración de cantida-

des de oxígeno superiores a las contenidas en el aire son mucho más apropiadas para el rápido crecimiento de las levaduras y en el Instituto de Fermentaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid se ha conseguido unos rendimientos espectaculares en el crecimiento de la levadura *Hansenula anomala* mediante la oxigenación con oxígeno puro.

El problema más importante no es, sin embargo, el mantenimiento de unas condiciones de cultivo apropiadas, fácil de resolver mediante un buen planteamiento tecnológico industrial, sino el de la elección de las materias primas para la nutrición de la levadura. En efecto, la materia prima debe ser nutritiva para las bacterias, barata y fácil de adquirir en grandes cantidades.

A este fin se han utilizado muchos materiales que, de ordinario, para que sean baratos suelen ser subproductos de otras industrias. Así, por ejemplo, melazas procedentes de azucareras, lejías bisulfíticas de las fábricas de papel, hidrolizados de madera, etc.

Ultimamente, a partir de 1963, se pusieron grandes esperanzas en la utilización como materia prima para la obtención de SCP de las parafinas y otros componentes del gas-oil y de otros productos de bajo precio procedentes de la industria de refinación del petróleo. Sin embargo, la perspectiva de un no lejano agotamiento de esta riqueza mineral y los precios en continuo ascenso de los crudos petrolíferos han desanimado mucho la investigación en este campo.

La última y más importante objeción para el rechazo de la utilización de los productos procedentes del petróleo ha sido la puesta de manifiesto de que en todos esos subproductos hay residuos consistentes en moléculas orgánicas cíclicas, que se acumularían en el cuerpo de las levaduras, concentrándose en ellas, como ocurre con otros productos químicos contaminantes, y se incorporarían, pues, a la SCP. Ahora bien, está demostrado que muchos de estos productos son cancerígenos, y no es necesario insistir en la absoluta necesidad de rechazar como alimento, tanto para el hombre como para los animales, un producto así contaminado.

En los momentos actuales parece que el sustrato más adecuado para la producción de SCP sería el metanol, producto muy energético, perfectamente asimilable por las levaduras, y perfectamente «limpio» de contaminantes cancerígenos.

Por último, parece conveniente poner de manifiesto los inconvenientes y peligros que puede tener la utilización de la SCP en alimentación animal o humana.

Es difícil, por razones culturales, pensar en una alimentación humana con SCP, pues las levaduras presentan un aspecto, textura, sabor, etc., muy diferentes a los de los alimentos usuales. Se ha de pensar, pues, primeramente, en utilizar las levaduras para la alimentación animal, aun a riesgo de perder parte del contenido proteico al dar el rodeo nutritivo que supone ali-

mentar a los animales con SCP y luego alimentarnos nosotros de los animales de consumo.

Ahora bien, incluso para la alimentación animal, el consumo de las levaduras no está exento de dificultades. En primer lugar, el sabor amargo, desagradable de ciertas levaduras, como por ejemplo, una de las más utilizadas, *Saccharomyces cerevisiae*. En segundo término, las levaduras deben ser muertas antes de su ingestión, pues al ser introducidas en cantidad en el tubo digestivo animal podrían seguir desarrollando actividades microbiológicas, como fermentaciones, absorción de nutrientes, etc., acciones probablemente perjudiciales.

Pero los inconvenientes más graves dimanarían de su composición química, que imposibilita su utilización en exclusiva para personas o animales e incluso las hace ser tóxicas. Los citados inconvenientes son en primer término, la elevada proporción en ácidos nucleicos que ostenta la célula de levadura, que alcanza aproximadamente un 25 por 100 de su peso. Ahora bien, el abuso de ácidos nucleicos en la dieta alimenticia humana o animal lleva consigo una abundancia anormal de purinas, que se metabolizan dando ácido úrico, con el consiguiente cuadro clínico de gota.

Además, la SCP es una proteína no equilibrada desde el punto de vista nutritivo, pues es relativamente pobre en aminoácidos sulfurados (metionina y cistina), por lo que su ingestión continuada y exclusiva puede llevar consigo una toxicidad que afecta sobre todo al hígado.

Por último, no hay que olvidar los problemas alérgicos, que se pueden presentar en animales alimentados en exclusividad con una proteína de este género.

Por todas estas razones, parece que el futuro de este alimento se hará tanto más esperanzador cuanto se resuelvan estos problemas, algunos de los cuales podrían ser resueltos mediante la investigación genética, obteniendo estirpes de levaduras, por ejemplo, relativamente más pobres en ácidos nucleicos o con mayor abundancia de aminoácidos sulfurados. Mientras tanto, el inmediato futuro está en su utilización en la alimentación animal, pero no de manera exclusiva, sino para suplementar otras dietas pobres en proteínas.

CONCLUSION

Auxiliares inapreciables en la investigación microbiológica, utilizadas por el hombre desde la prehistoria y para la fabricación de las bebidas alcohólicas y el pan, quizá en el futuro resolviendo definitivamente el problema de la nutrición humana, las levaduras se nos revelan, pues, como unos magníficos acompañantes del hombre a través de su historia. Esta historia que, con toda seguridad no habría sido igual si no hubieran existido estos diminutos y activos microorganismos.

La producción biológica en el mar

Por María Fernanda GENICIO GRIJALBA (*)

I. INTRODUCCION

Una de las facetas más interesantes dentro del amplio campo de estudio de la Ecología es la aplicación a la población humana de las teorías y resultados experimentales deducidos del estudio de las poblaciones animales, siendo así que en la Ecología humana una serie de cuestiones son hoy día básicas y atraen la atención y el estudio de multitud de investigadores.

Con el extraordinario incremento experimentado por la población humana en las últimas décadas, en cuyo análisis no vamos a entrar, se ha puesto otra vez de moda la vieja polémica sobre los factores limitantes del crecimiento numérico de la Humanidad. El problema es extraordinariamente complejo y, según muchos científicos el más serio de todos con los que actualmente se enfrenta el hombre. Y no es sólo el incremento del número de personas que pueblan la Tierra, sino las consecuencias derivadas de ese gran número, lo que agrava el problema. La crisis ambiental que atravesamos es no sólo una situación derivada del crecimiento de la población, sino el resultado del crecimiento tecnológico tanto directamente en el sentido de un incremento «per cápita» en la producción y consumo como indirectamente en el sentido de que la tecnología ha posibilitado y contribuido decisivamente al crecimiento de la población y urbanización. Este concepto de crecimiento combinado y aunando los efectos del crecimiento de la población en sentido biológico y el de la producción —consumo en sentido tecnológico— ha sido denominado CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO y su interés radica en que describe el ciclo de degradación de la biosfera como resultado de una explotación excesiva del medio ambiente y el consumo de productos tecnológicos, lo cual lleva a un aumento de la contaminación de los recursos acuáticos.

Ahora bien, como toda población, la humana, no escapa a las reglas de los factores limitantes y en este aspecto podemos pensar en los factores intrínsecos, tales como el stress mental y fisiológico, las guerras y el deterioro genético y en factores extrínsecos como enfermedades y déficits alimentarios.

2. NECESIDAD DE ALIMENTOS

Para sobrevivir el hombre debe comer y no sólo cubriendo sus necesidades energéticas evaluadas

en 3.000 Kcal/día/persona por término medio, sino que necesita un adecuado equilibrio alimenticio, el cual obliga a que esas Kcal diarias vengan suministradas por el consumo de prótidos, glúcidos y lípidos aparte de sales minerales, agua y vitaminas dentro del concepto de dietética alimenticia. Y no es sólo la cantidad de alimento sino su CALIDAD lo que debe contar a las horas de pensar en el problema de la alimentación humana. Todos sabemos que actualmente la humanidad sufre un déficit protéico especialmente en los países denominados del Tercer Mundo. La dosis diaria de proteínas en la dieta si bien es variable de 1 a 3 gr. por kilo de peso no debe faltar de la alimentación especialmente en la infancia, so pena de ciertos retrasos y deficiencias imposibles más adelante de subsanar.

Como es lógico, existe una cierta variabilidad individual en la alimentación debida a factores climatológicos, fisiológicos, de edad, etc., pero de lo que no cabe duda es de que una Humanidad creciendo a ritmo exponencial necesita producir alimentos al mismo ritmo si no quiere verse abocada a pasar hambre. Además de los esfuerzos que se hacen en tierra para poner en explotación agrícola nuevas tierras de labor y que las ya explotadas produzcan mayor número de cosechas, por año y un mayor rendimiento por cosecha (recuérdese en este aspecto la famosa «revolución verde», las nuevas variedades de cereales de crecimiento rápido, el empleo masivo de fertilizantes y plaguicidas, etc.); en la búsqueda de nuevas áreas para producir alimentos se han puesto grandes esperanzas en los océanos, esas vastas masas acuáticas que cubren el 71 por 100 de la superficie de nuestro Planeta y dado su tamaño se han disparado los optimismos al suponerlos fuentes inagotables de proteínas para la Humanidad, la cual con esa «despensa» no tiene que temer a un crecimiento demográfico exagerado. Pero esta idea optimista ¿está de acuerdo con los datos que tienen los ecólogos marinos actuales sobre los procesos de formación de materia orgánica en el mar, los factores responsables de tales procesos y las eficiencias de conversión y paso de la materia orgánica desde el eslabón primario a los seres vivos que el hombre utiliza como alimentos: peces, crustáceos, moluscos, etc.? Vamos

(*) Profesora Agregada de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Bachillerato «Calderón de la Barca» de Madrid.

a exponer algunos de esos datos para centrar la cuestión que nos atañe en su punto justo.

3. CADENAS ALIMENTICIAS MARINAS

Es muy simple, aunque no siempre cierta, la frase de que «el pez grande se come al chico», suponiendo que los peces grandes siempre son depredadores de otros peces, pero muy ilustrativa de un fenómeno básico: *existe una cadena alimenticia* a través de cuyos eslabones pasa la materia orgánica fotosintetizada por los vegetales y que acaba en unos organismos llamados extremos terminales de cadena que suelen ser los carnívoros de segundo o tercer orden.

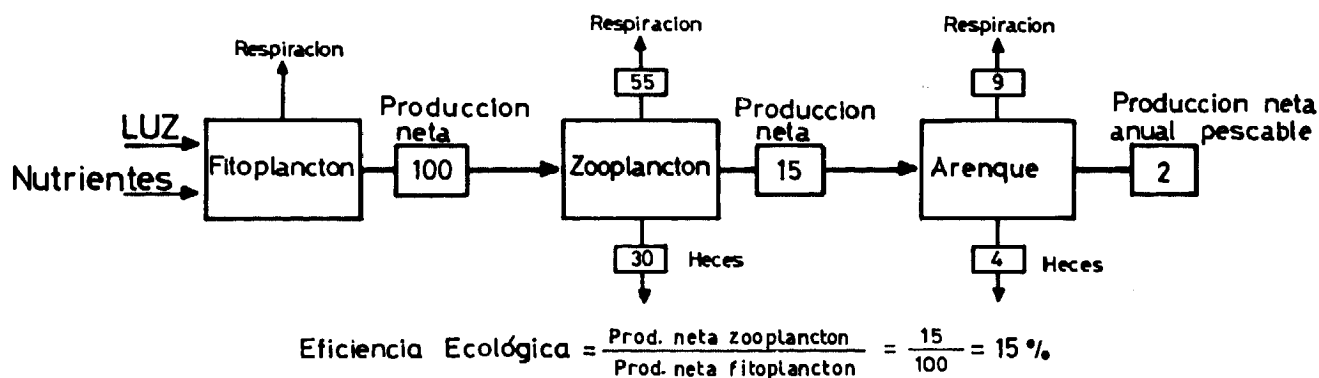
Básicamente en el mar operan los mismos procesos que en tierra firme, pero el ecosistema acuático muestra algunas diferencias notabilísimas con los ecosistemas terrestres y conviene destacar dichas particularidades para comprender mejor la mecánica de la producción.

En primer lugar existen diferentes métodos para contrarrestar la acción de la gravedad de tal modo que sostenidos por el agua, medio más favorable desde ese punto de vista, los seres marinos no necesitan de tan fuertes soportes estructurales como en tierra firme y así la celulosa que es componente mayoritario en el ecosistema terrestre casi no existe en el ecosistema marino, donde el componente mayoritario es la proteína.

La ecología del carbohidrato se opone pues a la ecología de la proteína, una es rica en energía acumulada y lenta de crecimiento y la otra es rica en posibilidades de crecimiento rápido. Por otra parte, existe un factor absolutamente desconocido en tierra firme: la dinámica del medio (corrientes, mareas y olas), dinámica que es responsable en gran medida de la producción de materia orgánica en cada área concreta, ya que son responsables tales movimientos de llevar las sales nutritivas (nitratos y fosfatos principalmente) a la zona fótica donde se incorporarán al ciclo biológico en forma orgánica una vez que lo abandonaron y pasaron a forma inorgánica en un lugar a veces muy alejado. La concentración de sales nutritivas es también muy diferente, pues así como un suelo muy rico puede contener un 0,5 por 100 de nitrógeno las aguas más ricas en ese elemento tienen menos de 10.000 veces esa concentración.

La ocupación del espacio es también distinta. En tierra firme los seres vivos ocupan sólo una delgada lámina superficial pudiendo considerarse que ocupan sólo un plano, *mientras que las comunidades marinas ocupan todo el espacio* existiendo seres vivos desde la superficie hasta las mayores profundidades conocidas, es decir, *el mar está ocupado en las tres direcciones del espacio*, lo que amplía extraordinariamente el volumen a ocupar por los seres vivientes.

Otra diferencia más radica en la producción: en el mar existen un grupo de herbívoros, los copépodos



pelágicos, sin paralelo en tierra, que por su extraordinario número y eficiencia alimenticia controlan la producción primaria, transfiriendo prácticamente toda esta producción, a medida que se va haciendo, a los siguientes eslabones, siendo además altamente eficientes, pues transfieren la energía de los vegetales a los carnívoros habiéndose medido *eficiencias de transferencia* de hasta un 30 por 100.

4. PRODUCCION

En tierra firme menos del 10 por 100 del material vegetal producido anualmente (exceptuamos cultivos) es consumido en vivo, lo que significa que alrededor del 90 por 100 de la energía fijada fotosintéticamente va directamente al ciclo de descomponedores, o sea, a la vía detritica, sin pasar por seres herbívoros, mientras que en el mar prácticamente toda la materia vegetal producida es comida viva y pasa a los siguientes niveles tróficos por la vía de los herbívoros (copépodos fundamentalmente).

Por otra parte, en el mar se ha estimado que al me-

nos el 90 por 100 de la producción primaria es realizada por vegetales microscópicos unicelulares: algas flotantes denominadas fitoplancton en su conjunto, que son las que los herbívoros, merced a sus sistemas de filtración retienen como alimento.

Como vegetales que son, las algas del fitoplancton tienen clorofilas que realizan la conversión fotosintética del carbono inorgánico en carbono orgánico. La tasa a la cual ocurre este proceso es el resultado de la absorción *de la luz*, la cual a su vez varía con la profundidad, y con la temperatura que controla el metabolismo, ya que la respiración celular hace perder carbono orgánico, por lo que el resultado neto de síntesis de materia orgánica es la diferencia entre la formada y la respirada.

Con excepción de algunas comunidades de fanerógamas masivas (Thalassia, Posidonia, etc.) comparables con praderas terrestres los océanos tienen una biomasa vegetal por unidad de superficie mucho menor que la tierra. Esto es sorprendente si se considera que debido a su relativamente mayor contenido clorofílico, las algas fitoplanctónicas pueden

crecer muy rápidamente, es decir, conseguir una gran producción.

Como explicación de este hecho se supone que la escasez de nutrientes es el factor limitante más importante para esta escasez de biomasa vegetal por unidad de superficie. Las más recientes estimaciones dan una biomasa vegetal en la columna de agua de 1 a 2 gr. de C/m^2 (suele expresarse la biomasa en C, ya que éste forma un 40 por 100 aproximadamente de la materia orgánica o un 10 por 100 del peso fresco de muchos vegetales y animales).

Los datos más recientes sobre la producción primaria marina dan un total para todos los océanos de 2×10^{16} gr. de C/año, es decir, una media de 60 gr./ C/m^2 /año, lo que representa una eficiencia de conversión de energía solar en energía química del 0,03 por 100. La tierra con mucha menos área tiene una producción primaria más de dos veces superior, es decir, unas 4×10^{16} gr. de C/ m^2 /año, lo que representa la formación de unos 300 gr. de C/ m^2 /año y una eficiencia de conversión de energía solar del 0,13 por 100.

El crecimiento de las plantas terrestres está controlado menos por deficiencias de nutrientes y luz, como en el caso del ecosistema marino, que por falta de agua y las bajas temperaturas invernales.

La producción primaria es la que provee prácticamente todo y determina la producción de los niveles altos de la cadena alimenticia marina. Como ya dijimos, el fitoplacton es comido por herbívoros y una parte considerable del fitoplacton digerido es usado como fuente energética del herbívoro siendo el resto empleado en construir sus propios tejidos nuevos; de esta forma queda sólo una parte a disposición de los carnívoros que comen herbívoros. Experiencias con uno de los herbívoros más abundantes, el capépodo *Calanus* han determinado que más del 30 por 100 del alimento digerido se convierte en tejidos aunque sólo se digieren los 2/3 de lo ingerido.

En condiciones naturales las eficiencias de estos herbívoros deben ser una media de un 15 por 100. Aplicando otro 15 por 100 de eficiencia en el nivel siguiente (peces que se alimentan de copépodos herbívoros) tendremos que una producción de fitoplacton de 100 gr. de C/ m^2 /año podrá soportar una producción de herbívoros de 15 gr./ m^2 /año y éstos podrán soportar una producción de 2 gr. de C/ m^2 /año de peces, o sea, una producción que es tan sólo el 0,02 de la producción primaria. Estas ideas se ilustran gráficamente en el diagrama adjunto en el que se representa la cadena alimenticia del arenque.

Considerando un 4.º nivel trófico, que es el típico de muchos de los peces en los que estamos interesados, la producción es del orden del 0,001 de la producción primaria (considerando una eficacia del 10 por 100 que es un valor mucho más realista —pues no todos los herbívoros son tan eficientes como *Calanus*, y hay muchos otros carnívoros compitiendo por el alimento).

Volviendo al dato de la producción primaria marina total de 2×10^{16} gr./C/año se supone que la mitad al menos estará en forma no explotable, por lo que la producción global de seres marinos explotables para la Humanidad será de 1×10^{13} gr./C/año, lo que equivale a unos 100 millones de toneladas de peso fresco. Otros cálculos dan más rendimientos, de entre 50 y 200 millones, pero nunca deberán ser muy diferentes de la cifra inicial de 100 millones.

Las cifras reales de capturas en los últimos años han sido:

69,3 millones de Tm en 1970
65,5 millones de Tm en 1972
69,8 millones de Tm en 1974

Según los datos de la FAO vemos que a la luz de los datos más recientes el aumento previsible de producción marina explotable es de un 30 por 100 aunque no faltan optimistas que piensan en duplicar o aún triplicar las cifras actuales a base de explotar poblaciones de ciertos seres vivos no explotados aún por el hombre como pueden ser calamares y potas, con previsibles capturas de hasta 100 millones de toneladas, «Krill» o eufausiáceos antárticos con más capturas previstas de 50-100 millones de Tn y unos pequeños peces batipelágicos, los Micrófidos, cuyas capturas podrían representar más de 100 millones de Tn. Con estos datos se suponen pues valores totales de entre 260-400 millones de Tn. Pero por ahora existen tales problemas técnicos y prácticos que resolver que estas cifras no pueden tomarse en consideración.

En relación a la producción total mundial de alimentos el mar con sus 65-70 millones de toneladas de pesca contribuye de un 1 al 2 por 100 a la alimentación de la Humanidad aunque esta cifra representa más del 10 por 100 de la proteínas totales que consume el hombre, ya que prácticamente la «cosecha marina» son proteínas.

Por todo lo anteriormente expuesto nos hace ser cautos en cuanto a considerar al mar reserva inagotable de proteínas para el hombre. El mar tiene un límite en su explotación, límite que parece estar ya cercano a la vista de las cosechas actuales y al menos que se descubran en el futuro nuevos sistemas para controlar y aumentar la producción, lo que hoy por hoy queda absolutamente fuera de las posibilidades técnicas actuales, no debe esperarse un aumento sustancioso de las cosechas marinas.

Hasta el momento es completamente imposible descender en la cadena alimenticia y explotar directamente el placton. Una explotación racional y bien dirigida y un estudio serio de nuestras pesquerías pueden llevar las cosechas a esos 100 millones de Tn por año que parece ser el tope no sobrepasable. Las producciones obtenidas por los cultivos marinos son, al menos en los países desarrollados, demasiado pequeñas, por lo que se las considera sólo un suplemento de animales de alta calidad pero no un potencial considerable de proteínas. Y eso sin olvidar que las áreas costeras, de enorme importancia tanto en la vida de los peces que se explotan comercialmente como en los cultivos marinos son muy sensibles a los efectos contaminadores de las actividades humanas.

BIBLIOGRAFIA

- LENINHAN J. and FLETCHER, W. (1977): *The Marine Environment*. Blackie & Son, Glasgow.
CUSHING D. H. and WALSH, J. J. (1976): *The ecology of the seas*. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
STEELE, J. (1974): *The structure of marine ecosystems*. Harvard University Press.
WETZEL, R. (1975): *Limnology*. Saunders Company.
ACTEFORS, H. (1977): *Production of Fish and other Animals in the Sea*. Anubio, Vol. 6, n.º 4.

Reflexiones sobre la didáctica de la excursión de campo

Por J. LILLO BEVIA (*) y Luisa Fernanda REDONET ALVAREZ (**)

INTRODUCCION

A ningún profesor de Ciencias Naturales se le puede presentar la elección de dar la clase al aire libre en pleno contacto con la naturaleza o darla en el aula laboratorio. Todos sabemos que el aula laboratorio es la limitación impuesta por la situación del centro y la organización del curriculum total del alumno.

Es obvio que exaltar el valor didáctico de la excursión geológica está fuera de lugar.

Por otra parte, acerca de la preparación y realización de una excursión de campo, dedicamos un artículo basado en un itinerario completo en esta misma revista, n.º 1, p. 52 a 61, al que remitimos respecto a este tema. Asimismo, a la obra de CARLOS VIDAL BOX: *Didáctica y Metodología de las C. Naturales* (1961), p. 132-135 y 293 a 314.

Dar ahora unas opiniones basadas sobre experiencias concretas haría largo el artículo y lo limitaría a los itinerarios del ámbito concreto de nuestros centros, sin valor para la mayoría de los lectores, a quienes interesa su región concreta. En esta línea es especialmente interesante la obra de C. VIDAL BOX, mencionada para los profesores de Madrid y alrededores, que da una relación de itinerarios a seguir en Madrid y cercanías en las páginas 297 a 314. Para otras localidades sería positivo el que los profesores que enseñamos en una región confeccionásemos en colaboración unas guías de itinerarios especificando su duración y clasificándolos con este criterio. Las relaciones de excursiones regionales podrían enviarse a esta misma revista para su más amplia difusión.

Hechas estas consideraciones nuestras reflexiones se centrarán sobre las siguientes situaciones didácticas que pueden englobarse en el amplio concepto TRABAJO EN LA NATURALEZA FUERA DEL ESPACIO ESCOLAR.

1. Paseo por parques y jardines de la localidad.
2. Visitas a Museos y centros de interés naturalístico.
3. Excursión de un día de duración.
4. Excursión de extensa duración pernoctando uno o varios días fuera, en estaciones separadas por larga distancia entre sí.
5. Acampada de varios días y estudio de una región concreta.
6. Los campamentos naturalísticos como proyecto de formación del profesorado y de orientación vocacional.
7. La formación del museo escolar.

Cada una de estas situaciones requiere de la utilización de unos medios didácticos distintos y a cada una se le puede obtener un partido distinto.

En la base de todas ellas subyace un hecho a veces olvidado, la eficacia del contacto con la naturaleza para despertar la vocación en nuestros alumnos por las Ciencias Naturales.

En todas las situaciones comentaremos los apartados siguientes:

- a) *Temática que puede ser abordada.*
- b) *Material específico que es necesario llevar.*
- c) *Observaciones.*

Para todas ellas es necesario utilizar el *material de campo básico*, que detallamos aquí para no repetirlo en cada situación:

— *Cuaderno de notas de campo.* Normalmente usamos un cuaderno de tapas flexibles y tamaño octavilla, pero el Profesor puede elegir según su experiencia. Sucesivamente hemos usado con distinta eficacia para cada trabajo, dicho cuaderno que puede llevarse en el bolsillo de la camisa, guerrera o prenda de campo y también una simple tablilla de madera de tamaño cuartilla o folio con una pinza de presión como las usadas por los ciegos para sujetar los cupones. Para tomar notas en el campo resulta más útil el cuaderno pequeño y para explicar a los alumnos en el campo, la tablilla de contrachapado tamaño folio en la que pueden soltarse las hojas y tenemos más espacio para explicar dibujos y cortes.

— *Bolígrafo con sujeción a la camisa o prenda de campo*, lápiz, lápices de varios colores, goma de borrar y rotuladores.

— *Lupa de bolsillo o cuentahilos.* Preferible el modelo de lupa con funda metálica protectora de la óptica, y de 12X o 16X, que se puede colgar del cuello para un uso continuado.

— *Cámara de fotos reflex de óptica intercambiable.* (Si solamente se dispone de un objetivo es preferible adquirir el 50 mm MACRO, en lugar del normal, o bien el normal con fuelle de extensión y trípode. Con un objetivo macro de 50 mm, un gran angular de 35 mm y un zoom de 85- 210, puede cubrirse prácticamente los primeros planos de cualquier trabajo

(*) Catedrático de Ciencias Naturales del I.N.B. mixto núm. 3, barrio La Guía, Vigo.

(**) Profesora Agregada de Ciencias Naturales del I.N.B. «Santa Irene» de Vigo.

de campo: animales y plantas pequeñas, detalles de seres vivos, fósiles y huellas incrustadas en roca, paisajes, etc.).

1. PASEO POR PARQUES Y JARDINES DE LA LOCALIDAD

1.1. Temática que puede ser abordada

1.1.1. Aspectos de la polución atmosférica

Se observan muy bien por la presencia o no de líquenes sobre los troncos de los árboles. Comparar con un bosque natural. Los líquenes siguientes indican por orden de desaparición un grado de contaminación progresivamente más alto:

- *Evernia* y *Ramalina*.
- *Parmelia*.
- *Xantonia*.
- *Lecanora*.
- Ausencia de líquenes.

Acerca de este tema remitimos a un librito sencillo y claro que nos parece muy adecuado para el estudio de la polución en las ciudades.

SEVILLA VEGA, Alonso (1975): *Actividades para explorar la contaminación*, Ed. ADARA, La Coruña.

1.1.2. Observación y dibujo de los caracteres de las plantas de porte arbustivo o arbóreo para clasificarlas usando claves botánicas (1).

1.1.3. Observación de las épocas de floración y fructificación.

1.1.4. Catálogo de plantas de hoja perenne y caduca.

1.1.5. Catálogo de plantas ornamentales.

1.1.6. Colección de hojas (2).

1.1.7. Observación de insectos y aves que pueblan las plantas de la ciudad.

1.1.8. Cartografía botánica de la ciudad y plano de la distribución de los tipos de plantas en cada parque, plaza o jardín.

Para las actividades 1.1.2. a 1.1.8. resultan de especial interés, según el nivel de los alumnos, los libros siguientes:

— NAVARRO CANDIDO, A. (1976): *Clasificación de animales, vegetales y minerales*. Gráficas Cóndor, Madrid.

— GUINEA LOPEZ, E. (1961): *Claves Botánicas*. Guías didácticas M.E.C. Dirección de Enseñanzas Medias, Madrid.

— GUINEA LOPEZ, E. (1961): *Flora Básica*. Guías Didácticas M.E.C.

— GUINEA LOPEZ, E. y VIDAL BOX, C. (1968): *Parques y jardines de España. Árboles y arbustos*. Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

1.2. Materiales específicos de campo

1.2.1. Periódicos viejos para colocar hojas y plantas.

1.2.2. Carpeta de tapas de cartón y cintas para prensar las plantas.

1.2.3. Pinzas entomológicas y frascos para insectos.

1.2.4. Bolsitas de plástico y anillas de caucho de pequeño tamaño para cerrar las bolsitas.

2. VISITAS A MUSEOS Y CENTROS DE INTERES NATURALISTICO

La temática está en función de lo que el museo abarque. Si el museo es amplio y variado es mejor visitarlo varias veces a medida que se van dando los temas, como repaso de los mismos y en visitas de media jornada de duración.

En los materiales a emplear sólo son necesarios la guía del museo y el cuaderno de notas de campo.

En las poblaciones del litoral puede considerarse como excursión de media jornada de duración, además de las comentadas, la visita a la costa con recolección de fauna y flora marina, exploración de la morfología litoral, acción geológica del mar y tipos de depósitos costeros.

3. EXCURSION DE UN DIA DE DURACION

3.1. Temática que se puede abordar

Está en función del itinerario. Es preferible darle en el nivel de BUP y COU un carácter multidisciplinar a este tipo de itinerarios, comentando los aspectos geológicos, botánicos y zoológicos del itinerario. Puede tomarse como ejemplo de realización el de nuestro artículo publicado en el n.º 1 de esta revista, añadiendo las estaciones de interés botánico, zoológico o comentando las estaciones con un criterio ecológico.

3.2. Materiales específicos de campo

3.2.1. Periódicos completos de muchas hojas para archivar plantas.

3.2.2. Periódicos para rasgar y envolver las muestras de rocas, minerales y fósiles que se recojan con el fin de que no se rayen unos con otros.

3.2.3. Bolsas de plástico o tela (3) para guardar muestras.

3.2.4. Equipo de geología de campo. Puede servir el conjunto muy bien diseñado por ENOSA, de bolsa de campo con departamentos y red adicional, martillo de geólogo y juego de cinceles.

3.2.5. Mapas topográficos de 1:50.000 ó 1:25.000 y las fotos aéreas de la región.

3.2.6. Mapa de carreteras.

3.2.7. Brújula con clinómetro.

3.2.8. Azadilla y prensa para recolectar plantas.

3.2.9. Frascos de distinto tamaño para insectos.

3.2.10. Frascos de distinta capacidad para recolectar insectos de agua de charcos, ríos, mar, etc., con su fauna y flora. (Deben ser de cierre hermético. Son útiles los tarros de cristal de productos liofilizados, mermeladas, conservas vegetales, alimentos infantiles, etc.).

3.2.11. Cámara de narcosis para animales peque-

(1) Insistimos en el dibujo y no en la recolección de flores, trabajo este último que dañaría las escasas zonas ajardinadas de nuestros pueblos y ciudades.

(2) La recolección de hojas no perjudica el cultivo y la continuidad de los jardines, si se hace con cierta mesura.

(3) La casa MAGECISA de Madrid provee de material geológico de campo, y entre el mismo posee un surtido de bolsas de tela muy resistentes para recolección de rocas. Puede solicitarse gratuitamente catálogo de material.

ños. Algodón y frasco de éter. Pipetas para captura de animales y para muestras de placton.

3.2.12. Frascos con mezcla narcotizadora para insectos.

3.2.13. Mangas para cazar mariposas y manga de placton.

3.3. Observaciones

El transporte del material de recolección es engorroso y aconsejamos usar cajas de cartón de embalaje de tamaño medio o que quepan debajo de los asientos de un autobús.

(Nos viene dando buen resultado emplear las cajas metálicas de los equipos ENOSA de Biología I y Biología II, vacías para transportar los frascos de cristal y recolectar el material a fin de que no quede disperso por el autocar. Utilizamos dichas cajas de cierre hermético, ya que el material que traían lo clasificamos en los armarios agrupándolo para su más amplia y rápida utilización.)

4. EXCURSION DE LARGA DURACION

4.1. Temática

Variada según las regiones por las que se atraviese. Debe ser aprovechada globalmente para explicar la geodinámica del itinerario, historia geológica regional, recolección de rocas, biotopos, zonas de vegetación, fauna típica, etc.

Durante el trayecto deben aprovecharse los condicionamientos geológicos y geobotánicos sobre todo para el desarrollo del tipo de vida natural y justificar el tipo de asentamiento y actividad humana.

No olvidemos que la geografía está íntimamente ligada a las Ciencias Naturales.

Por su carácter globalizador este tipo de excursiones deben ser el resumen de lo estudiado en el curso.

Las estaciones deben planearse en torno a fenómenos importantes tales como grutas subterráneas, morfología, accidentes tectónicos, habitats definidos, vegetación, climax de una zona, etc.

Es conveniente la elaboración de una memoria y guía de la excursión y no olvidar las horas de expansión y paseo, así como las visitas a los lugares de mayor interés histórico o turístico que se atraviesen.

4.2. Material específico

El mismo que el indicado en el apartado anterior, más una guía ciclostilada del itinerario.

4.3. Observaciones

Para el tipo de excursiones de uno o más días de duración conviene realizar un catálogo regional con los lugares que pueden ser visitados y establecer itinerarios desde los distintos centros de la región, calculando la duración en función del recorrido desde un centro educativo y población dados.

Este trabajo está por hacer en la mayor parte de las regiones y muy bien podría ser abordado con la colaboración conjunta de los profesores de Ciencias Naturales de BUP que aportarían cada uno su campo de experiencias, solicitando la colaboración e infor-

mación bibliográfica de los centros universitarios si los hubiere.

A modo de orientación puede consultarse como prototipo de trabajo a imitar, para desarrollar en equipo, las guías redactadas por el Profesor SOLE SABARIS, de la Universidad de Barcelona, y por el Profesor GUITIAN OJEA de la Universidad de Santiago.

— SOLE SABARIS, L. (1964): *Geología de los alrededores de Barcelona. Guía práctica*. Dirección General de Enseñanzas Medias, Madrid.

— GUITIAN OJEA, F. (1974): *Itinerario de los suelos en Galicia*. Monografías de la Universidad de Santiago de Compostela, n.º 26.

5. ACAMPADA DE VARIOS DIAS Y ESTUDIO DE UNA REGION CONCRETA

5.1. Temática

A imagen de los campamentos naturalísticos en temas geológicos, como los desarrollados en Teruel, Granada, Barcelona, etc., o en temas biológicos, como los desarrollados por la estación biológica de Jaca, a nivel de BUP-COU, se debe plantear el estudio monográfico de una región concreta.

— A nivel de BUP y Biología de COU:

Estudio de un ecosistema

P.e. Las Gándaras de Galicia.

La Albufera de Valencia.

Las Marismas de Sevilla.

Un bosque Mediterráneo.

Un Encinar o Pinar en Castilla.

Tramo de un río o laguna.

Tramo de una costa o Ría, etc.

— A nivel de Geología de COU

Estudio geológico de una región reducida, desde el punto de vista de los materiales, los procesos geológicos, procediendo al levantamiento de uno o varios cortes geológicos representativos.

5.2. Materiales a emplear

Además de los indicados en la excursión de un día, será conveniente disponer de un pequeño laboratorio de campo para determinaciones rápidas, y de una biblioteca fundamental de campo, cuyos libros deben ser previamente seleccionados de acuerdo con el trabajo a realizar, y ubicados en un lugar bien protegido si la acampada es al aire libre.

5.3. Observaciones

Recomendamos desarrollar este tipo de actividad en pequeños grupos de alumnos previamente seleccionados por su vocación naturalística marcada y su responsabilidad. No es conveniente superar el número de 15 ó 20. En este segundo caso es recomendable que asistan varios profesores, y que cada uno se dedique a un tema monográfico con subgrupos del total de alumnos.

Previamente deben prepararse los siguientes extremos:

— Estudio bibliográfico del tema y discusión y selección de los problemas que se pretende resolver con el trabajo. Se deben realizarse por todos los asistentes bajo la coordinación de los profesores o del profesor, antes de la acampada.

— Contacto con las autoridades de la región y gestión del permiso para acampar en terreno público o privado.

— Autorización por escrito de los padres de los alumnos.

— Material específico de acampada y búsqueda del presupuesto económico necesario para emprenderla.

— Estudio de la posibilidad de utilizar instalaciones cubiertas y fijas, tales como albergues, escuelas, etc., en periodos no lectivos del año.

6. LOS CAMPAMENTOS NATURALISTICOS COMO PROYECTO DE FORMACION DEL PROFESORADO Y DE ORIENTACION VOCACIONAL

Acerca de esta idea ampliamente desarrollada por nuestros compañeros que trabajan en coordinación con el ICE de Murcia, remitimos al resumen de sus actividades, publicado por JUAN ANGEL ESPAÑA en el n.º 3 de esta misma revista, titulado: *Campamentos naturalistas*.

Como allí puede verse su organización es mucho más compleja, pero los objetivos alcanzables son mucho más ambiciosos, consiguiéndose en forma cooperativa un perfeccionamiento más eficaz del profesorado que asiste junto con sus alumnos previamente seleccionados por su vocación hacia la Biología y/o Geología.

7. LA FORMACION DEL MUSEO ESCOLAR

Esta es una actividad que empieza a efectuarse en el campo con la toma correcta de los datos y muestras para organizar con todo el material recolectado un museo escolar, cuya labor continuada curso tras curso puede ir cubriendo los objetivos siguientes:

— Proveer de material de estudio al centro con colecciones representativas de la fauna, flora, rocas, minerales y fósiles de la región.

— Ejecución monográfica de temas con construcción de maquetas y archivo, signado y referenciado de los materiales de la región representada en la maqueta.

— Realización de un fichero naturalístico de la región que abarque los temas siguientes:

- a) Yacimientos fosilíferos.
- b) Yacimientos minerales.
- c) Rocas.
- d) Flora regional.
- e) Fauna regional.

Los ficheros pueden subdividirse en items menores, p.e. fauna de vertebrados, fauna de invertebrados, taxones menores dentro de cada grupo, etc.

Pueden completarse con la cartografía y localización exacta sobre fragmentos del mapa topográfico de las zonas de recolección de las muestras. Para un correcto uso de los mapas y copias de los mismos con este fin, remitimos a nuestro libro: *Prácticas de Geología*, p. 132-133. Ed. ECIR, Valencia 1978.

La ficha de cada yacimiento o zona de trabajo con la lista del material clasificado puede hacerse en un sobre tamaño cuartilla en cuyo exterior se pondrá el signado, descripción y localización del yacimiento, y en su interior la lista de especies clasificadas y una

fotocopia del fragmento del mapa topográfico con la localización exacta del yacimiento o delimitación del área de recolección de plantas o de animales, si se tratase de estos temas.

El fichero de yacimientos puede completarse con un *fichero taxonómico de especies* para cada grupo de seres naturales. En cada ficha de especies figurará en lugar bien visible la sigla del yacimiento donde fue recolectado y la sigla de su ubicación en los armarios y vitrinas del museo o archivo escolar.

Ambos ficheros pueden completarse con unos *libros registro de las especies*, que se irá cubriendo a medida que se van recolectando las especies por un orden temporal y no según una taxonomía. Se confecciona como un libro de entradas de material, y pueden emplearse los confeccionados con fines de contabilidad de pastas duras encuadradas. En el libro de registro deben consignarse también las siglas de los datos de campo y localización, las siglas de colocación en el museo y el nombre de la especie, fecha y localidad.

El asentamiento de las especies se hará inicialmente por la fecha de recogida, localización y sigla de campo. Una vez clasificada pueden cubrirse sobre el libro el resto de los datos (nombre de la especie y sigla de localización en la colocación de las vitrinas y archivo del museo).

Son muchos los centros de Bachillerato que cuentan con gran cantidad de material recolectado tras años de dedicación de los compañeros que nos precedieron en su quehacer docente. Necesitan muchos de ellos de una revisión y de un proyecto en común para hacer más útiles los materiales a los alumnos del centro y también al resto de la población, convirtiéndose así los centros que reúnan condiciones en centros abiertos de cultura para la comunidad.

Es ésta una invitación que hacemos a los profesores de dichos centros, y animarles a que revisen los estudios regionales y el estado de los museos esbozados o ampliamente trabajados por profesores de grata memoria por su desinteresada labor en pro de la ciencia y la cultura.

REFLEXION FINAL SOBRE QUE Y COMO DECIRLO EN LOS PASEOS, EXCURSIONES Y ACAMPADAS

El acto didáctico requiere de un material, una intención y unos medios de comunicación a los alumnos.

Los medios y la temática han sido comentados. La mejor lección es la que se da al aire libre en contacto directo con el problema y su entorno. La naturaleza es el mejor medio, pero nuestra lección ocasional al aire libre puede verse mermada en eficacia si no disponemos de una buena voz para explicar al aire libre, o bien de un medio amplificador. A este efecto recomendamos el uso de megáfonos portátiles que se pueden colgar debajo del brazo y que por medio de un micrófono amplifican la voz. Existen diversos modelos asequibles en el mercado que funcionan a pilas y su precio no es elevado pudiendo usarse no sólo en el campo, sino en las explicaciones en museos sobre temas de nuestra área o del área de letras.

El qué decir está sugerido por la naturaleza, el cómo decirlo viene socorrido por la ayuda de la tecnología moderna para una mayor eficacia de nuestra labor.

Ingeniería genética

Por Carmen MADRID DUQUE (*)

INTRODUCCION

Los progresos que la Biología molecular ha hecho desde que en el año 1953 J. D. Watson y F. Crick publicaron en la revista *NATURE* su trabajo sobre la estructura del ADN, han determinado una verdadera revolución biológica y han permitido que hoy sea una realidad la llamada «ingeniería genética» (1), proyecto que hace unos años se hubiera considerado de ciencia ficción.

La ingeniería genética permite pensar en la posibilidad de llegar a manipular el material genético de los seres vivos como se manipula cualquier máquina: sustituyendo las piezas defectuosas por piezas nuevas o incluso añadiendo una pieza que mejore su funcionamiento. Según dice S. Brenner de la Universidad de Cambridge: «Estas nuevas técnicas abren el período más excitante de la Biología».

Todo nuestro patrimonio genético está contenido en las moléculas de ADN bajo forma de genes (2). La manifestación de un gen desencadena una gran actividad celular, cuyo resultado final será la síntesis de una proteína (3).

Los fenómenos de *transducción* (4) observados en bacterias permitieron pensar en la posibilidad de incluir genes procedentes de un ser vivo en otro ser vivo de la misma o de distinta especie, incluso intercambiar material genético entre células procariontes y eucariontes.

Se conocen actualmente en el hombre más de mil anomalías hereditarias (5) determinadas por la alteración del número de genes (por defecto o por exceso) o por genes que llevan mensajes erróneos, los cuales determinan la formación de proteínas anormales. Estas enfermedades, abarcan desde las que producen ya la muerte del feto a las que no se manifiestan hasta la edad de 50 ó 60 años.

Como veremos con detalle más adelante, la ingeniería genética se nos presenta como la gran solución de estos y muchos otros problemas. Gracias a ella se podrán un día detectar y corregir estas anomalías, tomando genes de individuos normales e injertándolos en los individuos afectados e incluso se podrían fabricar en los laboratorios (como ya ha hecho el Dr. Khorana) las propias piezas de recambio, es decir, genes sintéticos. Todo esto ya se ha conseguido a nivel de microorganismos; falta el gran salto que supone el aplicar tales técnicas al hombre y seres vivos superiores.

Pero el empleo de estas técnicas, que permitirán modificar las características genéticas humanas y, en general, las de todos los seres vivos, va acompañado

de un gran riesgo, al ser en muchos casos sus efectos imprevisibles y ante la posibilidad de que uno de los microrganismos manipulados se «escape» del laboratorio y produzca efectos adversos en las poblaciones de hombres, animales y plantas.

EXPERIENCIAS

Un paso decisivo en el campo de las manipulaciones genéticas fue el descubrimiento de las llamadas *enzimas de restricción*, llevado a cabo en 1972 por

(*) Catedrática de Ciencias Naturales del I.N.B. de Las Rozas (Madrid).

(1) Bajo esta denominación se engloban todas las técnicas relacionadas con la manipulación del ADN. Son conocidas también como técnicas del ADN recombinante o clonación.

(2) Secuencias de nucleótidos que llevan codificado el plan de un carácter que, cuando se exprese, se materializará en una determinada secuencia de aminoácidos, es decir, en un polipéptido o una proteína.

(3) El texto del programa de lo que va a ser todo ser vivo, codificado en el ADN está «escrito» con palabras de tres letras, cada una de las cuales representa un nucleótido con una de las cuatro bases nitrogenadas: Adenina, Guanina, Citosina y Timina. Cada palabra corresponde a un aminoácido.

La información escrita en cada gen es llevada fuera del núcleo por un ARN m, que es sintetizado a partir de nucleótidos libres, con la participación de la enzima ARN-polimerasa, según el modelo impuesto por el fragmento de ADN que constituye el gen. Es lo que se conoce como *transcripción*.

Este ARN es «leído» por los ribosomas, los cuales *deletran* cada palabra, y los aminoácidos libres en el citoplasma responden a la llamada de su nombre conducidos por un determinado ARNt, al que se ha unido con la ayuda de la enzima aminoacil-sintetasa. Estos aminoácidos van uniéndose entre sí, según el orden en que fueron nombrados, quedando así el mensaje traducido en una determinada proteína, que puede ser estructural («piedras» de construcción del organismo), o funcional: enzimas, inmunoglobulinas, ciertas hormonas, etc.

(4) Implican el transporte de genes de una bacteria a otra por medio de virus bacterianos.

(5) Unas anomalías son debidas a la desaparición de actividades enzimáticas: fenilcetonuria, galactosemia, alcaptonuria, albinismo, enfermedad de Gaucher, etc.; otras, a la desaparición de actividades hormonales: diabetes; otras, a la formación de proteínas anormales cuyo papel esencial no es enzimático: hemoglobinopatías (anemia falciforme); y otras se manifiestan como malformaciones somáticas, deficiencias inmunitarias, alteraciones de la coagulación de la sangre, etc.

el Dr. Paul Berg, profesor de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford en California (EE.UU.).

Las enzimas de restricción permiten cortar las moléculas de ADN en pequeños fragmentos de longitud aproximadamente a la de un gen. Son auténticos bisturís (6).

Los cortes se realizan a nivel de puntos muy precisos que se caracterizan por una determinada secuencia de nucleótidos. Las secuencias de los extremos de los fragmentos son capaces de unirse, determinando verdaderos extremos «adhesivos», que les permiten relacionarse de nuevo entre sí y también acoger a un fragmento de un ADN procedente de otra célula, obteniéndose así un ADN híbrido. Para que esta unión se lleve a cabo es necesaria la presencia de la enzima *ligasa* (7).

Veamos cuáles son los pasos sucesivos de una «operación» de clonación:

1) Aislamiento (con la ayuda de las enzimas de restricción) del fragmento de ADN portador de una característica determinada, que se quiere introducir en otra célula.

2) Inclusión de este fragmento de ADN en un ADN vector.

3) Introducción del vector en una célula receptora, entrando a formar parte de su material genético.

4) Multiplicación de esta célula, obteniéndose un clon que llevará el fragmento de ADN «extraño» integrado.

Los vectores o vehículos utilizados actualmente son específicos de bacterias: los bacteriófagos o virus bacterianos y los plasmidios (8). El ADN vector ha de romperse, con la intervención de las enzimas de restricción, para que pueda acoger al fragmento de ADN que se quiere injertar. Los plasmidios, al añadirles las enzimas de restricción, se abren en un punto (9) y una vez introducido el ADN extraño recuperan su forma circular.

Como células receptoras se utilizan, hasta el momento, las bacterias, debido a que su material genético es relativamente sencillo, y está muy estudiado, y a su gran capacidad de reproducción que permite obtener en poco tiempo miles y millones de copias del gen insertado.

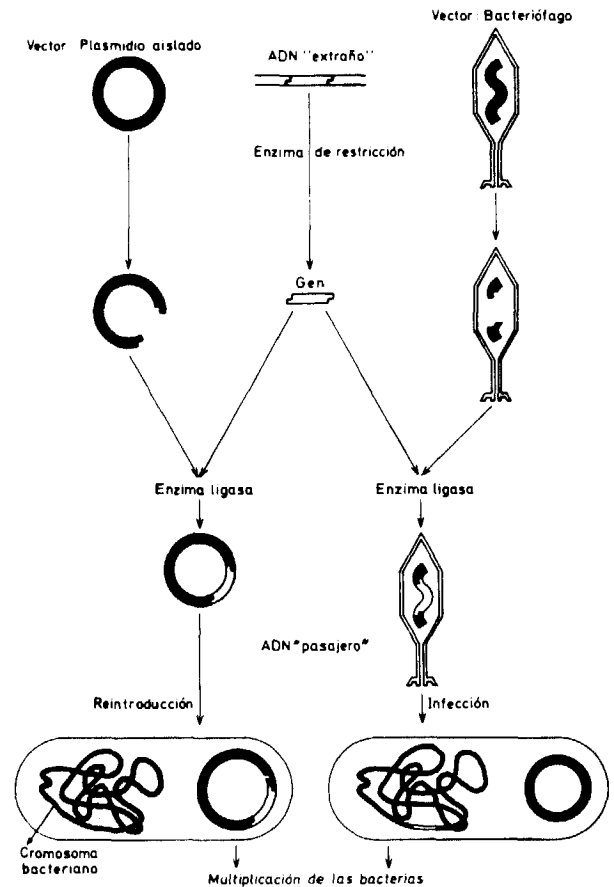
Entre todas las bacterias una es la preferida: la *Escherichia coli*, que habita normalmente en el intestino y en las cavidades nasales del hombre. Es una bacteria de fácil manejo, de la que se conoce muy bien la genética de su cromosoma y de sus plasmidios. Pero al lado de estas ventajas, la utilización de la *E. coli*, como huésped de genes procedentes de otras células, presenta un grave inconveniente: la facilidad que tendrán las *E. coli* manipuladas de introducirse en el hombre con efectos, en muchos casos, imprevisibles e incontrolables.

A continuación citaremos, a título de ejemplo, algunas de las experiencias realizadas en este campo, que se inician prácticamente en esta década. En unos casos, se trata de clonación de genes extraídos de seres vivos, y en otros, de genes sintéticos, fabricados previamente en el laboratorio.

En 1970 el equipo de investigaciones genéticas del Instituto de Tecnología de Massachusetts, en Boston (EE.UU.), dirigido por el Dr. Har Gobind Khorana, consiguió sintetizar un gen de levadura.

En 1972 Paul Berg consigue un ADN recombinante del fago *lambda* (λ) y el virus cancerígeno SV 40 (10), pero renuncia a introducirlo en *E. coli* porque no estaba seguro de que no hubiera ningún riesgo.

ESQUEMA DE CLONACION



En 1973, también en la Universidad de Stanford, los investigadores Chang y Cohen introducen genes de sapo en *E. coli*.

En 1974 el equipo del Dr. Hamer incorpora genes de *Drosophila melanogaster* en *E. coli*.

En esta época el Dr. M. Merrill del Instituto Nacional de la Salud de EE.UU. cultivó células cutáneas de un sujeto afectado de galactosemia (11) y añadió al cultivo un virus conteniendo el gen ausente en las células enfermas. Al cabo de algunos días, la

(6) Conocidas también como endonucleasas de restricción. Entre ellas se encuentran: Eco RI, Bam I y Hind III.

(7) Esta enzima, que tiene un papel tan importante en la unión de los fragmentos de ADN, constituye otro instrumento indispensable en la ingeniería genética.

(8) Son pequeños anillos de ADN que se encuentran en las bacterias, se replican de forma análoga al cromosoma bacteriano, pero independientemente de él y pasan de una bacteria a otra. El ADN de los plasmidios lleva solamente genes de resistencia a los antibióticos, mientras que el resto de la información genética de la bacteria se encuentra en su cromosoma.

(9) Esta circunstancia es la que hace que se utilicen ellos como vectores y no el cromosoma bacteriano, que tiene varios puntos sensibles a las enzimas de restricción y, por tanto, se fragmenta en varios trozos.

(10) Su nombre alude a que es un virus que infecta a los monos: «Simian Virus», y a que ocupa el número cuarenta en la clasificación de los virus que se encuentran en estos animales.

enzima estaba presente en el medio de cultivo. Se trataba de una experiencia «in vitro».

En 1977 el Dr. A. M. Chakrabarty del Centro de Investigación y Desarrollo de la General Electric, en Schenectady (EE.UU.), logró insertar en *E. coli* el gen determinante de la síntesis de la enzima celulasa, con el fin de transformar los desperdicios domésticos en sustancias que pudieran utilizarse como fuentes de energía. Estaba a punto de insertar en la misma bacteria otros genes que le permitirían la síntesis de metano a partir de los subproductos de la celulosa, cuando interrumpió, por razones que veremos más adelante, esta experiencia que abre nuevas perspectivas en el campo de la energía.

Tres equipos de investigadores americanos, dirigidos por Herbert Boyer (San Francisco), Arthur Riggs (Los Angeles) y Wylie Vale (San Diego) han obtenido un gran éxito al sintetizar e incluir, mediante un plasmidio, en *E. coli*, el gen que dirige la formación de la hormona somatostatina (12).

La síntesis del primer gen de mamífero, el gen de la hemoglobina del conejo, ha sido realizada por un equipo de investigadores de la Universidad norteamericana de Harvard, compuesto por A. Efstratiadis, F. Kafatos, A. Maxam y T. Maniatis. Se trata de un gen constituido por 700 nucleótidos; de los cuales, 450 son los que llevan realmente el programa de la globina. En realidad, más que de una síntesis, se trata de la utilización de los propios mecanismos de la naturaleza, aunque en sentido inverso: partiendo del ARN_m obtenido de glóbulos rojos del conejo (13) llegaron al ADN, es decir, al gen. Para ello utilizaron una enzima que había sido aislada por los norteamericanos Temin y Baltimore: la *transcriptasa-inversa* (14).

La experiencia consistió en incubar a 37° un extracto de virus con ARN, que aportaba la transcriptasa-inversa, ARN_m de hemoglobina y nucleótidos libres, con lo que se consiguió una cadena de ADN que fue incubada, a su vez, con ADN-polimerasa y nucleótidos libres, con el fin de obtener la doble cadena de ADN.

Un procedimiento semejante ha sido utilizado para lograr el gen de la hemoglobina humana, aislando ARN_m de globina humana fetal. El ADN complementario obtenido fue clonado en un plasmidio de *E. coli*, con la ayuda de la T4 ligasa.

El éxito más reciente es el obtenido por el equipo del Dr. Khorana, publicado en la revista *SCIENCE*, del 16 de febrero de 1979, bajo el título *Total Synthesis of a Gene*.

Después de casi veinte años de trabajo, este grupo de investigadores ha conseguido sintetizar un gen completo (15) de *E. coli*, por vía puramente química, lo cual representa una auténtica primicia.

Este gen, que permite a la bacteria incorporar el aminoácido tirosina en la fabricación de las proteínas, está constituido por 207 pares de nucleótidos, de los cuales 126 pares corresponden al gen estructural, 51 pares al promotor (16) y el resto incluye una secuencia específica de la endonucleasa Eco RI. Su síntesis ha sido muy laboriosa y realizada de manera escalonada, consiguiéndose primeramente oligonucleótidos, que se unieron después con la intervención de las enzimas polinucleótido-ligasa y polinucleótido-kinasa.

Este gen sintético fue insertado covalentemente en el fago λ con la ayuda de la T4 polinucleótido-ligasa y mediante este vehículo incluido en *E. coli*, resultando funcional.

Aunque el fin principal ha sido el de mejorar la comprensión del control biológico a nivel molecular, no hay duda de que supone un gran paso adelante en la ingeniería genética.

En Madrid, experiencias con ADN recombinante se llevan a cabo en el Centro de Biología Molecular del C.S.I.C. en la Universidad Autónoma, dirigido por el Dr. Eladio Viñuela. Actualmente están en marcha los trabajos de clonación de un gen del fago Φ 29 de *Bacillus subtilis*, que codifica una proteína unida covalentemente al ADN del virus y que es indispensable para que se inicie su replicación, y clonación de genes de virus de la peste porcina africana y de virus de la gripe.

BENEFICIOS Y RIESGOS

Las manipulaciones genéticas han creado preocupación en el hombre de la calle (17), en los políticos y en los mismos científicos.

Los investigadores de todo el mundo se han reunido en varias ocasiones para debatir las posibilidades y los límites de tales experiencias y se encuentran prácticamente divididos en dos bandos: los que vislumbran en estas técnicas posibilidades extraordinarias y los que piden la interrupción de ciertas investigaciones, preocupados por la creación de seres que no existen en la naturaleza y que el propio hombre no pueda controlar. Analicemos brevemente los puntos de vista de uno y otro grupo:

Los partidarios de que estas experiencias continúen consideran que la ingeniería genética será el único medio de prevenir y quizá de tratar ciertas enfermedades hereditarias del hombre, actualmente en expansión al amparo de la medicina moderna que permite a muchos de los afectados sobrevivir e incluso reproducirse, transmitiendo la predisposición genética a tales enfermedades.

La prevención se conseguiría reemplazando en las células reproductoras de los progenitores el gen defectuoso por un gen normal. El tratamiento, haciendo esto mismo en los tejidos en los que el gen es

(11) Enfermedad originada por la falta de gen que determina la síntesis de la enzima necesaria para la degradación de la galactosa y que se caracteriza por una deficiencia mental.

(12) Hormona descubierta por el Dr. Roger Guillemin, en el Instituto Salk en California, que controla la secreción de la hormona del crecimiento y de las hormonas del páncreas, insulina y glucagón. La aisló de cerebros de cordero y posteriormente se demostró que esta hormona es producida en el hipotálamo.

(13) Cosa que no es difícil, ya que las células sanguíneas no sintetizan prácticamente más que hemoglobina.

(14) Gracias a esta enzima, los virus con ARN pueden integrarse en el ADN de la célula receptora, previa transcripción inversa a ADN. Este proceso no es necesario para todos los virus con ARN, como por ejemplo, el de la poliomielitis, cuyo ARN es leído por los ribosomas de la célula parasitada, como si se tratara de un ARN_m.

(15) Entendiendo por tal la unidad genética operacional llamada *operón*, constituida por genes de estructura y genes de regulación y (promotor, operador y regulador).

(16) Región a la que se une la ARN-polimerasa para que pueda iniciarse el proceso de la transcripción.

(17) No es la primera vez que esto ocurre, ya en tiempos de Pasteur hubo manifestaciones en contra de los estudios que realizaba sobre la rabia y también contra Jenner, cuando hacía sus primeras vacunas contra la viruela.

activo (18) o completando el material genético de células deficitarias.

La aplicación de estas técnicas, que de momento es hipotética a nivel humano, pero sí una realidad a nivel de microorganismos, lo que permitirá estudiar la genética de las células superiores, cosa hasta el presente muy difícil, dada la complejidad del material genético de estas células. La inserción de un gen de una célula superior en una bacteria facilitará considerablemente su estudio, al ser integrado en un material perfectamente conocido. Se podrá así construir el mapa cromosómico del hombre (19), paso previo para poder corregir los defectos genéticos responsables de las anomalías hereditarias.

También permitirá el conocimiento del mecanismo de formación de anticuerpos de células superiores, que está regulado genéticamente, y cuyo estudio resulta muy difícil. La interpretación de estos fenómenos quizá aporte alguna luz en el problema del cáncer, problema que también habrá que abordar a través de la genética de los virus que viven en las células superiores y que nos puede llevar a comprender por qué algunos de estos virus provocan tumores.

Y tal como acaba de comunicar el Dr. Roy L. Walford, de la Escuela de Medicina de la Universidad de California (Los Angeles), hasta es posible pensar que estas técnicas puedan mejorar la longevidad o al menos prevenir ciertas alteraciones de la vejez. Este investigador ha observado en el ratón que la modificación del grupo de genes del sistema de histocompatibilidad, que parece ser constituye también el sistema de autorreparación del organismo (20), puede aumentar o disminuir la longevidad. En el hombre los genes que controlan el sistema de histocompatibilidad se encuentran en la pareja número seis de cromosomas.

Pero no sólo la Medicina tiene sus esperanzas puestas en las experiencias con ADN recombinante. La industria farmacéutica también espera mucho de estas técnicas que le permitirán la síntesis microbiológica de antibióticos, antígenos vacunantes y otras sustancias difíciles de conseguir, como ciertas hormonas: la insulina humana podría ser sintetizada en gran cantidad y bajo costo. Experiencias de este tipo ya están puestas en marcha.

La Agricultura piensa utilizar estas técnicas para mejorar la eficacia de la fotosíntesis, para la producción de sustancias alimenticias a partir de otras mediante la intervención de enzimas —el 30 por 100 del azúcar en Norteamérica se obtiene a partir del almidón del maíz, por acción enzimática—, y para obtener genes determinantes de enzimas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.

En el campo de la energía se sueña con crear una bacteria que produzca una fermentación cuyo producto final sea petróleo y que sea inofensiva para el hombre; es decir, reemprender los trabajos del Dr. Chakrabarty.

Y, aún más, para algunos científicos estas técnicas constituyen una manera de estar preparados para luchar contra algunas agresiones de la propia naturaleza: la aparición de mutaciones naturales, muchas de ellas deletéreas. Argumentan, por otra parte, que no se trata de técnicas creadas por el hombre, ya que recombinaciones espontáneas se producen entre virus, entre bacterias y entre ambos; y, finalmente, parece ser que no es sólo el hombre quien hace ingeniería genética, el ARN también la hace, seleccionando en el momento de la transcripción fragmentos de ADN cuya expresión será útil a la

célula, según acaba de comunicar F. Crick en la revista *SCIENCE* del 20 de abril de 1979, bajo el título *Split Genes and RNA Splicing*.

Veamos ahora en qué se basan los temores de los que abogan que estas experiencias se interrumpan. Los peligros posibles que pueden derivarse del uso de estas dependen fundamentalmente de tres factores:

- De los fragmentos de ADN transplantados, que no puede preverse cómo se manifestarán en las nuevas condiciones, o que tratándose de fragmentos de función ignorada puedan causar alteraciones imprevistas.

- De los vectores de tales fragmentos de ADN, que pueden llevar otros genes además de los deseados, determinantes de anomalías o cancerígenos.

- De las células receptoras en las cuales, como consecuencia de la llegada del nuevo material genético, pueden manifestarse genes que se encontraban en ellas «dormidos» y que al cambiar las condiciones entren en actividad.

Respecto a este último punto, algunos científicos consideran una locura el utilizar en estas experiencias a la *Escherichia coli*, que vive normalmente en el hombre, y se preguntan, ¿qué ocurriría si alguna *E. coli* que llevara insertos genes cancerígenos o determinantes de anomalías saliera del laboratorio y fuera ingerida o respirada? Precisamente este tipo de temores son los que hicieron a P. Berg renunciar a introducir en *E. coli* el híbrido de fago y el virus SV 40 y al Dr. Chakrabarty destruir la *E. coli* manipulada que digería las fibras vegetales y que podría ocasionar peligrosas diarreas si consiguiera instalarse en un intestino humano. También el Dr. A. Lewis renunció a proporcionar a sus colegas del Instituto Americano de la Salud cepas de un virus híbrido creado por él, entre un adenovirus y el virus SV 40, dadas las características de infectividad humanas del adenovirus y la actividad cancerígena del SV 40.

Paul Berg propuso una moratoria internacional sobre las manipulaciones genéticas, a fin de poder reflexionar y evaluar todos los riesgos posibles relacionados con estas experiencias.

En 1974 investigadores de todo el mundo aceptaron no realizar cierto tipo de experiencias, cuyo riesgo era imprevisible.

En febrero de 1975, ciento cuarenta investigadores de dieciséis países se reunieron en Asilomar (California) para tratar los problemas éticos y técnicos que estas experiencias plantean y después de apasionados debates se decidió reemprenderlas, aplicando las correspondientes medidas de seguridad, en función de la importancia de los riesgos. Se establecieron tres niveles de riesgos: «bajo», «medio» y «alto» riesgo. Las medidas de seguridad se refieren tanto a las condiciones de trabajo como al tipo de material biológico utilizado.

En el mes de junio de 1976 los National Institutes of Health (NIH) norteamericanos publicaron unas normas basadas en las conclusiones a las que se

(18) Aunque todas las células del organismo poseen toda la información genética, sólo se manifiestan determinados genes, según su especialización.

(19) Actualmente muy incompleto, ya que hay localizados con exactitud un centenar de genes, de los miles que se considera que tienen los cromosomas humanos.

(20) Genes que corrigen los errores que pueden producirse en la duplicación del ADN. La eficacia de este sistema favorece la longevidad.

llegó en Asilomar, estableciendo cuatro tipos de experiencias: P1, P2, P3 y P4, que van desde las de mínimo riesgo (P1) a las de riesgo elevado (P4).

En cuanto a las condiciones de trabajo, las experiencias de riesgo elevado se llevarán a cabo en los laboratorios perfectamente aislados (21), mantenidos bajo presión negativa (22), con un sistema de filtros y depuración química para todo lo que sale (aire-agua) y esterilización por radiaciones ultravioletas. Las personas que trabajen en ellos deberán utilizar guantes y vestimenta protectora, ducharse y cambiarse de ropa antes de salir; deberá ser personal especializado y sometido a vigilancia médica. El término Biohazard (23), colocado en la puerta de un laboratorio, indica que se trata de un laboratorio en el que se realizan este tipo de experiencias.

Respecto al tipo de material biológico utilizado deberán realizarse las experiencias sobre cepas de virus y bacterias debilitadas o modificadas genéticamente, de modo que no puedan sobrevivir fuera del laboratorio (24).

A pesar de estas medidas, los científicos siguen sin estar de acuerdo; pues mientras unos los consideran insuficientes, otros consideran que establecen grandes limitaciones (25) que frenarán las investigaciones.

Pero ya hemos dicho que no solamente los científicos son los preocupados por el tema, los políticos y el hombre de la calle participan en esta polémica. En la National Academy of Sciences norteamericana tuvo lugar un debate sobre ADN recombinante, del 7 al 9 de marzo de 1977, con un intercambio de puntos de vista entre científicos y público, en un ambiente tenso pero con resultados positivos, pues se aclararon muchos aspectos. El senador norteamericano Edward Kennedy ha sido también protagonista de una gran polémica con algunos científicos, por estos mismos motivos.

Esta controversia recuerda a la desarrollada respecto a la energía nuclear. Los norteamericanos ya han pensado en establecer seguros contra los riesgos de las investigaciones genéticas.

No hay duda que una seguridad total no puede garantizarse, como tampoco se puede garantizar en investigaciones de cancerología y virología, incluso en la fabricación de vacunas y su experimentación, siendo en algunos casos los propios científicos auténticos cobayas.

El famoso científico J. D. Watson ha publicado recientemente en la revista *NATURE*, del 8 de marzo de 1979, un artículo en el que se lamenta de los años perdidos en conjeturas sobre los peligros posibles de las experiencias de ADN recombinante. Todos los científicos, partidarios de la ingeniería genética, estiman que unos laboratorios bien equipados y unos investigadores bien preparados constituyen protecciones suficientes contra los posibles riesgos de contaminación accidental por los híbridos experimentales de bacterias o virus.

A pesar de todo, la ingeniería genética amplía su campo. Ya se han creado las primeras empresas multinacionales de industria biológica que pretenden aprovechar todos los descubrimientos que se han

hecho en los últimos años en el campo de la Biología molecular y de los que no se han obtenido aplicaciones prácticas. Ya están creadas las empresas Cetus y Genentech en Norteamérica (26) y Biogen en Europa (27).

La producción en estos centros se basará en procesos de biosíntesis, llevados a cabo por bacterias, a las que se les habrá insertado genes determinantes de la producción de ciertas enzimas y sustancias de interés en agricultura, en la industria alimenticia, en la industria química y farmacéutica, y en el campo de la energía.

Mientras que el Dr. Guillemin necesitó medio millón de cerebros de cordero para aislar 5 mg. de la hormona somatostatina, el injerto del gen que determina la fabricación de dicha hormona en una *E. coli* ha permitido tener en muy poco tiempo miles de «fábricas» de somatostatina. El mismo equipo que llevó a cabo esta clonación ha anunciado la obtención de un mg. de insulina humana, gracias al injerto en el ADN de una *E. coli* del gen correspondiente a la síntesis de esa hormona.

Hasta ahora, para fabricar la vacuna de la hepatitis B era necesario extraer el antígeno HBs de la sangre de individuos portadores, lo que era complicado y costoso. Casi simultáneamente dos equipos de investigadores, el de la Universidad de Edimburgo, dirigido por el Dr. Murray y el del Instituto Pasteur de París, bajo la dirección de los doctores Galibert y Tiollais han conseguido la inserción en *E. coli* del gen del virus de la hepatitis B correspondiente a la proteína vacunante, el llamado antígeno HBs. La técnica seguida por los dos equipos ha sido distinta, pero el resultado ha sido el mismo. Cultivando la bacteria híbrida se ha conseguido la proteína HBs.

Pasará cierto tiempo hasta que las sustancias así producidas estén a disposición del enfermo, ya que antes tienen que ser aisladas, purificadas y comprobada su actividad biológica.

Después de todo lo expuesto, parece que la ingeniería genética no va a detenerse, promete muchos resultados beneficiosos y los problemas jurídicos, planteados en relación con «patentes» de bacterias manipuladas ponen de manifiesto su potencial comercial que se vislumbra atractivo. En resumen, estas proezas científicas abren una inmensa esperanza, no desprovista de inquietud.

(21) Tipo bunker, subterráneos y revestidos de hormigón.

(22) Con el fin de que el aire pueda entrar, pero no pueda escaparse.

(23) Que podría traducirse por «bio-riesgo».

(24) Por ejemplo, ciertas cepas de *E. coli* llamadas EK2 han sido aconsejadas y certificadas por los NIH, por su incapacidad para sobrevivir en condiciones normales.

(25) Los ingleses consideran que las cepas EK2 de *E. coli* son muy difíciles de manipular.

(26) Precisamente en California, donde se encuentran varios de los centros de investigación en Biología molecular, más importantes del mundo: Instituto Salk, Universidad de Stanford, Universidad de San Francisco, etc.

(27) Sus laboratorios se están construyendo en Suiza.

BIBLIOGRAFIA

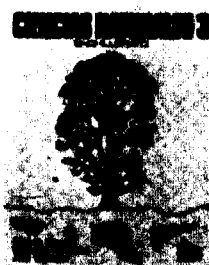
- ABELSON, J. (1977): «Recombinant DNA: Examples of present-day Research», en *Science* núm. 196, págs. 159-160.
- ARMSTRONG, K. A.; HERSHFELD, V.; HELSINKI, D. R. (1977): «Gene cloning and containment properties of Plasmid Col EI and its derivatives», en *Science* núm. 196, págs. 172-174.
- BECKMANN, J. S. y col. (1977): «Cloning of Yeast transfer RNA Genes in E. coli», en *Science* núm. 196, págs. 205-208.
- BENTON, W. D.; DAVIS, R. W. (1977): «Screening λ gt Recombinant Clones by hybridization to single Plaques in situ», en *Science* núm. 196, págs. 180-181.
- BERG, P. y col. (1976): «Cloning of Escherichia coli DNA that controls Cell Division and Capsular Polysaccharide Synthesis», en *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* núm. 73-3, págs. 697-701.
- BLATTNER, F. R. y col. (1977): «Charon Phages: Safer Derivatives of Bacteriophage lambda for DNA Cloning», en *Science* núm. 196, págs. 161-169.
- COHEN, S. N. (1977): «Recombinant DNA: Fact and Fiction», en *Science*, núm. 195, págs. 654-657.
- CRICK, F. (1979): «Split Genes and RNA Splicing», en *Science* núm. 204, págs. 264-271.
- GEORGIEV, G. P. y col. (1977): «Isolation of Eukaryotic DNA Fragments containing Estructural Genes and the Adjacent Sequences», en *Science* núm. 195, págs. 394-397.
- GRIFFITH, Jack D. (1978): «DNA Structure: Evidence from Electron microscopy», en *Science*, núm. 201, págs. 525-528.
- GROBSTEIN, C. (1977): «Debate sobre el ADN recombinante», en *Investigación y Ciencia*, septiembre 1977, págs. 6-18.
- HAMER, D. H. (1977): «Interbacterial transfer of Escherichia coli-Drosophila melanogaster Recombinant Plasmids», en *Science* núm. 196, págs. 220-221.
- HARROIS-MONIN, F. (1979): «L'industrie de l'ADN», en *Science et vie*, junio 1979, págs. 31-36.
- HELLING, R. B. (1976): «Eukaryotic Genes in Prokaryotic Cells», en *Stadler Genetics Symposia*, vol. 7, págs. 15-36.
- KHORANA, H. G. (1979): «Total Synthesis of a Gene», en *Science* núm. 203, págs. 614-625.
- KOURILSKY, P. (1977): «Use of Isolators in Recombinant DNA Research», en *Science* núm. 196, págs. 215-216.
- LEDER, P. (Tiemeyer, D.; Enquist, L. (1977): «EK2 Derivatives of Bacteriophage Lambda Useful in the cloning of DNA from Higher Organisms: The gt WES System», en *Science* núm. 196, págs. 175-176.
- LOMAX, M. I. y col. (1977): «Cloned Ribosomal RNA Genes from Chloroplasts of Euglena gracilis», en *Science* núm. 196, págs. 202-205.
- MARX, J. L. (1976): «Molecular cloning: powerful tool for studying Genes», en *Science* núm. 191, págs. 1160-1162.
- PERRICAUDET, M. y col. (1977): «Excision and Recombination of Adenovirus DNA Fragments in Escherichia coli», en *Science* núm. 196, págs. 208-210.
- POTTER, H.; DRESSLER, D. (1977): «On the Mechanism of Genetic Recombination: the Maturation of Recombination intermediates», en *Proceeding of the National Academy of Sciences U.S.A.* núm. 74, págs. 4168-4172.
- ROGERSON, A. C. (1977): «Technical comments: Nitrogen fixation in grass-Spirillum Systems», en *Science* núm. 195, pág. 1362.
- SCHELLER, R. H. y col. (1977): «Chemical Synthesis of Restriction Enzyme recognition Sites useful for cloning», en *Science* núm. 196, págs. 177-179.
- SCHELLER, R. H. y col. (1977): «Clones of Individual Repetitive Sequences from Sea Urchin DNA constructed with Synthetic Eco RI Sites», en *Science* núm. 196, págs. 197-200.
- SINGER, M. F. (1977): «The Recombinant DNA Debate», en *Science* núm. 196, pág. 127.
- SMITH-SONNEBORN, J. (1979): «DNA Repair and Longevity Assurance in Paramecium tetraurelia», en *Science* núm. 203, págs. 1115-1117.
- TELFORD, J. y col. (1977): «Novel screening procedure for Recombinant Plasmids», en *Science* núm. 195, págs. 391-393.
- TILGHMAN, S. M. y col. (1977): «Cloning Specific Segments of the Mammalian Genome: Bacteriophage λ containing Mouse Globin and surrounding Gene Sequences», en *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* núm. 74, págs. 4406-4410.
- VILLARREAL, L. P.; BERG, P. (1977): «Hybridization in situ of SV 40 Plaques: Detection of Recombinant SV 40 Virus carrying Specific Sequences of nonviral DNA», en *Science* núm. 196.
- WADE, N. (1976): «Recombinant DNA: the last look before the leap», en *Science*, núm. 192, págs. 236-238.
- WADE, N. (1977): «Gene Splicing: Congres starts framing Law for Research», *Science* núm. 196, págs. 39-40.
- WADE, N. (1977): «Gene Splicing: Senate Bill Draws charges of Lysenkoism», en *Science* núm. 197, págs. 348-350.
- WATSON, J. D.: *Biología molecular del gen*. Ed. Fondo Educativo Interamericano. Madrid, 1968.
- WATSON, J. D. (1979): En *Nature* núm. 278, pág. 113.
- WILSON, J. T. y col. (1977): «Human Globin Messenger RNA: Importance of cloning for Structural Analysis», en *Science* núm. 196, págs. 200-202.
- ZIEG, J. y col. (1977): «Recombinational Switch for Gene Expression», en *Science* núm. 196, págs. 170-172.

Ofrece un material riquísimo, riguroso y profundo, como corresponde a este nivel, en que la materia se ofrece a los alumnos con carácter opcional. La primera parte se centra en el estudio de la Geología, insistiendo en el aspecto dinámico de los fenómenos geológicos. La segunda parte, mucho más extensa, desarrolla los distintos niveles de organización y funcionamiento de los seres vivos, concretándose más a las plantas y al ser humano.

Sm
Ediciones

CIENCIAS NATURALES 3.º BUP

Eduardo Morales
Mercedes Hernández
José Cañeque
Ldos. en Ciencias Biológicas
(19,5x24) 368 págs. Color





Itinerario paleontológico al techo de España Peninsular

Por Emiliano AGUIRRE ENRIQUEZ (*)

Llamo techo de España a la comarca de Sierra Ministra y alrededores de las Parameras de Molina, constituida fundamentalmente por un altiplano divisorio de las tres grandes cuencas hidrográficas del Ebro (Jalón), del Duero y del Tago (Henares).

Está cerca de la región llamada por algunos geólogos «Las Hespérides», donde se encuentra el Sistema Ibérico con la Cordillera Central. Nuestra comarca está ubicada en el sector central del primero, y en su rama occidental o castellana, lindando con la Submeseta meridional o de Castilla la Nueva por el Oeste, y con la depresión de Almazán, tributaria hoy del Jalón y satélite de la Submeseta septentrional en el Neógeno, por el Norte y el Este.

La altitud general del altiplano pasa de 1.100 m. sobre el nivel del mar, y las cotas más altas de Sierra Ministra se elevan sobre los 1.200 m.

En nuestra excursión, desde Madrid, atravesamos terrenos de diversas edades, comenzando por los más modernos de la Era Cuaternaria y de la Era Terciaria, hasta el núcleo expuesto de la rama Castellana del Sistema Ibérico que, en la región de Medinaceli y en el Puerto de Alcolea, consta de terrenos triásicos del comienzo de la Era Secundaria. En otras partes del Sistema Ibérico, que no visitaremos esta vez, afloran terrenos más antiguos, de la Era Primaria. No obstante, veremos cómo y por qué en el altiplano, y por encima de los 1.000 m., volveremos a encontrar rocas modernas, esto es depósitos del final de la Era Terciaria, y aun del Cuaternario, que contienen, además, vestigios de la evolución reciente del paisaje y la fauna, y de la vida y azares del hombre prehistórico.

Para hacernos una idea de los testimonios de otras

edades, que vamos a contemplar y recoger, hemos de tener en cuenta la estructura de esta parte de la corteza terrestre, y la disposición actual de sus unidades o compartimentos. Estas son la Meseta y la Cordillera.

La Cordillera está formada por rocas levantadas, plegadas y fracturadas, por efecto de los movimientos orogénicos (esto es «generadores de montañas»), que los geólogos llaman Alpinos. La orogenia Alpina es la más reciente de todas las fases de actividad creadora de relieve en la corteza terrestre: sus primeras sacudidas ocurrieron hace poco más de 100 millones de años, en el período Cretácico; las últimas de cierta importancia se registran durante el Plioceno y el Pleistoceno. Pero los movimientos alpinos más enérgicos, o fase de paroxismo, en el centro de España ocurrieron hace unos 38 millones de años, al comienzo del Oligoceno. Las rocas plegadas y fracturadas de la Cordillera son anteriores a esa edad, la mayoría formadas por sedimentos depositados en fondos marinos, litorales o albuferas.

La Meseta, en cambio, en esta parte, está formada por rellenos depositados en una cuenca interior, al menos parcialmente lacustre, posteriormente a ese gran plegamiento, o sea, entre hace unos 30 y cerca de 4 millones de años. En este lapso de tiempo, las rocas de las cordilleras se iban alterando y erosionando, al tiempo que los residuos de esa erosión se acumulaban en las depresiones: ascendía, pues, la altitud de éstas a medida que se aplanaban aquellas, llegando casi a enrasar unas con otras

(*) Catedrático de Universidad e Investigador del C.S.I.C.

como puede verse, por ejemplo, en el borde de la Submeseta meridional, hacia el kilómetro 112 de la Carretera N-1 (Madrid-Zaragoza), antes de llegar a Algora.

Esta acción de modelado no ha llegado a arrasar totalmente el paisaje, pero ha formado superficies elevadas, que hacen rellanos en el relieve, y a cuya dinámica dedican mucha atención en estos años las investigaciones de Geomorfología.

1. MADRID Y EL SISTEMA FLUVIAL JARAMA-HENARES

1.1. Situación geológica y subsuelo de Madrid

Madrid está edificado entre el modesto valle del Manzanares, afluente del Jarama, y este importante tributario del Tajo. Más concretamente, la antigua villa se asentó sobre la margen izquierda del Manzanares, limitando por el Este con una cañada, que hoy recorre su arteria principal: La Castellana-Paseo del Prado. Su extensión al Este cubrió otra divisoria, hasta otra vaguada de cierta importancia, el arroyo del Abroñigal, con cabecera en los pinares de Chamartín, hoy rama oriental de la vía-cinturón llamada M-30. La expansión urbana ha rebasado estos límites naturales, extendiéndose al Este del Abroñigal y al Oeste del Manzanares, acercándose por el Sur a la confluencia del Manzanares y el Jarama, y llegando por el Norte a los confines del Monte del Pardo.

El casco urbano del Madrid de hoy, aparte de los poblados y urbanizaciones satélites, cubre un terreno desigual, entre altitudes de 580 y 730 metros sobre el nivel del mar. Sus vías y solares discurren por pendientes y excavan terrenos de la Era Terciaria y depósitos del Cuaternario. Estos últimos tienen mucha menor extensión, y se limitan al sistema de «terrazas» del Manzanares.

Los terrenos terciarios de Madrid son propiamente neógenos (o sea, del Terciario superior). Más precisamente, su edad corresponde al estadio Mioceno, que comienza hace cerca de 25 millones de años y termina hace 5.100.000 años. Pero los estratos que afloran en el suelo de Madrid no abarcan todo ese período, sino su parte media, de menos de 18 a más de 12 Ma aA (millones de años antes del actual).

El subsuelo de Madrid es bastante monótono; no obstante, su aspecto —*facies*— cambia de Norte a Sur, o más bien de Noroeste a Sureste. También registra una variación en la vertical. Desde el Pardo, Manoteras y la Casa de Campo hasta El Viso y Chamartín, consta de arenas gruesas, formadas sobre todo por fragmentos de cuarzo y feldespato; mientras que al borde del Manzanares junto a las Sacramentales y la Arganzuela hasta O'Donnell y Vicálvaro, y de ahí hacia el Sur, predominan las margas y arcillas que los canteros de aquí llaman «peñuelas». No se pasa bruscamente de una facies a otra, sino por intercalaciones y alternancias, que se observan en los taludes de la M-30 Este y de la Nacional II, después de Arturo Soria. Este cambio de facies en estratos de la misma edad se llama «lateral», y obedece a que los materiales sedimentarios que formaron la roca proceden, por arrastre, de las Sierras vecinas —que en esa época se estaban aún elevando—; lógicamente, los materiales más gruesos o menos desmenuzados se depositan más cerca del

área madre, de los bordes de la cuenca, y los más finos y que resultan de la alteración de las rocas serranas, llegan más lejos, hacia el centro de la depresión, donde se depositaron en ambientes encharcados o lacustres. Por eso, al Sur y al Sureste, saliendo de Madrid, se encuentran cada vez más yesos, que son rocas salinas, originadas por evaporación en medios palustres y en lagos.

El cambio en la vertical de los estratos neógenos madrileños responde a que éstos se formaron en dos épocas distintas, separadas por una fase de movimientos de la corteza, que hizo bascular los depósitos inferiores —más antiguos—, rompiendo el equilibrio de la superficie; en ésta se produjeron alteraciones y erosiones antes de que se depositaran los sedimentos posteriores que, por eso, son ligeramente discordantes sobre los primeros. Esta discordancia se aprecia bien en diversos lugares de la Meseta, por ejemplo, al Sur de Madrid, cerca de Ciempozuelos. El paquete antiguo está formado fundamentalmente por «peñuelas»; en general, sus sedimentos contienen más minerales de alteración que los del paquete superior: éste acusa por ello un clima ligeramente más árido.

Las arcillas del subsuelo de Madrid contienen minerales capaces de absorber grandes cantidades de agua, por lo que son hinchables (y tienen importantes aplicaciones industriales): en esta Villa, junto con el poder de los escapes de agua para desplazar arenas, son causa de los frecuentes «socavones».

1.2. Fauna y edad del subsuelo de Madrid

Son escasos los fósiles que ayuden a fechar las peñuelas inferiores de Madrid. En cambio, las arcillas superiores en Vallecas y las arenas (con intercalaciones de transición) de Paracuellos de Jarama, contienen fósiles de mamíferos relativamente abundantes, que permiten reconstruir la fauna que poblaba la depresión castellana en aquella época. Todas sus especies y género ya se extinguieron hace tiempo. Junto a un lejano pariente del caballo, el *Anchitherium*, recién inmigrado de Norteamérica, pacían en amplias sabanas, quizá arboladas, varias especies de primitivos ciervos, un primitivo y grácil antílope llamado *Eotragus*, una especie precursora de las jirafas, pero de talla aún modesta, *Triceromery pachecoi*, y un rinoceronte adaptado a comer hierba, *Hispanotherium matritense*, buen corredor y abuelo de una familia de grandes rinocerontes adaptados a la estepa que en épocas más tardías poblarían el Asia central, los *Iranotheriinos*. Un lejano pariente de las liebres, *Lagopsis peñai*; mastodontes que dejaron en el fango esqueletos enteros en Mirasierra y en el barrio de La Estrella, un pariente extinguido de los jabalíes *Hyootherium soemmeringi matritensis*, y varios carnívoros, como el *Amphicyon* (entre can y oso) y el *Pseudailurus*, un gato antecesor de los félidos modernos, completan el cuadro. Junto con ellos, o en solitario, aparece a menudo un curioso animal, una tortuga gigante llamada *Testudo bolivari*, de la que se han encontrado las grandes corazas en la Ciudad Universitaria y en Alcalá de Henares, y se destrozan todos los días en solares madrileños y en la explotación de sepulcra del Cerro de Almodóvar, en Vallecas.

Las tortugas de Bolívar vivieron largo tiempo en la península, desde Avila hasta Barcelona: entre hace unos 17 y unos 10 millones de años.

El *Triceromeryx* y el *Hispanotherium* se han encontrado en Turquía recientemente, en terrenos más o menos de la misma edad.

El conjunto de las faunas de Madrid es muy semejante al de otras faunas fósiles conocidas de Francia y Europa Central, que se han podido datar en unos 15 ó 16 millones de años.

FAUNAS DE VERTEBRADOS FÓSILES DEL MIOCENO MEDIO DE MADRID

	Puente de Vallecas	Paracuellos de Jarama
ROEDORES		
<i>Fahlbuschia larteti</i>	+	
LAGOMORFOS		
<i>Prolagus oeningensis</i>	+	
CARNIVOROS		
<i>Pseudaelurus larteti</i>	+	(1)
<i>Pseudaelurus quadridentatus</i>	+	(1)
<i>Amphicyon major</i>	+	+
<i>Hemicyon sansaniensis</i>	+	
PROBOSCIDEOS		
<i>Gomphotherium angustidens</i>	+	
PERISODACTILOS		
<i>Macrotherium grande</i>		+
<i>Anchitherium aurelianense</i>	+	
<i>Dicerorhinus sansaniensis</i>	(1)	+
<i>Dicerorhinus tagicus</i>		+
ARTIODACTILOS		
<i>Hyotheium soemeringi matritensis</i>	+	+
<i>Listriodon lockarti</i>	+	
<i>Lagomeryx parvulus</i>	+	
<i>Dicrocerus elegans</i>	+	
<i>Heteroprox larteti</i>	+	(1)
<i>Palaeoplatyceros</i> sp.	+	
<i>Micromeryx fluorensianus</i>	(1)	+
<i>Palaeomeryx</i> cf. <i>garsonnini</i>	+	
<i>Eotragus sansaniensis</i>	(1)	
REPTILES		
<i>Testudo bolivari</i>		+
Cocodrilo indeterminado		+

(1) El mismo género; especie insegura.

1.3. Las terrazas cuaternarias del Jarama y el Henares

A lo largo del Cuaternario se alternaron épocas de acumulación de hielos sobre los continentes árticos y épocas de fusión y retirada de los glaciares; consecuentemente bajó y subió el nivel de los mares

en todo el mundo. También alternaron largos períodos de sequía y de lluvias abundantes. Con todos estos cambios han variado el caudal, la velocidad de corriente, la capacidad de transporte y la acción erosiva de los ríos, también de manera alternada. Así se fueron encajando en los depósitos de la Meseta las redes fluviales, o sea, los grandes ríos y sus afluentes, esto es con fases de excavación y fases de sedimentación. Al comienzo del Cuaternario los perfiles de los valles eran anchos y poco hondos. Sobre su fondo, como de atesa, quedaron depositados cantos, gravas, arenas. En la fase siguiente el río excava más hondo dentro de límites más estrechos, y vuelve a rellenar en parte cuando cesa la excavación. Ha cavado y vuelto a arrastrar parte de sus propios sedimentos de la fase anterior; pero otra parte de estos sedimentos queda expuesta, como colgada, apoyada sobre el sustrato más antiguo, en el resalte o talud de la excavación siguiente. Los nuevos depósitos también serán a su vez excavados en un valle más estrecho; los que queden sin excavar volverán a aparecer colgados a un lado o a los dos de la fosa, más estrecha y más profunda cuanto más moderna, del valle. Este tipo de depósitos en escalones a los lados de los ríos y sus vegas se llaman «terrazas». Suelen ser buenos para el cultivo, pero se les explota, sobre todo en los alrededores de las grandes ciudades, como fuentes de materiales de construcción, concretamente los que se llaman «áridos»: cantos rodados, gravas, gravillas y arenas. Estas explotaciones en Madrid reciben el nombre de «areneros».

La carretera N-II desciende en escalones las terrazas del Jarama, desde el cruce con Arturo Soria hasta San Fernando de Jarama, en el Km. 12. Al otro lado del puente remonta de nuevo el sistema de terrazas, más abrupto. En una terraza a media altura, muy cerca del puente, se recogieron unos enormes molares del elefante prehistórico *Palaeoloxodon antiquus*. El aeropuerto de Barajas está construido en el rellano de una terraza del Jarama. Entre Alcalá de Henares y Guadalajara la carretera discurrirá más de veinte kilómetros por una terraza del Henares (ver T. Aleixandre y otros, 1974).

2. EL NEOGENO DE LA MESETA ALCARREÑA

2.1. La Meseta en Alcalá de Henares y Santos de la Humosa

A nuestro paso por Alcalá de Henares, la excavación de este río a través de los terrenos terciarios nos deja ver un corte natural de más de 100 metros de estratos neógenos en el flanco del Cerro del Viso; los términos medianos se siguen viendo en la pendiente que remonta la carretera a Loeches. Royo y Gómez estudió los terrenos al hacer el mapa geológico de esta zona (1928).

La facies del Mioceno difiere aquí de las que hemos visto en Madrid. Ante todo llaman la atención los fuertes colores rojos y violáceos, que contrastan vivamente con los blancos y grises de la facies madrileña. Sin embargo, la edad de uno y otro paquete de sedimentos puede ser, al menos aproximadamente, la misma.

Las capas más bajas que afloran en la serie de Alcalá de Henares son de arcillas rojizas, que se explotan en numerosos tejares, quizá desde la época

romana, y aun antes. Las arcillas se hacen finas, violáceas y agrisadas a mitad de la cuesta, donde es frecuente hallar caparazones de la tortuga gigante de Bolívar. En cambio, falta una fauna de mamíferos, como la de la facies de Madrid; Royo y Gómez creó una nueva especie para un pariente antiguo de las liebres, el *Lagopsis peñai*, encontrado en estas cuestas del Viso.

El corte concluye, en la mesa que corona el Cerro del Viso, con una tabla de alizas y conglomerados del Mioceno superior o el Plioceno.

Después de pasar de Alcalá, dejamos al Sur (a la derecha), en el límite provincial entre Madrid y Guadalajara, otros cortes naturales de la serie neógena, como el de Santos de la Humosa y Chiloeches. En el primero, las calizas lacustres que forman la tabla superior de la meseta son poco potentes, y se explotan en canteras para la fábrica de cemento que hay en Meco. Los cortes de explotación de la cantera dejan ver las últimas fases de sedimentación neógena y los procesos de alteración y morfogénesis debidos a los movimientos de la

meseta y a las oscilaciones climáticas del Plioceno y el Cuaternario (estudio de Pérez Mateos, Vaudour, y Pérez González y otros).

2.2. Las cuestas de Valdenoches y Torija. Las calizas de Gajanejos.

Después de cruzar el Henares, hacia su margen izquierda, al Sur, la carretera comienza a remontar, en la circunvalación de Guadalajara, la serie miocena, que aquí presenta una facies rojiza de arcillas arenosas. Las colinas que rodean Guadalajara son testigos de los procesos cuaternarios de erosión, por barrancos de una red fluvial hoy casi muerta. La mayor abundancia de materiales gruesos en los sedimentos indica que estamos lejos del centro de la cuenca.

Un precioso valle muerto, paralelo al Henares y capturado por una red transversal a éste es el de Valdenoches, flanqueado por dos cuestas muy pintorescas, donde encontramos una serie miocena

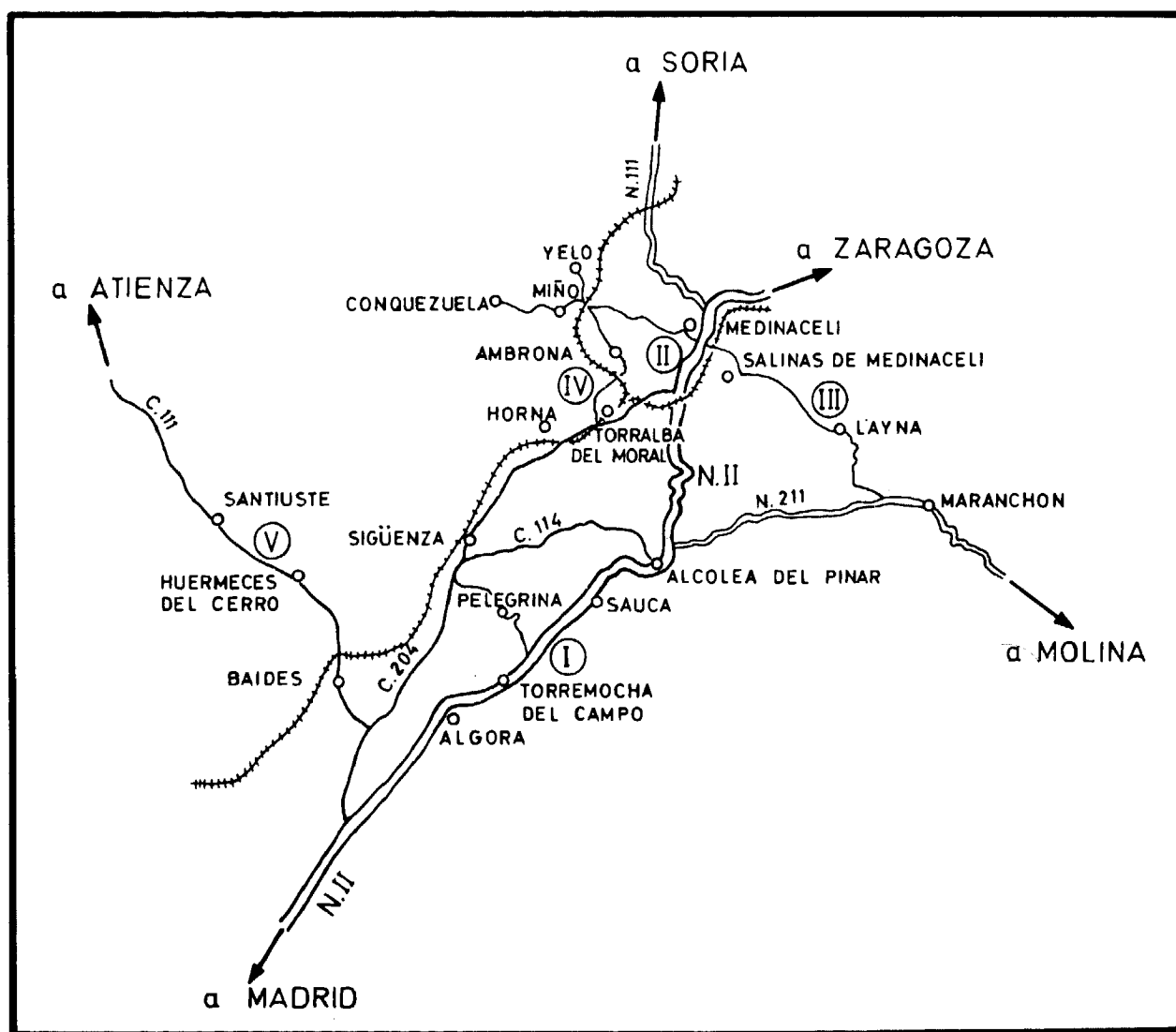


Fig. 1.—Mapa itinerario y situación de los yacimientos.

muy típica de esta región: arcillas arenosas rojizas abajo, estratos blanquecinos de margas yesíferas arriba, y las calizas lacustres coronando lo que llaman aquí Llano del Serval, que la carretera remontará bruscamente llegando a Torija —plaza fuerte bien situada dominando el valle y los accesos, con sus murallas y castillo restaurados: en éste tuvo su cuartel el Empecinado en la guerra de guerrillas de la Independencia.

Desde ahora, la carretera N-II ha abandonado el valle del Henares y corre por una lengua de meseta respetada por la excavación de los ríos cuaternarios, en la divisoria entre este río y el Tajuña. De vez en cuando, la vía cruza alguna cabecera, escavada por la erosión remontante.

En Gajanejos se puede apreciar el origen lacustre, o palustre, de estas calizas, porque en ellas se aprecian moldes negativos y conchas conservadas, en gran cantidad, de típicos moluscos dulceacuícolas, como *Limnea* y *Planorbis*. Las calizas son duras para el labrantío. Su alteración en el Plioceno formó suelos aptos sólo para vegetación de tipo «mancha», característica de los países mediterráneos, de la que quedan algunas reliquias después de sufrir las crisis climáticas cuaternarias.

2.3. El borde de la Meseta en Algora

Nos acercamos al borde de la depresión, en que se formó la Meseta a lo largo de los 20 millones de años que duró el Mioceno. Pasada la bifurcación de Sigüenza, vemos que las calizas pierden su horizontalidad: se han plegado por los empujes de una fase epiorogénica, que hemos llamado Ibero-manchega, y que Royo y Gómez acertó en datarla como del final del Plioceno inferior. Vemos ya al fondo los primeros relieves, muy suaves, de la rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

Pasaremos, casi sin sentirlo, de las calizas miopliocenas, modernas, a las viejas calizas y margas jurásicas plegadas por las orogenias alpinas. La erosión del relieve de éstas y la acumulación de sus productos en la depresión a lo largo del Mioceno dio lugar a que, comenzando ya el Plioceno, enrasaran prácticamente la superficie de erosión de la Sierra y la del relleno. Así hubieran quedado las cosas si, después de esta nivelación, nuevos movimientos post-alpinos no hubieran alterado de nuevo la topografía. Pasado ya el borde de la Sierra, en Algora, vemos manchas de caliza del último episodio lacustre, depósitos de cantos del Plioceno medio o superior, postectónicos, y suelos rojos que rellenan, con fauna, fisuras cársticas en las calizas.

3. LA RAMA CASTELLANA DEL SISTEMA IBERICO

3.1. Una breve serie cretácica

Pasado el caserío de Algora, la carretera N-II trepa a un bloque de este borde de la Cordillera Ibérica, limitado por fallas, constituido por una serie de sedimentos del Cretácico, casi completa, aunque con poca potencia. El mar cretácico que comunicaba el recién abierto Atlántico norte y golfo de Vizcaya con el Mediterráneo, aislando las Mesetas y Galicia, se extendió por el Oeste más allá del meridiano de Madrid, pero con fondos muy someros, en general,

por estas regiones castellanas. El relieve en el Jurásico y Cretácico era, pues, al revés que en el Cenozoico: la meseta estaba elevada y gran parte de lo que hoy es la Cordillera Ibérica era zona deprimida, cuenca de sedimentación marina, cuyos depósitos de margas y calizas se elevaron más tarde, en el Paleógeno —o primera mitad de la Era Terciaria—, sobre todo con los plegamientos alpinos.

La carretera, después de la curva en que gana aquí sus cotas más altas, alcanza los términos del Cretácico superior, representados por calizas de origen marino, para descender, a favor de recientes procesos erosivos, pasando de arriba a abajo (de «techo» a «muro») los términos margosos del Cretácico medio, Cenomanense, y las calizas masivas del Infracretácico, formadas por arrecifes a favor de la subsidencia del fondo marino, de edad Urgoniense-Aptense. No se pueden aquí reconocer fósiles, porque los procesos de diagénesis y recristalización han borrado por completo las estructuras de los esqueletos o conchas de invertebrados, pero hay trazas de que debieron de abundar los Equinodermos en uno de estos tramos.

Por fin, debajo de las calizas, aflora la base del Cretácico con la abigarrada coloración de las arenas de sílice, teñidas por óxidos, de la facies Weald, que es muy característica en todo el Sistema Ibérico. Aquí se explotan en una modesta cantera, a la derecha de la carretera. En dos minutos hemos recorrido una historia de más de 70 millones de años (entre hace unos 140 Ma y 65 Ma aA).

Delante, surgen nuevos relieves, formados por otras calizas, más parduzcas por la alteración. Son de edad más antigua, del Jurásico inferior o Liásico (195 a 180 Ma), y afloran aquí por una falla entre ellas y el bloque cretácico que acabamos de atravesar.

3.2. Los mares del Jurásico inferior

Los terrenos del Jurásico en la rama Castellana del Sistema Ibérico han sido estudiados por notables geólogos desde el siglo XVIII. Actualmente se investigan de nuevo, para precisar en detalle su fauna fósil, su secuencia estratigráfica y su historia paleogeográfica. El iásico, o Jurásico inferior está muy bien representado, con ricos yacimientos de invertebrados marinos.

La carretera, antes de llegar a Torremocha, corta una de estas elevaciones en el Km. 117, donde se pueden recoger diversos fósiles muy representativos de la fauna que poblaba estos mares y litorales. Mejores afloramientos de todo el Jurásico se encuentran en los relieves de esta zona de la Ibérica, más hacia el Sur y el SE, en múltiples parajes, como por ejemplo Tortonda y Maranchón. Todo el valle alto del Tajuña y del Tajo, con sus otros afluentes en este sector, son muy fosilíferos; recientes trabajos han revelado incluso la presencia de reptiles acuáticos en algunos tramos marinos y de dinosaurios en horizontes continentales. Las series liásicas entre Alcolea del Pinar y Mazarete han sido recientemente ilustradas por Yébenes, Goy y Comas.

I. YACIMIENTO LIASICO DE TORREMOCHA

Los niveles inferiores de la formación Turmiel (Liásico superior), bien estratificados, aparecen junto a la carretera en el Km. 117, si bien a veces

aparece rota su continuidad por fallas de poco salto, y son muy fosilíferos.

Subiendo a la derecha de la carretera, antes de la curva a la izquierda y a la vista de Torremocha, entre un campo labrado y el baldío de la colina, se van alternando niveles de playa y de plataforma de escasa profundidad, o sea bentónicos. Se encuentran, aislados por la erosión o cementados en los estratos y cantos sueltos, apenas rodados, fragmentos de belemnites y ammonites, abundantes braquiópodos —entre los que llaman la atención los Rinconélidos, muy populares en la región, donde se les conoce como «gallinitas» o «palomitas»— y conchas de muy variados moluscos. Los fósiles de ammonites son en este lugar infrecuentes y, en general, incompletos. Abundan más los Terebratulidos y Rinconélidos (Braquiópodos), y las pequeñas y esculpidas conchas de plicátulas, moluscos bivalvos emparentados con las ostras. Otros bivalvos se encuentran sólo en estado de moldes de relleno, pero se conservan conchas, más o menos completas de pectínidos del género *Janira* (de la familia de las vieiras), y de *Lima*, grandes, lisas y redondas. Entre los ammonites se ha reconocido el género *Dactylioceras*, y entre los braquiópodos se encuentran *Spiriferina*, *Lobothyris*, *Stolmorhynchia*, *Aulacothyris*, etc.

El castillo de Torremocha se alza sobre las calizas con que termina el Lías y comienza el Dogger o Jurásico medio.

3.3. El Triásico

Entre Torremocha y Saúca, la carretera sube un «puerto» para volver a bajar, después de recorrer una serie de badenes, donde el trazado sigue la superficie ondulada de los pliegues, casi regulares del Jurásico. A los lados se aprecia el paisaje característico de la vegetación autóctona, típica de la mancha mediterránea.

Pasado Saúca, al acercarnos a Alcolea del Pinar, nos adentramos hacia los núcleos de la rama castellana del Sistema Ibérico, constituidos por los terrenos antiguos que afloran en esta parte: el Triásico, primer sistema de la Era Secundaria (232 a 195 Ma). Más al Norte, en esta provincia de Guadalajara se ha identificado el Pérmico (285-232 Ma) y más al Este, cerca de Aguilar de Anguita y Los Casares, afloran pizarras más antiguas.

El Triásico, en esta facies muy extendida por toda Europa, y que los geólogos llaman «Germánica», está formado por tres grupos de sedimentos muy característicos, de donde le viene el nombre, y que aparecen, en general, como tramos sucesivos, pero sin ser absolutamente sincrónicos en todas partes; a veces se intercalan unos con otros, o cambian «lateralmente», a merced de ligeros cambios geográficos en la época de sedimentación de estos depósitos. Los más bajos suelen ser conglomerados de cantos, a veces muy grandes, de cuarcita, intercalados o remontados por gruesos paquetes de areniscas rojas (rodeno) o abigarradas: es la facies «Buntsandstein» o «Bunter». En posición normalmente intermedia se hallan características calizas tableadas con fósiles de moluscos, por lo que se llamó a esta facies «Muschelkalk». En esta región se registran los máximos avances de este mar —el Tetys— al Oeste, por lo que era muy somero, y apenas hay moluscos: ocasionalmente se intercalan horizontes emergidos, con huellas de vertebrados, y en otros casos hay hue-

llas de estromatolitos. Las facies que acaba dominando en los últimos niveles del Triás es el «Keuper», formada por arcillas teñidas de gris, o verde, o rojo vino y ricas en yesos y cloruros que se explotan en la región, como sal gema; su formación se debe a la evaporación intensa en grandes lagunas o mares someros y cerrados, y concluye con una tabla de calizas arcillosas y dolomitas.

Estos tramos afloran en suaves anticlinales, a menudo fallados. En los bordes de las fallas se hacen visibles los tramos inferiores. El Keuper, más plástico, hace de almohadilla o lubricante, y así, en los páramos, aparecen falsamente horizontales las mesas de calizas detríticas rosadas o «carnias» que marcan la transición al Lías y los términos jurásicos superiores.

Entre Alcolea, con ya escasos pinares residuo de los que fueron más extensos en el Cuaternario, y Esteras, pasamos la divisoria entre la cuenca del Tajo, atlántica, y la del Jalón, tributaria del Mediterráneo a través del Ebro.

II. YACIMIENTO DE ARAGONITOS

En yesos del Keuper, cerca de Arbujuelo y de Medinaceli, se encuentran yacimientos de un mineral descrito por primera vez por el Padre Torrubia en 1754, y que hoy tiene gran interés en mineralogía y en paleogeografía.

En los sedimentos del Keuper, después de depositados, se formaron por diagénesis y movimientos intrasedimentarios de iones, unos minerales muy curiosos, que se han llamado aragonito, recibiendo el nombre de Molina de Aragón, un poco más al Sur en esta comarca. Son cristales rómbicos de carbonato de cal, que normalmente cristaliza en otro sistema, el hexagonal. Los cristales rómbicos se presentan en agregados de tres prismas, con sólo una falsa apariencia hexagonal, formando típicas maclas de color rojo, violeta o verde; a veces forman maclas múltiples muy pintorescas.

4. EL CALIDO PLIOCENO DE LAYNA

4.1. Las Parameras de Molina y el karst de Layna

A más de 1.000 metros de altitud, la rama Castellana de la Cordillera Ibérica, toma un aspecto singular. No se distinguen montañas o picachos recortados, y los valles son suaves y blandos como todo el relieve en una gran extensión, de la que apenas resaltan algunas cotas dominantes, unos 100 ó 200 metros como mucho sobre la superficie. Es el altiplano, que en esta región recibe el nombre de páramo o «parameras», apellidadas con el nombre de Molina de Aragón, importante ciudad fortificada en la época de los Taifas.

Las alturas de Sierra Ministra son el testigo de relieves mayores, surgidos en las fases de actividad orogénica alpina o postalpina, que fueron arrasados por la erosión a lo largo del Mioceno, mientras que rellenaba la depresión de la Meseta, con los detritus resultantes de la erosión de las alturas. Las rocas expuestas a los agentes meteóricos se alteraban y descomponían en fragmentos (cantos) o en finas partículas minerales (arenas y arcillas). Donde crece la vegetación, arbórea o herbácea, se altera más

profundamente el terreno y se forman suelos. Al destruirse la vegetación, los materiales rocosos descompuestos se redepositan en los vanos, son arrastrados a las vaguadas, o transportados por los cursos de agua a las grandes depresiones. De este modo se forma lo que los geólogos llaman una «superficie». Cuando se renueva el relieve, el proceso vuelve a comenzar. Schwenzner llamó M-3 a esta superficie, que se terminó de formar al final del Plioceno inferior, hace muy poco más de 4 millones de años.

En esa época, las playas de las Canarias albergan una fauna de moluscos típica de mares ecuatoriales, como la actual del golfo de Biafra. En los sedimentos del fondo del Mediterráneo se registran fuertes alternancias de épocas frías y cálidas, y sobre Groenlandia comienza a formarse el casquete polar ártico. El Plioceno inferior se caracteriza por una transgresión del Mediterráneo llamada Zanclicense. Formada la superficie M-3 y entre esas primeras crisis climáticas, se produce un basculamiento de la Meseta con ligeros plegamientos en su borde. Reanimado así el relieve, se reactivaron en consecuencia la erosión y sedimentación, y se produjeron importantes procesos cársticos en las montañas calizas del borde occidental del Mediterráneo.

A consecuencia de esta actividad, la mesa caliza de las Parameras encubre una amplísima red de cavidades por las que circula en cantidad agua subterránea, que alimenta el caudal del Jalón, resurgiendo en fuentes y manantiales como los de Urex y Arbujuelo. Muchas dolinas han quedado al descubierto por fenómenos erosivos posteriores: sus cavidades, más o menos colmatadas por rellenos infiltrados, aparecen hoy a nuestros ojos como hoyas bien delimitadas, porque son precisamente las manchas de terreno cultivable, en medio del páramo baldío donde sólo asientan matas casi raquíticas o almohadilladas propias de una vegetación de altura resistente a las heladas y al viento. El vertido de las dolinas al valle se señala por barrancos afluentes.

Este paisaje es el que se recorre, tomando la carretera que, en el Km 150 de la N-II, sale hacia el Sur y conduce a Maranchón. Luego de cruzar un paso a nivel y el Jalón, pasa junto a Salinas y a sus explotaciones medievales de sal gema, que debió de bordear el Cid, cuando abandonó Medinaceli, según reza su Cantar (1). Las sales proceden de los depósitos del Triásico superior. La carretera, después de remontar los últimos horizontes triásicos, discurre sobre el páramo, cuya superficie está constituida aquí por las carníolas, esto es calizas dolomíticas sonrosadas del Triásico final y el Liásico inferior, depositadas hace unos 185 a 175 millones de años.

III. EL YACIMIENTO DE LAYNA

Un importante relleno de dolina, constituido en buena parte por suelos rojos hundidos y encostamientos calizos, se pone al descubierto por la erosión del techo de la cueva, en una cabecera de barranco, cerca de la era de Layna, en un paraje que llaman Cerro Pelado. Dos hermanos, Ramón y Antonio Maestro, advirtieron el intenso color rojo de los sedimentos, y también que contenía estalagmitas y huesos de mamíferos. Cavaron varios metros y comunicaron su descubrimiento. El lugar empezó a denominarse la Mina. Se amplió la cata y se to-

maron muestras en los últimos años de la década de los 60; en 1972 se hizo una excavación preliminar gracias a una ayuda de la *National Geographic Society*, y a continuación ICONA compró el terreno y lo protegió para la ciencia, constituyendo la primera Reserva Paleontológica de nuestro país. Por falta de subvenciones adecuadas no ha podido desarrollarse un plan sistemático de excavaciones, que habría proporcionado datos de interés sobre el desarrollo del karst, la evolución de la fauna y su relación con la altitud y el clima, el comportamiento de las especies, en fin, una información paleoecológica importante, que quizá podamos tener algún día.

Por ahora, se han hecho estudios preliminares sobre la fauna, y se han investigado en detalle algunos grupos. Los restos esqueléticos aparecen dispersos, y a veces en grandes concentraciones, en los sedimentos arcillosos o calcáreos que rellenaron la antigua dolina, cegando una cavidad de varios metros cuyo techo se hundió en una interfase del ciclo cárstico. Los estudios paleontológicos sobre layna se deben a Crusafont, Aguirre, Michaux, Dolores Soria, Nieves López, J. Morales, J. L. Sanz, J. Santafé, J. Golpe, H. de Bruijn y otros.

La fauna de Cerro Pelado contiene varias especies de herbívoros y de carnívoros, un gran rinoceronte y un primate, un gran lagarto y serpientes, pero sobre todo una variedad extraordinaria de roedores y lagomorfos, cuyos huesos y dientes se pueden recoger a millares, bien lavados por las lluvias o cribando sedimentos. Entre los lagomorfos destaca el conejo fósil más antiguo que se conoce, esto es el primer representante del género *Oryctolagus*.

Hay un équido (familia del caballo) y tres bóvidos: una gacela muy abundante, un bovino y un caprino. No se han encontrado hasta ahora ciervos ni jabalíes. Se han reconocido 6 especies de carnívoros: dos hienas, un oso enano, un cánido con una extraña historia en Europa, un lince y un félido «dientes de sable» (o macairodonte). Sólo de roedores se han identificado 15 especies.

LISTA DE LAS ESPECIES FOSILES IDENTIFICADAS DEL YACIMIENTO PLIOCENO DE LAYNA

AMPHIBIA:

Cf. *Bufo* sp.

REPTILIA:

Varanus sp.; Serpentes; Chelonia.

MAMMALIA:

Insectívora:

Episoriculus gibberodon; *Erinaceus* sp.

Primates:

Dolichopithecus rusciniensis.

(1) *Poema del Cid*, Ed. Bergua, Biblioteca de Bolsillo, Madrid, 1934, cantar segundo, 83, pp. 140-146.

Rodentia:

Stephanomys donnezani; *Castillomys crusafonti*; *Occitanomys brailioni*; *Anthracomys meini*; *Apodemus* sp. cf. *dominans*; *Apodemus jeanteti*; *Rhagapodemus frequens*; *Blancomys neglectus*; *Ruscinomys europaeus*; *Trilophomys pirenaicus*; *Mimomys stehlini*; *Sciurus* sp.; *Hypnomys* sp.; *Eliomys intermedius*; *Hystrix* sp.

Lagomorpha:

Prolagus aff. *michauxi*; *Prolagus ibericus*; *Oryctolagus laynensis*; *Lepus* sp.

Carnivora:

Nyctereutes donnezani; *Ursus ruscinensis*; *Euryboas lunensis*; *Hyaena pyrenaica*; *Lynx* aff. *issiodorensis*; *Machairodontini* gen.; *Felini* gen.

Artiodactyla:

Gazella borbonica; *Leptobos* sp.

Perissodactyla:

Hipparion fissurae; *Dicerorhinus* sp. cf. *megarhinus*.

La lista de las especies fósiles del yacimiento de Cerro Pelado (o «La Mina») es reveladora respecto a la edad del Karst de esta región y de la tectónica que lo reaviva, pero también permite inferir el paisaje y el clima en aquel tiempo.

La fauna recogida —orictocenosis— parece corresponder a la asociación de cadáveres enterrados o arrastrados al interior de la dolina —tafocenosis—, pues no hay señal de ningún agente seleccionador entre los restos óseos de vertebrados, ya que la brecha contiene huesos de un rinoceronte, grandes hienas y herbívoros de la talla, por lo menos, de un gamo, entre la multitud de minúsculas piezas de topillos, lirones y musarañas. Por otra parte, la tafocenosis parece ser representativa de la *biocenosis*, o sea, de la comunidad de vertebrados que en aquella época formaba parte del ecosistema, de modo que permite inferir deducciones válidas acerca de ésta. Esta apreciación se basa en que la composición registrada apenas difiere de las faunas más ricas y mejor conocidas de Europa y los países mediterráneos en épocas semejantes, en las que normalmente se cuenta una (raramente dos) especie de primates, y otro tanto de rinocerontes; una sola especie de équidos entre varias de bóvidos es normal, incluso en las modernas faunas de África, y todas las familias modernas de grandes carnívoros de Europa están asimismo representadas, con cinco especies, número que superan muy pocos yacimientos. Queda

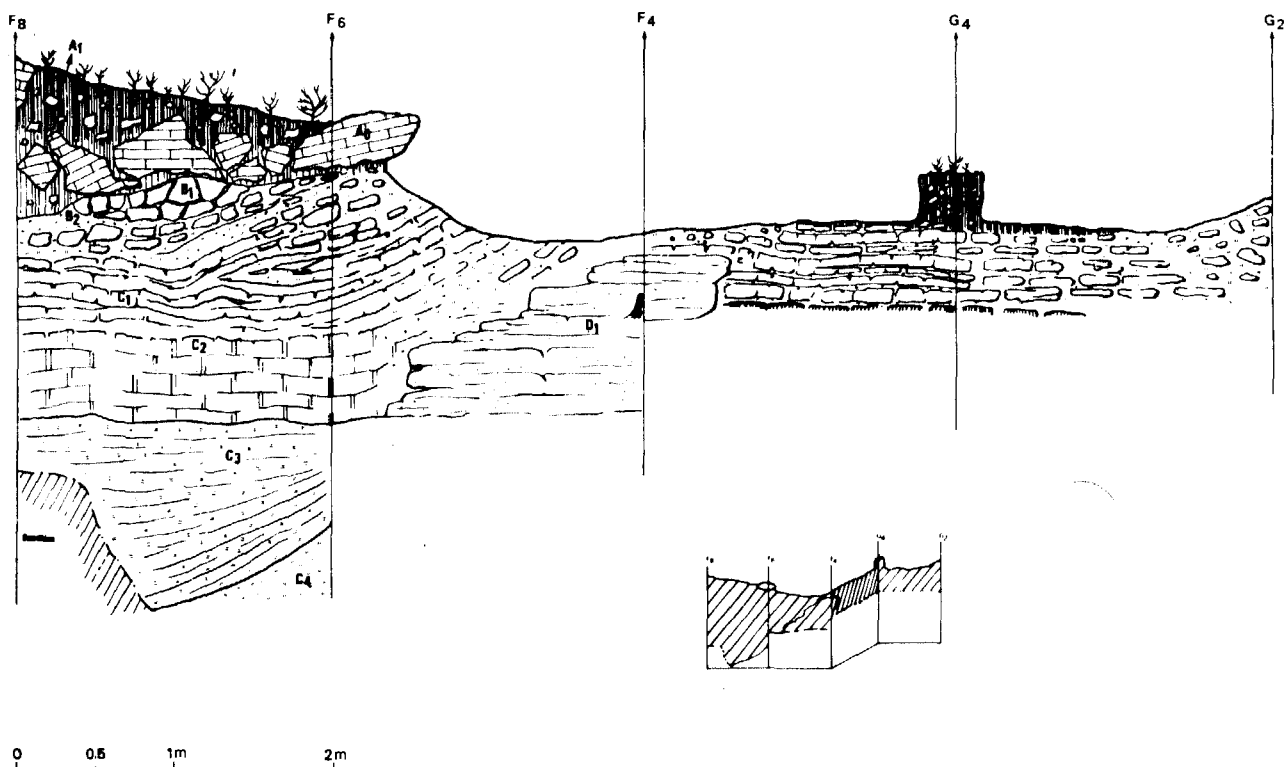


Fig. 2.—Corte geológico del yacimiento plioceno de Cerro Pelado en Layna (Soria). Las letras F y G con subíndices se refieren a vértices de la cuadrícula de excavación; A₀.—Restos de la roca madre y techo de la dolina; A₁.—Suelo vegetal complejo; B₁.—Relleno final de bloques y cantos; B₂.—Relleno de cantos y arcilla; C₁.—Brecha fosilífera arcillosa o carbonatada; C₂.—Brecha fosilífera bastante carbonatada; C₃.—Relleno arcilloso; C₄.—Arcilla; D₁.—Antiguo relleno y bloques de techo hundido, estalagmitizados.

por explicar la falta de alimañas, pequeños carnívoros de la variada familia de los Mustélidos, y de Aves: alguien debía preñar sobre la muchedumbre de roedores. Por lo demás, la falta de algún gran proboscídeo, común en esa época en Europa, sí puede atribuirse a limitaciones del medio, por ser los huesos de estos enormes mamíferos muy infrecuentes en las fisuras y dolinas. La ausencia de súidos —jabalíes— no es anómala en el contexto que, como ahora veremos, no acusa la proximidad de terrenos blandos y forestados.

En efecto, el predominio de gráciles hipariones y gacelas en medio de una pobreza de otros rumiantes, junto con la abundancia de roedores en los que predominan formas hipsodontas (con dientes de coronas altas) coinciden en indicar un ambiente de estepa o sábana, con gramíneas abundantes en los valles. Esta vegetación, igual que los sedimentos, el suelo y el desarrollo del karst atestiguan un clima cálido, con una estación de lluvia abundante, comparable al actual de las mesetas del África oriental. Las diferencias con otras faunas de época parecida corresponden a la altitud y a la posición interior o continental de Las Parameras.

Respecto a la edad, un alto porcentaje de especies de Cerro Pelado eran conocidas y características de la fauna rusciniense de Serrat d'en Vacquer,

en Perpignan, y su asociación de roedores coincide básicamente con las de otros rellenos cársticos del Mediodía de Francia, de hacia la mitad del Plioceno. En Layna aparecen tendencias progresivas en algunas formas, y una hiena, *Euryboas lunensis*, de hábitos predadores, característica de las faunas villafranchienses, más modernas (desde 3,4 Ma a cerca de 1 Ma aA), y el *Oryctolagus* (conejo) más antiguo que se conoce: por ello podemos pensar que el tiempo en que vivió esta fauna es ligeramente más moderno que el del típico conjunto rusciniense de Perpignan.

5. HIELO Y CAZA EN EL PLEISTOCENO MEDIO: TORRALBA Y AMBRONA (SORIA)

5.1. Descubrimiento y campañas de excavación

Como tantas veces ocurre, el descubrimiento de uno de los más importantes yacimientos achelenses de Europa fue fortuito, en el curso de unas obras, hace ya cerca de un siglo. Construido el ferrocarril Madrid-Zaragoza, se trataba de enlazar Pamplona y la Rioja con la capital de España a través de Soria,

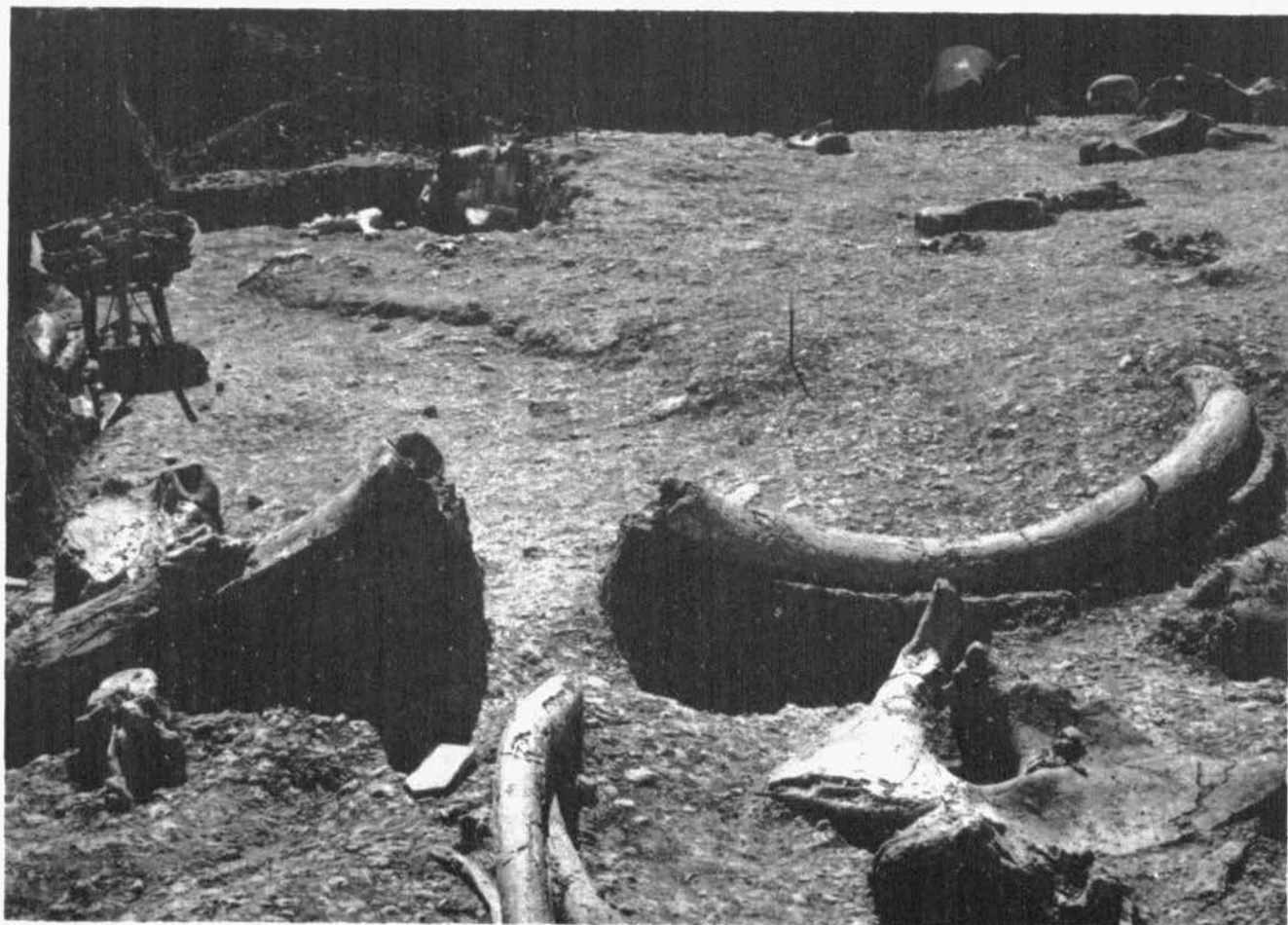


Fig. 3.—Ambrona (Soria): extensión de la excavación en 1963. En primer plano, centro, dos defensas de hembra del elefante *Palaeoloxodon antiquus* cruzadas, y a la derecha dos huesos de la cadera; detrás de éstas una defensa de macho, y a su izquierda dos paletillas y una vértebra lumbar de la misma especie.

mediante un empalme en los pareses próximos a Sierra Ministra, donde la línea Madrid-Zaragoza alcanzaba cotas más altas. Así se evitaría tener que abrir nuevos túneles como el de Horna, que cruza bajo tierra la divisoria entre los valles del Henares y el Jalón.

Junto al caserío de Torralba del Moral (provincia de Soria), a la salida del túnel de Horna, se hizo el empalme y, poco después, una estación, hace casi justo un siglo. Al enterrar una tubería para el suministro de agua desde una fuente próxima, las piquetas dieron con enormes huesos y defensas de elefantes prehistóricos. No sabemos que entonces se tomaran interés en ello las instituciones académicas, pero el descubrimiento quedó guardado en la memoria de los trabajadores del lugar. Por ellos llegó al conocimiento de dos hombres, un sacerdote y un aristócrata, inquietos por las ciencias del pasado: don Justo Ju-

berías y el Marqués de Cerralbo. Este investigaba monumentos arqueológicos en el alto Jalón, en sus temporadas de verano, y decidió hacer excavaciones en Torralba, proveyendo a don Justo de obreros, medios y papeles pautados para que le diera el parte diario de los hallazgos y marcha de las operaciones. La excavación duró de 1909 a 1911, y el último año abrió dos o tres calicatas en la llamada «Loma de los Huesos» cerca de Ambrona.

La magnífica colección de fósiles y utensilios líticos de las excavaciones Cerralbo-Juberías nunca estuvo reunida. Parte fue el Museo Nacional de Ciencias Naturales, debido a la colaboración de Cerralbo con el profesor Eduardo Hernández-Pacheco en aquel tiempo; parte fue donada al Museo Celtibérico de Soria, y el resto, que quedó en las mansiones y Colección de Cerralbo, fue donado por sus herederos



Fig. 4.—Ambrona (Soria): conjunto de huesos de *Palaeoloxodon antiquus* del Pleistoceno medio, conservado en el Museo *in situ*. Primer plano a la izquierda, proyectando sombra, mandíbula (boca abajo); a su derecha, las dos unidades del premaxilar, y a su izquierda, en segundo plano, vértebras cervicales y una muela de arriba.

al Museo Arqueológico Nacional en fechas más recientes.

Entre 1961 y 1963, F. Clark Howell, entonces en la Universidad de Chicago, dirige nuevas excavaciones patrocinadas por la *National Science Foundation*, y autorizadas por la Dirección General de Bellas Artes. Colaboran varios investigadores españoles con los de otros países en un plan interdisciplinar cuidadosamente preparado, y se extiende la excavación en las dos últimas campañas, al fértil sitio de Ambrona, a unos 3 Km. del anterior y en la pendiente opuesta, valle arriba.

5.2. Clima, vegetación y fauna de Torralba

El estudio de los sedimentos, del polen fósil y de los Vertebrados de Torralba y Ambrona estuvo a cargo de los profesores K. Butzer, de la Universidad de Chicago (entonces en la de Michigan), y J. Menéndez Amor y E. Aguirre, del C.S.I.C. en Madrid, respectivamente; con ellos colaboraron otros especialistas, como C. Fuentes Vidarte, H. D. Kahlke, F. Prat y otros. Se han publicado notas preliminares, pero no ha sido posible completar aún el estudio de los varios miles de fósiles de vertebrados.

Las especies animales recogidas en Torralba y Ambrona no representan sino una parte de la fauna entonces viviente: la que interesaba al hombre cazador, como recurso, esto es especies de carne. Hay excepciones, como merodeadores molestos —león, lobo—, o algún animal con especial significado como es un macaco. Se encuentra un número notable de especies de aves, algunas en relativa abundancia como las anátidas (dos especies de patos silvestres), y otras propias de la estepa, como una ganga, además de una gran galliforme y rapaces. La inmensa mayoría de los fósiles corresponden a un caballo salvaje, el elefante antiguo —*Palaeoloxodon antiquus*—, venados como el actual, un gamo, un gran toro salvaje y un rinoceronte, el *Dicerorhinus hemitoechus*: las dos primeras especies son las que dominan. La tafocenosis está, pues, determinada por el artificio y preferencias del cazador, pero es bastante para indicar un paisaje con hierba, probablemente en los valles y en la meseta, bosques en las laderas, y un lago o laguna ocupando una depresión del altiplano al pie de Sierra Ministra, más amplio que la reciente laguna de Miño, pues se extendía por gran parte de lo que hoy es el valle del Ambrona (o Mansegal), no capturado todavía por el Jalón en aquel tiempo.

Los diagramas que representan la proporción de polen de diversos grupos de plantas conservados en los sedimentos indican oscilaciones, con más arbolado, sobre todo de coníferas como el pino, en los períodos más templados, y un retroceso del pinar en provecho de la estepa fría del altiplano en las fases más gélidas. Se confirma la existencia de plantas halófilas y de charcas o riberas palustres, algunas con sustanciosos rizomas, como las Ciperáceas.

Los sedimentos indican también una secuencia alternante, con períodos algo benignos, en que sube el nivel del lago y se depositan limos como los más recientes de la laguna desecada de Miño, y otros de fríos y heladas extraordinarios en que el subsuelo no llegaba a deshacerse, como en la actual tundra. A estas épocas corresponden canchales, gravillas, arenas gruesas y cantos angulosos, junto con arcillas crioturbadas.

Estos paquetes de sedimentos se desarrollan más o menos aquí y allá; ahora se encuentran inclinados hacia el Sur y erosionados en parte. En ellos penetra hasta 3 metros un suelo rojizo, que representa una larga época cálida subsiguiente: el gran interglacial Mindel-Riss.

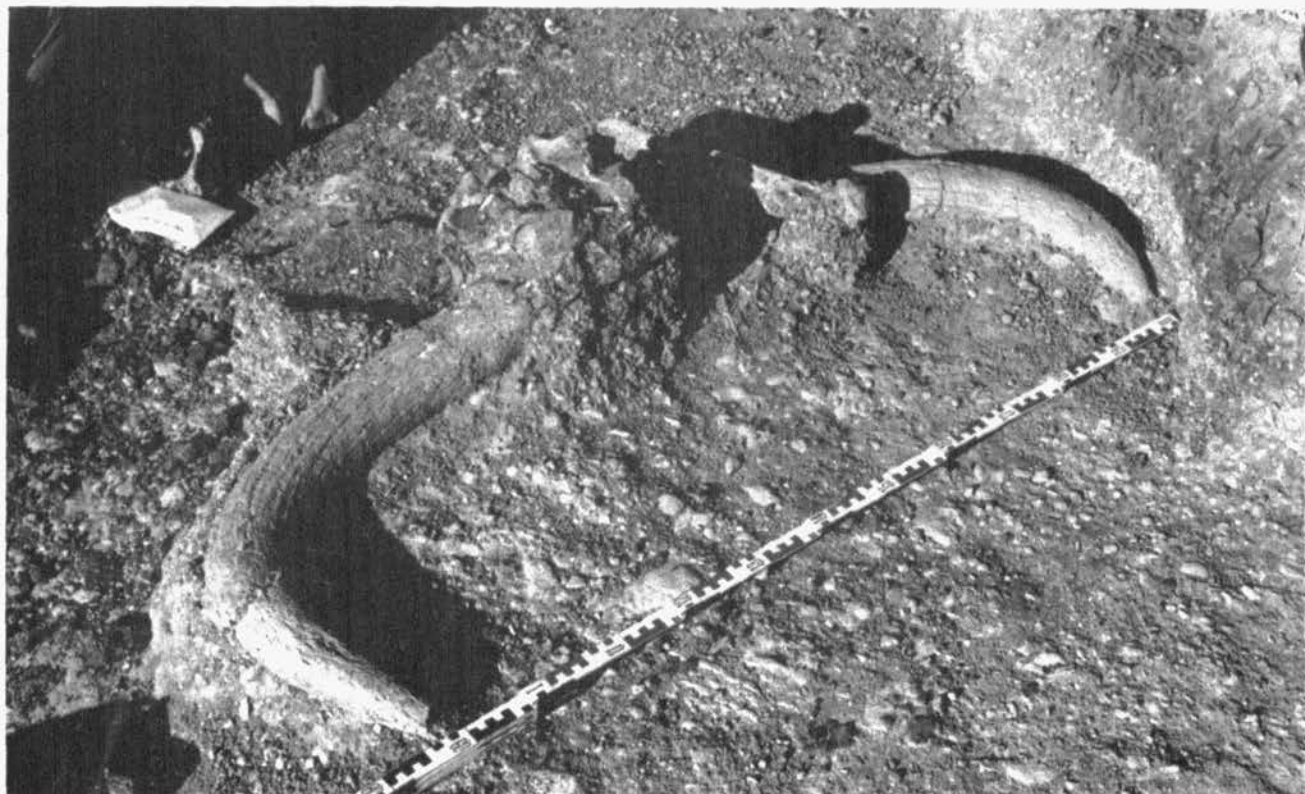


Fig. 5.—Ambrona (Soria): cráneo incompleto de toro salvaje, cazado por el hombre primitivo, de cultura achelense; la distancia entre las puntas de las clavijas es de 1,12 m. Puede uno imaginar el tamaño de la res y la envergadura entre pitones. Entre los cantos del conglomerado del estrato se han formado concreciones calizas esféricas y de varias formas caprichosas.

VERTEBRADOS FOSILES DE TORRALBA Y AMBRONA:

AVES

Anseriformes

Familia Anatidae:
Anas sp. cf. *platyrhynchos*.
A. sp. cf. *cercca*.

GALLIFORMES

Familia Phasianidae:
Gallus sp. cf. *aesculapii*.

FALCONIFORMES

Familia gen. indeterminado.

COLUMBIFORMES

Fam. Pteroclididae:
Pterocles sp.

MAMMALIA

Primates

Familia Cercopithecidae:
Macaca sp.

Rodentia

Indet.

Lagomorpha

Indet.

Carnívora

Fam. Canidae:
Canis mosbachensis

Familia Felidae:
Panthera sp. aff. *leo* (gran talla).

Proboscidea

Familia Elephantidae:
Palaeoloxodon antiquus

Perissodactyla

Familia Rhinocerotidae:
Dicerorhinus hemitoechus

Familia Equidae:
Equus caballus torralbensis.

Artiodactyla

Familia Cervidae:
Cervus sp.
Dama sp.

Familia Bovidae:
Bos sp. aff. *primigenius*.

5.3. Un Museo en el altiplano

A los yacimientos de Torralba y Ambrona se puede acceder por tres vías. La primera, por la carretera a la Estación de Torralba, que arranca del Km. 146,5 de la N-II, Madrid-Barcelona, junto al paso superior del ferrocarril, a 4 Km. de Medinaceli. Esta carretera pasa por Fuencaliente, junto a una falla que disloca terrenos triásicos; en la facies Keuper se encuentran capas con cristales de yeso de intenso color carmesí, que incluyen pequeños cristales bipiramidados de cuarzo, aislados, con tinte rojo algo más oscuro o parduzco y brillo menos vivo: esta variedad mineral recibe el nombre de «jacinto de Compostela» y es característica de los terrenos del Triásico superior en esta región. Continuando por esta carretera se deja a la derecha la nueva estación del F. C. y el

pueblo de Torralba; la carretera dobla a la izquierda para remontar el collado de Horna y encontrar allí el límite con la provincia de Guadalajara y la que viene de Sigüenza. En la curva mencionada, frente al pueblo de Torralba, debe abandonarse esa carretera para continuar recto y girar luego a la derecha por la que llevaba a la antigua estación del F.C., y desde los edificios arruinados de ésta, seguir por lo que fuera tendido de la vía férrea hacia Soria, hoy carretera asfaltada. Unos 500 m. más adelante se encuentran las ruinas de la más antigua estación que tuvo Torralba y un montículo, testigo de las excavaciones de Cerralbo y de Howell.

El segundo acceso, desde Sigüenza sigue la nueva carretera a Horna y su collado, empalmando con el anterior en el cruce frente al pueblo de Torralba. El tercero, se sirve de la carretera que va de Medinaceli a Miño, pero antes de llegar a este pueblo, y al encontrarse con la vía del ferrocarril a Soria y Pamplona, gira a la izquierda por un ramal que conduce a Ambrona.

IV. EL MUSEO PALEONTOLOGICO DE AMBRONA

El Museo de Ambrona es el primero de este género que se instaló en Europa. Consiste en una fábrica de paredes y techo, que permite conservar en el campo un conjunto de fósiles tal y como se hallaban en el yacimiento, despejados en la excavación, pero sin moverlos de su sitio tal y como fueron abandonados por los cazadores prehistóricos; así puede contemplarlos el visitante.

5.4. Economía, cultura y sociedad en el Pleistoceno medio

En el Museo-testigo de Ambrona se pueden observar restos de varios esqueletos de elefantes, con una disposición artificiosa. Las dos enormes defensas de un macho adulto están separadas y fuera del premaxilar, roto por la sínfisis; el resto del cráneo no se encontró. Un fémur y un húmero andan sueltos; el pubis y un cúbito cerca de un montón de costillas y vértebras dispersas; sólo dos pares de cervicales están en conexión; juntas, a un lado, las dos escápulas, y juntas asimismo dos medias pelvis, una del macho y otra de una hembra. De este último individuo, las dos defensas, separadas del cráneo y alineadas. Hay varios restos de individuos inmaduros.

Mezclados a los restos óseos, en todos los niveles y superficies fértiles excavados en Torralba y Ambrona, se han hallado cuantiosos utensilios líticos, de caliza local, de cuarcita de Miño (cuya cantera se encuentra a 6 y 3 Km., respectivamente), de sílex (que no se encuentra a menos de 10 Km.), con variados tipos y formas achelenses, sobre núcleo, lasca y lascas Clacton, con sello africano. Hay un asomo a la lasca Levallois, preformada, pero no está aún establecida esta típica tradición técnica; también se encuentran denticulados, y una cantidad de esquirlas de piedra que no pueden proceder sino del trabajo con los útiles líticos sobre otros materiales, como madera y hueso. El trabajo sobre huesos de elefantes y otros mamíferos para hacer utensilios está demostrado, incluso experimentalmente. En algunos suelos de ocupación hay restos de hasta

5 elefantes, 5 caballos, uno o dos venados, un gamo, un rinoceronte y un toro salvaje. Se han hallado también restos de carbón vegetal y objetos de madera cortada, aguzada y endurecida al fuego. El hombre achelense del Mindel dominaba, pues, una compleja tecnología, incluso el fuego.

Las estaciones de Torralba y Ambrona (y sin duda otras vecinas, que esperan ser descubiertas) eran visitadas por los pobladores del Pleistoceno medio, en épocas de fríos glaciales, durante las semanas estivales, aprovechando la migración de las manadas de mamíferos a las cabeceras de los valles y el altiplano, donde aún hallaban pasto fresco y aguas salinas (o, al revés, al final del estio, cuando se retiraban a valles más abrigados). Así hacen otros pueblos cazadores. Las actividades humanas en estos sitios de ocupación eran: despiece, comida y talla del hueso. No estamos seguros de haber encontrado el lugar exacto de la caza ni sus procedimientos, que quedan en la hipótesis.

Hay que admitir que se hacían tiendas con pieles: la piel en todo caso se cortaba y descarnaba, y hay que suponerle varios usos. Cabe preguntarse si se transportaba parte de la caza o carne a otro lugar, y cómo o cuánto tiempo se conservaba, quizá a favor del frío del suelo. Tampoco sabemos dónde estaban los campamentos o refugios de invierno. Además de la carne hay indicios de componentes vegetales en la dieta.

No puede dudarse de los conocimientos anatómicos y geográficos, incluso de la numeración. Un cierto desarrollo del lenguaje, por otra parte, era necesario para las tradiciones y costumbres que hemos podido inferir, y quizá podría distinguirse ya la familia dentro de un grupo social relativamente numeroso, en todo caso suprafamiliar, como indica el número de piezas cobradas y despiezadas en algunos suelos de ocupación. Estas actividades debieron de repetirse por generaciones de ocupantes durante algunos miles de años en esta región.

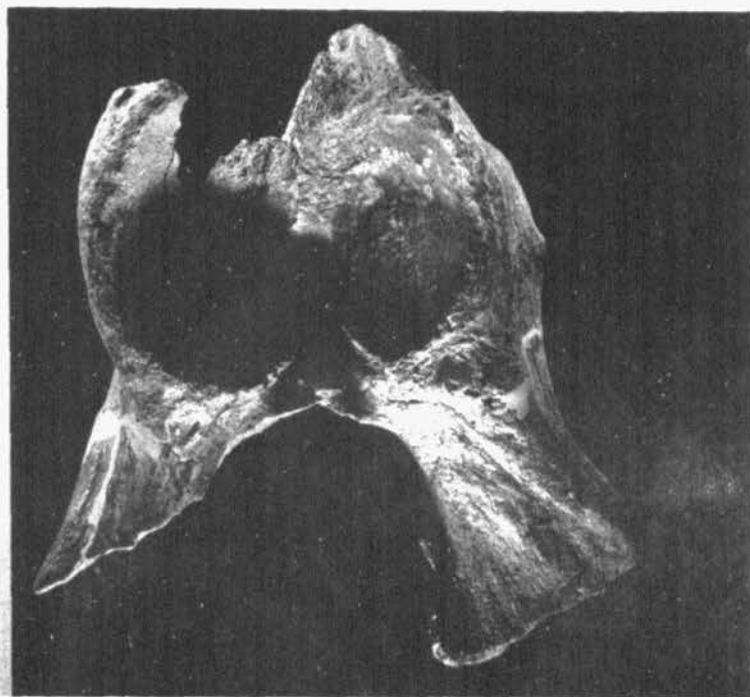


Fig. 6.—Piqueta de mano fabricada por el hombre achelense de Torralba y Ambrona (Soria), rompiendo una pelvis de elefante por la cavidad acetabular. El isquion hace de empuñadura, y el pubis, roto en bisel con un perentor de piedra, presenta una punta erosionada y pulida por el uso.

6. LOS PLEGAMIENTOS ALPINOS EN EL PALEOGENO

6.1. Los fósiles de Huérmeces del Cerro

De la carretera C-204 que une Sigüenza con el Km. 104 de la N-II sale hacia el Norte un ramal que desciende a Baidés por un enebro, sobre conglomerados del Oligoceno superior, y cruzando el Henares y la vía del tren continúa por un ameno valle hasta Huérmeces del Cerro, al pie de unos

imponentes riscos que, en una hoz profunda, cruza el arroyo o río Salado.

Este riachuelo hace un bucle al pie de los riscos, y no lejos de las eras de Huérmeces, y continúa excavando sus menadros y depositando guijos entre una joven chopera. Al otro lado del río se ve una como pared arruinada o mejor, recortada por la erosión: es un paquete de rocas calcáreas levantadas hasta casi 90°, esto es verticales, por la fuerza de un plegamiento. Si nos acercamos y trepamos hasta su base, veremos que están cuajadas de huesos, casi completamente blancos o ligeramente pardos, en contraste con el gris de las rocas.

V. EL YACIMIENTO DE HUERMECES

No es oportuno intentar extraer huesos de esas enormes lajas de piedra: saltan los fósiles en añicos al intentar romper la piedra con el pico o con un cincel. El cemento de la roca se ha consolidado, sin duda, a expensas de la misma cal de los huesos que, después de fosilizar, se han desmineralizado. Por ello, todo intento de sacar huesos sería infructuoso, y sólo conduciría a destrozar el sitio y su singular belleza, que debe conservarse para las futuras generaciones de escolares y visitantes.

Salvo fragmentos muy excepcionales, sólo se han podido estudiar los fósiles de Huérmeces, mediante un rodeo técnico. Recogiendo algunas muestras de piedra desprendidas, se han destruido los huesos blanquecinos y decalcificados, terminando de romperlos con finos cinceles, y dejando bien limpia la cavidad que ocupaba cada uno en la durísima piedra: luego, con materiales plásticos, se han hecho vaciados o «moldes» de esas cavidades, que reproducen la forma del hueso que fue preciso destrozar. Así se ha podido identificar la especie *Palaeotherium magnum*, un pariente de los más remotos antecesores del caballo, semejante a éste en talla y hábitos, pero con dientes más sencillos, aptos para masticar vegetales blandos, y con 4 dedos en el pie anterior y 3 en el posterior. Hay otras especies, pero ésta es la dominante.

6.2. Edad del paroxismo alpino en el Sistema Ibérico central

Los mamíferos fósiles de Huérmeces del Cerro, la posición de las rocas que los contienen, y un conjunto de conchas de gasterópodos fósiles que se presentan en estas brechas osíferas y en una cantera de calizas junto a Viana de Jadraque, un poco aguas abajo en el mismo valle, permiten correlacionar estas rocas y atribuirles una edad Ludiense, en el Oligoceno inferior, así como datar en el final de este período y comienzo del Sannoisiense (hace 40 millones de años) el paroxismo de la orogenia alpina en esta región.

La muerte en masa de los mamíferos de Huérmeces y la naturaleza detrítica de la matriz que contiene sus fósiles indican la existencia de corrientes violentas, bajo un clima menos cálido que el precedente en el Eoceno, y sin duda influidas por levantamientos o plegamientos en la corteza; pero el plegamiento más fuerte sobreviene una vez depositados estos huesos de mamíferos ludienses y a medio consolidar los sedimentos que los contienen. Las capas sedimentarias posteriores van estando cada vez menos inclinadas, y las grandes masas de pudingas estamplienses proceden de la erosión del relieve renovado. La intensidad del esfuerzo tectónico en Huérmeces es tal, que se produce un «cabalgamiento» y pliegue inverso, deslizándose la masa de caliza cretácica sobre las margas eocenas, más modernas, que aparecen debajo y plegadas sobre sí mismas. Este movimiento se relaciona con la migración de la Meseta castellana desde las Bretañas hacia el macizo marroquí.

No hay carretera que lleve de Huérmeces a Santius-te; es, pues, obligado regresar por Baidés a la C-204, que flanquea cerca de Mandayona el borde abrupto

del Sistema Ibérico, antes de remontar la serie miocena, con depósitos cuaternarios en los barrancos, hasta ganar de nuevo la meseta y la carretera N-II.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E. y C. FUENTES (1973): «Los vertebrados fósiles de Torralba y Ambrona». *Etudes sur le Quaternaire dans le Monde* (M. TERS, ed.) VIII Congrès INQUA. Paris, 1969.
- AGUIRRE, E. y J. MORALES (1974): *Libro-Gula. Coloquio Internacional sobre Neógeno superior y Cuaternario inferior. Montpellier-Madrid*. Secc. Paleontología de Vertebrados y H., Inst. L. Mallada, C.S.I.C., Madrid.
- ALBERDI, M. T. y E. AGUIRRE (editores) (1976): *Miscelánea neógena. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario* (Secc. Paleontológica de Vertebrados y H., Inst. L. Mallada, C.S.I.C., Madrid), vol. 5.
- ALEIXANDRE, T., J. GALLARDO y A. PEREZ GONZALEZ (editores) (1974): *Actas de la I Reunión nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario, Madrid 8-11 oct. 1973. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario* (Secc. Paleontología de Vertebrados y H., Inst. L. Mallada, C.S.I.C., Madrid), vol. 2.
- BIBERSON, P. y E. AGUIRRE (1965): «Expériences de taille d'outils préhistoriques dans des os d'éléphant». *Quaternaria*, 7: 165-83.
- CRUSAFONT, M. y J. M. GOLPE (1971): «Sobre unos yacimientos de Mamíferos vindobonienses en Paracuellos de Jarama (Madrid)». *Bol. R. Sociedad Española Hist. Nat. (Geol)*, 69: 255-59.
- CRUSAFONT, M., B. MELENDEZ y J. TRUYOLS (1960): «El yacimiento de Vertebrados de Huérmeces del Cerro (Guadalajara) y su significado cronoestratigráfico». *Estudios Geológicos*, 16: 243-54.
- CRUSAFONT, M. y J. F. DE VILLALTA (1954): «Ensayo de síntesis sobre el Mioceno de la Meseta castellana». *Real Soc. española de Historia nat. Tomo extraordinario... Eduardo Hernández Pacheco* (C.S.I.C., Madrid): 215-28.
- HOWELL, F. C., K. W. BUTZER y E. AGUIRRE (1962): «Noticia preliminar sobre el emplazamiento acheulense de Torralba (Soria)». *Excavaciones Arqueológicas en España*, 10.
- GALAN, E., F. LOPEZ AGUAYO, M. DOVAL y A. LA IGLESIA (1974): «Caracterización de minerales españoles típicos: I. El aragonito». *Estudios Geológicos*, 30: 471-79.
- PEREZ GONZALEZ, A., T. ALEIXANDRE, J. GALLARDO, A. PINILLA y A. MEDINA (1974). Excursión B. en ALEIXANDRE, T., J. GALLARDO y A. PEREZ GONZALEZ (eds.): 223-230.
- ROYO Y GOMEZ, J. (1926): «Tectónica del Terciario continental ibérico». *Boletín Inst. Geológico de España*, 47, t. 7, 3.ª ser., 2.ª parte: 131-68.
- ROYO Y GOMEZ, J. (1928): «El terciario continental de la cuenca alta del Tajo, en KINDELAN, A. (ed.)». *Datos para el estudio de la Geología de la Provincia de Madrid. Hoja n.º 560: Alcalá de Henares* (Inst. Geológico y Minero de España, Madrid): 15-90.
- ROYO Y GOMEZ, J. (1928): «Estudio paleontológico de la Hoja de Alcalá, en KINDELAN, A. (ed.)». *Datos para el estudio de la Geología de la Provincia de Madrid. Hoja n.º 560: Alcalá de Henares* (Inst. Geológico y Minero de España, Madrid): 185-204.
- ROYO Y GOMEZ, J. y L. MENENDEZ PUGET (1928): «Explicación de la Hoja de Alcalá de Henares (Madrid) en KINDELAN, A. (ed.)». *Datos para el estudio de la Geología de la Provincia de Madrid. Hoja n.º 560: Alcalá de Henares* (Inst. Geológico y Minero de España, Madrid): 91-184.
- YEBENES, A., A. GOY y M. J. COMAS (1978): «El Lías en el sector septentrional de la rama castellana de la Cordillera Ibérica». *Gula de Excursiones. Grupo Español del Mesozoico; Jurásico de la Cordillera Ibérica* (Deptos. Paleontología y Estratigrafía Univ. Complut. Madrid).

Distribución estratigráfica óptima y total de los principales grupos de microfósiles

José M.^a CASIELLES AGUADE (*)

RESUMEN

Este trabajo persigue dos objetivos muy simples: 1.º) Interesar a los Profesores de Ciencias Naturales de Bachillerato en el estudio de los Microfósiles, y sugerirles algunas prácticas de laboratorio muy sencillas que puedan llegar a entusiasmarles a ellos mismos y a sus alumnos. 2.º) Orientar a los geólogos de campo sobre las posibilidades cronoestratigráficas concretas de los diversos grupos de Microfósiles, de forma que ante un problema estratigráfico determinado, sepan diagnosticar qué grupos de ellos pueden ser significativos, y en consecuencia, a qué micropaleontólogo especialista deben recurrir.

Hemos desistido de ofrecer una lista de referencias bibliográficas, ante la terrible alternativa de tener que resumirla y presentarla muy incompleta o, en el caso contrario, desbordar muy ampliamente el propio volumen de este trabajo.

VENTAJAS DE LOS MICROFOSILES

El interés de los Microfósiles como elementos de datación estratigráfica, no sólo es indiscutible, sino que sube puntos continuamente. Las razones científicas que explican las ventajas de estos materiales de datación son bien claras:

a) La gran abundancia de los Microfósiles asegura la elevada frecuencia de aparición, incluso en volúmenes de muestra muy reducidos, como los que pueden ofrecer los testigos de sondeo e incluso los lotes de perforación.

b) Esta frecuencia es habitualmente tan alta que permite la aplicación de métodos estadísticos que aumentan la fiabilidad y precisión de la datación estratigráfica.

c) Aunque resulte paradójico, los Microfósiles siguen la ley de la «mayor fortaleza del pequeño»; esto se traduce en que a pesar de sus delicadas estructuras sufren en general menor deterioro y deformación que los microfósiles.

d) La aplicación de los métodos de investigación

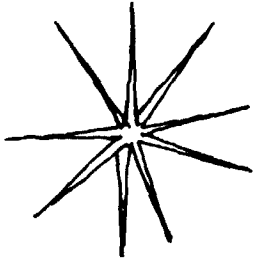
de Microfósiles y Nanofósiles en series estratigráficas consideradas tradicionalmente como azóicas ha puesto de manifiesto en múltiples ocasiones, la presencia de materiales de origen orgánico insospechadamente abundantes, que han permitido resolver magníficamente problemas de datación prácticamente insolubles por otros procedimientos.

MÉTODOS DE AISLAMIENTO Y MONTAJE

Las técnicas de aislamiento de Microfósiles son extraordinariamente heterogéneas y pueden ir desde la recogida directa de las arenas sometidas a lavados naturales, como las arenas de playas, a complejas y sofisticadas técnicas de laboratorio, de instrumentación y manipulación delicada, como por ejemplo el aislamiento de estructuras quitinosas por disolución de la matriz silíceas con ácido fluorhídrico, que exige el empleo de material de teflón, manipulación con guantes de goma, para evitar la corrosión de las uñas y la piel, y la realización del ataque químico en vitrina de gases para prevenir daños pulmonares irreversibles.

El aislamiento de Microfósiles contenidos en arenas de playas se consigue sencillísimamente extendiendo una pequeña porción de la muestra seca en una caja de Petri, colocada bajo un binocular. Las muestras que interesan se seleccionan del conjunto, una por una, tocándolas con la punta de una aguja enmangada que, previamente y a intervalos, se hunde en parafina para asegurar la adherencia de los Microfósiles. El material así seleccionado se puede recoger y clasificar en celdillas de Microfósiles con fondo oscuro. Cuando el material original está constituido por arenas compactadas es preciso tratarlo con agua, dejar sedimentar brevemente el material arenoso, y arrastrar en corriente de agua la porción pelítica. La operación se realiza habitualmente en

(*) Catedrático de Instituto e Inspector de Enseñanza Media.



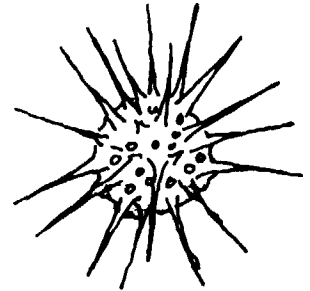
ESPÍCULAS DE ESPONJAS



OSTRÁCODOS



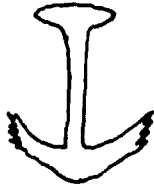
ESPORAS



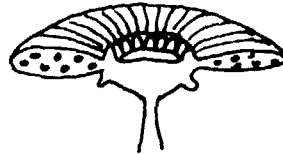
RADIOLARIOS



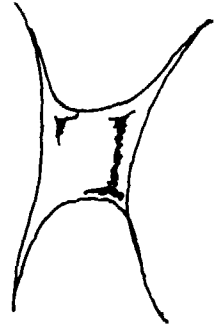
FORAMINÍFEROS



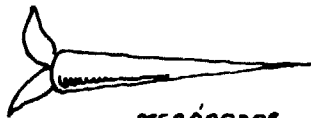
ESCLERITO DE
HOLOTÚRIDOS



DASYCLÁDACEAS



ACRITARCOS



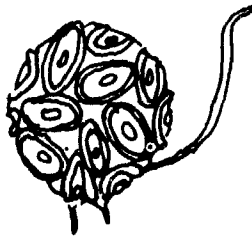
PTERÓPODOS



CAROFITAS



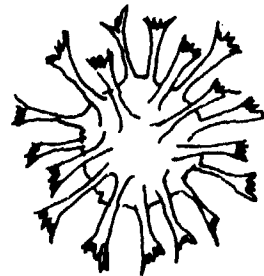
DIATOMEAS



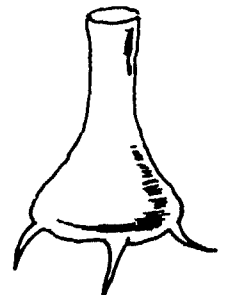
COCOLITÓFOROS



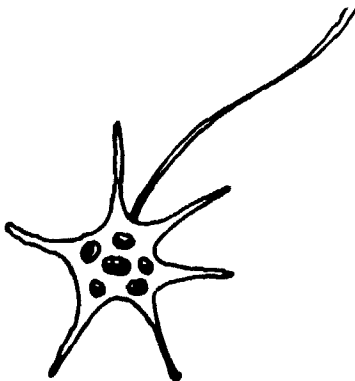
ESCOLECODONTOS



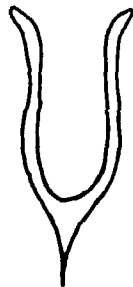
HISTRICOSÉFIDOS



QUITINOZOOS



SILICOFLAGELADOS



CALPIONELAS

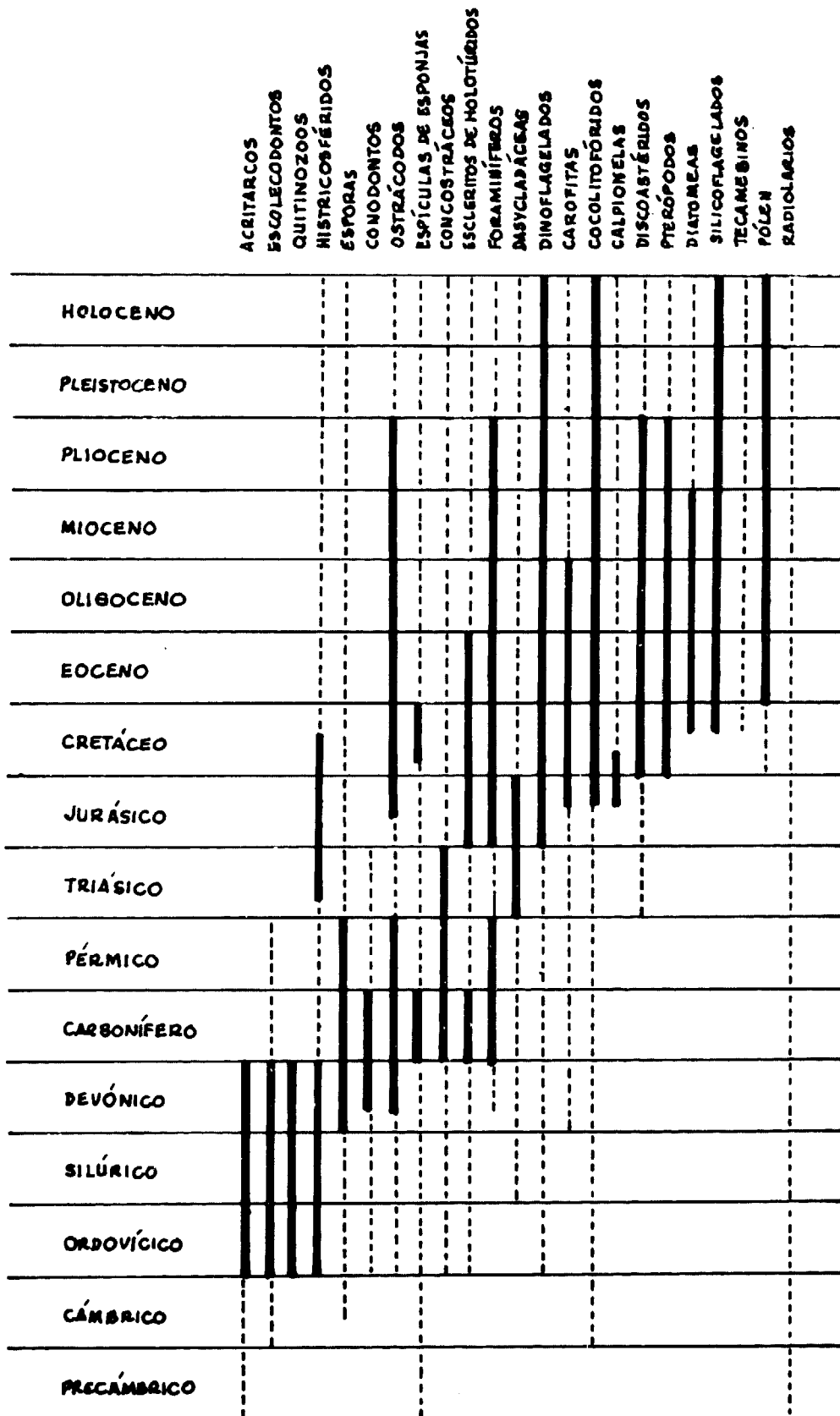


PÓLEN



CONODONTOS

DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA ÓPTIMA Y TOTAL DE LOS
PRINCIPALES GRUPOS DE MICROFÓSILES
(J. CASIELLES)



varias células de levigación montadas en batería, similares a las utilizadas en Edafología para el análisis de suelos.

En otros casos, como en la separación de esporas del carbón, se procede a utilizar técnicas químicas de maceración (maceración de SHULTZ y otras), con las que se consigue un ataque químico selectivo de la matriz, que permite el aislamiento de las muestras palinológicas resistentes.

La separación de microfósiles silíceos contenidos en una matriz calcárea se consigue atacando ésta con ácido clorhídrico diluido, hasta liberar el material silíceo.

El caso extremo de complejidad es el ya citado de aislamiento de microfósiles de alta resistencia química, como los Quitinozoos y los Acritarcos, contenidos en una matriz silícea, tal como la de las pizarras. La técnica consiste en un ataque del material silicatado con ácido fluorhídrico, en las complejas y peligrosas condiciones ya reseñadas.

El estudio de las secciones de Microfósiles en láminas delgadas de roca, no por más conocido es menos interesante. La dificultad principal consiste en conseguir colecciones adecuadas de aplicación didáctica.

Una técnica especial que no podemos dejar de citar aquí es la del estudio de Microfósiles en superficies pulidas, utilizadas con gran éxito en Rusia y en España para el estudio de esporas en el carbón.

Nosotros hemos sugerido la aplicación de la pipeta de ANDREASEN para la separación selectiva de Nanofósiles mediante sedimentación fraccionada. Este procedimiento resulta especialmente interesante para el aislamiento selectivo de Histicosféridos y Acritarcos.

DATACIONES ESTRATIGRAFICAS MEDIANTE MICROFOSILES

Fuera del restringido mundo de los científicos especialistas en Micropaleontología, existe un conocimiento relativamente escaso de las posibilidades concretas que ofrecen los diversos grupos de Microfósiles para aplicaciones cronoestratigráficas específicas; es decir, para resolver los problemas clásicos en Paleontología estratigráfica, a saber:

a) ¿En qué tramos concretos de la historia geológica de la Tierra tiene un grupo de Microfósiles significación estratigráfica?

b) ¿Cuándo aparece en el tiempo geológico un grupo de Microfósiles determinado, y cuándo se extingue?

c) ¿Qué grupos de Microfósiles deben ser investigados para conseguir la datación precisa de unos estratos presuntamente adscritos a una Era dada?

La solución aproximada a estos problemas puede hallarse en primera instancia consultando el cuadro de distribución estratigráfica de Microfósiles que acompaña a este trabajo, en el que se registra en línea de puntos y continúa la distribución estratigráfica total de cada grupo, y solamente en línea continúa la distribución estratigráfica óptima, dentro de la cual puede realizarse una datación precisa utilizando tablas auxiliares en las que figuren la repartición temporal de los diversos géneros y especies de un grupo de Microfósiles determinado.

Así por ejemplo, podemos deducir de la referida tabla que los Microfósiles más adecuados para el estudio cronoestratigráfico del Paleozóico Inferior son los Acritarcos, Escolecodontos, Quitinozoos e Histicosféridos.

Podemos saber también que los Conodontos pueden encontrarse del Ordovícico al Triásico, pero que no son significativos bajo el punto de vista geocronológico, más que en el Devónico y Carbonífero.

Una tercera consideración interesante la ofrecen los Radiolarios, que pueden encontrarse desde el Precámbrico a la Actualidad, pero que no ofrecen posibilidades importantes de aplicación cronoestratigráfica, aunque sí son significativos como indicadores de facies.

INTRODUCCION A LAS TECNICAS EXPERIMENTALES CON MICROFOSILES

El conocimiento directo de los Microfósiles al nivel de estudio de Bachillerato y COU se limita generalmente a los Nummulites y Orbitolinas (ambos macroscópicos), y a algunas Diatomeas actuales, que pueden ser extraídas junto con otro material planctónico del intestino de las sardinas, por ejemplo.

También puede obtenerse Micropláncton rastreando agua de mar con una manga de gasa de seda fina, o más simplemente recogiendo la espuma marina que queda sobre la arena de las playas con una espátula que se lava luego con agua destilada para arrastrar el Micropláncton.

Microfósiles verdaderamente interesantes pueden obtenerse disgregando y lavando materiales margosos, con agua suficiente para arrastrar la matriz arcillosa.

Con todo, el material de observación más espectacular y de más sencilla disponibilidad son las arenas de playa, en las que los Microfósiles aparecen ya libres y lavados. Así, en las arenas de playas como las de Mallorca, Gijón y Avilés, por ejemplo, es fácil encontrar magníficos ejemplares de Foraminíferos, espículas de esponjas, pedicelarios de esteroides, radiolas de equinoideos, etc., capaces de entusiasmar a cualquiera con este tipo de técnicas y estudios.

Biología práctica en el C.O.U.

Por Antonio RON PEDREIRA (*), Rosario GARCIA ECHAVE (**) y José A. VEGA HIDALGO (***)

INTRODUCCION

Una de las más importantes tendencias actuales, en la enseñanza de las Ciencias, es la realización de un programa práctico que permita al alumno conocer el método científico y le inicie en sencillas tareas de investigación, interpretando fenómenos asequibles según su nivel, que en este caso sería la Enseñanza Media y Pre-Universitaria.

En el presente trabajo recogemos nuestras experiencias docentes realizadas en tres niveles distintos de enseñanza: Media, Universitaria y Profesional (forestal). No se va a plantear el total desarrollo de cada una de las actividades propuestas, dado que hay abundante bibliografía al respecto. Sólo trataremos de proporcionar un programa básico, un ideario, para que pueda ser aplicado por los Profesores de Biología, especialmente aquellos pertenecientes a las más recientes promociones, y que al no ser dilatada su experiencia docente, verán un valioso auxiliar en las sugerencias, que como la presente programación, puedan ofrecérselos.

No debemos olvidar que el mejor laboratorio para el estudio de las Ciencias de la Naturaleza es la propia Naturaleza, que se presenta al alcance de Profesores y alumnos con multitud de posibilidades de investigación. Sin embargo, existe además otro poderoso recurso para la enseñanza de estas Ciencias, que es el laboratorio, o el aula-laboratorio, y es precisamente desde este ángulo desde donde enfocamos la parte fundamental del presente trabajo.

Vamos a desarrollar nuestro programa práctico basado en el teórico, paralelamente. Intentaremos que cada parcela teórica tenga su correspondiente práctica, que a veces no precisará de laboratorio ni de aparatos especiales, sino de una pequeña dosis de iniciativa e imaginación. Es importante que todo, o casi todo, contenido del programa que se pretende enseñar tenga la posibilidad de ser investigado por el alumno.

Desde el punto de vista didáctico hay dos posibles enfoques de la relación teoría-práctica a que aludimos anteriormente:

- La teoría precede a la práctica. En este caso el alumno posee un previo conocimiento teórico sobre la materia de la clase práctica y comprenderá esta última con mayor facilidad. Sin embargo, de este modo la sesión práctica corre el riesgo de convertirse en una mera

comprobación, perdiendo su carácter de investigación y «redescubrimiento».

- La práctica precede a la teoría. De este modo se consigue que el alumno investigue y al no poder comprender completamente el fenómeno estudiado en la práctica, se plantee una serie de interrogantes que deberán resolverse en la lección teórica. De esta manera se logra una fuerte motivación en el alumno. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que ciertas materias del programa precisan de una explicación teórica previa a la práctica, por lo cual este método «empírico» no es de general aplicación a todo el programa.

Debemos añadir respecto a estos métodos, que en ocasiones pueden aparecer problemas de tipo material para sincronizar de uno u otro modo la teoría y la práctica, y nos referimos a la general existencia de un solo laboratorio para impartir las cuatro asignaturas de la Cátedra de Ciencias Naturales, lo cual, añadido al gran número de grupos de alumnos de cada curso solamente permite utilizar el laboratorio a unas horas determinadas y no siempre precisamente cuando se hace más necesario.

Por último, tengamos en cuenta que existen actividades de complejidad muy variable, por lo cual algunas de las cuales no serán realizables en un Centro de Enseñanza Media con unos medios limitados. Es por ello que cada práctica irá acompañada de uno de estos símbolos:

- A) No precisa laboratorio ni material, salvo el casero.
- B) Precisa laboratorio y materiales de uso corriente en el mismo.
- C) Precisa laboratorio y materiales especiales.

LA BIOLOGIA EN EL COU

El enfoque de esta asignatura ha de diferir forzadamente del de la Biología explicada en el Bachillerato dentro de las Ciencias Naturales, ya que un

(*) Catedrático de Ciencias Naturales. I.N.B. «Sánchez Cantón». Pontevedra.

(**) Dra. en Biología.

(***) Profesor de Meteorología y Climatología de la Escuela Forestal de Lourizán. (Pontevedra).

curso de tipo Pre-Universitario debe servir para iniciar al alumno en el método y en el estilo universitario a fin de que el cambio que sufrirá en el siguiente curso no sea demasiado brusco.

De acuerdo con lo anterior habrá que plantear una serie de actividades teóricas y prácticas que permitan la formación adecuada del alumno. Para este fin proponemos tres líneas fundamentales de actuación que complementarán las lecciones teóricas:

- Clases prácticas en el laboratorio o en el campo.
- Seminarios teórico-prácticos, impartidos por alumnos, profesores u otros especialistas.
- Realización de trabajos monográficos por los alumnos y profesores.

Vamos a tratar a continuación del planteamiento esquemático de cada uno de los tres apartados propuestos para esta asignatura de Biología.

SEMINARIOS TEORICO-PRACTICOS

Sugerimos una serie de temas relacionados directa o indirectamente con la Biología y con el entorno natural donde se encuentre el Centro docente. Deben tratarse también temas biológicos que sean de actualidad. En conjunto algunos de estos temas podrían ser:

- La Biología actual en la sociedad humana.
- Embriología experimental: fecundación «in vitro».
- Ácidos nucleicos de virus Bacteriófagos.
- Los trasplantes de órganos.
- Las enfermedades coronarias.
- Virus y cáncer.
- La producción de anticuerpos.
- Las hormonas y la conducta animal y humana.
- Trascendencia genética de la reproducción sexual.
- Enfermedades genéticas humanas.
- Ingeniería genética: DNA recombinante.
- Historia de las teorías evolutivas.
- El futuro de la Biosfera.
- Evolución del ciclo vital de los Vegetales.
- Estadística aplicada a la Biología.
- Los incendios forestales.
- Importancia socio-económica del parasitismo: las plagas.
- Evolución humana.
- Las razas humanas actuales.

TRABAJOS MONOGRAFICOS

Dichos trabajos consistirán en una iniciación a la investigación experimental, diseño de experiencias, así como aplicación de métodos estadísticos y extracción de conclusiones.

Por otra parte deberá el alumno aprender a estructurar y presentar un trabajo científico, por lo cual sugerimos un ordenamiento ideal de todo trabajo de investigación:

- Introducción y justificación del trabajo, así como objetivos del mismo.
- Material y métodos.
- Resultados experimentales.
- Discusión e interpretación de los resultados.

- Conclusiones.
- Resumen.
- Bibliografía.

Por último, para finalizar este apartado, exponemos una serie de posibles temas para los citados trabajos:

- Desarrollo embrionario y post-embrionario en Anfibios.
- Desarrollo post-embrionario en Insectos.
- Determinación de la frecuencia de los grupos sanguíneos ABO.
- Herencia de caracteres autosómicos y ligados al sexo en *Drosophila*.
- Determinaciones antropométricas en esqueletos humanos.
- Descripción fito-sociológica de comunidades biológicas.
- Evolución de Ecosistemas artificiales (acuarios).
- Inventario faunístico de comunidades biológicas.
- Comportamiento de Aves en su medio natural.
- Germinación de semillas en el laboratorio.
- Estudios dasométricos en repoblaciones forestales.

PRACTICAS

Tema 1.—Bioelementos y principios inmediatos.

PRACTICA n.º 1.—Reconocimiento de azúcares reductores y no reductores.

(B) **Material:** Glucosa, sacarosa, lactosa, maltosa y almidón. Reactivos de Fehling A y B. Vasos de precipitados, probetas, pipetas, tubos de ensayo, gradillas, pinzas y termómetro.

Conclusiones: Todos los monosacáridos son reductores, mientras que entre los azúcares compuestos solo lo son los que poseen un grupo carbonilo reactivo. Los reductores, en medio muy alcalino, producen el paso del Cu^{+2} al Cu + precipitando óxido cuproso de color rojo.

PRACTICA n.º 2.—Desnaturalización de proteínas.

(A) **Material:** Clara de huevo, ácido acético (o vinagre), tubos de ensayo, gradilla, termómetro, hornillo.

Conclusiones: Ciertos agentes como el calor o los ácidos, provocan el fenómeno de «desnaturalización», en el cual la proteína adquiere una configuración desordenada, afectándose sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Tema 3.—Enzimas y vitaminas.

PRACTICA n.º 3.—Acción enzimática de las peroxidadas.

(A) **Material:** Hígado, tomate, agua oxigenada, tubos de ensayo, gradilla, escalpelo, pinzas.

Conclusiones: Debido a la actividad de las peroxidadas contenidas en el hígado o en tomate, se descompone el agua oxigenada, desprendiendo oxígeno en forma de pequeñas burbujas, de acción bactericida, lo cual tiene aplicaciones antimicrobianas.

Tema 4.—Morfología y estructura celular.

PRACTICA n.º 4.—Estudio de células animales y vegetales.

(B) **Material:** Mucosa bucal humana, epidermis de cebolla. Lugol, azul de metileno. Microscopio, porta y cubre-objetos, agujas enmangadas, escalpelo, pinzas, recipientes de tinción, cuentagotas.

Conclusiones: Se pueden observar las distintas partes de las células Eucariotas: membrana, núcleo, citoplasma, y las diferencias entre la célula animal y vegetal: pared celular y vacuola central.

PRACTICA n.º 5.—Orgánulos celulares: plastido-ma y mitocondrias.

(B) Material: Hojas de Elodea, pulpa de tomate, patata, epidermis de cebolla. Lugol, líquido de Menes, fuchsin Altman, bálsamo de Canadá. Microscopio, porta y cubre-objetos, agujas enmangadas, escalpelo, pinzas, vidrios de reloj, cuentagotas.

Conclusiones: Se observan los cloroplastos de las células de las hojas de Elodea, los cromoplastos del parénquima del tomate y los amiloplastos de la patata. En la epidermis de cebolla se pueden distinguir las mitocondrias teñidas con fuchsin Altman.

Tema 5.—Fisiología celular.

PRACTICA n.º 6.—Estudio de la mitosis en meristemas apicales.

(B) Material: Semillas de cebolla, carmín acético, microscopio, porta y cubre-objetos, cajas Petri, papel de filtro, escalpelo, pinzas, vasos de precipitados, hornillo.

Conclusiones: En las células maristemáticas de las zonas de crecimiento de las raicillas (procedentes de la germinación de las semillas) se pueden distinguir núcleos en interfase o en las distintas fases de la mitosis, con los 16 cromosomas teñidos de color rosa malva.

PRACTICA n.º 7.—Plasmolisis y turgencia en las células vegetales.

(B) Material: Epidermis de cebolla. Solución rojo neutro en tampón fosfato pH-7,4; solución de ClNa al 6 por 100. Microscopio, porta y cubre-objetos, vidrios de reloj, pipetas, escalpelo, pinzas, papel de filtro.

Conclusiones: Se observa la gran vacuola central, turgente en condiciones normales. En medio salino hipertónico se retrae la vacuola, por el fenómeno de la plasmolisis.

Tema 6.—Energética celular: Fotosíntesis, Biosíntesis, Respiración y Fermentación.

PRACTICA n.º 8.—Demostración experimental de la fotosíntesis.

(B) Material: Hojas de planta herbácea. Metanol, Lugol. Vasos de precipitados, hornillo.

Conclusiones: La hoja que haya sido expuesta a la luz, después de haberse extraído los pigmentos, se tiñen de color azul con Lugol, debido a la presencia de almidón fotosintético.

PRACTICA n.º 9.—Separación de pigmentos vegetales por cromatografía.

(C) Material: Hojas verdes. Alcohol de 96°, éter, acetona, bencina, papel de filtro. Vasos de precipitados, pipetas, hornillo, cubetas de cromatografía.

Conclusiones: Al cromatografiar un extracto bruto de pigmentos se separan las distintas sustancias que los componen. Como agentes de reparto actúan el agua contenida en las fibras del papel de filtro (fase estacionaria) y un disolvente poco miscible en el agua, que avanza por el papel arrastrando a los pigmentos (fase móvil). Al final, y una vez delimitadas las manchas correspondientes a las distintas sustancias separadas, se puede calcular el Rf que caracterizará a cada pigmento.

$$Rf = \frac{\text{Distancia recorrida por la sustancia}}{\text{Distancia recorrida por el disolvente}}$$

Tema 7.—Organismos unicelulares y pluricelulares.

PRACTICA n.º 10.—Observación de Protozoos.

(C) Material: Centrifugado de paramecios o cultivo de infusorios. Gelatina de goma, rojo neutro. Microscopio, porta y cubreobjetos, agujas enmangadas, pipetas, vasos de precipitados, estufa.

Conclusiones: Se pueden distinguir «in vivo» numerosos Protozoos: paramecios, amebas, vorticelas, estentor.

PRACTICA n.º 11.—Estudio de tejidos animales. El tejido muscular.

(B) Material: Un trozo de carne, suero fisiológico. Hematoxilina, eosina, alcohol de 50° y 95°. Microscopio, porta y cubreobjetos, agujas enmangadas, pinzas, vidrios de reloj.

Conclusiones: Se observan las fibras musculares, limitadas por la membrana plasmática o sarcolema, apareciendo teñido de rojo intenso —por la eosina— el sarcoplasma. Los núcleos se observan teñidos de violeta por la hematoxilina.

PRACTICA n.º 12.—Estudio de tejidos vegetales: Tallo de Dicotiledónea.

(B) Material: Fragmento de tallo de Dicotiledónea. Médula de saúco, alcohol de 50° y 95°, hematoxilina, safranina. Microscopio, porta y cubreobjetos, microtomo de mano, vidrios de reloj, pinceles finos.

Conclusiones: En una sección transversal del tallo, y de fuera a dentro, se pueden observar los siguientes tejidos: epidermis, parénquima cortical y cilindro central que incluye la médula y los tejidos conductores xilema y floema.

Tema 9.—Mecanismos de coordinación funcional en los seres vivos.

PRACTICA n.º 13.—Los reflejos.

(A) Conclusiones: Pueden comprobarse con los alumnos algunos reflejos tales como el pupilar, el axónico, nociceptivos. Pueden incluirse también reflejos condicionados tales como la secreción salival o gástrica ante el estímulo conveniente.

Tema 10.—Reproducción y desarrollo.

PRACTICA n.º 14.—Reproducción y desarrollo en *Drosophila melanogaster*.

(C) Material: Ejemplares de *D. melanogaster*. Harina de maíz, levadura, ácido propiónico, Nipagin, sacarosa, éter. Papel de filtro, frascos de vidrio, algodón, lupa binocular, estufa.

Conclusiones: En los frascos de cultivo puede observarse el cortejo nupcial y el apareamiento de las moscas estudiadas. Posteriormente se verán las fases de huevo, larva, pupa e insecto adulto. La duración de cada fase dependerá de la temperatura a que se mantenga el cultivo.

Tema 11.—Genética.

PRACTICA n.º 15.—Observación de caracteres hereditarios humanos.

(A) Conclusiones: Pueden estudiarse caracteres hereditarios tales como:

- Grupos sanguíneos.
- Sensibilidad a la Fenil-Tio-Carbamida.
- Presencia de la mancha mongólica.
- Pilosidad en la segunda falange de las manos.
- Lengua en rollo.
- Posición de los brazos y manos al cruzarlos.
- Daltonismo.

Tema 13.—Acción microbiológica de los seres vivos.

PRACTICA n.º 16.—Estudio de bacterias.

(C) **Material:** Heno, yogur. Alcohol, cloroformo, Azul demetileno, glicerina. Microscopio, porta y cubreobjetos, vasos de precipitados, embudos, papel de filtro, asa de siembra, agujas enmangadas, mechero y estufa.

Conclusiones: En la infusión de heno, con grandes aumentos es posible observar el *Bacillus subtilis* en forma de pequeños bastoncillos refringentes. En el cultivo de yogur se observan, entre otros, cadenas de *Lactobacillus*.

BIBLIOGRAFIA

ENOSA: *Manual de experiencias de Microscopía*. ENOSA. Madrid, 1967.

GRAHAM, V. E.: *Actividades para un joven naturalista*. Ed. ADARA. La Coruña, 1977.

JESUS HERNANDEZ, A.: *Experiencias de interdisciplinariedad*. Ed. NARCEA. Madrid, 1978.

NEVIANI, I.: *El suelo*. Ed. AVANCE. Barcelona, 1975.

RODRIGUEZ ROGINA, A.: *Prácticas de Ciencias Naturales. Zoología*. Ed. FOLLAS NOVAS. Santiago de Compostela, 1978.

UNESCO: *Nuevo manual de la Unesco para la enseñanza de las Ciencias*. EDHASA. Barcelona, 1978.

VIDAL BOX, C.: *Didáctica y Metodología de las Ciencias Naturales*. Ed. Revista ENSEÑANZA MEDIA. Madrid, 1961.



DEPARTAMENTO DE DIDACTICA DE LAS CIENCIAS DEL I.E.P.S.

- CIENCIAS DE LA NATURALEZA: HACIA UNA NUEVA DIDACTICA. 150 Ptas.
- LA CIENCIA INTEGRADA EN EL PROGRAMA ESCOLAR. 175 Ptas.
- BACHILLERATO Y CIENCIA INTEGRADA (I). PROYECTO CIB. 175 Ptas.
- BACHILLERATO Y CIENCIA INTEGRADA (II). FISICA Y QUIMICA. 175 Ptas.
- UN ENSAYO DE CIENCIA INTEGRADA.
Libros del alumno para 4.º, 5.º, 6.º, 7.º y 8.º de E.G.B.
Guías para el profesor.
- Ana Jesús Hernández:
EXPERIENCIAS DE INTERDISCIPLINARIEDAD. Las Ciencias Naturales en el Bachillerato. 300 Ptas.

NARCEA, S. A. DE EDICIONES. Federico Rubio, 89. MADRID-20. Teléf. 254 61 02.

Programación de las Ciencias Naturales de 3.º de Bachillerato.

(Una experiencia realizada por el Seminario del I.N.B. «Calderón de la Barca» de Madrid).

Por Enrique RAMIREZ SANCHEZ-RUBIO (*)

INTRODUCCION

Al comenzar por primera vez, en el curso 77-78, a impartirse el tercer año del BUP se planteó la necesidad de realizar una programación del mismo, con carácter experimental, dirigida a conseguir, mediante la experiencia de ese primer curso, unos criterios para su desarrollo definitivo.

La asignatura de Ciencias Naturales en 3.º, optativa, con cuatro horas semanales lectivas sigue un programa que consideramos en cierto modo incoherente para el nivel de los alumnos (correspondiente en edades y mentalidad al antiguo COU). Se mezclan en él tres grupos de materias dispares dentro de las Ciencias Naturales: Anatomía y Fisiología Humanas, Anatomía y Fisiología de las plantas Cormofitas, y algunos temas inconexos de Geología (Dinámica mineral, la corteza terrestre y su dinámica y Geomorfología).

Este programa es un ejemplo que plantea la conveniencia, o más bien necesidad (creemos que sentida por la mayor parte de los profesores de Ciencias Naturales de Bachillerato), de una reordenación de los programas de esta materia, en conjuntos uniformes, con una separación de las distintas materias de las Ciencias Naturales en los distintos cursos. Pensamos que sería útil mantener la asignatura en los tres cursos con tres horas semanales (equivalentes a las cinco horas de primero, más las cuatro de tercero).

Un primer curso de Zoología y Botánica y Microbiología descriptivas (revisión de conjunto de los distintos grupos de seres vivos). Un segundo curso de Geología básica (sustrato físico de la Vida). Ecología y Evolución-Paleontología. Un tercero de Biología fundamental o general (Bioquímica, Citología, Genética) y Anatomía y Fisiología Humanas.

ORDENACION Y DIVISION DEL PROGRAMA

El temario oficial lo reordenamos y dividimos en cinco partes, lo más coherente posibles, tratando de hacerlas coincidir con las cinco evaluaciones correspondientes:

1. Bioquímica e Histología Animal. El medio interno Animal.
2. Funciones de Nutrición.
3. Funciones de Relación y Reproducción.
4. Geología.
5. Botánica.

ANATOMIA Y FISIOLOGIA HUMANAS

Es la parte más coherente y extensa del programa, por lo que se le da prioridad y mayor importancia que al resto. Se considera, además, que es la más útil y práctica o aplicable, siendo, en general, la que mayor interés despierta en los alumnos. Puede significar, incluso, una iniciación de posibles decantaciones vocacionales hacia estudios posteriores de Medicina, ATS, Veterinaria o Farmacia. Es por tanto, en estos temas donde en el curso pasado centramos los esfuerzos del Seminario y la programación de la asignatura.

1. Objetivos

Conseguir una buena comprensión de la estructura y funciones del propio cuerpo, así como de la

(*) Catedrático de Ciencias Naturales del I.N.B. «Calderón de la Barca» de Madrid.

génesis del mismo en los procesos reproductores. Consideramos importante resaltar la estrecha relación existente entre anatomía y organografía microscópica de los distintos órganos y aparatos y su función, marcando así el carácter de especialización morfológica y funcional del cuerpo humano en sus diversos componentes anatómicos, de modo similar a como, en una colonia polimorfa de organismos (Onidarios, Briozoos), los distintos miembros o individuos se especializan en funciones diversas.

Para no perder de vista el enfoque del hombre como parte del subfilum de los Vertebrados se intenta siempre mostrar las analogías y diferencias con otros grupos del mismo.

Igualmente interesa resaltar las posibles anomalías morfológicas del organismo y sus alteraciones fisiológicas, bien sean congénitas, infecciosas, funcionales o traumáticas. Por ello se hace hincapié en la Patología de los diferentes órganos y funciones, así como en su terapia-química, rehabilitadora o quirúrgica y en la higiene preventiva.

2. Plan general de la actividad docente

A) Selección de un texto a efectos de «libro de consulta» básico.

B) Exposición de los conceptos fundamentales de cada tema o grupo de temas en clases teóricas de tipo «lección magistral». En ellas se utilizan las láminas disponibles en la mayoría de los INB y Colegios, así como transparencias.

C) Distribución a los alumnos de unos apuntes tipo guión, confeccionados a multcopista por el Seminario, así como fotocopias de dibujos y esquemas seleccionados, al objeto de que puedan contrastarlos con sus propias notas de clase y el libro de texto reduciéndose también el tiempo dedicado a la explicación por el profesor.

D) Realización de un seminario sobre algún aspecto especialmente interesante del tema. Para ello se encarga la preparación del mismo a todos los alumnos de la clase, siendo expuesto por algunos de ellos y sometido luego a discusión y comentario por los demás, bajo la supervisión del profesor correspondiente. Previamente se les suministra u orienta sobre la bibliografía pertinente. Algunos de los temas de seminario son propuestos por los alumnos y otros por el profesor.

Con ello se persiguen tres objetivos: participación activa de los alumnos, con desarrollo de la capacidad de autocritica ante sus posibles errores, y de crítica ajena constructiva frente a sus compañeros (lo cual normalmente hacen con más libertad que frente al profesor); desarrollo de la facultad de consulta bibliográfica y resumen de datos; y expresión oral ante un auditorio.

E) Proyección de diapositivas sobre el tema. A estos efectos el Seminario ha realizado una colección de más de ochocientas, de esquemas y fotografías de libros, así como del natural.

F) Realización de una o varias sesiones prácticas de laboratorio (según las necesidades) relacionadas con el tema. Previamente se entregará a los alumnos una descripción de la práctica a realizar.

Estas prácticas se deberían realizar, como máximo, con grupos de 20 alumnos, divididos en equipos de dos, responsabilizando a cada uno del material (es-

tuches de disección, cubetas, microscopios, etc.), que se les asigne a principio del curso.

En las prácticas de disección se efectúa antes un estudio de los modelos anatómicos clásicos de que suelen disponer los centros.

Todas las observaciones se anotan en un cuaderno de prácticas que se revisa y corrige periódicamente.

3. Programación

A) BIOQUIMICA

La materia viva: elementos biogénicos; características de la materia viva. Nociones de Química del carbono. Principios inmediatos: descripción, función biológica y presencia en los distintos grupos de seres vivos. Nociones de Bioquímica dinámica (metabolismo intermediario, etc.). Biocatalizadores.

Seminarios: Similitud general bioquímica de todos los seres vivos. Los ácidos nucleicos y la herencia biológica.

Práctica: Reconocimiento de glúcidos, lípidos y proteínas.

B) CITOLOGIA E HISTOLOGIA ANIMAL

La célula: organización protocítica, procariótica y eucariótica. Seres uni y pluricelulares; diferenciación celular: tejidos animales; diferenciación embrionaria de los mismos. Epitelios de revestimiento y glandulares; tejidos de sostén: conjuntivo, adiposo, cordoide, cartilaginoso u óseo; tejidos musculares y nervioso. Descripción y función de cada uno, con especial referencia al cuerpo humano.

Seminario: El proceso de contracción de las fibras musculares.

Práctica: Estudio de preparaciones de tejidos animales ya confeccionadas. Elaboración y estudio de preparación de epitelio bucal y fibras musculares.

D) EL MEDIO INTERNO ANIMAL

Diferencias con los vegetales. Humores y plasmas internos. Plasma intersticial. Sangre en invertebrados y vertebrados: funciones de la sangre; plasma sanguíneo; células sanguíneas. Coagulación de la sangre. Hematopoyesis. Grupos sanguíneos. Patología de la sangre. La linfa. Otros humores orgánicos.

Seminarios: Anemias: tipos, sintomatología y tratamiento. Interpretación de análisis de sangre normales y patológicos.

Prácticas: Confección y estudio de un frotis de sangre humana. Comparación con preparaciones de sangre de otros vertebrados no mamíferos. Determinación de grupos sanguíneos del sistema ABO y Rh, con reactivos o tarjetas Eldon. Estudio de la coagulación de la sangre de rana u otro animal.

D) FUNCIONES DE NUTRICION

Fisiología y Morfología-Anatomía animales. Organos, aparatos y sistemas. Desarrollo embrionario de los animales. Funciones animales, funciones de nutrición. Situación de la especie humana en el sistema zoológico; razas humanas.

D) 1. APARATO DIGESTIVO Y DIGESTION

Tubo digestivo (boca, faringe, esófago, estómago e intestino) y glándulas anejas (salivales, páncreas e hígado): anatomía y organografía microscópica. Los alimentos: dietética. Digestión: procesos físicos y químicos; etapas (bucal, deglución, gástrica e intestinal). Absorción; metabolismo. Defecación. Patología e higiene del aparato digestivo.

Seminario: El Hígado: funciones metabólicas y de otra índole. Patología. Metabolismo intermediario de glúcidos, lípidos y proteínas.

Práctica: Estudio y disección del aparato digestivo de cordero o de ave. Digestión del almidón por la ptialina salivar.

D) 2. APARATO CIRCULATORIO Y CIRCULACION

Funciones de la circulación. Corazón: anatomía y organografía microscópica. Vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares; anatomía y organografía microscópica. Vasos linfáticos.

Circuitos circulatorios: principales vasos sanguíneos humanos. Dinámica cardíaca regulación. Circulación vascular: leyes de la presión, velocidad y caudal; regulación. Circulación linfática. Patología e higiene del aparato circulatorio.

Seminario: Enfermedades coronarias: incidencia, causas, prevención. Electrocardiografía. Transplantes cardíacos.

Prácticas: Disección de corazón de cordero. Estudio y disección de una arteria y una vena. Circulación en la membrana interdigital de la rana. Observación del corazón en Suero de Ringer.

D) 3. ORGANOS RESPIRATORIOS Y RESPIRACION

Vías respiratorias y pulmones: anatomía y organografía microscópica. Ventilación pulmonar. Fonación. Intercambio gaseoso. Transporte en sangre de los gases respiratorios. Respiración celular. Patología e higiene de la respiración.

Seminario: Regulación de la respiración: adaptación a condiciones anómalas: grandes alturas, altas presiones, ejercicio, etc; reacciones fisiológicas.

Fonación: producción de sonido en los vertebrados.

Prácticas: Disección de laringe, tráquea y pulmones de cordero. Empleo del espirómetro.

D) 4. ORGANOS EXCRETORES Y EXCRECION

La función excretora. Riñones y vías urinarias: anatomía y organografía microscópica. Fisiología de la nefrona. La orina: elaboración (fases glomerular y tubular). Regulación hormonal. Micción. Patología e higiene renal y urinaria. Otros medios de excreta: sudoríparas, pulmones y heces.

Seminarios: Conservación de la homeostasis interna. Filtración y secreción renal. Análisis de orina normales y patológicos. El riñón artificial. Trasplante renal.

Práctica: Disección de riñón y vías urinarias de cerdo.

E) FUNCIONES DE RELACION Y COORDINACION

La relación del organismo con los medios externo e interno: recepción, conducción y análisis del estímulo; respuestas. Coordinación de las funciones animales.

E) 1. EL ESQUELETO

Funciones del esqueleto. Cartílagos y huesos: Tipos, estructura y organografía microscópica. Accidentes morfológicos. Osteogénesis y crecimiento de los huesos. Articulaciones. Cráneo, columna, caja torácica y extremidades. Patología e higiene del esqueleto.

Seminario: Fracturas óseas y su regeneración; prótesis; injertos óseos. La Radioscopia.

Prácticas: Estudio de modelos u originales de cráneo y otras piezas esqueléticas humanas. Interpretación de radiografías. Estudio de piezas esqueléticas de vertebrados.

E) 2. SISTEMA MUSCULAR Y MOVIMIENTO

Musculatura visceral y somática. Músculos esqueléticos: morfología, estructura y organografía microscópica. Tendones y aponeurosis. Principales músculos de las diferentes regiones del cuerpo humano.

Fisiología muscular a nivel macroscópico: placas motoras, fibras marcapasos, unidades neuromotoras. Quimógrafo y miograma. Contracción del músculo isométrica e isotónica; tetania, fatiga, tono muscular, etcétera. Energética de la contracción muscular.

Movimiento y locomoción: palancas óseo-musculares. Patología e higiene de la musculatura y el movimiento.

Seminario: la locomoción en los distintos tipos de vertebrados pisciformes y tetrapodos. Locomoción en invertebrados.

Práctica: disección de la musculatura de una rana. Excitación de sus músculos. Reflejo gastrocnémico.

E) 3. SISTEMA NERVIOSO

Origen embrionario. Estructura orgánica y funcional. Las meninges y el líquido cefalorraquídeo. Encéfalo y médula: organografía microscópica y anatomía. Los nervios: tipos y estructura; nervios craneales y raquídeos. Sistemas simpático y parasimpático.

La función nerviosa: recepción sensorial, transmisión, análisis y respuesta, funciones vegetativas y superiores. Coordinación y autoestímulo. Circuitos neuromales. Fisiología de la neurona. El estímulo nervioso; propagación y transmisión sináptica.

Acto reflejo y voluntario. Funciones de las distintas zonas del sistema nervioso. Patología e higiene del sistema nervioso.

Seminarios: Funciones superiores del cerebro: sistema límbico, memoria, razonamiento, estados emocionales, voluntad, etc. Transtornos psíquicos. Electroencefalogramas.

Regulación de las funciones vegetativas y automáticas por hipotálamo, bulbo y cerebelo. Relación con el simpático-parasimpático. El sueño: regulación y tipos.

Psicología y Etología humanas.

Prácticas: Disección de encéfalo y médula de cordero.

Estudio del reflejo rotular y otros reflejos sencillos.

E) 4. PIEL Y ORGANOS SENSORIALES

E) 4.1. La piel:

Tegumentos: variación en los distintos grupos de vertebrados. Estructura y organografía microscópica de la piel humana: epidermis, dermis e hipodermis. Faneras cutáneas: pelos, uñas y glándulas. Funciones y fisiología de la piel: regeneración epidérmica, crecimiento del pelo y uñas, etc. Patología e higiene de la piel.

Seminarios: Regulación de la temperatura corporal en los animales homeotermos.

Caracteres raciales radicados en la piel: coloración, pilosidad, dermatóglifos. Otros caracteres raciales no tegumentarios. Carencia de fundamento científico del racismo.

E) 4.2. La sensibilidad. Receptores cutáneos y quimiorreceptores

Receptores sensoriales: tipos según los estímulos y localización. Principios generales de los receptores: especificidad, umbral de excitación, Ley de Weber, persistencia, asociación y adaptación. Organos sensoriales del hombre.

Tacto en sentido amplio: corpúsculos táctiles; percepción térmica, táctil estricta y dolorosa. Pro-pioceptores y visceroreceptores.

Quimioceptores: El gusto. Anatomía y organografía microscópica de la lengua: papilas linguales y botones gustativos. Fisiología: sabores básicos y compuestos; vías gustativas. Patología e higiene.

Olfato: cavidad nasal; pituitaria olfativa, Fisiología: olores básicos; vías olfativas. Modalidades de olfacción. Patología e higiene. Gusto y olfato como mecanismos de defensa del organismo. Quimioceptores viscerales e hipotalámicos. Osmoceptores.

Práctica: Estudio y disección de lengua de cordero.

E) 4.3. El ojo y la visión

Fotoceptores. Cuenca orbitaria; cápsula de Tenon. Globo ocular, anatomía y organografía microscópica: envueltas y medios dióptricos; la retina. Origen embrionario del ojo. Organos anejos al globo ocular: músculos, aparato lacrimal, párpados y cejas.

Fisiología de la visión: regulación de la luminosidad; formación de imágenes; acomodación; convergencia y visión estereoscópica. Fisiología de la retina. Vías nerviosas visuales. Patología e higiene de la visión.

Seminario: Los órganos visuales en el Reino animal.

Prácticas: disección de ojo de cordero o vaca. Determinación de la agudeza visual; comprobación del punto ciego; adaptación a distintas gradaciones de luz, reflejo pupilar; visión monocular. Efectos en la visión de lentes cóncavas, convexas y cilíndricas.

E) 4.4. El oído: audición y equilibrio

Anatomía y organografía microscópica del oído: oído externo (pabellón y conducto auditivo); el oído medio (caja timpánica, trompa de Eustaquio, osículos y membranas); el oído interno (laberinto óseo y membranoso, perilinfa y endolinfa, órgano de Corti, máculas y crestas de equilibrio). Fisiología de la audición: captación y conducción del sonido; amplificación de la onda sonora y mecanismos de defensa del oído; percepción en el órgano de Corti; discriminación de tono, intensidad y timbre; audiogramas. Vías nerviosas auditivas. El equilibrio estático y dinámico. Patología e higiene del oído.

Seminarios: Evolución del oído en Vertebrados. Organos auditivos en Invertebrados. Otros órganos sensoriales en Vertebrados: órgano de Jacobson, neuromastos, fosetas termocaptoras.

Prácticas: Estudios de modelos clásticos de oído.

Pruebas de audición; empleo de diapasones; estudio de audiogramas.

E) 5. SISTEMA ENDOCRINO O HUMORAL

Las hormonas: bioquímica y actividad. Regulación humoral: servomecanismos y «feed-back». Glándulas endocrinas del hombre (anatomía, organografía microscópica, hormonas y función): Hipofisis, Epifisis, Timo, Tiroides y Paratiroides, Páncreas, Cápsulas suprarrenales, Gonadas; hormonas tisulares. Patología y terapia endocrinas.

Seminarios: Relaciones mutuas nervioso-humorales. Regulación hipofisiaria de las demás glándulas endocrinas.

La diabetes: causas, síntomas, efectos y terapia.

F) APARATO REPRODUCTOR Y REPRODUCCION

Autoperpetuación de las especies. Reproducción asexual: variedades. Reproducción sexual: variedades (unisexual y hermafrodita; fecundación externa e interna, partenogénesis; oviparismo, ovoviviparismo y viviparismo); herencia del sexo. Gónadas, gametos, conductos genitales, glándulas anejas y órganos copuladores.

Genitales humanos masculinos: anatomía y organografía microscópica (testículos, conductos, próstata y otras glándulas, pene); caracteres secundarios sexuales masculinos.

Genitales humanos femeninos: anatomía y organografía microscópica (ovarios, oviductos, útero, vagina y vulva). Caracteres sexuales secundarios femeninos. Fisiología de la reproducción: Gametogénesis. Ciclo menstrual. Fecundación (gemelos y mellizos). La placenta; desarrollo embrionario y gestación, organogénesis. El parto. Secreción láctea. Regulación endocrina del ciclo menstrual, gestación, parto y lactancia. Desarrollo postnatal. Ciclo biológico del individuo. Patología, terapia e higiene de la reproducción.

Seminario: La sexualidad: aspectos físicos, psíquicos, morales y sociales. Conducta y cortejos sexuales en invertebrados y vertebrados.

Prácticas: Desarrollo embrionario del huevo de gallina. Disección de los genitales femeninos y masculinos de un ave o roedor.

G) LA MEDICINA Y LA SALUD

La enfermedad: enfermedades congénitas, genéticas, infecciosas, traumáticas y funcionales.

Terapia: quimioterapia; los medicamentos. Radio-terapia; Rehabilitación. Cirugía. Higiene y profilaxis.

Seminario: El cáncer: causas, efectos y terapia. Líneas de investigación actuales.

Enfermedades infecciosas: el contagio; terapia y profilaxis. Inmunología. Ejemplo de erradicación de una enfermedad: la viruela.

Práctica: visita en pequeños grupos a un hospital o clínica.

Práctica final: Disección de un vertebrado (rana, paloma o rata).

3.º BUP

BIBLIOGRAFIA DE HISTOLOGIA, ANATOMIA Y FISIOLOGIA HUMANAS

PERRIN, T. G.: *Manual de Histología Humana*, Ed. Espasa-Calpe, Madrid.

SCHUMACHER: *Compendio de Histología Humana*, Ed. Labor, Barcelona.

FREEMAN, W. y BRACEGIRDLE, B.: *Atlas de Histología*, Ed. Paraninfo, Madrid 1975.

BARGMANN, W.: *Histología y Anatomía microscópica humanas*, Ed. Labor, Barcelona 1968.

LIPOLD, O. y WINTON, F.: *Fisiología Humana*, Ed. JIMS, Barcelona 1970.

BARNAT, J.: *Enciclopedia Médica Básica*, Ed. Nauta, Barcelona 1975.

BERMEJO, F. y OTROS, *Anatomía. Patología y Fisiología*, Enciclopedia ACTA 2.000, Ed. Rialp, Madrid 1970.

SPALTEHOLZ, W.: *Atlas de Anatomía Humana*, Tomos I, II y III, Ed. Labor, Barcelona 1965.

PEREZ y PEREZ, D.: *Cerebro y conducta*, Ed. Salvat G. T. 30, Barcelona 1974.

DESIRE, CH. y VILLENEUVE, F.: *Anatomía, Fisiología e Higiene*, Ed. Montaner y Simón, Barcelona 1969.

FALLER: *El cuerpo del Hombre*, Ed. Labor, Barcelona.

FRAILE, A.: *Atlas del cuerpo humano (su funcionamiento)*, Ed. Jover, Barcelona.

HOUSSAY, B. A.: *Fisiología Humana*, Ed. El Ateneo, Buenos Aires 1969.

INST. GEOG. AGOSTINI: *Diccionario/Atlas de Anatomía Humana*, Ed. Teide, Barcelona 1974.

LANGLEY, L. L.: *Elementos de Fisiología*, Ed. Acribia, Zaragoza.

MILLARD, N. G. y OTROS: *Anatomía y Fisiología Humanas*, Ed. Espasa-Calpe, Madrid 1965.

MUEDRA, V.: *Atlas de Anatomía Humana*, Ed. Jover, Barcelona 1974.

SEARS, W. y VINWOOD, R.: *Anatomía y Fisiología*, Ed. Salvat, Barcelona 1977.

SMITH, C.: *El cerebro*, Ed. Alianza, Madrid.

GREENE, R.: *Las hormonas del organismo humano*, Ed. Guadarrama, Madrid.

VEGA SALA, A.: *Síntesis de Anatomía Humana*, Ed. JIMS, Barcelona.

HOUILLO, C.: *Embriología*, Ed. Omega, Barcelona 1972.

SEGATORE, L.: *Diccionario Médico*, Ed. Teide, Barcelona 1963.

DONNELL TURNER, C.: *Endocrinología General*, Ed. Interamericana, México 1966.

BIBLIOGRAFIA DE BIOQUIMICA

SCIENTIFIC AMERICAN: *La Base Molecular de la Vida*, Ed. Blume, Madrid 1971.

KARLSON, P.: *Manual de Bioquímica*, Ed. Marín, Madrid 1967.

LEHNINGER, A.: *Bioquímica*, 1973.

FRUTON, J.: SIMMONDS, S.: *Bioquímica general*, Omega, Barcelona.

HAUROWITZ, F.: *Introducción a la Bioquímica*, Omega, Barcelona.

JEVONS: *El secreto bioquímico de la vida*, Ed. Labor, Barcelona.

DIENHART: *Anatomía y fisiología humanas*, Ed. Interamericana.

DE COURSEY: *El organismo humano I y II*, Ed. Del Castillo.

FERRAN: *Atlas anatómico del cuerpo humano*, Ed. Jover.

CASTELLS: *Anatomía y Fisiología del cuerpo humano*, Ed. Cedel, Barcelona 1973.

D I A P O S I T I V A S

CIENCIAS DE LA NATURALEZA:

- **Biología: Célula vegetal y animal. Funciones celulares 2.ª etapa de E.G.B. 62 diapositivas.**
- **Zoología: Anfibios, arácnidos, gusanos, reptiles, moluscos 2.ª etapa de E.G.B. 138 diapositivas.**

PRECIO: 2.400 PTAS.

Venta en:

- **Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34.**
- **Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n. Teléfono 449 77 00.**



Recopilación bibliográfica sobre Ciencias Naturales

Por J. LILLO BEVIA (*) y Luisa Fernanda REDONET ALVAREZ (**)

OBSERVACIONES

1.^a La idea de esta recopilación bibliográfica pretende completar y actualizar las bibliografías recogidas en las siguientes obras de Didáctica de las Ciencias Naturales:

LANDETE AGUIAR, A. (1970): *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza*. Edit. Anaya. Madrid, pp. 618 a 624.

VIDAL BOX, C. (1961): *Didáctica y Metodología de las Ciencias Naturales*. Ediciones de la Revista de Enseñanza Media. Madrid, pp. 259 a 269.

2.^a Los libros se han agrupado según el esquema general siguiente:

- I. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA PARA EL SEMINARIO.
- II. BIBLIOGRAFIA PARA CLASES PRACTICAS.
- III. BIBLIOGRAFIA CLUB DE CIENCIAS.
- IV. BIBLIOGRAFIA SOBRE TEMAS DE ACTUALIDAD CIENTIFICA Y DE DIVULGACION DE LOS TEMAS CIENTIFICOS DE INTERES PARA EL ALUMNADO, CON ESPECIFICACION DEL NIVEL PARA EL QUE SON ADECUADOS.
- V. REVISTAS DE INTERES PARA UN SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES.
- VI. ALGUNAS ENCICLOPEDIAS DE CIENCIAS NATURALES.
- VII. BIBLIOGRAFIA SOBRE DIDACTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES.

3.^a Con un asterisco (*) se indican los libros que a nuestro juicio son más interesantes de entre los reseñados.

Para una bibliografía inicial fundamental señalamos con dos asteriscos los libros de mayor interés (**).

4.^a Los datos de cada libro se consignarán del siguiente modo: autor, fecha de edición consultada por nosotros, título del libro, editorial, localidad de la editorial.

I. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA PARA EL SEMINARIO

Se reseñan los libros de Ciencias Biológicas y Geológicas agrupados en una clasificación orientativa según las prin-

cipales disciplinas de estas ciencias. En un principio nos pareció adecuado usar el Código Decimal Unificado (CDU), pero por el pequeño número de citas aportado nos pareció más adecuado usar la que aquí presentamos.

IA. Bibliografía de Ciencias Biológicas

1. BIOLOGIA GENERAL

- ALVARADO, S. (1970): *Biología General*. Vol. I y II. Aagesa. Madrid.
- (**) BAER, A. S. (1976): *Conceptos básicos de Biología*. Alhambra. Madrid.
- (*) BIOLOGIA (Proyecto Nuffield) (1971). 5 volúmenes alumno y 5 Profesor. Reverté. Barcelona.
- BOGEN, H. (1969): *El Libro de la Biología Moderna*. Omega. Barcelona.
- (*) B.S.C.S. (1972): *Ciencias Biológicas de las Moléculas al Hombre*. 1 vol. texto y 1 vol. Guía del Profesor. CECSA. México.
- (*) CURTIS, H. (1972): *Biología*. Omega. Barcelona.
- GRENVILLE, H. W. (1975): *Biología del individuo*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- GROBSTEIN, C. (1973): *La Estrategia de la vida*. H. Blume. Madrid.
- (*) HAENSCH-HAPERKAMP (1976): *Diccionario de Biología. Inglés, Alemán, Francés y Español*. H. Blume. Madrid.
- (**) LAMOTTE, M. y L.HERITIER, PH. (1975): *Biología General*. 3 volúmenes. Alhambra. Madrid.
- LEHNINGER, A.; MARSHALL, A.; COURT, W. y otros. (1975): *Panorama de la biología contemporánea*. Alianza Editorial. Madrid.
- (*) LIEBHERR, H. G. y otros. (1974): *Biología: modelos y procesos*. Trillas. México.
- LURIA, S. E. (1977): *36 Lecciones de Biología*. H. Blume Madrid.

(*) Catedrático de Ciencias Naturales del I.N.B. mixto núm. 3, barrio La Guía, Vigo.

(**) Profesora Agregada de Ciencias Naturales del I.N.B. «Santa Irene» de Vigo.

- NELSON, G. E.; ROBINSON, G. G. y BOULOTIAN, R. A. (1973): *Conceptos fundamentales de Biología*. Limusa. México.
- NOMENCLATURA BIOLOGICA. Código internacional de Nomenclatura botánica. Código Internacional Nomenclatura Zoológica. H. Blume. 1976. 353 pág. Recopilación de JEFFREY, IZCO y ALVARADO.
- SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN. (1975). *Biología y Cultura. Introducción a la antropología biológica y social*. H. Blume. Madrid.
- SMALLWOOD, W. L. y GREEN, E. R. (1976): *Biología*. Publicaciones Cultural. México.
- SOKAL, R. R. y ROHEF, V. (1979): *Biometría*. H. Blume. Madrid.
- (**) VILLEE, C. A. (1974): *Biología*. Interamericana. México.
- (*) VOGEL, G. y ANGERMANN, H. (1974): *Atlas de Biología*. Omega. Barcelona.
- WADDINGTON, C. H. y otros. (1976): *Hacia una biología teórica*. Alianza Universidad. Madrid.
- (**) WEISZ, P. B. (1975): *La Ciencia de la Biología*. Omega. Barcelona.
2. BIOLOGIA CELULAR. HISTOLOGIA. EMBRIOLOGIA
- 2.1. *Biología celular. Citología*
- (*) AMBROSE, E. U. y EASTY, D. M. (1977): *Biología celular*. Alhambra. Madrid.
- BUVAT, R. (1969): *La célula vegetal. Introducción a la citología*. Biblioteca para el Hombre actual. Guadarrama. Madrid.
- (**) DE ROBERTIS, E. (1973): *Biología celular*. El Ateneo. Buenos Aires.
- (*) DURAND, M. y FAVARD, P. (1972): *La célula*. Omega. Barcelona.
- (**) ELISEIEV, V. G. y otros. (1974): *Atlas de la estructura microscópica y ultramicroscópica de las células, tejidos y órganos*. Mir. Moscú.
- COHEN, G. (1973): *El metabolismo celular y su regulación*. Omega. Barcelona.
- (*) GIESE, A. C. (1975): *Fisiología celular y general*. Interamericana. México.
- HERRATH, E. y otros. (1975): *Atlas de citología, histología y anatomía microscópica humana*. Científico-Médica. Barcelona.
- MAILLET, M. (1975): *Fundamentos de citología animal*. Alhambra. Madrid.
- (*) MARIN GIRON, F. (1972): *La célula*. Alhambra. Madrid.
- MORRISON, J. H. (1968): *Orgánulos funcionales*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- NOVIKOFF, A. y HOLTZMAN, E. (1972): *Estructura y dinámica celular*. Interamericana. México.
- PILET, P. E. (1968): *La célula*. Toray-Masson. Barcelona.
- RODRIGUEZ ECHANDIA, E. R. (1979): *Introducción a la biología celular*. Pirámide. Madrid.
- (**) ROLAND, J. C. y SZOLLOSI, A. D. (1976): *Atlas de Biología celular*. Toray-Masson. Barcelona.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1970): *La célula viva*. H. Blume. Madrid.
- TINBERGEN, N. (1975): *Estudios de citología*, 1. Alianza Universidad. Madrid.
- (*) WELSCH, U. y STORCH, V. (1976): *Estudio comparado de la citología e histología animal*. Urmo, S. A. Bilbao.
- 2.2. *Histología*
- (*) BARGMANN, W. (1968): *Histología y anatomía microscópica humanas*. Labor. Barcelona.
- BURK, H. C. (1969): *Técnica histológica*. Paz Montalvo. Madrid.
- FERRER, D. (1964): *Esquemas de histología*. Espax.
- (**) HAM, A. W. (1975): *Tratado de histología*. Interamericana. México.
- JUNQUEIRA, L. C. y CARNEIRO, J. (1974): *Histología básica*. Salvat. Barcelona.
- (*) MARTOJA, R. (1974): *Técnicas de histología animal*. Toray-Masson. Barcelona.
- 2.3. *Embriología*
- BALINSKY, B. I. (1965): *Introducción a la embriología*. Omega. Barcelona.
- BRACHET, J. (1975): *Introducción a la embriología molecular*. H. Blume. Barcelona.
- (*) GONZALO, L. M. y ULLAN, J. (1976): *Embriología humana*. EUNSA. Pamplona.
- (**) HOUILLON, CH. (1972): *Embriología*. Omega. Barcelona.
- LANGMAN, J. (1969): *Desarrollo humano normal y anormal*. Interamericana. México.
3. BIOQUIMICA Y BIOFISICA
- AWAPARA, J. (1973): *Introducción a la Bioquímica*. Paraninfo. Madrid.
- BERNHARDT, S. (1977): *Estructura y función de los órganos*. H. Blume. Madrid.
- BURLOCK, J. D. (1969): *Biosíntesis de productos naturales*. Urmo. Bilbao.
- CLARK, J. M. (1966): *Bioquímica experimental*. Acibia. Zaragoza.
- COHEN, G. (1973): *El metabolismo celular y su regulación*. Omega. Barcelona.
- (*) FRUMENTO, A. (1974): *Biofísica*. Inter-médica. Buenos Aires.
- HALL, D. O. y RAO, K. K. (1977): *Fotosíntesis*. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona.
- HERZBERG, M. y REVEL, M. (1973): *Atlas de Biología molecular*. Omega. Barcelona.
- KARLSON, P. (1973): *Manual de Bioquímica*. Marín. Barcelona.
- KORNBERG, A. (1978): *Síntesis del DNA*. H. Blume. Madrid.
- (*) KRUH, J. (1973): *Bioquímica*. Colección Estudios Médicos y Biológicos. Omega. Barcelona.
- LEHNINGER, A. L. (1971): *Bioenergética*. Fondo educativo interamericano. Bogotá. México.
- (*) LEHNINGER, A. L. (1972): *Bioquímica*. Omega. Barcelona.
- (**) LEHNINGER, A. L. (1976): *Curso breve de bioquímica*. Omega. Barcelona.
- LITWACK, G. (1967): *Bioquímica experimental. Manual de laboratorio*. Omega. Barcelona.
- MAHLER, H. R. y CORDES, E. M. (1971): *Química biológica*. Omega. Barcelona.
- MAZUR, A. y HARROW, B. (1973): *Bioquímica básica*. Interamericana. México.
- Mc. GILVER, R. W. (1977): *Conceptos bioquímicos*. Reverté. Barcelona.
- MOROWITS, H. J. (1978): *Entropía para biólogos*. (Introducción a la termodinámica biológica.)
- PARKER, G. E. y MERTENS, T. R. (1975): *Biomoléculas: base de la vida*. Limusa. México.
- (*) RENDINA, G. (1974): *Técnicas de bioquímica aplicada*. Interamericana. México.
- SMITH, C. U. M. (1971): *Biología molecular. Enfoque estructural*. Alianza Universidad. Madrid.
- (*) STRYER, L. (1976): *Bioquímica*. Reverté. Barcelona.
- SUTTIE, J. W. (1976): *Fundamentos de bioquímica*. Interamericana. México.
- TAYLOR, G. A. (1973): *Química orgánica*. Alhambra. Madrid.
- WHITTINGHAM, C. P. (1976): *El mecanismo de la fotosíntesis*. H. Blume. Barcelona.
- WYNN, C. H. (1977): *Estructura y función de los enzimas*. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona.

4. GENETICA

- (*) BALDWIN, R. E. (1976): *Genética elemental*. Limusa. México.
- BARISH, N. (1968): *Concepto de gen*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- BOLIVAR, I. (1952): *Curso práctico de biometría y genética*. Labor. Barcelona.
- (*) CREW, F. A. E. (1968): *Fundamentos de genética*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (*) GOTTLIEB, F. J. (1968): *Genética del desarrollo*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- HEATH, D. U. S. (1977): *La estadística en la investigación experimental*. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona.
- HIENZ, H. A. (1975): *Cromosomas*. Alhambra. Madrid.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1978): *Facetas de la Genética*. H. Blume. Madrid.
- (**) PETIC, C. y PREVOST, G. (1970): *Genética y evolución*. Colección métodos. Omega. Barcelona.
- (**) SINNOT, E. W. y otros. (1961): *Principios de genética*. Omega. Barcelona.
- (*) STANFIELD, W. D. (1971): *Genética: teoría y 500 problemas resueltos*. Serie de compendios SCHAUUM. Mc. Graw-Hill. México.
- STRICKBERGER y MONROE (1974): *Genética*. Omega. Barcelona.
- (*) STENT, G. S. (1973): *Genética molecular*. Omega. Barcelona.
- (**) WATSON, J. D. (1978): *Biología molecular del gen*. Interamericana. México.

5. EVOLUCION

- BARNET, S. A. y otros. (1971): *Un siglo después de Darwin*. 1. *La evolución*. Alianza Editorial, núm. 24. Madrid.
- BARNET, S. A. y otros. (1971): *Un siglo después de Darwin*. 2. *El origen del hombre*. Alianza Editorial, núm. 25. Madrid.
- BRIGGS, D. y WALTERS, S. M. (1969): *Evolución y variación vegetal*. Biblioteca para el hombre actual. Guadarrama. Madrid.
- CAIN, A. J. (1977): *Las especies animales y su evolución*. Labor. Barcelona.
- (**) CRUSAFONT, M.; MELENDEZ, B. y AGUIRRE, E. (1974): *La Evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos. Madrid.
- (**) DE BEER, G. (1970): *Atlas de Evolución*. Omega. Barcelona.
- (*) DOBZHANSKY, T. (1969): *Evolución humana*. Ariel. Barcelona.
- DODSON, E. O. (1963): *Evolución. Procesos y resultados*. Omega. Barcelona.
- FINGERMAN, M. (1969): *Evolución y diversidad zoológica*. Interamericana. México.
- FARRINGTON, R. (1966): *El evolucionismo*. Ediciones de Cultura Popular. Madrid.
- FORD, E. B. (1967): *Mendelismo y evolución*. Labor. Barcelona.
- (*) GRASSE, P. P. (1977): *La evolución de lo viviente*. H. Blume. Madrid.
- GRASSE, P. P. (1977): *El hombre ese dios en miniatura*. H. Blume. Madrid.
- HIERNAUX, J. (1970): *Reciente descubrimiento sobre el origen de hombre*. Ayuso. Madrid.
- LABORIT, H. (1968): *Del sol al hombre*. Labor. Barcelona.
- LEGROS CLARK, W. E. (1964): *Los fundamentos de la evolución humana*. EUDEBA. Buenos Aires.
- LEOURIER, C. (1970): *El origen de la vida*. Colección Fundamentos. Istmo. Madrid.
- MALTHUS, T. R. (1966): *Primer ensayo sobre la población*. Alianza Editorial. Madrid.
- MONOD, J. (1971): *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*. Seix Barral. Barcelona.

MONTAGU, A. (1970): *Homo sapiens: dos millones de años sobre la tierra*. Guadiana. Madrid.

- (*) OPARIN, A. I. (1970): *Origen de la vida sobre la tierra*. Tecnos.
- ORGEL, L. E. (1975): *Los orígenes de la vida. Moléculas y selección natural*. Alianza Universidad. Madrid.
- PETIC, C. y PREVOST, G. (1971): *Genética y Evolución*. Omega. Barcelona.
- PIVETEAU, J. (1967): *De los primeros vertebrados al hombre*. Labor. Barcelona.
- (*) ROSNAY, J. (1970): *Orígenes de la vida*. Martínez Roca. Barcelona.
- RUTTEN, M. G. (1968): *Aspectos geológicos de la vida sobre la tierra*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- SALET, G. (1975): *Azar y certeza*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (*) SIMPSON, G. G. (1966): *El sentido de la evolución*. EUDEBA. Buenos Aires.
- SIMPSON, G. G. (1967): *La vida en el pasado*. Alianza Editorial. Madrid.
- SMITH, J. M. (1972): *Teoría de la Evolución*. Istmo. Madrid.
- SMOTH, J. M. (1979): *Acerca de la evolución*. H. Blume. Madrid.
- TEILHARD DE CHARDIN, P. (1957): *El grupo zoológico humano*. Taurus. Madrid.
- (*) TEILHARD DE CHARDIN, P. (1963): *El fenómeno humano*. Taurus. Madrid.
- TEILHARD DE CHARDIN, P. (1965): *La aparición del hombre*. Taurus. Madrid.
- (*) TEMPLADO, J. (1974): *Historia de las teorías evolucionistas*. Alhambra. Madrid.
- (*) ZIMMERMANN, W. (1976): *Evolución vegetal*. Omega. Barcelona.

6. ECOLOGIA

- ANDREWARTHA, H. G. (1973): *Introducción al estudio de poblaciones animales*. Alhambra. Madrid.
- (*) BENETT, D. P. y HUMPHIE, S. (1977): *Introducción a la ecología de campo*. H. Blume. Barcelona.
- CHAUVIN, R. (1965): *Las sociedades animales*. Zeus. Barcelona.
- CLARKE, G. L. (1963): *Elementos de ecología*. Omega. Barcelona.
- (*) DAJOZ, R. (1974): *Tratado de ecología*. Mundi-Prensa. Madrid.
- DONDESWELL, W. H. (1966): *Ecología animal*. Alhambra. Madrid.
- KORMONDY, E. (1973): *Concepto de ecología*. Alianza Universidad. Madrid.
- (**) MARGALEF, R. (1974): *Ecología*. Omega. Barcelona.
- MURADO, M. A. y otros. (1978): *Ecología y política en España*. H. Blume. Madrid.
- (*) ODUM, E. P. (1972): *Ecología*. Interamericana. México.
- PASSMORE, J. (1978): *La responsabilidad del hombre frente a la naturaleza*. Alianza Universidad. Madrid.
- (*) RAMADE, F. (1977): *Elementos de ecología aplicada*. Mundi-Prensa. Madrid.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1976): *Química y Ecosfera*. H. Blume. Madrid.
- SUTTON, B. y HARMON, P. (1976): *Fundamentos de Ecología*. Serie instrucción programada Limusa. México.
- (**) TURK, A. y otros. (1975): *Tratado de Ecología*. Interamericana. México.
- WICKLER, W. (1968): *El mimetismo en las plantas y en los animales*. Biblioteca para el hombre actual. Guadarrama. Madrid.

7. ETOLOGIA

- (*) BARNETT, S. A. (1972): *La conducta de los animales y del hombre*. Alianza Universidad. Madrid.

- CARTHY, J. D. (1969): *La conducta de los animales*. Biblioteca básica Salvat. Colección RTV.
- (**) EIBL-EIBEJFELDT, I. (1974): *Etología*. Omega. Barcelona.
- FRAZER, J. F. D. (1969): *Los ciclos sexuales de los vertebrados*. NCL. Labor. Barcelona.
- GRZIMEK, B. y M. (1961): *La vida de los animales salvajes en el corazón de África*. Ediciones Noguer. Barcelona.
- (**) LORENZ, K. (1975): *Hombre y animal. Estudios sobre comportamiento*. H. Blume. Madrid.
- LORENZ, K. (1976): *El comportamiento animal y humano*. Plaza y Janés. Barcelona.
- MAETERLINCK, M. (1978): *La vida de las abejas y de las hormigas*. Biblioteca EDAF de Bolsillo. Madrid.
- Mc. CULLOCH, G. L. (1967): *La máquina hombre*. Biblioteca de conocimientos modernos. Salvat. Barcelona.
- MANNING, A. (1977): *Introducción a la conducta animal*. Colección Alianza Universidad. Madrid.
- (**) SCIENTIFIC AMERICAN (1978): *Comportamiento animal*. H. Blume. Madrid.
- (*) THEWS, K. (1976): *Etología*. Círculo de Lectores. Barcelona.
- TIMBERGEN, N. (1969): *El estudio del instinto*. Siglo XXI de España. Madrid.
- (*) TIMBERGEN, N. (1975): *Estudios de etología*. Alianza Editorial. Madrid.
- USHERWOOD, P. N. R. (1977): *Sistemas nerviosos*. Cuadernos de biología. Omega.

8. BOTANICA

- AREVALO, C. (1936): *Introducción al conocimiento de la flora de España*. Gráficas Universal. Madrid.
- (*) BELLOT, F. (1978): *El tapiz vegetal de la Península Ibérica*. H. Blume. Madrid.
- CABALLERO, A. (1940): *Flora analítica de España*. Saeta. Madrid.
- CORNER, E. J. H. (1964): *La vida de las plantas*. Historia Natural Destino. Barcelona.
- ESAU, K. (1971): *Anatomía vegetal*. Omega. Barcelona.
- (**) FAHN, A. (1978): *Anatomía vegetal*. H. Blume. Madrid.
- (*) FONT QUER, P. (1977): *Diccionario de botánica*. Labor. Barcelona.
- FONT QUER, P. (1977): *Plantas medicinales. El Dioscórides renovado*. Labor. Barcelona.
- FRANCE, R. H. (1949): *La maravillosa vida de las plantas. Una botánica para todos*. Labor. Barcelona.
- (*) GOLA, G.; NEGRI, G. y CAPELLETTI, C. (1975): *Tratado de Botánica*. Labor. Barcelona.
- (*) GOMEZ POMPA, A. y DEL AMO RODRIGUEZ, S. (1971): *Problemas de investigación botánica*. Limusa-Wiley. México.
- HILL, T. A. (1977): *Hormonas reguladoras del crecimiento vegetal*. Cuadernos de Biología. Omega. Barcelona.
- JAMES, W. O. (1967): *Introducción a la fisiología vegetal*. Omega. Barcelona.
- JENSEN, W. A. (s.f.): *La célula vegetal*. Herrero. México.
- MAYOR, M. y DIAZ, T. E. (1977): *La flora asturiana*. Colección popular asturiana. Ayalga Ediciones. Salinas (Asturias).
- NULTSCH, W. (1975): *Botánica general para médicos y naturalistas*. Omega. Barcelona.
- (*) POLUNIN, O. (1976): *Guía de campo de las flores de Europa*. Omega. Barcelona.
- (*) POLUNIN, O. y SMYTHIES, B. E. (1977): *Guía de campo de las flores de España, Portugal y sudoeste de Francia*. Omega. Barcelona.
- SAENZ DE RIBAS, C. (1978): *Polen y esporas*. H. Blume. Madrid.

- (**) SCAGEL, R. F. y otros. (1977): *El reino vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas*. Omega. Barcelona.
- (**) STRASBURGER, E. (1974): *Tratado de Botánica*. Marín. Barcelona.
- STREET, H. E. (1969): *Metabolismo de las plantas*. Alhambra. Madrid.
- (**) VICENTE CORDOBA, C. (1976): *Fisiología vegetal*. H. Blume. Madrid.
- WARTENBERG, A. (1977): *Sistemática de las plantas inferiores. (Bacterias, Algas, Hongos, Líquenes)*. Ediciones Universidad de Navarra. Pamplona.

9. ZOOLOGIA

- (*) BELLAIRS, A. d'A. y ATTRIGE, J. (1978): *Los reptiles*. H. Blume. Madrid.
- (*) BLAS ARITIO, L. (1974): *Guía de campo de los mamíferos españoles*. Omega. Barcelona.
- CHAUVIN, R. (1967): *El mundo de los insectos*. Biblioteca para el Hombre actual. Guadarrama. Madrid.
- CRAMPTON, E. W. y HARRIS, L. E. (1974): *Nutrición animal aplicada*. Acribia. Zaragoza.
- (*) EL LIBRO DE LAS AVES DE ESPAÑA (1972): De Selecciones del Rider's Digest. Madrid. Prólogo del Profesor Bernis, F.
- FRANCE, R. H. (1953): *La maravillosa vida de los animales. Una zoología para todos*. Labor. Barcelona.
- FRINGS, H. y FRINGS, M. (1975): *Conceptos de Zoología*. Alhambra. Madrid.
- (**) GRASSE, P. P.; POISSON, R. A. y TUZET, A. (1976): *Zoología. 1. Invertebrados*. Toray-Masson. Barcelona.
- (**) GRASSE, P. P.; DEVILLERS, C. y CLAIRAMBAULT, P. (1977): *Zoología. 2. Vertebrados. Anatomía comparada*. Toray-Masson. Barcelona.
- (**) GRASSE, P. P. (1978): *Vertebrados. 3. Reproducción. Biología. Evolución y Sistemática*. Toray-Masson. Barcelona.
- Mc. CAULEY, W. J. (1976): *Fisiología de los vertebrados*. Acribia. Zaragoza.
- MEGLITSCH, P. A. (1978): *Zoología de invertebrados*. H. Blume. Madrid.
- MONTAGNA, W. (1973): *Anatomía comparada*. Omega. Barcelona.
- (*) PROSSER, C. L. y BROWN, F. A. (1968): *Fisiología comparada*. Interamericana. México.
- (*) ROMER, A. S. (1973): *Anatomía comparada*. Interamericana. México.
- (**) ROSS, H. H. (1978): *Introducción a la entomología general y aplicada*. 4.ª edición. Omega. Barcelona.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1978): *Vertebrados: estructura y función*. H. Blume. Madrid.
- (*) STORER, T. I.; USINGER, R. L. y otros. (1975): *Zoología general*. 5.ª edición. Omega. Barcelona.
- TORREY, T. W. (1978): *Morfología de los vertebrados*. Limusa. México.
- (**) VILLEE, C. A. y otros. (1970): *Zoología*. Interamericana. México.
- (*) VILLENEUVE, F. y DESIRE, CH. (1966): *Zoología*. Reimpresión 1977. Las Ciencias Naturales. Montaner y Simón. Barcelona.
- WELLS, H. (1967): *Animales inferiores*. Biblioteca para el Hombre Actual. Guadarrama. Madrid.
- (**) WOOD, D. W. (1976): *Fisiología animal*. H. Blume. Madrid.

10. MICROBIOLOGIA

- (**) BROCK, T. D. (1973): *Biología de los microorganismos*. Omega. Barcelona.

- COLLEE, S. G. (1978): *Microbiología médica*. H. Blume. Madrid.
- (*) DAWES, W. y SUTHERLAND, I. W. (1978): *Fisiología de los microorganismos*. H. Blume. Madrid.
- FOLKES y otros. (1964): *Elementos de microbiología general*. Acribia. Zaragoza.
- (*) FRAENKEL-CONRAT, H. (1972): *Química y biología de los virus*. Rueda. Madrid.
- (*) PEREZ-IÑIGO, C. (1976): *Parasitología*. H. Blume. Madrid.
- PRIMORSE, S. B. (1976): *Introducción a la virología moderna*. H. Blume. Madrid.
- ROSE, A. H. (1969): *Microbiología química*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (**) SCHLEGEL, H. G. (1975): *Microbiología general*. Omega. Barcelona.
- (**) SEELY, H. W. y DEMARK, P. J. VAN (1973): *Microbios en acción. Manual de laboratorio para microbiólogos*. H. Blume. Madrid.
- (*) SENEZ, J. C. (1976): *Microbiología general*. Alhambra. Madrid.
- STAINER, R. y otros. (1965): *El mundo de los microbios*. Aguilar. Madrid.
- WIESMANN, E. (1976): *Microbiología médica*. Salvat. Barcelona.
- (*) WILKINSON, J. F. (1976): *Introducción a la microbiología*. H. Blume. Madrid.

11. ANATOMÍA Y FISIOLÓGIA HUMANAS. INMUNOLOGÍA

11.1. Anatomía y Fisiología Humanas

- BARRINGTON (1977): *Introducción a la endocrinología general y comparada*. H. Blume. Madrid.
- BRADY, R. J. (1978): *Curso programado de Anatomía y Fisiología*. 10 volúmenes. Limusa. México.
- CALVO HERNANDO, M. (1974): *Viaje al interior del cuerpo humano*. Paraninfo. Madrid.
- (**) GYTON, A. C. (1975): *Fisiología humana*. Interamericana. México.
- FALLER, A. (1975): *El cuerpo del hombre*. Labor. Barcelona.
- (*) FENEIS, H. (1977): *Nomenclatura anatómica ilustrada*. Salvat. Barcelona.
- GARDNER, E.; GRAY, D. J. y RAHILLY, R. (1978): *Anatomía*. Salvat. Barcelona.
- (**) GOSS, CH. M. (1976): *Anatomía de Gray*. Salvat Editores. Barcelona.
- (*) KAHLE, W.; LEONHARDT, H. y PLATZER, W. (1977): *Atlas de anatomía para estudiantes y médicos*. 3 volúmenes. Colección manuales flexibles Omega. Barcelona.
- KEIDEL, W.D. (1971): *Fisiología*. Salvat. Barcelona.
- (*) MORROS SARDÁ, J. (1960): *Elementos de Fisiología*. Tomos I y II. Científico-Médica. Madrid.
- (*) ORTOS LLORCA, F. (1970-78): *Anatomía humana*. 4.ª edición. T. I. Aparato locomotor. Tronco. Cabeza y cuello. (1970). T. II. Sistema nervioso y órganos de los sentidos. (1972). T. III. Corazón. Vasos. S. N. periférico. Visceras. Científico-Médica. Madrid.
- PAUL, D. H. (1977): *Fisiología de la célula nerviosa*. H. Blume. Madrid.
- PROKOP, O. (1970): *Grupos sanguíneos humanos*. Científico-Médica. Madrid.
- (*) VANDER, A. J.; SHELMANN, J. H. y LUCIANO, D. S. (1978): *Fisiología humana*. Mc. Graw-Hill latinoamericana. Bogotá-Madrid-México.
- SMITH, C. U. M. (1977): *El cerebro*. Alianza Universidad. Madrid.
- (*) SPALTEHOLZ, W. (1976): *Atlas de Anatomía Humana*. 3 volúmenes. 14.ª edición alemana. Labor. Barcelona.
- (*) TESTUT, L. y LATARJET, A. (1977): *Tratado de Anatomía Humana*. 3 vol. 9.ª edición revisada, corregida y aumentada. Salvat. Barcelona.

11.2. Inmunobiología

- (*) GOOD, R. A. y FISHER, D. N. (1977): *Inmunobiología*. Espax. Barcelona.
- GRAY, D. F. (1969): *Inmunología*. Acribia. Zaragoza.

12. BIOLOGÍA APLICADA

La biología práctica la incluimos en el apartado II. Tampoco incluimos bibliografía sobre Zootecnia, Silvicultura, Fitotecnica, defensa del medio ambiente, industria de los alimentos y medicina específica. Solamente recogemos algunos títulos de difusión general en este campo, que aquí aparece francamente reducido y falto de datos.

- ANDERSON, PIBBLE y otros. (1977): *Nutrición humana. Principios y aplicaciones*. H. Blume. Madrid.
- CABO, DE LA PUENTE y CATALAN (1972): *Bacteriología y potabilidad de las aguas*. H. Blume. Madrid.
- CASARTELLI, J. D. (1968): *Microscopía teórica y práctica*. Urmo. Bilbao.
- DUKES-SWENSON (1977): *Fisiología de los animales domésticos*. Aguilar. Madrid.
- FERRERO, J. M. (1979): *Depuración biológica de las aguas*. Alhambra. Madrid.
- (*) FUJITA, T. y otros. (1972): *Atlas de microscopía electrónica en medicina*. Espax. Barcelona.
- (**) LOZANO CABO, F. (1970): *Oceanografía, biología marina y pesca*. 3 vol. Paraninfo. Madrid.
- LOWENBWRG, G. y otros. (1970): *Los alimentos y el hombre*. Limusa-Wiley. México.
- MATHER (1971): *Análisis estadístico en Biología*. Paraninfo. Madrid.
- (**) MATHER (1976): *Elementos de biometría*. Paraninfo. Madrid.
- PYKE, M. (1970): *El hombre y su alimentación. Introducción a la bromatología*. Biblioteca para el Hombre Actual. Guadarrama. Madrid.
- SCIENTIFIC AMERICAN (1972): *La Biosfera*. Alianza Editorial. Madrid.
- (**) SCIENTIFIC AMERICAN (1975): *Química y Ecosfera*. H. Blume. Madrid.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1975): *Los alimentos. Cuestiones de bromatología*. H. Blume. Madrid.
- (*) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1975): *Oceanografía*. H. Blume. Madrid.
- VILLAVARDE, A. (1968): *El arte de disecar*. Biblioteca de animales útiles. Zaragoza.

IB. Bibliografía de Ciencias Geológicas

1. ASTRONOMÍA. COSMOLOGÍA

- BONDI, H.; LOWELL, B. y otros. (1977): *Cosmología. Actualidad y perspectivas*. Colección Labor, número 213. Labor. Barcelona.
- CANAL, R. (1974): *Estrellas, cúmulos y galaxias*. Salvat. Barcelona.
- CANAL, R. y LAPIEDRA (1975): *Origen y evolución del universo*. Salvat. Barcelona.
- (*) CHARON, J. F. (1969): *Cosmología. Teorías sobre el universo*. Biblioteca para el Hombre Actual. Guadarrama. Madrid.
- (*) COMAS, J. (1960): *Astronomía*. Ramón Sopena. Barcelona.
- (*) ENCICLOPEDIA SALVAT DE LAS CIENCIAS (1968): *Astronomía*. Vol. 11. Salvat. Barcelona.
- FLAMMARION, C. y otros. (1963): *Astronomía popular*. Montaner y Simón. Barcelona.
- GAMOW, G. (1967): *Un planeta llamado tierra*. Espasa Calpe. Madrid.
- HACH, M. (1969): *El universo*. NCL. Labor. Barcelona.

- (**) HOYLE, F. (1967): *Astronomía*. Destino. Barcelona.
- MATEU, P. (1962): *Diccionario de astronomía y astronáutica*. Labor. Barcelona.
- (**) MOORE, P. y otros. (1970): *El atlas del universo*. Labor. Barcelona.
- (*) OSTER, L. (1978): *Astronomía moderna*. Reverté. Barcelona.
- (**) RUDAUX, L. y VAUCOULEURS, G. (1966): *Astronomía. Los astros. El universo*. Labor. Barcelona.
- (*) SCHATZMAN, E. L. (1969): *Estructura del universo*. Biblioteca para el Hombre Actual. Guadarrama. Madrid.
- (**) SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1977): *El sistema solar*. H. Blume. Madrid.
- (*) SINGH, J. (1975): *Ideas y teorías fundamentales de la cosmología moderna*. Alianza Universidad. Madrid.
- WEINBERG, S. (1978): *Los tres primeros minutos del universo. (Una concepción moderna del origen del universo)*. Alianza Universidad. Madrid.

2. GEOLOGIA GENERAL

- (**) AGUEDA, J.; ANGUITA, F. y otros. (1977): *Geología*. Rueda. Madrid.
- AUBOIN, J.; BROUSSE, R. y LEHMANN, J. P. (1967): *Précis de géologie*, t. I, II y III. Dunod. París.
- BELLAIR, P. y POMEROL, Ch. (1968): *Tratado de geología*. Vicens Vives. Barcelona.
- BRANSON, E. B. y TARR, N. A. (1964): *Elementos de geología*. Aguilar. Madrid.
- BRINKMANN, R. (1964): *Compendio de Geología general*. Labor. Barcelona.
- CAILLEUX, A. (1968): *Anatomía de la tierra*. Biblioteca para el hombre actual. Guadarrama. Madrid.
- CAILLEUX, A. (1976): *Géologie générale*. Masson. París.
- (*) CLARK, S. (1975): *La estructura de la tierra*. Colección fundamentos de las ciencias de la tierra. Omega. Barcelona.
- (**) DERCOURT, J. y PAQUET, J. (1978): *Geología*. Reverté. Barcelona.
- DUNBAR, C. O. (1974): *La tierra*. Destino. Barcelona.
- (*) EMMONS; ALLISON; STAUFER y THIEL (1973): *Geología: principios y procesos*. Ediciones del Castillo. Madrid.
- (**) GASS, I. G.; SMITH, J. S. y WILSON, R. (1978): *Introducción a las ciencias de la tierra*. Reverté. Barcelona.
- GILLULY; WATERS y WOODFORD (1964): *Principios de geología*. Aguilar. Madrid.
- (*) HELLER, R. L. y SOLA, O. (1967): *Geología y ciencias afines*. Uteha. México.
- NOVO, P. y CHICARRO, F. (1957): *Diccionario de geología y ciencias afines*. Labor. Barcelona.
- (**) MELENDEZ, B. y FUSTER, J. M. (1978): *Geología*. 4.ª edición ampliada y revisada. Paraninfo. Madrid.
- MORBATH, S. (1977): *Las rocas más antiguas y la acreción de los continentes*. Investigación y ciencia, mayo 77. Labor. Barcelona.
- PROYECTO ESCP. Ciencias de la tierra (1971): *Investiguemos la tierra*. Vol. 1 y 2. Norma. Cali (Colombia).
- (*) READ, H. y WATSON, J. (1975): *Introducción a la geología*. Alhambra. Madrid.
- THE OPEN UNIVERSITY (1971): *La tierra: su forma, estructura interna y composición. El campo magnético de la tierra*. Curso básico de Ciencias. Unidades 22 y 23. Libros Mc. Graw-Hill. México.
- THE OPEN UNIVERSITY (1971): *Principales accidentes de la superficie terrestre. Movimiento continental, expansión del fondo oceánico y tectónica de placas*. Curso básico de Ciencias. Unidades 24 y 25. Libros Mc. Graw-Hill. México.

3. MATERIALES GEOLOGICOS

3.1. Geoquímica

- FERSMAN, A. E. (1966): *Geoquímica recreativa*. Mir. Moscú.
- MASON, B. (1966): *Principios de geoquímica*. Omega. Barcelona.
- (**) RANKAMA, K. y SAAMA, TH. (1972): *Geoquímica*. Aguilar. Madrid.

3.2. Cristalografía

- ALTON, F. y MATTOX, R. (1976): *Elementos de cristalografía y mineralogía*.
- AMOROS, J. L. (1975): *El cristal. Una introducción al estado sólido*. Urania. Barcelona.
- BRUHNS, W. y RAMDHOR, P. (1955): *Cristalografía*. Uteha. México.
- BLOSS, F. D.: *Introducción a los métodos de la cristalografía óptica*. Omega. Barcelona.
- DUCROS, P. y otros (1968): *Problemas de cristalografía*. Paraninfo. Madrid.
- FLINT, E.: *Principios de cristalografía*. Paz. Moscú.
- GARRIDO, J. (1977): *Forma y estructura de los cristales*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (*) GAY, P. (1977): *Introducción al estado cristalino*. Euniber. Barcelona.
- JONG, W. F. de (1976): *Cristalografía general*. Aguilar. Madrid.
- MIRAVILLES, L. (1976): *Cristalografía geométrica*. Ceu. Barcelona.
- (*) PHILLIPS, F. C. (1972): *Introducción a la cristalografía*. Paraninfo. Madrid.
- RATH, R. (1972): *Cristalografía*. Paraninfo. Madrid.
- (*) ROSSO DE LUNA, I. (1953): *Cristalografía*. Publicaciones ETSIM. Madrid.

3.3. Mineralogía

- BERRY, L. G. y MASON, B. (1959): *Mineralogy. Concepts. Descriptions. Determinations*. Freeman and Company. San Francisco. California.
- BETEJTIN, A. (1977): *Curso de mineralogía*. Mir. Moscú.
- (*) BRAUNS y CHUDOVA: *Mineralogía general*. Montaner y Simón. Barcelona.
- (*) BRAUNS y CHUDOVA: *Mineralogía especial*. Montaner y Simón. Barcelona.
- BROCHE y otros (1977): *Atlas de los minerales en grano*. H. Blume. Madrid.
- DANA-HURBULT (1960): *Manual de Mineralogía*. Reverté. Barcelona.
- (*) DIAZ MAURINO, C. (1976): *Iniciación práctica a la Mineralogía*. Alhambra. Madrid.
- (*) GALLEGOS, J. A. (1977): *Claves mineralógicas*. Imprenta Talleres Arte. Granada.
- GONZALEZ BONORINO, F. (1976): *Mineralogía óptica*. EUDEBA. Buenos Aires.
- (**) HURBULT, C. S. Jr. (1974-76): *Manual de Mineralogía de Dana*. Reverté. Barcelona.
- KERR, P. F. (1972): *Mineralogía óptica*. Ediciones del Castillo. Madrid.
- KLOCKMANN, F. y RAMDOHR, P. (1961): *Tratado de mineralogía*. Gustavo Gili. Barcelona.
- MORCILLO RUBIO, J. y ORZA SEGADÉ, J. (1972): *Espectroscopía. Estructura y espectros atómicos*. Alhambra. Madrid.
- PEREZ MATEOS, J. (1965): *Análisis mineralógico de arenas. Métodos de estudio*. C.S.I.C. Colección manuales de ciencia actual. Madrid.
- ROUBAULT, M. (1963): *Determination des minéraux et des roches*. Lamarre-Poinet. París.
- SEIBL, J. (1973): *Espectrometría de masas*. Alhambra. Madrid.

3.4. Petrología

- (*) ARAÑA, V. y LOPEZ RUIZ, J. (1974): *Volcanismo. Petrología y dinámica de sus productos*. Itsmo. Madrid.
- (*) BAYLY, B. (1972): *Introducción a la petrología*. Paraninfo. Madrid.
- BRUHNS-RAMDOHR: *Petrografía*. Muntaner y Simón. Barcelona.
- DEFLANDRE, G. (1960): *La vida creadora de rocas*. Eudeba. Buenos Aires.
- (*) HEINRICH, E. W. (1972): *Petrografía microscópica*. Omega. Barcelona.
- (*) HUANG, W. T. (1972): *Petrología*. CECSA. México. (También en Montaner y Simón. Barcelona).
- (**) PETTIJOHN, F. J. (1963): *Rocas sedimentarias*. EUDEBA. Buenos Aires.
- POMEROL, C.H. y FOUET, R. (1963): *Las rocas eruptivas*. EUDEBA. Buenos Aires.
- POMEROL, CH. y FOUET, R. (1964): *Las rocas metamórficas*. EUDEBA. Buenos Aires.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. y MARTINEZ STRONG, P. (1945): *Estudio de los minerales petrográficos*. C.S.I.C. Madrid.
- (**) TURNER, F. J. y VERHOOGEN, J. (1975): *Petrología ignea y metamórfica*. Omega. Barcelona.
- TYRRELL, G. W. (1963): *Principios de petrología*. CECSA. México.
- (**) WINKLER, H. (1978): *Petrogénesis de rocas metamórficas*. H. Blume. Madrid.

3.5. Fósiles. Paleontología

- BEAUMONT, G. DE (1973): *Guide des vertébrés fossiles*. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel (Suiza).
- (*) BLACK, R. M. (1970): *Elementos de Paleontología*. Fondo de Cultura Económica. Madrid.
- (*) CAMACHO, H. (1966): *Invertebrados fósiles*. EUDEBA. Buenos Aires.
- COX, B. (1972): *Animales prehistóricos*. Bruguera. Barcelona.
- DOBZHANSKY, T. (1972): *El hombre fósil*. Bruguera. Barcelona.
- HOWELL, F. C. (1970): *El hombre prehistórico*. Time-Life. México.
- KELSO, A. J. (1978): *Antropología física*. Bellaterra. Barcelona.
- KEOSIAN, G. H. R. VON (1971): *Historia del hombre*. Alianza Editorial. Madrid.
- KOENIGSWALD, G. H. R. (1960): *Los hombres prehistóricos*. Omega. Barcelona.
- (*) KOENIGSWALD, G. H. R. (1971): *Historia del hombre*. Alianza Editorial. Madrid.
- KURTEN, B. (1966): *Introducción a la paleontología*. Guadarrama. Madrid.
- LAVOCAT, R. (1970): *Historia de los mamíferos*. Martínez Roca. Barcelona.
- (*) LE GROSS CLARCK, W. E. (1965): *Historia de los Primates*. 2.ª edición. EUDEBA. Buenos Aires.
- (*) Mc. ALESTER, A. (1973): *La historia de la vida*. Colección Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.
- MELENDEZ, B. (1971): *Prácticas de paleontología. Fichero de paleontología estratigráfica*. Paraninfo. Madrid.
- (**) MELENDEZ, B. (1977): *Paleontología*. 2.ª edición. Vol. I. Paraninfo. Madrid.
- OPARIN, A. I. (1970): *El origen de la vida sobre la tierra*. Tecnos. Madrid.
- PIVETEAU, J. (1967): *De los primeros vertebrados al hombre*. NCL. Labor. Barcelona.
- ROSNEY, J. (1970): *Orígenes de la vida*. Microcosmo. Martínez Roca. Barcelona.
- SCOTT, J. (1975): *Introducción a la paleontología*. Paraninfo. Madrid.
- (**) SWINNERTON, H. H. (1961): *Elementos de paleontología*. Omega. Barcelona.

4. PROCESOS GEOLOGICOS

4.0. Geodinámica general

- (*) SCHEIDEGGER, A. E. (1971): *Principios de geodinámica*. Omega. Barcelona.

4.1. Climatología. Meteorología

- LANGLEY, L. (1973): *Tratado ilustrado de meteorología*. Beu. Buenos Aires.
- LORENTE, J. M. (1961): *Meteorología*. Labor. Barcelona.
- MEDINA, M. (1973): *Iniciación a la meteorología*. Paraninfo. Madrid.
- (*) MEDINA, M. (1976): *Meteorología básica sinóptica*. Paraninfo. Madrid.
- SUREDA, V. y SANGIL, J. (1974): *La atmósfera y la predicción del tiempo*. Salvat. Barcelona.
- SCIENTIFIC AMERICAN (1975): *Oceanografía*. H. Blume. Madrid.
- (**) VIERS, G. (1974): *Climatología*. Oikos-Tau. Barcelona.

4.2. Edafología

- ALBAREDA, J. M. y HOYOS DE CASTRO, A. (1955): *Edafología*. SAETA. Madrid.
- (**) DUCHAUFOR, Ph. (1975): *Manual de edafología*. Toray-Masson. Barcelona.
- (**) DUCHAUFOR, Ph. (1975): *Atlas ecológico de los suelos del mundo*. Toray-Masson. Barcelona.
- GUITIAN OJEA, F. y CARBALLAS FERNANDEZ, T. (1975): *Técnicas de análisis de suelos*. 2.ª edición ampliada y puesta al día. Biblioteca Universitaria Pico Sacro. Santiago.
- MAPA DE SUELOS DE ESPAÑA (Península y Baleares). (1968). E. 1 : 1.000.000. *Descripción de las asociaciones y tipos principales de suelos*. Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología «José M.ª Albareda». C.S.I.C. Madrid.
- ROBINSON, G. (1967): *Los suelos. Su origen, constitución y clasificación*. Omega. Barcelona.

4.3. Geodinámica externa. Geomorfología

- (*) BIROT, P. (1962): *Tratado de geografía física general*. Vicens-Vives. Barcelona.
- BLOOM, A. (1974): *La superficie de la tierra*. Omega. Barcelona.
- CHAVEZ, G. (1975): *Elementos de Oceanografía*. CECSA. México.
- (**) DERRUA, M. (1978): *Geomorfología*. 2.ª edición ampliada. Ariel. Barcelona.
- GUILCHER, A. (1957): *Morfología litoral y submarina*. Omega. Barcelona.
- GOUROU, P. y PAPY, L. (1973): *Compendio de Geografía general*. RIALP. Madrid.
- HOLMES, A. (1952): *Geología Física*. Omega. Barcelona.
- (*) MARTONNE, E. DE (1963): *Tratado de Geografía Física*. Juventud. Barcelona.
- MILLER (1970): *La piel de la tierra*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (**) STRAHLER, A. (1977): *Geografía Física* (última edición). Omega. Barcelona.
- (*) TRICART, J. (1969): *La epidermis de la tierra*. Labor. Barcelona.
- TUREKIAN, K. (1974): *Los océanos*. Omega. Barcelona.
- (**) VIERS, G. (1977): *Geomorfología*. Oikos-Tau. Barcelona.

4.4. Geodinámica interna. Tectónica

- (*) BELOUSSOV, V. (1971): *Problemas básicos en geotectónica*. Omega. Barcelona.
- (**) BELOUSSOV, V. (1974): *Geología estructural*. MIR. Moscú.
- BILLINGS, M. P. (1963): *Geología estructural*. EUDEBA. Buenos Aires.
- CLARCK, S. P. (1975): *La estructura de la tierra*. Colección fundamentos de la ciencias de la tierra. Omega. Barcelona.
- (*) DE SITTER (1962): *Geología estructural*. Omega. Barcelona.
- (*) HALLAM, A. (1976): *De la deriva de los continentes a la tectónica de placas*. Labor. Barcelona.
- (**) MATTAUER, M. (1976): *Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre*. Omega. Barcelona.
- METZ, K. (1963): *Manual de geología tectónica*. Omega. Barcelona.
- PHILLIPS, F. C. (1977): *Aplicación de la proyección estereográfica en geología estructural*. H. Blume. Madrid.
- (**) RAMSAY, J. G. (1977): *Plegamiento y fracturación de rocas*. H. Blume. Madrid.
- ROTHER, J. P. (1972): *Sismos y volcanes*. Oikos-Tau. Barcelona.
- (**) SCIENTIFIC AMERICAN (1974): *Deriva continental y tectónica de placas*. H. Blume. Madrid.
- (*) THARLING, D. H. y THARLING, M. P. (1975): *Derivas continentales*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.
- (*) THE OPEN UNIVERSITY (1974): *Principales accidentes de la superficie terrestre. Expansión del fondo oceánico y tectónica de placas*. Curso básico de Ciencias. Unidades 24 y 25. Mc. Graw-Hill. Cali (Colombia).
- VENING MEINESZ (1970): *La corteza y el manto terrestres*. Colección Exedra. Alhambra. Madrid.

5. HISTORIA DE LOS SUCESOS GEOLOGICOS. ESTRATIGRAFIA

5.1. Estratigrafía

- (**) CORRALES, I.; ROSELL, J. y otros (1977): *Estratigrafía*. Rueda. Madrid.
- DUNBAR, C. O. y RODGERS, J. (1968): *Principios de estratigrafía*. CECSA. México.
- (*) KRUMBEIN, W. C. y SLOSS, L. L. (1969): *Estratigrafía y sedimentación*. UTHER. México.
- LAPORTE, L. (1974): *Los ambientes antiguos*. Colección Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.
- (*) SELLEY, R. C. (1977): *Medios sedimentarios antiguos*. H. Blume. Madrid.
- RIOS, J. M. (1969): *Índice sistemático de las formaciones geológicas y de las fases de plegamiento*. Colección Vertix. Alhambra. Madrid.

5.2. Geología histórica

- ALMELA, A. y SANZ, R. (1958): *Resumen de la historia geológica de la tierra*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- (**) BRINKMANN, R. (1966): *Geología histórica*. Labor. Barcelona.
- CAILLEUX, A. (1956): *La era cuaternaria. Problemas y métodos de estudio*. Diputación Provincial de Barcelona. Mem. y comunicaciones del Instituto Geológico. C.S.I.C. Barcelona.
- (*) DUNBAR, C. O. (1960): *Geología histórica*. CECSA. México.
- (*) EICHER, D. (1973): *El tiempo geológico*. Col. Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.

- (*) Mc. ALESTER, A. L. (1978): *Historia de la corteza de la tierra*. Col. Fundamentos de las ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.
- (**) POMEROL, Ch. (1973): *Ere Cenozoique*. Doin editions. Paris.
- (**) POMEROL, Ch. (1975): *Ere Mesozoique*. Doin editions. Paris.
- STOKES, W. L. (1969): *Historia de la tierra. Introducción a la geología histórica*. Aguilar. Madrid.
- THE OPEN UNIVERSITY (1974): *Historia de la tierra*. I y II. Curso básico de ciencias. Unidades 26 y 27. Mc. Graw-Hill. Cali (Colombia).
- (*) WOODFORD, A. O. (1970): *Geología histórica*. Omega. Barcelona.
- ZEUNER, F. E. (1959): *El período Pleistoceno*. Publicaciones del C.S.I.C. Madrid.
- (*) ZEUNER, F. E. (1965): *Geocronología*. Omega. Barcelona.

6. GEOLOGIA APLICADA

6.1. Geología de campo

- (*) COMPTON, R. (1970): *Geología de campo*. Pax. México.
- LAHE, F. (1958): *Geología práctica*. Omega. Barcelona.

6.2. Cartografía. Fotogeología

- (**) ARCHAMBAULT, M. y otros. (1974): *Documents et méthodes pour le commentaire des cartes (Géographie et Géologie)*. 1er. fascicule: Principes généraux. 2me. fasc.: les reliefs structuraux. Masson et Cie. Paris.
- AUBOIN, J. y otros. (1970): *Manuel de travaux pratiques de cartographie*. Dunod. Paris.
- BONTE, A. (1962): *Introduction a la lecture des cartes géologiques*. Masson et Cie. Paris.
- FAUCAULT, A. y RAOULT, J. F. (1975): *Coupes et cartes géologiques*. Sedes Doin Editeurs. Paris.
- (**) LOPEZ VERGARA, M. L. (1978): *Manual de fotogeología*. H. Blume. Madrid.
- MONKHOUSE, F. y WILKINSON, H. (1966): *Mapas y diagramas. Técnicas de elaboración y trazado*. Oikos-Tau. Barcelona.
- (**) PUYOL, R. y ESTEBANEZ, J. (1976): *Análisis e interpretación del mapa topográfico*. Tebar-Flores. Madrid.
- (*) STRANDBERG, C. H. (1975): *Manual de fotografía aérea*. Omega. Barcelona.

6.3. Geofísica. Métodos de prospección

- ASTIER (1975): *Geofísica aplicada a la hidrogeología*. Paraninfo. Madrid.
- (**) CANTOS FIGUEROLA, J. (1974): *Tratado de geofísica aplicada*. H. Blume. Madrid.
- DOBRIN, M. B. (1965): *Introducción a la prospección geofísica*. Omega. Madrid.
- (*) FRASER, R. (1965): *La tierra, el mar y la atmósfera. (Introducción a la geofísica.)* Oikos-Tau. Barcelona.
- GRIFFITHS y KING (1972): *Geofísica aplicada para ingenieros y geólogos*. Paraninfo. Madrid.
- HOWELL, B. F. (1967): *Introducción a la geofísica*. Omega. Barcelona.
- KREITER, M. (1978): *Investigación y prospección geológica*. Paraninfo. Madrid.
- (*) LOZANO CALVO (1972): *Introducción a la geofísica*. Paraninfo. Madrid.
- ORELLANA, E. (1974): *Prospección geoelectrica por campos variables*. Paraninfo. Madrid.

ORELLANA, E. (1972): *Prospección geoelectrica en corriente continua*. Paraninfo. Madrid.

PARASNIS, D. S. (1970): *Principios de geofísica aplicada*. Paraninfo. Madrid.

PARASNIS, D. S. (1971): *Geofísica minera*. Paraninfo. Madrid.

(*) SMITH, P. J. (1975): *Temas de geofísica*. Reverté. Barcelona.

6.4. Hidrogeología

BENITEZ, A. (1972): *Captación de aguas subterráneas*. Dossat. Madrid.

(*) CASTANY, G. (1974): *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Omega. Barcelona.

CATANY, G.: *Prospección y explotación de aguas subterráneas*. Omega. Barcelona.

(**) CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (1976): *Hidrología subterránea*. 2 vol. Omega. Barcelona.

DAVIS, S. y DE WIEST, R. (1971): *Hidrología*. Ariel. Barcelona.

KAZMANN, R. (1969): *Hidrología moderna*. C.E.C.S.A. México.

LLOPIS LLADO, N. (1970): *Fundamentos de hidrología clásica*. H. Blume. Madrid.

MURCIA VIUDAS, A. (1967): *Aguas subterráneas*. Ministerio de Agricultura. Madrid.

PIMIENTA, J. (1973): *La captación de aguas subterráneas*. Técnicos asociados. Barcelona.

(**) PULIDO CARRILLO, J. L. (1978): *Hidrología práctica*. Urmo. Bilbao.

6.5. Recursos minerales

(*) ATLAS E INVENTARIO DE LAS ROCAS INDUSTRIALES (1973): *Mapa de Rocas Industriales*. Escala 1 : 50.000. Inst. Geol. Min. España.

(**) BATEMAN, A. M. (1974): *Yacimientos minerales de rendimiento económico*. Omega. Barcelona.

ERNST, W. G. (1974): *Los materiales de la tierra*. Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.

FEBREL MOLINERO (1970): *Criaderos y yacimientos minerales*. E.T.S. Ing. Minas. Madrid.

Mc. KINSTY, H. E.: *Geología de Minas*. Omega. Barcelona.

PETRASCHEK, W. E. (1974): *Yacimientos y criaderos*. Omega. Barcelona.

(**) ROUTHIER, P. (1963): *Les gisements métallifères*. Masson et Cie. Paris.

SKINNER, B. (1974): *Los recursos de la tierra*. Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega. Barcelona.

(*) SMIRNOV, V. I. (1977): *Geology of mineral deposits*. Mir. Moscú.

TATON (1976): *Topografía subterránea*. Paraninfo. Madrid.

VIDAL, V. (1974): *Explotación de minas*. I. Trabajos mineros. II. Transporte, ventilación y recursos generales del fondo. III. Métodos, energía y servicios del exterior.

6.6. Geología del petróleo

(*) GUILLEMOT, J. (1971): *Geología del petróleo*. Paraninfo. Madrid.

LANDES, K. K. (1974): *Geología del petróleo*. Omega. Barcelona.

6.7. Geología del ingeniero

CAMBEFORT, H. (1974): *Perforaciones y sondeos*. Omega. Barcelona.

(*) DAPPLES, E. C. (1963): *Geología básica en Ciencia e ingeniería*. Omega. Barcelona.

SAGG y ZINKIEWIZK (1969): *Mecánica de rocas en la ingeniería práctica*. H. Blume. Madrid.

CAMBEFORT, H. (1974): *Inyección de suelos*. Omega. Barcelona.

7. GEOLOGIA DE ESPAÑA

(**) BRELL, M. (s.a.): *Apuntes de Geología de España*. Inédito.

LOTZE, F. (1969): *El Cámbrico en España*. Tomo I. Estratigrafía. Mem. Inst. Geol. Min. de España.

(*) MELENDEZ, B. (s.a.): *Mapa geológico de España y Portugal*. Paraninfo. Madrid.

SOLE SABARIS, L. (1952): *Geografía de España y Portugal*. Tomo I. Geografía Física. Montaner y Simón. Barcelona.

SOLE SABARIS, L. (1964): *Geología de los alrededores de Barcelona*. Guía Práctica. Dirección General de Enseñanzas Medias. Madrid.

(**) TERAN, M.; SOLE SABARIS y otros. (1978): *Geografía general de España*. Ariel. Barcelona.

8. FILOSOFIA E HISTORIA DE LA CIENCIA

(**) ALBRITTON, Jr. C. C. (1970): *Filosofía de la geología*. C.E.C.S.A. Barcelona.

(**) CAILLEUX, A. (1964): *Historia de la Geología*. EUDEBA. Buenos Aires.

GEYMONAT, L. (1965): *Filosofía y filosofía de la Ciencia*. Nueva colección Labor. Barcelona.

(**) HARRE, R. y EASTWOOD, D. G. F. (1979): *El método científico*. H. Blume. Madrid.

HEMPEL, C. G. (1973): *Filosofía de la Ciencia Natural*. Alianza Universidad. Madrid.

(*) LAIN ENTRALGO, P. y LOPEZ PIÑERO, J. M.^a (1963): *Panorama histórico de la Ciencia Moderna*. Guadarrama. Madrid.

MERTON, R. K. (1977): *La sociología de la ciencia*. Vol. 1 y 2. Alianza Universidad. Madrid.

RATTRAY TAYLOR, G. (1964): *La ciencia de la vida*. Labor. Barcelona.

SEIFFERT, H. (1977): *Introducción a la teoría de la Ciencia*. Herder. Barcelona.

SIDMAN, M. (1978): *Técnicas de investigación científica*. Conducta humana, núm. 15. Fontanilla.

(**) SMITH, C. U. M. (1977): *El problema de la vida. (Ensayo sobre los orígenes del pensamiento biológico)*. Alianza Universidad. Madrid.

(**) TATON, R. (1975): *Historia general de las Ciencias*. Destino. Barcelona. 5 volúmenes.

(*) TEMPLADO, J. (1974): *Historia de las teorías evolucionistas*. Alhambra. Madrid.

WARTOFSKY, M. N. (1977): *Introducción a la filosofía de la Ciencia*. Vol. 1 y 2. Alianza Universidad. Madrid.

II. BIBLIOGRAFIA PARA CLASES PRACTICAS

En este apartado se recogen los manuales y guías de prácticas en castellano aptos para Bachillerato y COU, y también algunos de nivel de licenciatura, aptos para que el Profesor actualice sus conocimientos o encuentre nuevas sugerencias.

ARANA, E. (1973): *Prácticas de Biología*. Primer año. Limusa. México.

ARANA, E. (1973): *Prácticas de Biología*. Segundo año. Limusa. México.

AREVALO, C. (1966): *Flora básica española* (reimpresión). Santander.

(*) BRACEGIRDLE, B. y MILES, P. H. (1975): *Atlas de Estructura Vegetal*. Paraninfo. Madrid.

- (*) BONNIER, G. et LAYENS, G. (1966): *Flore complete portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*. Librairie Générale de l'enseignement. Paris.
- CABALLERO, A. (1940): *Flora analítica de España*. SAETA. Madrid.
- CENTRO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS UNIVERSIDAD DE MARYLAND. (1976): *Construcción de material didáctica para la enseñanza de las Ciencias. I. Biología*. Guadalupe. Argentina.
- (**) CONSEJO NACIONAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGIA (1968): *Investigaciones de Laboratorio y de Campo*. CECSA. México.
- DIAZ CANALES, R. y ROSALES MENESES, F. (1967): *Prácticas de Laboratorio de Biología*. CECSA. México.
- DEL BAÑO, F. (1968): *Vocabulario elemental de Ciencias Naturales*. F. del Baño. Plaza Aliaga, 10. Murcia.
- DEL BAÑO, F. (1972): *El microscopio*. F. del Baño. Murcia.
- DEL BAÑO, F. (1973): *Tablas para la identificación de minerales*. F. del Baño. Murcia.
- (**) DIAZ MAURIÑO, C. (1976): *Iniciación práctica a la mineralogía*. Alhambra. Madrid (1).
- (*) FREEMAN y BRACEGIRDLE (1975): *Atlas de Histología*. Paraninfo. Madrid.
- (*) GALLEGOS, J. A. (1977): *Claves Mineralógicas*. Talleres Arte. Granada.
- (**) GARCIA VELAZQUEZ (1967): *Manual de prácticas de Microscopía. Biología I*. ENOSA. Madrid.
- (**) GARCIA VELAZQUEZ, A. (1967): *Manual de prácticas: Morfología y Anatomía. Biología II*. ENOSA. Madrid.
- (**) GAVIÑO, G. y otros (1974): *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y campo*. Limusa. México.
- (*) GUADILLA, D. y GONZALEZ IZQUIERDO, M. C. (1973): *Biología experimental. Primer nivel*. Vicens-Vives. Barcelona.
- (**) GUADILLA, D. y GONZALEZ IZQUIERDO, M. C. (1973): *Botánica de campo y laboratorio*. Vicens-Vives. Barcelona.
- (*) GUADILLA, D. y GONZALEZ IZQUIERDO, M. C. (1973): *Geología: investigaciones geológicas*. Vicens-Vives. Barcelona.
- (*) GUADILLA, D. y GONZALEZ IZQUIERDO, M. C. (1973): *Zoología de campo y de Laboratorio*. Vicens-Vives. Barcelona.
- (*) GUINEA, E. (1961): *Flora Básica*. Guías didácticas. Ministerio de Educación Nacional. D.G.E.M. Madrid.
- (*) GUINEA, E. (1961): *Claves Botánicas*. Guías didácticas. In. Educ. Nac. D.G.E.M. Madrid.
- GUINEA, E. y VIDAL BOX, C. (1968): *Parques y Jardines de España. Árboles y arbustos*. Publicaciones del ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- (*) GUITIAN OJEA, F. y CARBALLAS FERNANDEZ, T. (1975): *Técnicas de análisis de suelos*. Biblioteca Universitaria Pico Sacro. Santiago.
- LAZARO IBIZA, B. (1920-1921): *Botánica descriptiva. Compendio de la flora española*. Imprenta Clásica Española. Madrid. 3 vol.
- (**) LILLO, J.; REDONET, L. F. y otros (1978): *Prácticas de Geología*. ECIR. Valencia.
- (*) LITWAGK, G. (1967): *Bioquímica experimental. Manual de Laboratorio*. Omega. Barcelona.
- (*) MAYOR, M. y DIAZ, T. E. (1977): *La Flora Asturiana*. Salinas. Asturias.
- (*) NAVARRO, A. (1976): *Clasificación de animales, vegetales y minerales*. Gráficas Cóndor. Madrid.
- (*) NUEVO MANUAL DE LA UNESCO PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS (1975): Sudamericana. Buenos Aires.
- (*) PRACTICAS DE GEOLOGIA (1977): *Fichas de laboratorio. Ciencias Naturales*. E.E.M.M. ENOSA. Madrid.
- PRACTICAS DE BIOLOGIA (1977): *Fichas de laboratorio. Ciencias Naturales*. E.E.M.M. ENOSA. Madrid.
- REYNOSO, E. y otros. (1974): *Cuadernos de trabajo. Biología primer curso*. CECSA. México.
- REYNOSO, E. y otros. (1974): *Cuadernos de trabajo. Biología segundo curso*. CECSA. México.
- (**) ROMAN, B. (1971): *Tejidos vegetales*. Bruño. Madrid.
- ROSADO, D. y otros (1973): *Trabajos experimentales de Biología. Serie gráfica. Primer curso*. Trillas. México.
- ROWETT, H. (1976): *Guía de disección de la rana*. Colección Guías Urenia. Urenia. Barcelona.
- ROWETT, R. (1976): *Guía de disección de la rata*. Colección Guías Urenia. Urenia. Barcelona.
- (*) SEELY, H. W. y DEMARK, P. J. van (1973): *Microbios en acción. Manual de laboratorio para microbiología*. H. Blume. Madrid.
- ARIOS (1978): *Prácticas de Biología*. Universidad Autónoma de Barcelona. Fontalba. Barcelona.
- (**) VIDAL BOX, C. (1961): *Didáctica y Metodología de las Ciencias Naturales*. Publicaciones de la Dirección General de E. M. Madrid.
- (**) WALLIS, J. M. A. (1955): *Biología práctica*. Aguilar. Madrid.

III. BIBLIOGRAFIA CLUB DE CIENCIAS

Se recopilan libros de prácticas sencillas que el alumno puede realizar en su casa, en grupos de amigos, en grupos de aficionados a la naturaleza, un club organizado, etc., desde la edad de 2.ª etapa de EGB y Bachillerato, hasta el primer ciclo universitario.

Incluimos aquí las guías de clasificación de interés para el naturalista, que por supuesto lo serían para las clases prácticas de campo y clasificación de materiales recolectados.

IIIA. Libros de Experimentos (Nivel EGB 2.ª etapa y BUP primeros cursos)

- BARR, G. (1971): *Experiencias científicas*. Kapelus. Argentina.
- (*) COBB, V. (1972): *Experimentos científicos que se pueden comer*. ADARA. La Coruña.
- DE BRIES, L. (1975): *El libro de los experimentos*. Adara. La Coruña.
- DE BRIES, L. (1976): *El segundo libro de los experimentos*. Adara. La Coruña.
- ESTALELLA, J. (1973): *Ciencia recreativa*. Gustavo Gili. Barcelona.
- (*) GRAHAN, V. E. (1974): *Actividades para un joven naturalista*. Adara. La Coruña.
- JURGEN, H. (1976): *Experimentos con la naturaleza*. Adara. La Coruña.
- MENDEZ, A. (1978): *El taller de los experimentos*. Labor Bolsillo Juvenil. Barcelona.
- (*) PRIME, C. T. (1976): *Actividades para jóvenes botánicos*. Adara. La Coruña.
- (*) SCHWARTZ, E. y SCHWARTZ, B. (1975): *Actividades para un joven biólogo*. Ecología. Adara. La Coruña.
- SEVILLA, A. (1975): *Actividades para explorar la contaminación*. Adara. La Coruña.

IIIB. Guías de Campo Ilustradas

1. Publicaciones del Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA)

Recomendamos solicitar catálogo de las publicaciones de ICONA por referirse exclusivamente a nuestra fauna y flora y porque además de su calidad son de precio muy inferior (a veces más del 50 por 100) a los equivalentes guías del naturalista Omega, las cuales son interesantes pero no tan monográficos para nuestra fauna peculiar.

MORILLO, C. y DEL JUNCO, O. (1976): *Guía de las rapaces ibéricas*. ICONA. Madrid.

DE DIEGO CALONGE, F. (1975): *Hongos de nuestros campos y bosques*. ICONA. Madrid.

2. *Guías del Naturalista*. Editorial Omega. Barcelona

- Guía de las aves de España y de Europa (PETERSON, MOUNTFORT y HOLLAND).
- Guía de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios Norte y Sur (MENZEL, D. H.).
- Guía de campo de los hongos de Europa (LANGE, J. E. y otros).
- Los insectos (FORSTER, W.).
- Los minerales (BOGEL, H.).
- Los peces de agua dulce de España y Europa (MUUS y DAHLSTRÖM).
- Guía de los peces del mar (MUUS y DAHLSTRÖM).
- Guía de campo de los árboles de Europa (KRUSMANN).
- Guía de las plantas medicinales (SCHAUENBERG y PARIS).
- Guía de los mamíferos salvajes de Europa occidental (BRINK y BARRUEL).
- Guía de campo de las flores de Europa (POLUNIN, O.).
- Guía de campo de los mamíferos españoles (BLAS ARITIO, L.).
- Rocas y minerales (SCHUMANN).
- Huellas y señales de animales de Europa (BANG, P. y DAHLSTRÖM).
- Moluscos y caracoles (LINDER).
- Guía de campo de las flores de España, Portugal y sudoeste de Francia (POLUNIN, O. y SMYTHIES, B. E.).
- Guía de campo de la flora y fauna de las costas de España y Europa. (CAMPBELL, A. C.).
- Guía de los animales parásitos de nuestras casas. (MOURIER, H. y otros).
- Árboles y arbustos de Europa (POLUNIN, O.).
- Guía de campo de las plantas sin flores (BRIGLOTMAN, F. H.).
- Guía de campo de los insectos de Europa (CHINER, M. y NICHOLSON, B. E.).
- Manual de las aves de España y Europa, Norte de África y Próximo Oriente (HEINZEL, H.; FITTER, R. y PARSLON, J.).
- Guía de campo de las mariposas de España y demás países de Europa (HIGGINS, L. G. y RILEY, N. D.).
- Los peces de acuario (SCHOTZ, A. y DAHLSTRÖM).
- Guía de las grutas de Europa (AELLEN, V. y STRINATI, P.).
- Guía de las piedras preciosas y ornamentales (SCHUMANN, W.).
- Acuarios y terrarios (VOGT, D. y VERMUTH, H.).
- Guía de campo de los reptiles y anfibios de España y Europa (ARNOLD, E. H. y BURTON, J. A.).
- Guía de campo de los nidos, huevos y polluelos de las aves de España y Europa, Norte de África y Próximo Oriente (HARRISON, C.).
- Arrecifes coralinos (SCHUMACHER, H.).

3. *Serie Pequeñas Guías Omega*

Por su brevedad y buenas ilustraciones son especialmente útiles para los alumnos de BUP.

- Pequeña guía de los minerales y rocas (SCHUMANN, W.).
- Pequeña guía de los hongos de Europa (NENER).
- Pequeña guía de las aves de Europa (THIEDE).
- Pequeña guía de las plantas silvestres de Europa (SEIDEL y EISENREICH).
- Pequeña guía de los animales y plantas del litoral mediterráneo (SAUER).
- Pequeña guía de los peces de acuario (SCHMITZ).
- (Serán de próxima aparición otras pequeñas guías sobre los temas reseñados para las guías del Naturalista Omega a partir de 1979.)

4. *Guías de bolsillo DAIMON*

Especialmente aptas para primeros cursos de BUP. Tienen el inconveniente de que dan fauna de todos los países y no especialmente de España.

- Conchas marinas.
- Los fósiles.
- Mariposas.
- Otros temas no interesantes para Ciencias Naturales.

5. *Guías EUNSA (Ediciones de la Universidad de Navarra, Sociedad Anónima)*

Especialmente útiles para la fauna y flora española. Nivel de BUP-COU y cursos iniciales de Biología.

- FREEMAN, R. (1975): *Clasificación del reino animal*.
- GARMS, H. (1977): *Plantas y animales de España y Europa*.
- MACAN, T. T. (1975): *Guía de animales invertebrados de agua dulce*.

6. *Guías FERNAND NATHAN*. Son interesantes entre otras los títulos siguientes:

- Minéraux et roches.
- Les fossiles en couleurs.
- Arbres et arbustes de nos forêts et nos jardins.
- Animaux et plantes du bord de la mer.
- Petits animaux des dunes et des landes.
- Petits animaux des eaux douces.
- Petits animaux des bois et des champs.
- Les oiseaux, leurs oeufs et leurs nids.

7. *Otras guías de interés naturalístico*

- LUTHER, W. y FIEDLER, K. (1978): *Peces y demás fauna marina de las costas del Mediterráneo*. Pulide. Barcelona.
- BRÜNNER, G. (1969): *Las plantas de acuario*. Ediciones Vida Acuática. Barcelona.

IV. BIBLIOGRAFÍA SOBRE TEMAS DE DIVULGACION Y ACTUALIDAD CIENTÍFICA DE INTERÉS PARA LOS ALUMNOS

Se reseñan los libros que en nuestra biblioteca hemos seleccionado de entre las colecciones de divulgación cultural, referentes a los temas relacionados con las Ciencias Naturales. Indicamos el nivel para el que son adecuados, subrayando el nivel más apto. Es aconsejable ampliar la Biblioteca del centro con libros de lectura nueva de temas de actualidad seleccionando los títulos de las colecciones culturales de cada época.

1. *Biblioteca SALVAT de GRANDES TEMAS (GT)*: Nivel 1.º, 3.º y COU

Colección motivadora de la problemática que se le plantea al hombre de hoy y muy bien ilustrada y con un lenguaje directo, sencillo y sugerente.

- N.º 1. La contaminación.
- N.º 3. La formación de la Tierra.
- N.º 4. El nacimiento de un niño.
- N.º 8. El origen del hombre.
- N.º 10. El sistema solar.
- N.º 17. El origen de la vida.
- N.º 23. La evolución de las especies.
- N.º 24. El cáncer.
- N.º 30. Cerebro y conducta.
- N.º 33. Herencia, medio y educación.
- N.º 34. Estrellas, cúmulos y galaxias.
- N.º 39. Los océanos.
- N.º 42. La atmósfera y la predicción del tiempo.

- N.º 43. La prehistoria.
- N.º 44. La clave genética.
- N.º 45. Crisis energética y recursos naturales.
- N.º 51. Cordilleras, terremotos y volcanes.
- N.º 62. La nueva agricultura.
- N.º 65. El mundo vegetal.
- N.º 68. El mundo animal.
- N.º 71. El comportamiento animal.
- N.º 80. La ecología.
- N.º 88. Educación sexual.
- N.º 89. La vida microscópica.
- N.º 93. Salud y enfermedad.
- N.º 94. Origen y evolución del universo.

2. *Colección MICROCOSMOS. Ediciones Martínez Roca.* (Avda. José Antonio, 77. Barcelona-13). Nivel 1.º, 3.º y COU.

Libros bien ilustrados y con lenguaje directo y sencillo. Apto para todo el BUP, especialmente 1.º y 3.º. Algunos títulos para COU.

- N.º 1. La vida en los planetas.
- N.º 2. La conquista de los fondos marinos.
- N.º 8. El cerebro y la conducta.
- N.º 9. Física del océano.
- N.º 10. La vida en el océano.
- N.º 13. La espeleología científica.
- N.º 14. Las nubes.
- N.º 15. La vida social de los animales.
- N.º 16. El petróleo.
- N.º 17. Introducción a la Geología.
- N.º 18. La alimentación.
- N.º 19. La vida. De la célula al hombre.
- N.º 24. La evolución botánica.
- N.º 26. Los órdenes de la vida.

3. *BIBLIOTECA PARA EL HOMBRE ACTUAL.* (Ediciones Guadarrama, Lope de Rueda, 13, Madrid). Nivel 3.º y COU.

Puestos al día y bien presentados. El nivel es bastante elevado.

- N.º 16. El mundo de los insectos.
- N.º 28. Introducción a la Paleontología.
- N.º 29. El mimetismo en las plantas y animales.
- N.º 30. El mundo del hombre cuaternario.
- N.º 33. Anatomía de la tierra.
- N.º 35. Animales inferiores.
- N.º 46. Evolución y variación vegetal.
- N.º 48. La célula vegetal.

4. *COLECCION ATLAS. Ediciones JOVER* (Barcelona). Nivel 1.º, 3.º y COU.

Especialmente recomendamos para 1.º y 3.º de BUP por sus ilustraciones y definiciones escuetas.

- ATLAS DE GEOLOGIA.
- ATLAS DE MICROSCOPIA.
- ATLAS DE MINERALOGIA.
- ATLAS DE ANATOMIA HUMANA.
- ATLAS DE ANATOMIA ANIMAL.
- ATLAS DE BOTANICA.
- ATLAS DE ZOOLOGIA (Invertebrados).
- ATLAS DE LAS RAZAS HUMANAS.
- ATLAS DE METEOROLOGIA.

(La Editorial JOVER ha publicado también en formato mayor una serie de la naturaleza, en la línea de los atlas mencionados, de los cuales hay también varios títulos publicados: El cuerpo del Hombre, El Universo, etc.)

5. *Serie DICCIONARIO-ATLAS.* (Editorial Teide). Nivel 1.º y 3.º

Se trata de diccionarios muy bien ilustrados a todo color, lo que los hace útiles como consulta para BUP.

- Diccionario-Atlas de Mineralogía.
- Diccionario de Botánica.
- Atlas de Botánica.
- Diccionario de Biología.
- Atlas de Biología.
- Atlas de Anatomía Humana.
- Atlas de Zoología.
- Diccionario de Zoología.
- Diccionario-Atlas de Astronomía.

6. *Serie DICCIONARIOS RIODUERO de la Editorial Católica.* Madrid. Nivel 1.º, 3.º y COU.

- Diccionario de Biología.
- Diccionario de Geología-Mineralogía.
- Diccionario de Ecología.

7. *Colección Exedra. Editorial Alhambra.* Madrid. Nivel COU, y especialmente dirigido al PROFESORADO, por su nivel y carácter monográfico. La mayor parte de esta serie ya la hemos referenciado anteriormente entre la bibliografía sistemática del apartado I.

Títulos y números relativos a Ciencias Naturales.

- N.º 2. *Ecología animal.* DOWDESWELL (1966).
- N.º 22. *Órganos funcionales.* MORRISON (1972).
- N.º 25. *Metabolismo de los insectos.* GILMOUR (1968).
- N.º 28. *Microbiología química.* ROSE (1969).
- N.º 29. *Fundamentos de Genética.* CREW (1968).
- N.º 30. *Aspectos geológicos del origen de la vida sobre la tierra.* RUTTEN (1968).
- N.º 31. *Concepto de gen.* BARISH (1968).
- N.º 34. *La reproducción en los insectos.* DAVEY (1968).
- N.º 37. *Genética del desarrollo.* GOTTLIEB (1968).
- N.º 39. *El comportamiento de los Artrópodos.* CATHY (1968).
- N.º 41. *Cibernética y Biología.* GEORGE (1968).
- N.º 43. *El origen de la vida.* KEOSIAN (1975).
- N.º 46. *Introducción a la diferenciación celular.* SPRATT (1969).
- N.º 48. *Homeostasis.* LANGLEY (1969).
- N.º 49. *Taxonomía vegetal.* HEYWOOD (1969).
- N.º 52. *Metabolismo de las plantas.* STREET (1969).
- N.º 59. *División celular y ciclo mitótico.* WILSON (1969).
- N.º 61. *La corteza y el manto terrestre.* VENING MEINERZ (1970).
- N.º 63. *Determinación del sexo.* CREW (1970).
- N.º 64. *La piel de la tierra.* MILLER (1970).
- N.º 67. *Herencia citoplasmática.* WILKIE (1970).
- N.º 76. *Los desiertos de la tierra y su exploración.* GABRIEL (1972).
- N.º 84. *Introducción al estudio de poblaciones animales.* ANDREAWARTHA (1973).
- N.º 96. *Introducción a la Fisiología de los insectos.* BURSELL (1974).
- N.º 98. *Los ojos de los insectos.* VARELA (1974).
- N.º 101. *Biología del individuo.* GRENVILLE (1976).
- N.º 105. *Fisiología de las sustancias líquénicas.* CORDOBA (1975).
- N.º 106. *Derivas continentales.* THARLING.

8. *Colección Fundamentos de las Ciencias de la Tierra. Omega.* Nivel 3.º, COU y Profesorado, especialmente. (La mayor parte de estos títulos ha sido recogida en la bibliografía sistemática del apartado I.)

- La estructura de la tierra. CLARK.
- Los materiales de la tierra. ERNST.
- La superficie de la tierra. BLOOM.

Los recursos de la tierra. SKINNER.
El tiempo geológico. EICHER.
Los ambientes antiguos. LAPORTE.
La historia de la vida. Mc. ALESTER.
Los océanos. TUREKIAN.
El hombre y el océano. SKINNER y TUREKIAN.
El tiempo atmosférico. BATTAN.
Las atmósferas. GOODY y WALKER.
El sistema solar. WOOD.

9. *Colección QUE SE?* Editorial Oikos-Tau. Barcelona. Nivel 3.º, COU y Profesorado. (Útiles como libros de lectura cortos para orientar al alumno sobre temas monográficos y problemática actual de las ciencias y la cultura. Válidos para trabajos monográficos y en seminario en COU.)

- N.º 3. *La polución atmosférica*. CHOVIN y ROUSSEL.
N.º 4. *La genética de las poblaciones*. BINDER.
N.º 7. *La alergia*. HALPERN.
N.º 13. *Cibernética y Biología*. GOUDOT-PERROT.
N.º 14. *El hambre*. CEPEDÉ y GOUNELLE.
N.º 16. *Biología social*. BOUTHOU.
N.º 18. *La resistencia de los materiales*. DELACHET.
N.º 29. *La química de los seres vivos*. JAVILLIER y LAVOLLAY.
N.º 33. *Los monos antropoides*. GOUSTARD.
N.º 39. *La fatiga*. CHAUCHARD.
N.º 50. *El hombre contra el animal*. FIASSEN.
N.º 51. *Las epidemias*. HARANT.
N.º 55. *Las probabilidades y la vida*. BOREL.
N.º 60. *La formación de las cavernas*. RENAULT.
N.º 64. *La alimentación humana*. LALANNE.
N.º 73. *Sismos y volcanes*. ROTHE.
N.º 75. *El medio ambiente*. GEORGE.
N.º 88. *Los oligoelementos*. GOUDOT-BERTRAND.
N.º 98. *Las enfermedades de la nutrición*. DEROT y otros.
N.º 102. *La vida sexual*. CHAUCHARD.
N.º 106. *La espeleología*. TROMBE.
N.º 116. *Las aguas subterráneas*. TROMBE.
N.º 117. *Los insecticidas*. DAJOZ.
N.º 120. *El fondo de los océanos*. LEPICHON-PAUTOT (*).
N.º 128. *Geografía de la Península Ibérica*. DRAIN.

10. *Colección de la Naturaleza de LIFE en español*

Libros monográficos atractivos, bien ilustrados y tratados. Aptos para nivel de BUP-COU.
Los títulos más importantes para una biblioteca de Ciencias son:

- Las Aves.
- El Mar.
- El desierto.
- Los polos.
- Las montañas.
- La tierra.
- El universo.
- La evolución.
- Los bosques.
- Los insectos.
- Los peces.
- Los reptiles.

11. *Biblioteca universitaria Labor*. Edit. LABOR. Barcelona. Nivel Profesorado, especialmente. (Algunos de estos títulos se han reseñado en la bibliografía sistemática del apartado I.)

- N.º 17. *Datación radiocarbónica*. LIBBY.
N.º 33. *Estudios de ecología humana*. I. THEODORSON.
N.º 34. *Estudios de ecología humana*. II. THEODORSON.

12. *Nueva Colección Labor*. Nivel COU y Profesorado. (Útiles para temas monográficos y trabajos de seminario en COU.)

- N.º 1. *Del sol al hombre*. LABORIT.
N.º 3. *Filosofía de la ciencia*. GEYMONAT.
N.º 6. *El universo*. HACK.
N.º 9. *La distribución de los seres*. FURON.
N.º 21. *La cibernética y lo humano*. DAVID.
N.º 23. *Trama geológica de la historia humana*. TERMIER.
N.º 24. *Teilhard de Chardin*. CUENOT.
N.º 39. *La vida de la célula*. BUTLER.
N.º 48. *El fenómeno vital*. CRUSAFONT.
N.º 53. *Causalidad y accidentalidad en los descubrimientos científicos*. TATON.
N.º 59. *De los primeros vertebrados al hombre*. PIVETEAU.
N.º 74. *El cultivo del océano*. AUBERT.
N.º 82. *El secreto bioquímico de la vida*. JEVONS.
N.º 88. *El hombre y la evolución*. OLIVIER.
N.º 91. *La epidermis de la tierra*. TRICART.
N.º 98. *Los ciclos sexuales de los vertebrados*. FRAZER.
N.º 102. *Cosmología*. BONDY.
N.º 104. *La tierra y sus misterios*. TYRRELL.
N.º 111. *Las especies animales y su evolución*. CAIN.
N.º 123. *Células vivas y poblaciones celulares*. POLICARD.
N.º 127. *Oceanografía*. GRANT GROSS.
N.º 140. *Meteorología*. MILLER.
N.º 148. *El agua base estructural de los seres vivos*. BENEZECH.
N.º 154. *La energía de las mareas*. GIBRAT.
N.º 161. *Geología*. FOSTER.
N.º 163. *Astronomía*. EBBIGHAUSEN.
N.º 169. *Selección natural y herencia*. SHEPPARD.
N.º 170. *La sed del mundo*. GOMELLA.
N.º 172. *Los volcanes y la deriva de los continentes*. TAZIEFF (*).
N.º 179. *Conocimiento actual del universo*. LOWELL.
N.º 180. *Manual de espeleología*. DEMATTEIS.

(*) *Diccionario de Biología*. ABERCROMBIE - HICKMAN-JOHNSON.

13. *Colección Alianza Editorial: EL LIBRO DE BOLSILLO*. Nivel 3.º, COU y Profesorado. (Algunos son útiles para orientar trabajos de seminario en COU.)

- N.º 15. *Primer ensayo sobre la población*. MALTHUS.
N.º 24. *Un siglo después de Darwin*. 1. La evolución. BARNETT.
N.º 25. *Un siglo después de Darwin*. 2. El origen del hombre. BARNETT.
N.º 30. *El hombre*. ROSTAND.
N.º 151. *Fisiología y psicología*. PAVLOV.
N.º 186. *Las drogas*. LAURIE.
N.º 199. *Las razas humanas*. PARKER.
N.º 307. *Historia del hombre*. KOENIGSWALD.
N.º 310. *Darwin*. HEMLEBEN.
N.º 332. *El correo de un biólogo*. ROSTAND.
N.º 333. *Meteorología*. TANCK.
N.º 361. *Del origen de las especies*. QUERNER y otros.
N.º 367. *La biosfera*. SCIENTIFIC AMERICAN.
N.º 414. *El medio divino*. TEILHARD DE CHARDIN.
N.º 458. *El Universo*. ASIMOV.
N.º 561. *La energía*. AMER.
N.º 663. *Cien preguntas básicas sobre la ciencia*. ASIMOV.
N.º 705. *La evolución del hombre*. La hipótesis del cazador. ARDREY.

V. REVISTAS DE INTERES PARA UN SEMINARIO DE CIENCIAS NATURALES

V.A. A nivel de seminario

Utilizables también como lectura de ampliación y trabajos de seminario en COU sobre algunos temas monográficos:

1. *Investigación y Ciencia*.
2. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Sección Biológica.

3. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica.
4. Estudios Geológicos. Órgano del Instituto Lucas Mallada de Geología del C.S.I.C. Madrid.
5. Acta Geológica Hispánica. Barcelona.

V.B. A nivel de divulgación para alumnos

1. Algo.
2. Actualidad científica Española
3. Ibérica.
4. Munibe (País Vasco).
5. El Correo de la Unesco.

De la revista El Correo de la Unesco destacamos algunos números de interés para los alumnos por su problemática actual y por el carácter de la revista, redactada con buenas ilustraciones y una motivación concreta con un espíritu humanista internacional:

Algunos números de interés de la revista El Correo de la Unesco

1. La tierra y sus entrañas. Octubre 1963.
2. El agua y la vida. Julio-agosto 1964.
3. Las avanzadas de la juventud. Julio 1965.
4. Meteorología a escala planetaria. Noviembre 1966.
5. Calendario de un excedente de población. Febrero 1967.
6. La salud. Marzo 1968.
7. El derecho a ser hombre. Noviembre 1968.
8. 1968. Año de los Derechos Humanos. Enero 1969.
9. Se está haciendo inhabitable nuestro planeta. Febrero 1969.
10. Revolución de los alimentos. Marzo 1969.
11. Juventud 1969. Abril 1969.
12. Glaciares en marcha. Junio 1969.
13. Gandhi peregrino de la no violencia. Octubre 1969.
14. El hombre animal agresivo por esencia. Agosto 1970.
15. La encrucijada del desarrollo. Octubre 1970.
16. Mensaje a 3.500 millones de habitantes. Julio 1971.
17. Padre de la revolución verde. Febrero 1972.
18. En el corazón late la salud. Abril 1972.
19. Fracaso escolar. Junio 1972.
20. El origen del hombre. Julio-agosto 1972.
21. Para que la tierra no se consuma. Enero 1973.
22. Predecir y cambiar el tiempo. Agosto-septiembre 1973.
23. La energía en el mundo. Lo que el sol nos promete. Enero 1974.
24. ¿El hombre o el hambre? Año mundial de la población. Julio-agosto 1974.
25. El microbio. Homenaje de la ciencia agradecida. Julio 1975.
26. Terremotos. Mayo 1976.
27. ¿A quién pertenece el océano? Enero 1977.
28. Energías para mañana. Junio 1978.

VI. ALGUNAS ENCICLOPEDIAS DE CIENCIAS NATURALES

Reseñamos las Enciclopedias de Ciencias Naturales que hemos manejado como libros de consulta en nuestro seminario, tanto para profesores como para alumnos.

Por su amplitud y carácter sistemático destacamos la Enciclopedia Salvat de las Ciencias, aunque las demás son también de mucha utilidad y las ediciones recientes están puestas al día.

1. *Enciclopedia Salvat de las Ciencias*. (1968-1972). SALVAT. Pamplona. 20 volúmenes de los cuales 14 están dedicados a Ciencias Naturales.

2. *Enciclopedia monográfica de Ciencias Naturales*. (1974). AGUILAR. Madrid. 5 volúmenes muy bien ilustrados y muy actualizados.
3. *Historia Natural Gallach*. (1969). Instituto Gallach. Barcelona. 4 volúmenes actualizados y también magníficamente ilustrados.
4. *El mundo de los animales*. Editorial NOGUER. Barcelona. Magníficas fotografías de animales. Fundamentalmente se estudian los vertebrados.
5. *Enciclopedia Salvat de la Fauna*. 10 volúmenes, con un enfoque fundamentalmente ecológico.

VII. BIBLIOGRAFIA SOBRE DIDACTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Recogemos aquí algunas obras que han supuesto un enfoque didáctico distinto en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Hay pocos tratados específicos de Didáctica de las Ciencias Naturales en el Bachillerato, y hasta ahora el de mayor valor en este sentido es la obra de VIDAL BOX. La didáctica es un proceso dinámico y abierto por lo que una obra sobre didáctica de las Ciencias Naturales está haciéndose a cada momento y los siguientes títulos no suponen sino sugerencias donde poder elegir un camino de investigación.

Pensamos que el proceso didáctico es una continua investigación con la categoría de investigación superior, si se hace con seriedad, continuidad, responsabilidad, en equipo, y supone una experiencia vivida que se comunica y es receptiva a la vez.

BSCS (Biology Science Curriculum Study). *Ciencias biológicas*:

(1969): *Adaptación de la versión verde (Enfoque ecológico)*. Vol. I y II. Edit. Norma. Cali (Colombia).

(1970): *Adaptación de la versión amarilla (Enfoque estructural y funcional)*. Edit. CECSA. México.

(1972): *Adaptación de la versión azul (Enfoque bioquímico)*. Edit. CECSA. México.

CIENCIA COMBINADA NUFFIELD (1974). Vol. 1 a 10 del alumno y vol. 1-3 del profesor. Edit. Reverté. Barcelona.

Aunque la obra corresponde a una 1.ª etapa de EGB española, tienen el valor de servir como pauta para adaptar los programas de BUP con una visión de Ciencia integrada, tal como se viene postulando para la actualidad europea por la OCDE.

ENSEÑANZA MODERNA DE LAS CIENCIAS EN EL GRADO MEDIO (1962). Vol. 1. Traducción de Cándida Uriel de *Secondary Modern Science Teaching*. Ediciones de la Revista de Enseñanza Media. Guías didácticas de la D.G.E.M. Madrid.

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EL GRADO MEDIO. Vol. II. Traducción de Pablo Martínez Strong. Publicaciones de la Revista de Enseñanza Media. Guías didácticas. D.G.E.M. Madrid.

ESCP (Earth Science Curriculum Project) (1971). *Investiguemos la tierra*. Vol. I y II. Norma. Cali (Colombia).

GALLEGO DIAZ, J. A. (1973): *Didáctica de las Ciencias Naturales*. En la obra dirigida por García Hoz, *Diccionario de Pedagogía*. Labor. Barcelona.

LANDETE, A. (1970): *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza*. Anaya. Madrid.

NUFFIELD FOUNDATION (1970): *Biología Nuffield*. Vol. I a V del alumno y vol. I a V guías del profesor. Omega. Barcelona.

UNESCO (1967-72): *Tendances Nouvelles de l'enseignement de la biologie*. Vol. I (1967). Vol. II (1969). Vol. III (1972). París.

UNESCO (1975): *Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las Ciencias*. Sudamericana. Argentina.

VIDAL BOX, C. (1961): *Didáctica y Metodología de las Ciencias Naturales*. Ediciones de la Revista de Enseñanza Media. D. G. de E. M. Madrid.

ediciones sobre música



Transcripción
e interpretación de la
polifonía española
de los siglos XV
y XVI...200 Ptas.

María Malibrán.....	1.500 Ptas.	
Diez años de música en el Teatro Real.....	200	”
Iniciación a la Música.....	500	”
Gracias y Desgracias del Teatro Real.....	200	”
Gracias y Desgracias del Teatro Real (edición especial, con nuevos textos y fotografías).....	3.500	”
Estudios sobre Mahler.....	200	”

Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n Teléfono: 449 77 00

libros de bolsillo de la revista de educación

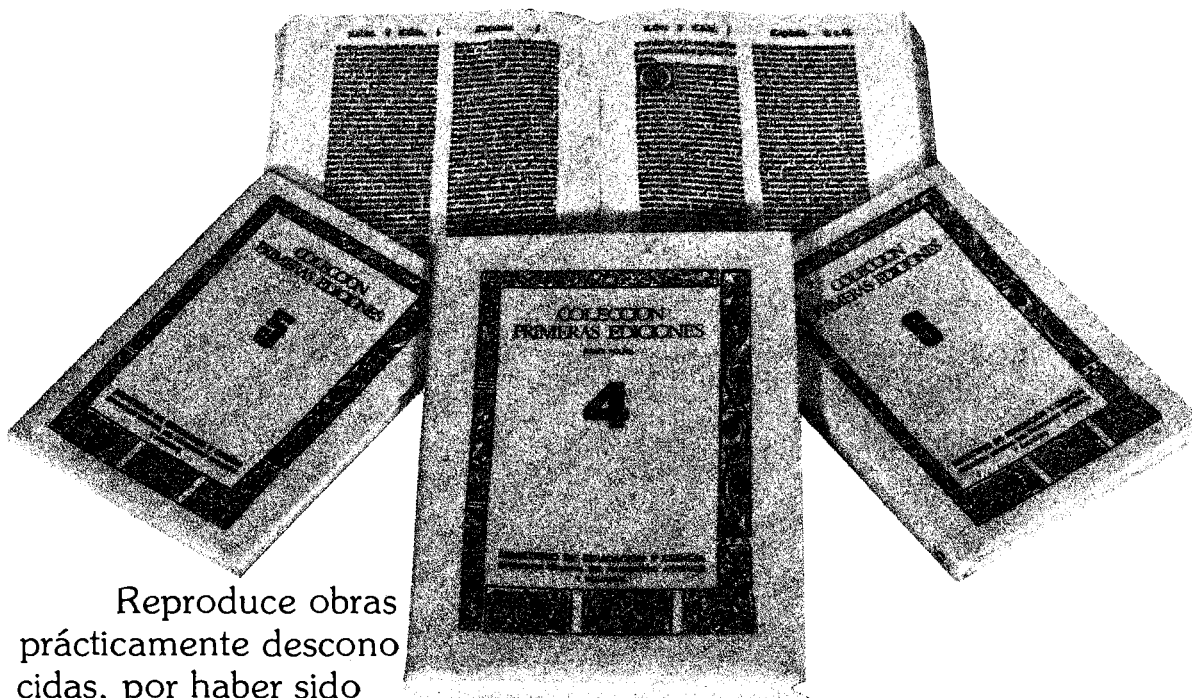


1. Los indicadores de resultados en los sistemas de enseñanza 100 Ptas.
2. Hacia una sociedad del saber 100 Ptas.
3. La educación en Francia 100 Ptas.
4. Método de cálculo de costes en las Universidades Francesas 300 Ptas.

Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n Teléfono: 449 77 00

primeras ediciones



Reproduce obras
prácticamente descono-
cidas, por haber sido

editadas una sola vez en siglos pasados y de las que, en algunos casos
se conserva un sólo ejemplar.

Serie Folio

1. Libro de la anathomía del hombre (agotado)
2. Viaje de la Tierra Santa
3. Nobiliario Vero
4. De varia commesuración para la escultura y architectura

Precio del ejemplar: 1.000 Ptas.

Serie Cuartilla

1. Ortographia Práctica (agotado)
2. Arte de navegar (agotado)
3. El secretario del rey (agotado)
4. El más desdichado amante y pago que dan mujeres
5. Qvilatador de la plata, oro y piedras
6. Repertorio de caminos

Precio del ejemplar: 500 Ptas.

reblisa

Venta en:

- Planta baja del Ministerio de Educación. Alcalá, 34.
- Edificio del Servicio de Publicaciones. Ciudad Universitaria, s/n Teléfono: 449 77 00

CIENCIAS DE LA NATURALEZA

MEDIOS AUDIOVISUALES



PELICULAS

- Constitución de la materia: Herencia biológica.
- Un pequeño colonizador verde.
- Florinda y el viento.
- Geología histórica.
- Nuestro planeta.
- Sismología.
- La Tierra cuenta su historia.
- La erupción del Teneguía.
- La Palma, isla volcánica.
- La actividad de un volcán.
- Las abejas.
- La aventura de Api.
- El mejillón en Galicia.
- Zoogeografía.
- Fisiología de la digestión.
- Nociones preliminares para el estudio de la fisiología.

- Fisiología del aparato locomotor.

DIAPOSITIVAS

- Ciencias de la Naturaleza: Biología (célula vegetal y animal. Funciones celulares), Zoología (Anfibios, arácnidos, gusanos, reptiles, moluscos). 2.400.— Ptas.

GRABACIONES MAGNETOFONICAS

- Seres vivos: las plantas.
- A coger uvas: los frutos.
- Nuestros amigos los animales.
- Los animales también trabajan
- Las hormigas.

Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación.
Ciudad Universitaria. Teléfono 449 77 00.

