



Rafael Jordana

Luis Herrera



# REPRODUCCION SEXUAL EN ANIMALES

## 1. INTRODUCCION.

Se pueden considerar como funciones esenciales en los seres vivos la nutrición, relación, regulación y reproducción. Las tres primeras atienden a la conservación del individuo, en el sentido del aporte de material energético y estructural, regulación de su fisiología como un todo y su relación respecto al medio en que viven y con otros seres vivos. La reproducción en cambio, atiende a la conservación de la especie como un *tipo* con características propias, que son transmitidas de generación en generación.

En los animales se encuentran dos modos de reproducción, asexual y sexual.

La reproducción asexual es aquella en la cual se da lugar a un nuevo individuo a partir de un grupo de células somáticas del individuo progenitor.

La reproducción sexual es aquella en la cual dos células más o menos diferenciadas —gametos— se fusionan, previa reducción del número de cromosomas, para dar una célula nueva —cigoto— que por divisiones sucesivas —en el caso de metazoos— dará lugar al nuevo individuo.

## 2. REPRODUCCION ASEXUAL.

Este tipo de reproducción se encuentra muy extendido en protozoos y en metazoos inferiores, aunque hay algunas diferencias entre los pro-

cesos que se dan en uno y otro grupo. Así en protozoos, la reproducción asexual, que es el mecanismo más frecuente de reproducción en estos animales, se limita a la bipartición con mitosis (Chen, 1967). En algunos casos (esporozoos) la reproducción asexual alterna con la reproducción sexual (Aron, 1966), formando ciclos biológicos complejos. Casi todos estos animales son parásitos y las distintas fases del ciclo biológico, suceden en uno o varios huéspedes alternando con el medio. En estos ciclos la fase sexual y asexual alterna con formas de resistencia.

En los metazoos la reproducción asexual puede ser de formas muy diversas.

### 2.1. GEMACIÓN.

Es el proceso según el cual un conjunto de células de diversos tejidos forman un primordio germinal en el que sucede la organogénesis completa de un animal de las mismas características que el progenitor. El organismo hijo puede quedar unido al progenitor y de esta manera se forman colonias, o se separa de él dando lugar a individuos libres (Brien, 1966; Curtis, 1972).

En el primer caso los distintos individuos que forman la colonia pueden tener especialización funcional para fines distintos en servicio de la colonia, como ocurre en sifonoforos o pueden dar colonias de animales iguales, como ocurre con las esponjas, ascidias, etc. En el segundo caso el individuo resultante puede ser igual o distinto del individuo progenitor. Algunas medusas producen por generación otras medusas idénticas a ellas. Otras medusas, en cambio, provienen por gemación de unas formas asexuales: los pólipos.

La reproducción por gemación se encuentra en muchos animales: esponjas, celentéreos, briozoos, tunicados, anélidos, cestodos, lofoforados... (Brien, 1966).

### 2.2. ESCISIPARIDAD.

Esta forma de reproducción asexual no debe confundirse con la gemación. En la escisiparidad la reproducción se realiza por escisión del individuo en partes más o menos diferenciadas.

#### 2.2.1. *Arquitomía.*

Este modo supone una escisión espontánea del animal en dos o más partes, produciéndose a continuación la regeneración del individuo com-

pleto, a partir de cada una de las porciones en que se ha dividido. Este modo de reproducción ocurre en actinias por escisión longitudinal, en la hydra de agua dulce, medusas, equinodermos, platelmintos y algunos anélidos (Aron, 1966).

### 2.2.2. *Paratomía.*

Este término se emplea para designar un tipo de escisiparidad en la que el individuo progenitor se diferencia, antes de la escisión, en dos individuos que se separan cuando están totalmente diferenciados, como ocurre en anélidos, turbelarios y platelmintos (Aron, 1966).

### 2.3. REGENERACIÓN.

La regeneración es un fenómeno según el cual de un animal amputado o de la parte separada se produce un individuo completo sin defecto (Hay, 1966). Este fenómeno está estrechamente relacionado con la reproducción asexual, pero mientras que la asexualidad es un modo de reproducción espontáneo, la capacidad de regeneración se da después de una rotura traumática, no espontánea, sino por acción de fuerzas externas, lo que supone una capacidad de reorganización y reconstrucción del todo a partir de una parte o de la parte desde el todo.

Esta capacidad es mayor en animales poco diferenciados y va haciéndose menor conforme aumenta la diferenciación y especialización a lo largo de la escala zoológica.

En los estados inferiores de organización animal, las células presentan totipotencia, es decir, unas células diferenciadas en tejidos son capaces de desdiferenciarse y comenzar una nueva diferenciación en un sentido distinto del que tenían. De la capacidad de producir un individuo completo a partir de un brazo en una estrella de mar, se llega, en otros animales, a regenerar un miembro —como por ejemplo la cola en algunos reptiles— o a una simple cicatrización, con aparición de un tejido distinto de los que existían, que repara el daño sufrido.

Los distintos modos de reproducción asexual pueden resumirse como la independencia de una o varias células del control fisiológico del organismo como un todo ordenado y organizado. Supone un aislamiento de esas células, que comienzan la formación de un nuevo individuo.

Desde el punto de vista evolutivo, la reproducción asexual tiene muy poco potencial de variación, ya que el organismo hijo es genéticamente igual al organismo progenitor, no hay posibilidad de variación y por

tanto hay muy poca capacidad de adaptación de la especie a posibles cambios ambientales.

### 3. REPRODUCCION SEXUAL.

Podría definirse en esencia como el fenómeno por el cual dos células más o menos diferenciadas —gametos— o simplemente dos núcleos en algunos casos, se aparean y se fusionan. Probablemente la ventaja más importante de la reproducción sexual es el aumento de variabilidad que resulta de la fusión del material hereditario de dos organismos: los progenitores. Y que conduce a la aparición de un nuevo organismo, semejante pero no idéntico a ellos. Esta variabilidad tiene una gran importancia evolutiva, debido a que se producen dentro de la especie individuos distintos, capaces de adaptarse por largos períodos a nuevos cambios en el medio ambiente (Nelson, 1973).

La reproducción sexual, a pesar de que requiere una secuencia de procesos bastante complejos, respecto a los mecanismos más sencillos que se efectúan en la reproducción asexual, se extiende a todos los seres vivos, desde los organismos unicelulares a los pluricelulares más evolucionados (plantas y animales superiores). En estos últimos tiene lugar la especialización de células destinadas a aparearse, que son los gametos. En los primeros en cambio, el gameto no se distingue morfológicamente de la simple célula vegetativa, por lo que es necesaria la aplicación de otro criterio distinto al de la diferenciación celular, que es la dotación cromosómica. La fusión de los núcleos idénticos conduce a la duplicación de la dotación cromosómica. Pero para que se mantengan constantes las características nucleares de la especie, es indispensable que en un momento u otro, tenga lugar la reducción a la mitad de esta dotación cromosómica, que es precisamente el papel de la *meiosis*. El ciclo de reproducción sexual de cualquier organismo se presenta por tanto como la sucesión de dos fases complementarias: una haplofase ( $n$  número de cromosomas) y una diplofase ( $2n$  cromosomas) (Lamotte, 1975).

#### 3.1. PROTOZOOS.

En los protozoos se presentan claras manifestaciones de sexualidad, homologables a las de los metazoos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la reproducción en estos organismos, no entraña necesariamente un aumento del número de individuos, pero sí en cambio, consiguen una

perpetuación de la especie. De tal manera que la especie habitualmente presenta una multiplicación vegetativa, de la que ya se ha hablado, y sólo cuando las condiciones del medio son desfavorables, adopta los procesos sexuales como una forma de renovación del patrimonio hereditario. Esta sexualidad facultativa no es exclusiva de los protozoos, sino que se presenta también en numerosos metazoos de vida libre, y tiene diferentes aspectos como son la hologamia, autogamia, isogamia y anisogamia (Grassé, 1969; Nelson, 1973).

### 3.1.1. *Hologamia.*

En ciertos flagelados, después de un período más o menos largo, en el cual se suceden una serie de divisiones reproductoras estrictamente vegetativas, dos individuos pueden aparearse, y tras la cariogamia —unión de núcleos— y fecundación dan origen a un cigoto diploide, que experimenta la meiosis, dando lugar a cuatro individuos haploides. Un ejemplo lo constituye el caso de *Chlamydomonas*, donde individuos bi-flagelados se unen por parejas, dando un cigoto móvil con cuatro flagelos, tras una eliminación de los flagelos y elaboración de una membrana resistente, tiene lugar la cariogamia e inmediatamente ocurre la meiosis con formación de los cuatro individuos haploides.

### 3.1.2. *Autogamia.*

La autogamia «in sensu stricto» es una forma de reproducción que está restringida a ciertos protozoos ciliados, heliozoos, flagelados y otros protistas como los crisomonadinos. El fenómeno en esencia consiste en una redistribución del material nuclear —variabilidad— que puede suponer para la especie una mejor adaptación al cambio experimentado en el medio ambiente. El ejemplo más característico lo constituye el *Actinophrys sol*. El heliozoo tras un enquistamiento se divide en dos células, cada una de las cuales experimenta la meiosis (ciclo de maduración idéntico al que se conoce en los organismos superiores, emisión de dos glóbulos polares y reducción cromosómica). Estas dos células hijas haploides, son verdaderos gametos morfológicamente idénticos, aunque existe cierta heterogamia en el momento de la fecundación, en la cual uno de los dos gametos —el masculino— emite una prolongación pseudopodial, al tiempo que el contenido nuclear pasa al gameto femenino. Ocurre así la fecundación y formación de la especie cigoto diploide.

### 3.1.3. *Isogamia.*

El cigoto resulta de la fusión de dos gametos morfológicamente iguales, llamados por esta razón, isogametos. Se presenta la isogamia en protozoos y en numerosas algas. Entre los protozoos, los foraminíferos constituyen un ejemplo típico. Los gamontes o especies que dan lugar a los gametos contienen numerosos núcleos. En un momento dado tiene lugar la liberación de células provistas de un par de flagelos: los isogameetos. Estos gametos aparentemente iguales, presentan diferencias fisiológicas y bioquímicas que constituyen entre otros caracteres, criterios que definen la bipolaridad sexual de los isogametos.

### 3.1.4. *Anisogamia.*

La anisogamia en la especie supone la existencia de dos tipos de gametos: un gameto masculino o androgameto de pequeño tamaño —pobre en citoplasma—, generalmente móvil, y un gameto femenino o ginogameto de gran tamaño —rico en citoplasma— y frecuentemente inmóvil (macrogameto). Ya en los protozoos parásitos se encuentra esta dualidad estructural de las células reproductoras, por ejemplo en los esporozoos causante del paludismo (Aron, 1966).

## 3.2. METAZOOS.

La reproducción sexual en los metazoos se presenta según un patrón básico que implica la existencia de unas células especializadas, características de uno y otro sexo, que son los gametos. Esta heterogametia presente en los metazoos, supone una anisogamia muy marcada, llamada oogamia. En la cual el gameto masculino o espermatozoide fecunda al gameto femenino o óvulo, para formar un cigoto diploide que tras el desarrollo, origina un nuevo individuo.

La formación de estas células sexuales especializadas tiene lugar mediante la espermatogénesis o oogénesis en la gonadas masculinas —testículos—, o femeninas —ovarios— respectivamente.

La dotación haploide de los gametos, respecto de la diploide del cigoto, supone que en el período de formación de los primeros ha de existir una reducción del número de cromosomas, a través de la meiosis —del griego μειωσις=disminución— fenómeno que juega un papel trascendental en la variabilidad de la especie, como veremos más adelante.

### 3.2.1. *Caracteres sexuales.*

El hecho de que en la mayoría de los organismos se presente una dioecia muy marcada, es decir, que los sexos estén separados —aunque existen también casos de hermafroditismo en metazoos—, hace que se diferencien una serie de rasgos anatómicos, fisiológicos y psíquicos-sexuales, que se denominan caracteres sexuales. En principio estos caracteres sexuales se clasifican en germinales y somáticos, clasificados a su vez, estos últimos, en caracteres primarios y secundarios.

Los caracteres sexuales germinales son los testículos en el macho y los ovarios en la hembra. Los caracteres sexuales somáticos primarios son los órganos ligados directamente a la función reproductora, es decir: al transporte de los gametos —espermiductos u oviductos—, al acoplamiento y a la gestación. Los caracteres sexuales somáticos secundarios, responden a diferencias que permiten distinguir el macho de la hembra, y no guardan relación anatómica con el reproductor (Houillon, 1972).

Cuando en una especie se distinguen estos caracteres sexuales secundarios, se dice que la especie presenta dimorfismo sexual. Los estudios endocrinológicos han demostrado que los caracteres sexuales somáticos, tanto los primarios como los secundarios, están bajo control de secreciones hormonales masculinas o femeninas. De las que nos ocuparemos más tarde en el control hormonal de la reproducción.

El dimorfismo sexual se presenta en los organismos alcanzando los más diferentes grados, no sólo entre las diferentes especies, sino incluso entre los congéneres de una misma especie. En numerosas especies el dimorfismo sexual afecta no sólo al tamaño del cuerpo (machos pigmeos de Rotíferos, Crustáceos fijos o parásitos —Copepodos o Cirripedos—, en los moluscos, el cefalópodo pelágico *Argonauta argo*, presenta un claro dimorfismo sexual, el macho tiene pocos centímetros de longitud y la hembra en cambio alcanza los treinta centímetros), sino que se traduce a veces en motivos llamativos desarrollados precisamente en los machos, mientras las hembras presentan colores más apagados y mimético (es el caso de numerosos insectos y ciertas aves y mamíferos). En otros insectos, el dimorfismo sexual se presenta en la especie con el macho alado y la hembra aptera. En los anfibios y peces los machos adquieren en la época de la reproducción coloraciones llamativas, debidas a cromatoforos que se expanden en el tegumento. En mamíferos el dimorfismo es muy moderado quedando restringido a la distinta corpulencia, o diferente proporción de diversos órganos, por ejemplo, la cornamenta del ciervo macho o la barba en el hombre (Alvarado, 1967).

### 3.2.2. *Gametogénesis.*

Desde un estadio muy precoz de la ontogenia del ser, se diferencian las primeras células germinales —las gonias—, que en principio son indiferentes en ambos sexos, pero luego se diferencian en espermatogonias en el macho y oogonias u ovogonias en la hembra. La formación de los gametos a expensas de estas células germinales, en las correspondientes gonadas, recibe el nombre de gametogénesis, o más específicamente espermatogénesis y ovogénesis, según se trate del macho o de la hembra, respectivamente.

La espermatogénesis y la ovogénesis son dos procesos paralelos y homólogos en los que se distinguen tres períodos: proliferación, crecimiento y maduración. Ya en los primeros estadios del desarrollo embrionario tiene lugar una segregación entre los blastómeros que van a dar el soma, de los blastómeros que darán lugar a las células reproductoras (estirpe germinal). Pues bien, a partir de estas células reproductoras o gonias, tras sucesivas divisiones mitóticas —período de proliferación—, se forman un elevado número de células semejantes. En un último período de formación de las espermatogonias y oogonias, ocurre un período de crecimiento y formación a partir de las gonias, de los citos de primer orden: espermatocito I y oocito II. Que son los que experimentan la meiosis, y por tanto, una reducción del número diploide de cromosomas, al número haploide característico de los gametos. Hay que destacar que así como en la espermatogénesis tiene lugar la formación de cuatro células haploides, llamadas espermatidas, que tras un período de maduración o espermiogénesis se transforman en espermatozoides, en la ovogénesis en cambio sólo una célula es viable, la llamada ovotida que más tarde da lugar al óvulo (Houillon, 1972).

En definitiva, la diferencia principal en la evolución gametogenética entre ambos sexos, concierne a la evolución del citoplasma. En la espermatogonia aumenta muy poco la cantidad de citoplasma y cada una de las espermatidas que se forman experimentan una pérdida gradual, a medida que transcurre la espermiogénesis, de una buena parte del citoplasma, en cambio en la oogenia hay un incremento en la cantidad de citoplasma, al tiempo que ocurre la vitelogénesis, con formación de mayor o menor cantidad de vitelo dependiente de la especie.

### 3.2.3. *Significado genético.*

Como hemos visto, en los organismos con reproducción sexual, la vida se inicia a partir de una simple célula, el cigoto, originado por la

unión de dos células germinales, los gametos. El cigoto contiene, por tanto, toda la información en pares de cromosomas homólogos, uno de origen paterno y otro de origen materno, es decir: presenta un número diploide  $-2n-$  en lugar del número haploide  $-n-$  de los gametos, y *es ya un nuevo individuo distinto de ambos progenitores.*

Los cromosomas están formados por genes, estructuras de Acido Desoxi Ribonucleico —DNA—, de los que depende la herencia de los caracteres. Cuando el individuo adulto ha de reproducirse actúa en la formación de las células germinales —es decir, la gametogénesis de que se ha hablado— una reducción que afecta a la mitad del número de cromosomas, por medio de la meiosis. Durante las divisiones que se suceden en la meiosis, tiene lugar la recombinación del material hereditario en los nuevos genotipos. Al comienzo de la primera división meiótica los cromosomas homólogos se aparean, de tal manera que durante este apareamiento tiene lugar la ruptura en determinados puntos de estos filamentos homólogos con el consiguiente intercambio de genes. Lo que conduce a una redistribución del material hereditario entre todos y cada uno de los núcleos resultantes de la gametogénesis (Nason, 1971).

Como hemos visto, en todos los metazoos, desde los celentéreos al ser humano, la meiosis precede a la inmediata formación de los gametos, por lo que el ciclo vital se desarrolla en estado de diplofase, excepto los gametos que son haploides. Entonces, como quiera que en toda célula diploide, cada gen está representado dos veces, existe una doble información para cada carácter, que puede ser idéntica o distinta, encontrándonos en un caso de homocigosis o heterocigosis para un determinado carácter, respectivamente. En el caso de homocigosis cualquiera que fuere la información se manifiesta en la descendencia, sin embargo en el caso de heterocigosis se manifiesta la forma dominante y se puede transmitir también la información recesiva, o bien manifestarse una forma intermedia, como resultado de la distinta información de ambos genes para el determinado carácter. Pues bien, el hecho de que, por una parte pueda darse un cambio o mutación en la información normal o salvaje a una forma dominante o recesiva, y por otra el intercambio de información que se produce entre los filamentos de los cromosomas homólogos en la gametogénesis, es de una importancia decisiva en la supervivencia de la especie, en cuanto a su posible adaptación a nuevas condiciones ambientales. Esta es quizás la ventaja más importante de la reproducción sexual en los seres vivos.

### 3.2.4. *La fecundación.*

La fecundación «in sensu stricto», es el fenómeno citológico por el cual tiene lugar la fusión de los dos núcleos haploides de los gametos, para formar el huevo o cigoto. Con el fin de que ocurra la fecundación, es necesario un ambiente húmedo, en el que los espermatozoides se puedan mover y desplazar en la búsqueda del óvulo para su fecundación. De aquí que se distinguen dos tipos de fecundación: la externa y la interna.

La fecundación externa es característica de un gran número de animales acuícolas, en los que los gametos son liberados al medio, sucediendo en él el encuentro y fusión de los gametos. Se da en numerosos Invertebrados: Espongiarios, Celentéreos —medusas—, Anélidos Poliquetos, Moluscos —mejillones—, Crustáceos, Equinodermos —erizos—, etcétera. Y en Vertebrados: Peces, que en el momento de la reproducción se agrupan formando bancos o cardúmenes, con lo cual aumenta la probabilidad de fecundación de los gametos emitidos, Anfibios (ranas). En cualquiera de los casos, tras la formación del huevo ocurre el desarrollo ulterior en el mismo medio, estableciéndose un intercambio de agua y sales minerales, gases respiratorios, etc., entre el huevo y el medio.

La fecundación interna es específica de los animales terrícolas y algunos acuícolas: los espermatozoides, en un medio acuoso —líquido espermático, producido por las glándulas accesorias del tracto genital masculino—, son introducidas en las vías genitales femeninas en las cuales se produce la fecundación.

Para que pueda ocurrir la unión del núcleo espermático, con el núcleo del óvulo es necesario que esté maduro, es decir, que haya cumplido las dos divisiones meióticas con expulsión de los corpúsculos polares. Este momento de la fecundación es característico para diferentes grupos de animales. En Equinodermos ocurre cuando ha tenido lugar la formación definitiva de la ovotida; en Vertebrados en el momento de transcurrir la segunda mitosis reduccional; en Moluscos y Tunicados cuando el huevo emite el primer corpúsculo polar; y en ciertos Nematodos y Anélidos Poliquetos tiene lugar la fecundación aún más tempranamente en estado de ovocito de primer orden (Allen, 1959; Houillon, 1972; Grassé, 1969).

El mecanismo íntimo de la fecundación, supone la existencia de unas enzimas —las espermiolisinas— contenidas en el acrosoma espermático que digieren o rompen las diferentes membranas del óvulo, y que conducen al espermatozoide al contacto con la membrana celular del óvulo, produciendo en el citoplasma cortical del huevo una modificación, que es el cono de entrada. Apenas el espermatozoide ha entrado, se produce

una onda de contracción, con simultánea elevación del citoplasma cortical y de la membrana vitelina, dando origen a la membrana de fecundación. Se piensa que este fenómeno desencadenado por enzimas de la cabeza espermática fecundante, tiene el significado de constituir una barrera a la entrada de otros espermatozoides. Inmediatamente después de la fusión del núcleo masculino con el femenino, tiene lugar la primera división del huevo en dos células (Metz, 1962).

En estas especies con fecundación interna, prácticamente todas ellas terrestres como numerosos Artrópodos, Reptiles y Aves, el huevo se desarrolla, tras haber verificado la puesta la hembra, son las formas más comunes de oviparismo. En ciertos casos, los huevo permanecen períodos más o menos largos de tiempo en el interior de las vías genitales, que funcionan como cámaras incubadoras, hasta el punto de que puede tener lugar la eclosión en el tracto genital de la madre, es el ovoviviparismo de ciertos Insectos y Arácnidos. El caso quizás de más complejidad, es el de aquellas especies en las que se establece una estrecha relación entre el embrión y la madre, con anidamiento del huevo en el útero, de manera que se establece un intercambio del embrión y la madre a través de un órgano especial, que es la placenta, es el caso de viviparismo que no es exclusivo de los Mamíferos placentarios, sino que se encuentra también en ciertos Arácnidos e Insectos. Fenómenos semejantes con desarrollo de placenta se dan en *Peripatus* (Grassé).

### 3.3. CONTROL HORMONAL DE LA REPRODUCCIÓN.

La reproducción en los seres vivos es normalmente un proceso que se produce de una manera estacional o que responde a una actividad cíclica. Dada la gran cantidad de especies animales se encuentran algunas excepciones a esta regla general.

La actividad sexual estacional parece ser una adaptación a la aparición de la prole en la época favorable en que se encuentra comida abundante y los factores externos como humedad, temperatura, etc., son adecuados. Dentro de la estación favorable pueden darse ciclos que permiten series sucesivas de generaciones. Los cambios fisiológicos necesarios para que se dé en un momento determinado la reproducción sexual, suelen ser dependientes de factores ambientales, como el fotoperíodo —día corto y día largo—, temperatura, humedad, etc. Este acoplamiento suele hacerse desde los sentidos externos al cerebro, induciendo secreción de sustancias de células nerviosas —neurosecreción— que producen maduración de gonadas, etc., regulando el ciclo sexual. A las sustancias que

se producen en órganos secretores y tienen su acción sobre otros órganos y tejidos, se les llama hormonas.

Células neurosecretoras se han descubierto en casi todos los animales desde los celentéreos —*Hydra*— hasta el hombre. En muchos animales no se conoce bien su función, pero en otros muchos se sabe que están relacionados con los ciclos reproductores. No sólo se refiere al crecimiento y función de las glándulas sexuales, sino que también inducen la aparición del comportamiento reproductor, tanto en el propio individuo, como en el otro sexo, a través de la liberación de feromonas.

### 3.3.1. *Hormonas de reproducción en insectos.*

Dentro de los grupos de invertebrados hay algunos como los insectos en los que están bien conocidos los mecanismos endocrinos que regulan la reproducción.

La reproducción está ligada al fenómeno de la muda. La madurez sexual se produce cuando el animal es adulto, y para llegar a este estado se dan una serie de estados larvarios sucesivos, separados entre sí por una muda, el animal se separa de su cutícula y aumenta de tamaño, la última transformación produce el adulto. En todo este proceso intervienen tres hormonas. Hormona cerebral, hormona juvenil y hormona de la glándula protorácica. La hormona juvenil determina el estado larvario, mientras que la H.G.P. determina la metamorfosis.

La hormona cerebral controla la secreción de la hormona de la glándula protorácica y ésta induce la metamorfosis definitiva del adulto, en ausencia de H. Juvenil. La hormona juvenil se produce en los *corpora allata* y la integridad de esta glándula es necesaria para que se dé la maduración de los huevos en muchos insectos, simultáneamente la estirpación de ovarios a un insecto produce hipertrofia de los *corpora allata*, lo que indica un mecanismo de retroalimentación, igualmente la reimplantación de ovarios maduros retorna los *corpora allata* a su tamaño normal. Luego existe un efecto recíproco entre estos dos órganos y es una interrelación de tipo hormonal. A su vez los *corpora allata* están sometidos a regulación endocrina, por el protocerebro y éste influenciado a su vez por el fotoperíodo, humedad, etc.

### 3.3.2. *Hormonas de la reproducción en vertebrados.*

Los vertebrados también participan de un control hormonal de la reproducción. En aquellos animales que tienen una reproducción esta-

cional los factores ambientales inciden, por medio de los receptores sensoriales, sobre las células neurosecretoras del cerebro —en algunos casos glándula pineal— y siempre el hipotálamo, éste actúa sobre la hipófisis, y por liberación de hormonas hipofisarias se regula la actividad de las gónadas. La secreción de éstas regula a su vez, por un mecanismo de retroalimentación, la secreción de la hipófisis. En otros vertebrados que tienen ciclos periódicos no estacionales, éstos son regulados internamente por medio de un delicado equilibrio de sustancias de secreción interna tanto cerebrales como gonadales.

El control hormonal en la reproducción en vertebrados se realiza fundamentalmente a través de las hormonas liberadas por dos sistemas relacionados. El primero de estos sistemas es el formado por las propias glándulas sexuales consideradas como endocrinas, secreción del ovario y estructuras relacionadas, secreción del testículo y secreción de factores hormonales por la placenta.

El segundo sistema es el que regula al primero y está formado por el conjunto hipotálamo-hipófisis. El hipotálamo segrega un conjunto de factores liberadores —hormonas hipotalámicas— que inducen la secreción de las hormonas hipofisarias.

En muchos vertebrados este delicado sistema está a su vez regulado bajo el control de la secreción de la glándula pineal y ésta responde adecuadamente a los estímulos del medio.

### 3.3.2.1. *Hormonas gonadales de la hembra.*

El ovario es el órgano encargado de la producción de los óvulos maduros y de la secreción de las hormonas que regulan el aparato reproductor y los caracteres sexuales secundarios teniendo efecto también sobre la secreción de hormonas hipofisarias. Las hormonas segregadas por los ovarios son los estrógenos, gestágenos, andrógenos y relaxina.

**Estrógenos:** estos son la Estrona, Estradiol, Estriol y Hidroxyestradiol, este último sólo se encuentra en el caballo, el estriol está presente en la mujer y en la gallina, el estradiol está ampliamente repartido en los distintos grupos zoológicos, al igual que la estrona.

**Efectos:** el más general que producen los estrógenos es el crecimiento de los tejidos, y de una manera especial sobre los tejidos de los órganos sexuales accesorios, y su efecto principal es su capacidad para producir el estro.

La influencia de los estrógenos sobre el sistema reproductor ha sido demostrado claramente sobre vertebrados de grupos inferiores. La ad-

ministración de estrógeno puede producir inversión sexual (Yamamoto, 1953; Gallien, 1953; Chang, 1955), inhibición del tejido germinal (Ashby, 1957). Pequeñas dosis pueden producir maduración folicular y dosis grandes pueden interferir el ciclo ovárico normal y esto, tanto por efectos directos sobre el ovario como por efecto sobre la hipófisis.

El efecto genuino de los estrógenos es la proliferación normal del endometrio. Se han citado efectos de los estrógenos sobre la glándula mamaria, aumento de peso, lipemia, balance mineral en sangre, celo, etc.

#### 3.3.2.1.1. *Gestágenos.*

El principal es la progesterona. Se produce en el *corpus luteum* de numerosos animales, así como también en el fluido folicular, ovario y placenta de algunos otros (Von Euler and Heller, *Comparative Endocrinology*, pág. 116). Existen también otros gestágenos naturales derivados de la progesterona, que se encuentran también donde se produce ésta.

Efectos: los gestágenos son capaces de inhibir la acción de los estrógenos de manera que actúan de forma antagónica (Turner, *Endocrinología General*, pág. 430).

Por una parte la tasa de progesterona puede inhibir la ovulación e incluso la formación de folículos, efectos que han sido demostrados en la cerda (Ulberg y col., 1951), la vaca (Nellor y col., 1956) y la oveja (Dutt y Casida, 1948). Sin embargo, la función más importante de la progesterona es provocar los cambios secretorios en el endometrio, preparando así la implantación del huevo.

Por otra parte, la progesterona tiene efectos paralelos sobre el crecimiento del lóbulo-alveolar de la glándula mamaria de varios animales (Reece, 1958). La temperatura corporal de la hembra experimenta un ligero incremento en el momento de la ovulación (Wrenn, y col, 1958). Por último, un papel decisivo de la progesterona es su actividad corticoide, análogo a las hormonas corticosuprarrenales, en el balance iónico del organismo.

#### 3.3.2.1.2. *Andrógenos.*

El hecho de que la androstendiona haya sido recientemente aislada de ovario y placentas, sugiere la posibilidad de que este andrógeno es un importante precursor de la biosíntesis de estrógenos. De aquí que la actividad androgénica encontrada en ciertos extractos ováricos sea atri-

buible a la testosterona como intermediario de la biogénesis de los estrógenos. Por ejemplo: la correlación encontrada entre el tamaño de la cresta de gallina y la actividad ovárica, fenómeno que se produce por el efecto de andrógenos, y no de estrógenos o gestágenos (Parker, 1950).

#### 3.3.2.1.3. *Relaxina.*

Es el nombre genérico de una serie de péptidos —proteínas sencillas— aislados del ovario, placenta y útero de numerosas hembras embarazadas (Steinetz y col., 1959). Aunque ha sido encontrada también en ovario de elasmobranquios y testículos de aves.

Efecto: La función de la relaxina está relacionada con los cambios que se producen en la pelvis de la hembra en gestación (Zarrow, 1948); la motilidad espontánea del útero —in vitro— puede ser inhibida por la relaxina en el cobaya (Krantz y col., 1950); en la mujer embarazada la relaxina inhibe las contracciones uterinas prematuras —Mc Carthy y col., 1957—, y relaja el cuello del útero en el parto (Birnberg y Abitbol, 1957). En definitiva la relaxina ejerce profundos efectos sobre la morfología, fisiología y bioquímica del útero.

#### 3.3.3.2. *Hormonas gonadales del macho.*

El testículo presenta dos funciones complementarias: de una parte la proliferación de los espermatozoides y de otra la producción de hormonas esteroides (los andrógenos). Los andrógenos son compuestos masculinizantes que se producen principalmente en el testículo. Aunque también se originan, como hemos visto, en el ovario, en la placenta y en la corteza suprarrenal. Entre los principales andrógenos está la testosterona y androstendiona aislados de testículo de numerosos animales (Ellis y Berliner, 1965).

Efectos: Los andrógenos son esenciales en el dominio de los caracteres sexuales secundarios del macho. Así, la castración del macho adulto funcional produce una involución de los caracteres a un estado juvenil, restaurando los andrógenos todos los caracteres en el individuo castrado (Harding y Samuels, 1962). Otra de las acciones importantes de los andrógenos es la estimulación del anabolismo proteico, influyendo sobre el mecanismo íntimo de la síntesis de proteínas (Talwar y Segal, 1963). Así cuando se administra a ratones 10 mg de propionato de testosterona durante dos días, la velocidad de incorporación de glicina -1-<sup>14</sup>C a las proteínas del riñón aumenta de 30 a 50 % «in vitro» (Frieden y col.,

1961). En el hombre los andrógenos intervienen en la regulación de la formación de pelo, de los cambios de voz, configuración del esqueleto (Straun y Pochi, 1963)...

### 3.3.4. Regulación de la función ovárica.

Como decíamos al comienzo, la función endocrina, tanto del ovario como del testículo, no es autónoma, sino que a su vez está bajo control endocrino de un segundo sistema hipotálamo-hipófisis, que en último término están bajo la acción de la glándula pineal.

#### 3.3.4.1. Hipófisis.

En la parte anterior de la hipófisis se segregan las hormonas gonadotróficas: folículo-estimulante —FSH— y luteinizante —LH—. La FSH permite la maduración del folículo ovárico y formación por parte del ovario de las hormonas femeninas. Así la extirpación total de la hipófisis en la gallina provoca una rápida involución del ovario, oviductos y cresta (Opell, 1965).

La LH al alcanzar una cierta tasa circulante hace posible sinérgicamente con la FSH la liberación del óvulo: ovulación. El folículo cicatriza en el ovario y se convierte en el *corpus luteum* que se comporta como una auténtica glándula endocrina. Aparece entonces una tercera hormona hipofisaria, la hormona luteotropa (LTH), que induce en el cuerpo amarillo la secreción de la progesterona. Este hecho se complica aún más, ya que las hormonas ováricas pueden iniciar la proliferación de la mucosa uterina, destinada a recibir el huevo fecundado. En cuyo caso, el huevo se implanta y se instaura una nueva fisiología relacionada con el aparato placentario. Si el huevo no ha sido fecundado, comienza un nuevo ciclo de maduración folicular (Houillon, 1972). Este esquema válido para mamíferos, entraña otros mecanismos relacionados con la vitelogenénesis en peces, anfibios, reptiles y aves.

#### 3.3.4.2. Hipotálamo.

Se encuentra unido a la adenohipófisis por un sistema vascular porta hipotálamo-hipofisario, de manera que los factores liberados por el hipotálamo regulan la secreción de las gonadoestimulinas hipofisarias FSH, LH y LTH (Quevauvilliers y col., 1969).

El control hipotalámico se efectúa así, por una serie de neurohormonas que son: La LH «Releasing Factors» (LRF); la FSH «Releasing Factors» (FRF); la GRF «Growth Hormone Releasing Factors»; la PIF y PRF «Prolactin Inhibiting or Releasing Factors».

#### 3.3.4.3. *Glándula pineal.*

Las investigaciones más recientes sugieren que la glándula pineal de los mamíferos ejercen una acción importante en la regulación fotoperiódica de las gonadas. Embriológicamente la glándula pineal proviene de un tercer ojo, que empieza a desarrollarse en una fase temprana del embrión y luego degenera (Guyton, 1969). Así la glándula pineal actuaría como una especie de transductor entre los estímulos del medio ambiente y la actividad gonadal. La luz advertida por la retina origina ciertos impulsos que actúan sobre ciertos ganglios cervicales, los cuales a su vez «informan» a la glándula pineal sobre la síntesis y liberación de la melatonina, que podría actuar directamente sobre las gonadas y la hipófisis anterior (Quay, 1963 y Wurtman y col., 1964).

#### 3.3.5. *Regulación de la función testicular.*

La producción de espermatozoides está bajo la influencia de hormonas hipofisarias y andrógenos derivados del propio testículo (Breneman y col., 1962). El lóbulo anterior de la hipófisis segrega en el macho tres gonadotropinas: la folícula estimulante —FSH—, la luteinizante —LH— y ya hormona hipofisaria del crecimiento —STH— (Boccabella, 1963).

La FSH estimula los tubos seminíferos, células del Sertoli y la espermatogénesis. La LH estimula las células de Leydig y secreción de andrógenos que a su vez inducen el desarrollo de los caracteres sexuales primarios y secundarios masculinos (Lostroh, 1962). De tal manera que la función sexual masculina resulta de la acción sinérgica entre estas hormonas.

La hipófisis anterior, que tiene bajo su control la función testicular, depende a su vez —igual que en la hembra— del hipotálamo, cuya neurosecreción llega a la adenohipófisis por el sistema porta.

Por último, es sabido que la actividad sexual masculina en numerosos animales está influenciada por el fotoperíodo y la temperatura (Octavant, 1965), lo que hace pensar que en último término, igual que en la hembra, esta actividad está bajo control de la glándula pineal.

### 3.4. COMPORTAMIENTO DE LA REPRODUCCIÓN.

Comprende no sólo una serie de reacciones complejas que preceden al acoplamiento, sino también la conducta de los progenitores hacia la procreación y cuidado de la prole. Este conjunto de reacciones del comportamiento sexual, hay que tener en cuenta que son innatas, es decir, que son heredadas junto con las características morfológicas y fisiológicas de la especie, por ejemplo, un polluelo de pato es capaz de nadar inmediatamente de salir del huevo, o un mamífero recién nacido es capaz de succionar el pezón materno. Esta serie de reacciones realizadas sin necesidad de ser aprendidas, son llamadas acciones instintivas.

#### 3.4.1. *Comportamiento sexual.*

La conducta sexual comprende una serie de reacciones que se dan en los individuos cuando entran en el período de celo, que les lleva a la elección de un territorio de reproducción, y al desarrollo de rituales de apareamiento que preceden a la cópula.

*Territorio de reproducción.*—En muchos animales, el macho tiende a ser agresivo, y a defender un territorio durante la época de la reproducción. Eligiendo así una zona protegida donde la fecundación y cuidado de la prole tenga lugar sin molestias. Entre los Invertebrados quizás ciertos Moluscos y Artrópodos sean los que mejor han desarrollado este instinto de área reproductora. El grillo campestre, por ejemplo, elige su territorio y defiende sus límites con ardor. En las arañas en cambio es la hembra la que adopta un comportamiento agresivo, arriesgándose el macho a penetrar en el territorio de la hembra y poder ser devorado, por lo que ha de realizar «actos simbólicos», que actúan como inhibidores de la agresividad de la hembra y como evocadores sexuales (Crane, 1949). Entre los Vertebrados son muy numerosos los casos de Peces, Aves y Mamíferos. Así, por ejemplo, entre los Peces, la bermejuela hembra deposita sus huevos en un mejillón de agua dulce, que ha elegido el macho, y que luego defiende contra otras bermejuelas (Curtis, 1972). Entre las Aves, el águila defiende un territorio de 93 km<sup>2</sup>; el petirrojo europeo un territorio de 6 km<sup>2</sup>; por otra parte, individuos de una misma especie tienen a menudo territorios de tamaño diferente, dependientes en parte de la densidad del alimento, presión de población o agresividad del individuo.

*Rituales de apareamiento.*—El acoplamiento va precedido de una serie de danzas y movimientos más o menos complejos y vistosos. Así, por ejemplo, resultan muy llamativas las experiencias realizadas por Tinbergen en el pez espinoso (*Gasterosteus aculeatus*). En este pez las danzas en zig-zag de cada uno de los componentes de la pareja estimulan reacciones características en su congénere, la visión del vientre turgente de la hembra estimula al macho a dirigirse hacia el nido, y recíprocamente la visión del vientre rojizo del macho estimula la ovulación de la hembra.

En otras especies la convivencia entre los dos congéneres puede durar muchos años, e incluso toda la vida formando uniones muy fuertes entre machos y hembras, incluso emigrando juntos y permaneciendo juntos durante la época invernal, como es el caso de algunas especies de gansos —Lorenz, 1961— y ciertas aves migratorias.

### 3.4.2. *Comportamiento progenitor.*

La construcción del nido, incubación, cuidado de los huevos y de la prole, así como el reconocimiento de ésta y la colaboración entre los dos progenitores, conforman una serie de reacciones, muy variables de unas especies a otras que constituyen el comportamiento progenitor. La construcción del nido en Peces como el ya citado espinoso, es el macho el que construye el nido con hierbas acuáticas que une entre sí mediante una secreción viscosa producida por los riñones (Salvat, 1968).

Pero es fundamentalmente en Aves donde se han hecho la mayor parte de los estudios de comportamiento paternal (Lorenz, 1972; Tinbergen, 1972; Klopfer, 1972).

Las experiencias de Tinbergen en Laridos —gaviotas—, han llevado a la existencia de un perfecto conocimiento de los huevos, durante el período de incubación, tal es el caso de la goviota reidora —*Larus ridibundus*—, aunque otras como la gaviota cabecinegra —*Larus melanocephalus*— incuba modelos de forma muy variada, con tal que sean de color y diseño similares al verdadero. La incubación de los huevos se lleva a cabo por la hembra, en la mayoría de los pájaros cantores, en las cuales se desarrolla una región en la piel abdominal que permite la transmisión directa del calor corporal a los huevos, es la denominada área de incubación. En otras especies ambos progenitores participan de la incubación, por lo que machos y hembras presentan área de incubación, es el caso de numerosos pájaros cantores, palomas, petreles, etc. Más raro es el caso, por ejemplo, de los faláropes, en el que los machos exclusivamente incuban los huevos.

El cuidado de la prole entraña también una serie de relaciones complejas entre los padres y su descendencia. Los adultos han de hacerse reconocer por la prole, cada vez que se acercan al nido, comportamiento que tiene por objeto inhibir toda reacción de miedo o agresividad, y que se expresa mediante determinadas ceremonias, reclamos o cantos que los pequeños aprenden a conocer. Así, por ejemplo, Lorenz explica que encontrándose cerca del nido de un martín pescador —*Alcedo atthis*—, en el momento en que un padre entraba, las crías, molestas por la presencia extraña, adoptaron una actitud agresiva en lugar de apaciguamiento y el adulto fue picoteado por sus propios hijos.

En Mamíferos, también se han estudiado numerosas y variadas conductas en el comportamiento progenitor.

Aunque en estas especies muchas de las reacciones son de tipo instintivo, se dan también reacciones características de aprendizaje, apareciendo posiblemente nuevas relaciones afectivas madre-hijo.

La hembra preñada de muchas especies de mamíferos presentan un comportamiento más tranquilo y solitario que las no preñadas. La hembra de chimpancé se vuelve amable y poco agresiva, en contraste con su conducta habitual. La gata preñada permanece relativamente inactiva y emplea mucho tiempo en lamerse y cuidarse el cuerpo, particularmente la región genital. Tras el nacimiento, el comportamiento materno varía a medida que sus crías se hacen autosuficientes. Establecidos los primeros contactos entre madre e hijo, los pequeños son ayudados por la progenitora en la busca del pezón, que luego «aprenden» a encontrar. La última fase del comportamiento materno de los Mamíferos se refiere al «destete». La madre poco a poco deja de buscar a sus crías, las cuales en cambio le siguen activamente, en este momento se desarrollan en la madre ciertas reacciones de rechazo hacia la prole, por ejemplo, la perra ladra, enseña los dientes en actitud amenazadora, y golpea a sus cachorros con las patas para habituarles a valerse por sí mismos.

Por último, cabe destacar las relaciones afectivas estudiadas en Primates, como Mamíferos superiores (Harlow, 1972). Harlow sugiere que la sociedad del mono Rhesus se mantiene unida principalmente por «sistemas afectivos» o «categorías de amor», cada uno de los cuales opera probablemente a través de diferentes caminos neurológicos y endocrinos; tras muy variadas experiencias, identifica al menos cinco de tales sistemas afectivos en estos monos: de madre a hijo, de hijo a madre, de igual a igual, de compañero a compañera y de macho adulto a los miembros de su grupo. Así, ante un modelo de madre artificial construido de alambre, aunque provisto de biberón y otro modelo de madre provisto de pelaje y no de biberón, el pequeño preferirá la segunda madre. Una

hembra, criada con una madre artificial, desatenderá a sus hijos y los maltratará. Estas experiencias negativas en la primera infancia de estos Primates, acarrea graves consecuencias en su comportamiento social.

#### 4. REFLEXIONES MARGINALES: ATRACCION SEXUAL Y REPRODUCCION.

¿Es posible disociar la atracción sexual de la reproducción? ¿Puede tener algún fundamento biológico esa separación?

Respecto a estas preguntas se ha escrito mucho, y se ha acudido —cómo no— a la ciencia. Al formular una pregunta así pueden buscarse dos cosas: la primera, la simple observación de un fenómeno que se da en el mundo biológico, y por ello también en el hombre, que participa de la misma naturaleza biológica; la segunda podría ser la de buscar justificaciones científicas para actos inmorales del hombre.

La reproducción puede ser sexual o asexual. En el momento en que hay dos sexos (masculino y femenino o positivo y negativo) tiene que haber una atracción entre ellos y entre espermatozoide y óvulo.

La atracción entre individuos de distinto sexo es un fenómeno universal en la escala zoológica. Y podemos pensar que se ha seleccionado debido a que el premio o placer producido por la relación sexual es el estímulo adecuado para poner en relación a dos individuos de distinto sexo y llegar así a la perpetuación de la especie, que de otra manera no se produciría.

La atracción sexual entre animales se produce sólo en determinados momentos en que hay posibilidad de fecundación. Estos casi siempre responden a un ciclo.

Es lógico pensar que si la atracción sexual está al servicio de la reproducción, aquella tenga lugar cuando ésta se pueda dar, ya que es un mecanismo seleccionado para tal fin. Por otra parte se sabe que la hembra madura, en muchas especies animales, muestra un comportamiento y produce sustancias atrayentes para el macho que desencadenan en él la atracción sexual. Ese comportamiento y liberación de sustancias se realiza bajo el influjo hormonal del ciclo ovárico.

¿Cabría pensar —biológicamente— en una atracción sexual y en una vida sexual desvinculada de la reproducción?

Los animales no tienen volición para intentar la reproducción y perpetuación de la especie, sino que la atracción sexual instintiva lleva como consecuencia la reproducción, y es necesaria esa atracción para que la reproducción se dé. Lo contrario, intentar dotar a los animales de voli-

ción, es pretender introducir en la Biología las películas de Walt Disney. Sólo en ellas los animales «quieren», «se aman», «fundan una familia».

El mundo biológico no es de color de rosa, es algo cruel. La selección se realiza por medio de la muerte de los inadaptados y los mecanismos que se seleccionan son automáticos. Pensar que la sexualidad y la reproducción son separables es algo que categóricamente no tiene base biológica. La sexualidad y la atracción sexual están íntimamente ligadas a la reproducción. Biológicamente no tiene razón de ser la atracción sexual sin la reproducción. Si eliminásemos del reino animal la atracción sexual desaparecerían los animales. De igual manera, si quitásemos en el hombre la atracción sexual, se acabaría la especie humana.

Se puede imaginar —con cierta base científica y teniendo en cuenta que no es un hecho científico comprobado, sino un simple ensayo—, cómo podría haber sido el proceso de sexualización que se observa en el hombre.

Es sabido que los animales inferiores producen una descendencia muy numerosa. Esto es debido a que dada la alta mortalidad por el modo de reproducción en un ambiente acuático quedan los individuos inmaduros e incluso las puestas a merced de los predadores, y éstos dan buena cuenta de las crías antes de que lleguen a tener procedimientos de defensa. Sólo se han seleccionado individuos muy fecundos que por su enorme fecundidad aumentan la probabilidad de supervivencia.

Otro caso es el de aquellos animales que tienen una fecundidad muy limitada: 3 a 10 crías cada año, en las que se han seleccionado mecanismos de protección en los padres respecto a su prole y consiguen de esta manera la supervivencia de la especie. Estas sociedades familiares son estacionales y duran el tiempo necesario para que llegue la independencia de la prole.

En los homínidos ese proceso de independencia de la prole duraría mucho más tiempo. Y por otro lado dada la alta mortalidad infantil, la pequeña esperanza de vida y la baja fertilidad —un hijo al año como máximo—, tiende a seleccionar mecanismos de protección de la prole, y se da la necesidad del máximo contacto sexual para conseguir la máxima tasa de nacimientos bajo riesgo de desaparición.

Lo natural, lo biológico, es una indisoluble unidad entre la vida sexual y la reproducción. Sólo el hombre por ser inteligente y por poder superar las posibilidades biológicas, ha sido capaz de interrumpir ese nexo, utilizando los medios más diversos. Pero cuando el ser humano interrumpe ese proceso está saliéndose de «lo natural» y entrando en el mundo de lo artificial.

La naturaleza deja vivir a los animales y aquel que no es capaz de

competir con las condiciones ambientales, como puede ser la limitación de alimentos, ese es el que desaparece. Y por lo tanto esas bajas condiciones de estabilidad en un medio adverso son las que no se transmiten. Y aquel que es capaz de sobrevivir en condiciones adversas de poca cantidad de alimento, por ejemplo, o ser más astuto en la consecución de la comida, etc., ese animal es el que sobrevive y en su descendencia quedan esos caracteres favorables. Eso es un fenómeno biológico.

Decir que las prácticas anticonceptivas o abortivas —utilizadas en muchos países para mantener la constante de la población respecto de la especie humana— son biológicas, es realmente una afirmación gratuita sin base biológica suficiente, puesto que los mecanismos normales que actúan en la naturaleza no son nunca voluntarios de unos individuos que regulan su propia procreación. El intento de separar lo sexual de la reproducción no ocurre en la escala biológica a cualquier nivel que se la considere, y solamente se encuentra ese intento de separación en el hombre, como justificación de los abusos de la sociedad actual. Admitir el planteamiento de separación de lo sexual con la reproducción, podría llevar a utilizar en la raza humana los sistemas que se utilizan actualmente para la mejora animal por medio de la fecundación artificial.

Buscando en la biología, no observamos en ningún animal un comportamiento de sexualización. No hay raíz biológica para explicar el erotismo, o la pura sexualización independizada de la procreación. Esto habrá que buscarlo en una serie de razones o motivos exclusivamente humanos.

#### B I B L I O G R A F I A

- ALVARADO, S., *Biología General*. Madrid, 1967.  
ALLEN, R. D., «Scientific American» 201, (julio), 1959.  
ARON, M. y P. GRASSÉ, En *Précis de Biologie Animale*. Masson et Cie. París, 1969.  
ASHBY, K. R., «J. Embryol. Exptl. Morphol.», 5:225-249, 1957.  
BIRNBERG, C. H. y M. M. ABITHOL, «Obstet. Gynecol. Survey», 10:366-370, 1957.  
BOCCABELLA, A. V., «Endocrinol.», 72:787, 1963.  
BRENEMAN, W. R., F. J. ZELLER y R. O. CREEK, «Endocrinol.», 71:790, 1962.  
BRIEN, P., En *Biologie de la Reproduction Animale*. Masson et Cie. Paris, 1966.  
CRANE, J., «Zoologica», 34:159-214, 1949.  
CURTIS, H., En «Biologia». Omega. Barcelona, 1972.

- CHANG, C. Y. y E. WITSCHI, «Endocrinol.», 56:597-605, 1955.
- CHEN, T. T., *Research in Protozoology*, Vols. I-IV. Pergamon. London, 1967-1968.
- DUTT, R. H. y C. CASIDA, «Endocrinol.», 43:208-217, 1948.
- ELLIS, L. G. y D. L. BERLINER, «Endocrinol.», 68:862, 1961.
- FRIEDEN, E. H. E. H. COHEN y A. A. HARPER, «Endocrinol.», 68:862, 1961.
- GALLIEN, L., *Comparative Endocrinology*. Wiley. Nueva York.
- GRASSÉ, *Traité de Zoologie. Anatomie systématique. Biologie*, Tome VI, Onychophores, etc. Ed. Masson et Cie. Paris.
- GRASSÉ, P. P., P. LAVIOLETTE, A. HOLLANDE, V. NIGON y E. WOLFF, *Biología General*. Toray-Masson S. A. Barcelona, 1969.
- GUYTON, A. C., En «Tratado de Fisiología Médica». Pág. 1005. Interamericana Mexico, 1969.
- HARDING, B. W. y L. T. SAMUELS, «Endocrinol.», 70:192, 1962.
- HARLOW, H. F., *Sistemas afectivos*. En «Biología». Curtis, H. Pág. 747. Omega. Barcelona, 1972.
- HAY, E. D., *Regeneration*, Holt, Rinehart and Winston, Inc., Nueva York, 1966.
- HOUILLON, Ch., *La sexualidad*. Omega. Barcelona, 1972.
- IBAYASHI, H., M. NAKAMURA, T. UCHIKAWA, S. MURAKAWA, S. YOSHIDA, K. NAKAO y S. OKINAKA, «Endocrinol.», 76:347, 1965.
- KLOPFER, P. H. y J. P. HAILMAN, En «Function and Evolutions of Behaviour». Addison-Wesley, Publ. Co., pág. 9. Londres, 1972.
- KRANTZ, J. C., Jr., H. H. BRYANT y C. J. CAN, «Surg. Gynecol. Obstet.», 90:372-375, 1950.
- LAMOTTE, M. y Pr. L'HERITIER, *Biología General*. Alhambra. Madrid, 1975.
- LORENZ, K. Z., *Comparative Studies on the Behaviour of Anatinal*. En «Function and Evolution of Behaviour». Klopfer and Hailman, 1972.
- LOSTROH, A. J., En R. F. Escamilla: *Labor. Test of Endocrine Functions*. Pág. 326. Philadelphia, F. A. Davis Co., 1962.
- MCCARTHY, J. J., H. W. ERVING y L. E. LAUFE, «Am. J. Obstet. Gynecol.», 74:134-138, 1957.
- MELZ, Ch. B., *Fertilization. Frontiers in Modern Biology*. Horighton Mifflin Co., Boston, 1962.
- NASON, A., *Biología*. Limusa-Wiley S. A. Mexico, 1971.
- NELSON, G. E., G. G. ROBINSON, R. A. BOOLOOTIAN, *Conceptos Fundamentales de Biología*. Limusa. Mexico, 1973.
- NELLOR, J. E. y H. H. COLE, «J. Animal Sci.», 15:650-661, 1956.
- OPEL, H., *Endocrinol.*, 76:673, 1965.
- ORTAVANT, R., Thèse, Faculte des Sciences, l'Universite de Paris, 1965.
- PARKES, A. S., «Recent Progress in Hormone Research», 5:101-114, 1950.
- QUAY, W. B., «Gen. and Comp. Endocrinol.», 3:473, 1963.
- QUEVAUVILLIERS, J. L. PERLEMUTER, P. OBRASKA y KOPF, En «Cuadernos de Fisiología Normal y Patología». Toray-Masson. Barcelona, 1969.

- REECE, R. P., En «The Endocrinology of Reproductions». Ed. S. T. Velardo. Pág. 213-240. Oxford Univ. Press. Londres y Nueva York, 1958.
- SALVAT DE LAS CIENCIAS ENC., En «Biología Zoología». Tomo 19. Pág. 217. Salvat. Pamplona, 1968.
- STEINETZ, B. G., V. L. BEACH y R. L. KROC, En «Recent Progress in the Endocrinol. of Reprod.». Ed. C. W. Lloyd. Pág. 389-427. Academic Press, Nueva York, 1959.
- STRAUN, J. J. y P. E. POCHI, «Recent Progress Hormone Research», 19:385, 1963.
- TALWAR, G. P. y S. J. SEGAL, «Proc. Nat. Aca. Sci.», 50:226, 1963.
- TINBERGEN, N., *Comparative Studies of the Behaviour of Gulls: (Laridae). A. Progress Report.* Pág. 335. En «Function and Evolutions of Behaviour». Klopfer and Hailman, 1972.
- WRENN, T. R. J. BITMAN y J. F. SYKES, «J. Daivy Sci.», 41:1071-1076, 1958.
- WURTMAN, R. J., J. ASCEROLL y J. E. FISCHER, «Science», 143:1328, 1964.
- YAMAMOTO, T., «J. Explt. Zool.», 123:571-594, 1953.
- ZARROW, M. X., «Endocrinology», 52:129-140, 1948.

# abstract

---

The present article is an explication for wide scale publication, of the process of reproduction in the animal world—from the protazoas to the mamals.

The similarity of reproduction in the zoological world is manifested to the reader. Essentially, the basic and intimate mechanism of the reproductive process is the same in all animals. It only varies accidentally as a response to the adaptation to distinct modes of life. The principal moment of the reproductive process is the appearance of the new individual, in the form of a zygote or egg, which is formed by the union of the gametes. From the first moment, it has its own genetic information which makes it distinct from its progenitors. In the majority of animals, it begins an embryonic development, in independence from its parents. Only in a few cases, the embryo, by adaptation to a determined type of environment, is dependent upon the mother.