

GAMETOGÉNESIS

OBJETIVOS:

- Distinguir los espermatozoides normales y tipificar las anomalías eventuales.
- Manejar apropiadamente los fluidos corporales.
- Mantener una conducta apropiada durante el laboratorio
- Utilizar apropiadamente los microscopios.

MATERIALES:

Por parte del Estudiante: Bata blanca, crayones, lapiceros, lápices, sacapuntas, GUANTES, MUESTRA DE SEMEN (una por laboratorio)

Por parte Institucional: Infraestructura de laboratorio de observación microscópica, microscopios, papel limpiantes, papel mayordomo, portaobjetos, cubreobjetos, isopos.

METODOLOGÍA:

Previo al laboratorio pasar a recoger el frasco donde será depositada la muestra. Se les recomienda llevar la muestra 10 a 15 minutos antes de la práctica.

El estudiante se presentará al laboratorio PUNTUALMENTE, vistiendo su bata blanca.

Ingresará al laboratorio en cordón y silencio y colocará sus efectos personales en el lugar que el catedrático indique, teniendo cuidado de tener a mano lo solicitado para la práctica.

Se reunirán en parejas para el trabajo, sin embargo el reporte en el cuaderno es individual.

El docente supervisará la colocación de muestra en los portaobjetos.

Deberán revisar la muestra por medio del microscopio.

Se hará una descripción detallada de lo observado, teniendo en cuenta determinar el nombre de la muestra, características generales y específicas que presenten los elementos celulares. Deberá apoyar la descripción con el dibujo de lo observado.

Dispone de 30 minutos para realizar el trabajo.

EVALUACIÓN:

Formativa durante la práctica y sumativa en el parcial de unidad y revisión de cuaderno de dibujos al finalizar la misma.

CONTENIDO:

Gametogénesis

Es una de las principales funciones de las gónadas y consiste en la formación de células sexuales o gametos. Tanto en machos como en hembras, los resultados de este proceso sólo pueden observarse cuando los organismos han alcanzado su madurez sexual, aunque el comienzo de esta función estuvo en el período embriofetal.

En ambos sexos la finalidad básica de la **gametogénesis** es la misma. Es producir células con la mitad del número cromosómico, por lo cual, la **gametogénesis** masculina o **espermatoogénesis** y la femenina u **ovogénesis** se realizan en etapas equivalentes, aunque con algunas diferencias. En términos generales estas etapas son cuatro.

1.- Proliferación

La formación de gametos se inicia con las *células germinales* que son un grupo de células diploides que se aíslan muy tempranamente durante el desarrollo embrionario enclaustrándose en estructuras específicas que posteriormente se transformarán en gónadas.

Dentro de las gónadas correspondientes a cada sexo, las células germinales se dividen por mitosis sucesivas hasta conformar una gran cantidad de pequeñas células diploides llamadas *ovogonios* o *espermatoogonios* dependiendo del sexo.

2.- Crecimiento

Después de la fase proliferativa, los “*gonios*” entran en un período interfásico durante el cual crecen por aumento en el volumen en el citoplasma. Al finalizar esta etapa de crecimiento, las células del macho se denominan *espermatoocitos* I° y las de las hembras *ovocitos* I°. La fase de crecimiento toma más tiempo en la ovogénesis por lo que producirá un ovocito I de tamaño muy superior al espermatoocito I. La diferencia es significativa porque el óvulo debe almacenar toda la reserva nutritiva para el desarrollo inicial del embrión.

3.- Maduración

El principal acontecimiento en la fase madurativa de la **gametogénesis** es la transformación del núcleo diploide (2n) en haploide (n) mediante la meiosis.

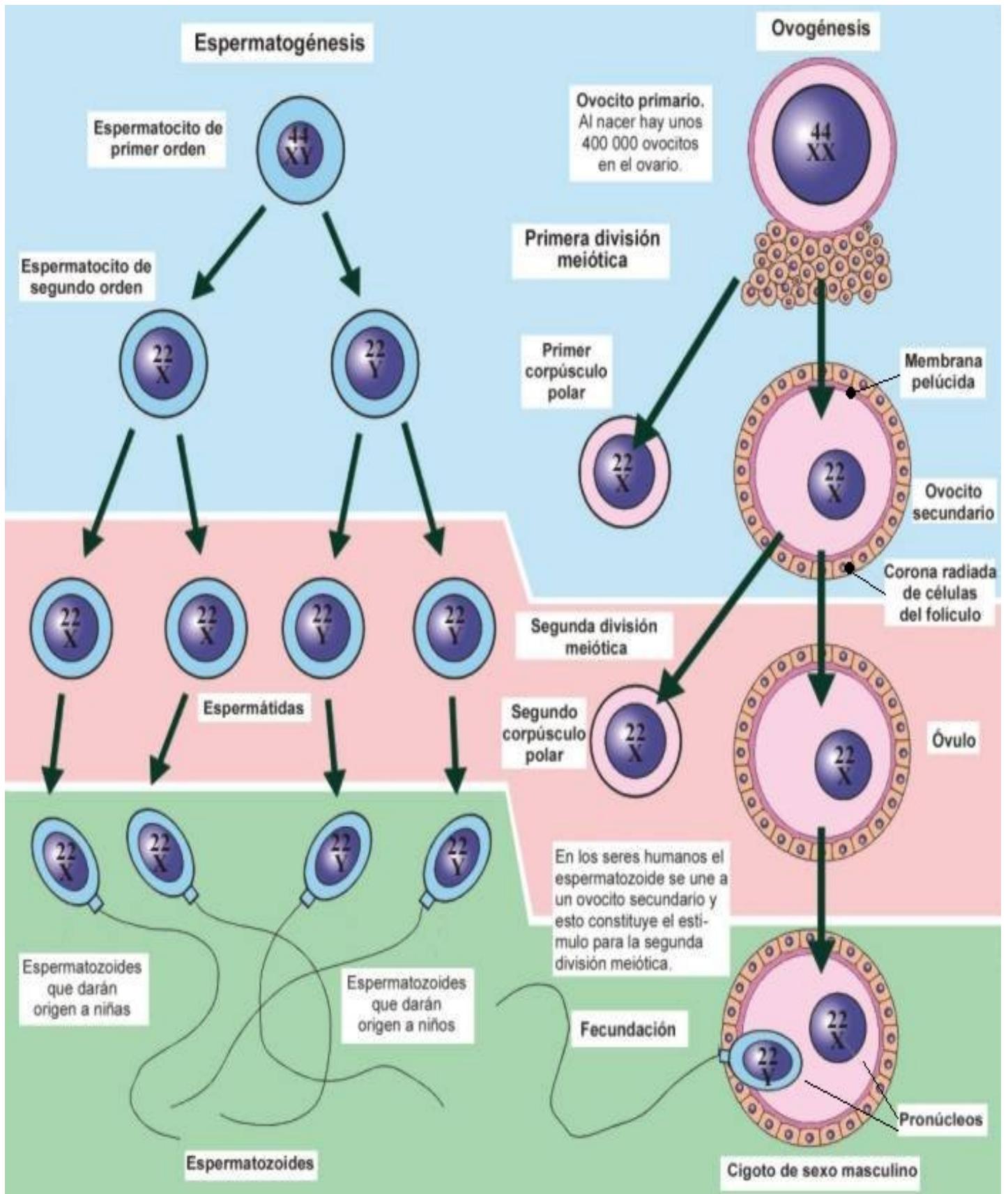
En la espermatogénesis, la primera división meiótica convierte al espermatoocito I diploide en dos espermatoocitos II haploides que se reparten equitativamente el citoplasma. Estos espermatoocitos II experimentarán luego la segunda división meiótica para dar como resultado final cuatro *espermátides*, células de pequeño tamaño pero iguales entre si.

En la ovogénesis, la fase de maduración es básicamente similar a la descrita en la espermatogénesis pero difiere en algunos aspectos fundamentales. Dentro del ovario, la primera división meiótica origina dos células haploides de tamaño desigual. A la célula mayor se le llama *ovocito* II y a la pequeña se le llama primer corpúsculo polar o *polocito* I. A menudo, el polocito I se divide de nuevo en dos células diminutas las que no sobreviven. La segunda división meiótica del ovocito II genera dos células desiguales una de las cuales, la grande se llama “*óvulo*” o huevo y la pequeña se llama segundo corpúsculo polar o *polocito* II.

En las mujeres la primera división meiótica se inicia en la vida embrionaria y queda bloqueada en profase I. Se reinicia en cada ciclo y su finalización coincide con la ovulación, mientras que la segunda división sólo se realiza si se produce la fecundación, por lo cual se completa fuera del ovario, en el pabellón de las trompas de Falopio.

4.- Diferenciación

Esta etapa sólo se observa en la espermatogénesis, denominándose también *espermiohistogénesis*. En ella, las espermátides se transformarán en *espermatozoides* por medio de una serie de transformaciones citoplasmáticas.



Espermatogénesis

En el adulto normal, la producción de espermatozoides es un proceso continuo, que se inicia en la pubertad y se prolonga hasta la tercera edad, siendo menos eficiente en los últimos años de vida.

La formación de espermatozoides tiene lugar en el interior de los túbulos seminíferos, que son delgados conductos situados en número de 2 a 4 en cada uno de los lóbulos testiculares.

Los túbulos seminíferos están revestidos por un epitelio con varios estratos, muy especializado que se denomina *epitelio germinal*. Este epitelio, que se encuentra ubicado sobre una gruesa membrana basal, está constituido en el hombre adulto por dos poblaciones celulares:

- a. **las células germinales:** corresponden a una población de células en intensa proliferación que migran continuamente desde la membrana basal periférica hacia el borde luminal. En ella se encuentran los espermatogonios, espermocitos, espermátides y espermios maduros
- b. **las células sustentaculares:** representada por una población de células somáticas que no proliferan llamadas *células de Sertoli*. Estas tienen formas cilíndricas, altas y se extienden desde la membrana basal hasta el lumen tubular. Se supone que tienen importante papel en la secreción hormonal (inhibina). La membrana de las células de Sertoli, muy irregulares tienen insertas las espermátides.

En los mamíferos, a diferencia de otras clases de animales, la espermatogénesis se realiza completamente en una misma sección del tubo seminífero. Ello implica que las células sexuales evolucionan en sentido centripeto, encontrándose las células más primitivas en la base del tubo, sobre la membrana basal, mientras que las capas de células germinativas en número de 4 a 8, en distintos estados de maduración se ubican hacia el lumen.

El comienzo de este proceso ocurre durante la vida embrionaria, al finalizar la tercera semana de vida. Las células germinales primitivas denominadas *gonocitos* se multiplican por mitosis para producir diversas generaciones de espermatogonias fetales o *preespermatogonias*.

Después del nacimiento, mientras un gran número de células germinales degenera, algunas espermatogonias fetales se multiplican por mitosis para originar las espermatogonias prepuberales, las que darán origen a las espermatogonias adultas.

A partir de la pubertad, las espermatogonias reinician sus divisiones mitóticas. Estas reproducciones son de dos tipos, una de tipo común da origen a espermatogonias *tipo A* (más primitivas), mientras que otras mitosis de tipo evolutivo origina las espermatogonias de *tipo B*, más evolucionadas, las cuales crecen ligeramente e inician un proceso de diferenciación dejando la zona basal del tubo seminífero y toman el nombre de *espermocitos I°*.

Los espermocitos I° se dividen por meiosis sólo con posterioridad a la pubertad. Esta forma específica de división celular consta de dos divisiones nucleares sucesivas: *meiosis I o reduccional* y *meiosis II o ecuacional*. La meiosis I es muy larga, en los humanos dura alrededor de 16 días, y en ella el espermocito I da origen a dos espermocitos II con la mitad de cromosomas (haploides).

El espermocito II es una célula muy pequeña y de corta duración (8 horas). Esta célula ingresa rápidamente a la meiosis II para originar cuatro espermátides.

Las espermátides, que ya se encuentran prácticamente en el centro del tubo seminífero, se insertarán en unas células como columnas llamadas células de Sertoli, que se encuentran dispuestas a intervalos regulares entre las células germinales. Las células de Sertoli proporcionan nutrición a las espermátidas que inician un largo proceso de diferenciación llamado espermiohistogénesis para transformarse en espermatozoides, después de lo cual son liberadas al lumen del tubo seminífero.

La diferenciación de las espermátidas se caracteriza por la evolución de tres estructuras, el núcleo, el acrosoma y el aparato flagelar, además de la eliminación del citoplasma sobrante.

Mientras los centriolos migran hacia el polo posterior donde comienza a formarse el flagelo a partir del centriolo distal, la vesícula acrosómica se aplasta sobre el núcleo y de a poco va adquiriendo su forma definitiva. El

flagelo continúa creciendo, el núcleo se alarga y la cromatina se condensa. El citoplasma residual se desplaza hacia la cola mientras que las mitocondrias se reordenan situándose en la pieza intermedia de la cola.

La espermatida, que ha girado, queda con el polo anterior del núcleo orientado hacia la base del túbulo seminífero, inserto en las células de Sertoli que los nutren, manteniendo el ambiente adecuado y las interacciones necesarias para su desarrollo.

Finalmente, las células de Sertoli liberan los espermatozoides hacia el lumen tubular para que continúen con su maduración en el epidídimo, donde adquieren la motilidad en más o menos 8 a 12 días. En total, el proceso completo de espermatogénesis en el hombre demora unos 74 días.

El espermatozoide

El espermio maduro mide aproximadamente 60 micrones de largo y comprende cuatro partes de diferente importancia

La cabeza, de frente tiene forma ovalada, mide 4 a 5 micrones de largo y está constituida principalmente por el núcleo donde se encuentra el ADN en cantidad haploide. El acrosoma recubre la porción anterior del núcleo, en forma de una vesícula, contiene glicoproteínas y numerosas enzimas que cumplen un papel importante en la penetración de las envolturas ovulares, tales como la hialuronidasa y la acrosina.

El cuello, es una región variable y poco definida en los espermios humanos, en la cual hay una zona articular que conecta la cabeza con el flagelo. En el cuello destaca el centriolo proximal, mientras que del centriolo distal sólo persisten vestigios

La zona intermedia mide 5 a 7 micrones de largo y está formada por un filamento axial de estructura similar a cualquier flagelo, rodeado por una vaina de mitocondrias alargadas, dispuestas en forma de una cadena helicoidal

El flagelo, cuya pieza principal mide unos 45 micrones y se va adelgazando hacia su extremo distal, para culminar en una pieza terminal de 5 micrones, desprovista de citoplasma y sólo rodeada por la membrana celular

Control de la espermatogénesis

La función reproductora del hombre sólo se limita a la producción y liberación de espermatozoides. Este proceso tiene su origen en la activación del eje hipotálamo-hipofisario que en los niños comienza aproximadamente a los 10 años de edad con la secreción del factor liberador de gonadotropinas por el hipotálamo (Gn RF). Este provoca la síntesis y secreción de gonadotropinas por la adenohipófisis, especialmente de LH, ya que su efecto sobre la FSH es menor y más tardío.

La LH estimula a las células de Leydig para producir los altos niveles de testosterona que necesitan los túbulos seminíferos para mantener una espermatogénesis normal.

Por su parte, la FSH actuaría sobre las células de Sertoli permitiendo el ingreso de grandes cantidades de testosterona a los túbulos seminíferos, lo cual sería la condición responsable de la mantención de la espermatogénesis. Además, las células de Sertoli producen una hormona llamada inhibina la que sería responsable de la retroalimentación negativa hipofisaria para la FSH.

Ovogénesis

Este proceso se inicia durante la etapa embriofetal y comprende las mismas etapas que la espermatogénesis. Este temprano inicio determina muy precozmente el número definitivo de células germinales, el cual irá disminuyendo hasta agotarse a medida que la hembra envejece.

La ovogénesis comienza con las células germinales primordiales. Estas células denominadas ahora gonocitos primordiales empiezan a dividirse mitóticamente para dar origen a las ovogonias. Este período proliferativo es muy breve y culmina alrededor de la décimoquinta semana de vida fetal. Las ovogonias que cesan su división comienzan a aumentar de tamaño, alcanzando unos 25 a 30 micrómetros de diámetro. Estas células se rodean de una capa de células foliculares planas constituyendo un folículo primordial.

El ovocito I ingresa a la profase de la primera división meiótica, llegando hasta la etapa de dictioteno, para quedar detenido en ella durante el resto de la gestación, infancia y pubertad. En ese momento se forma la vesícula germinativa que no es otra cosa que el núcleo del oocito.

El folículo va aumentando de tamaño, mientras el ovocito I se mantiene en etapa de diploteno. A partir de su superficie se desarrollan microvellosidades que avanzan hacia las células foliculares adyacentes, depositándose entre las hendiduras de las vellosidades una sustancia gelatinosa, rica en glicoproteínas, que marca el inicio de la *zona pelúcida*. Por su parte, las células foliculares planas, crecen adoptando una forma cúbica, luego cilíndrica y finalmente se multiplican por mitosis estratificándose y dando origen a la *membrana granulosa*. Alrededor del 99% de los ovocitos presentes en los ovarios al nacimiento, degenera y se reabsorben por un proceso de involución llamado *atresia folicular*, quedando la niña sólo con unos 400.000 que irá ocupando a partir de la pubertad.

Cuando llegue la pubertad, comenzará la acción de las gonadotropinas FSH y LH.

Por efecto de la FSH se produce una multiplicación de las células foliculares, haciendo que el folículo en crecimiento adquiera una forma ovalada, dejando al ovocito I en posición excéntrica. Luego, entre las células de la granulosa aparecen varios espacios que se van llenando de líquido folicular claro para finalmente llenar una cavidad central o antro con lo cual la estructura pasa a denominarse folículo secundario.

El ovocito queda ubicado en un extremo, sobre un engrosamiento llamado cumulus oophorus y rodeado por la zona pelúcida y una capa de células de la granulosa llamada corona radiada.

La membrana basal del folículo aumenta de espesor y por fuera de ella, el estroma ovárico forma dos capas o tecas: una interna con células secretoras de estrógenos y otra externa formada por colágeno y que constituye una verdadera cápsula.

Al cabo de unos 10 a 14 días, el folículo alcanza el estado de folículo maduro, terciario o de Graaf, llegando a medir unos 15 a 20 mm de diámetro, ocupa todo el espesor de la corteza ovárica y sobresale de la superficie del ovario.

En este momento el folículo de Graaf se hace sensible a una segunda hormona de la hipófisis que es la hormona luteinizante (LH), la que tiene una doble acción. Por una parte estimula al oocito a reiniciar la meiosis y también estimula los cambios que deben producirse en el folículo y que terminarán en el momento de producirse la ovulación.

Por su parte, el oocito reinicia la meiosis completándola pocas horas antes de la ovulación. En la división del ovocito I, la cromatina es repartida en partes iguales entre las células hijas, pero una de ellas, el ovocito II recibe casi todo el citoplasma, mientras que la otra, llamada primer corpúsculo polar recibe un núcleo y escaso citoplasma.

Inmediatamente después de la expulsión del primer polocito, el núcleo del ovocito II inicia la segunda división meiótica avanzando hasta la metafase II cuando es ovulado. Esta segunda división sólo se completa si el ovocito II es fecundado. Entonces, la cromatina se divide en partes iguales, pero una de las células retiene gran parte del citoplasma para convertirse en “óvulo” y la otra mitad, más pequeña, es el segundo cuerpo polar.

Como hemos visto, el ovocito I permanece detenido en la profase I de la primera división meiótica por un largo período que fluctuará entre 12 a 50 años, al parecer por efecto de una *sustancia inhibidora de la maduración del ovocito* producida por las células foliculares. Por ello, a medida que aumenta la edad de la madre se incrementa el riesgo de tener un hijo con anomalías cromosómicas, porque los oocitos tienden a deteriorarse con el paso del tiempo. Cada mes crece un grupo de 5 a 15 folículos, pero el ovocito de uno sólo de ellos es estimulado y completa su maduración.

Durante toda la vida reproductiva de una mujer se liberan alrededor de 400 a 500 oocitos II° y de ellos sólo algunos se transformarán en “*óvulos*” si son fecundados.

En el proceso de la ovulación, el folículo de Graaf se mueve hacia la superficie del ovario y se rompe, liberando el oocito. Después de la ovulación, los restos del folículo roto experimenta grandes modificaciones que lo convierten en un nuevo órgano endocrino como es el ***cuerpo lúteo o amarillo*** encargado de producir la hormona progesterona, la que condiciona las paredes del útero para el desarrollo del huevo.

El óvulo

El óvulo tiene una forma esférica. En la especie humana mide 125 a 135 micras de diámetro y, al igual que cualquier célula eucarionte, está formado por una membrana celular, el citoplasma y el núcleo.

En el citoplasma se encuentra el *vitelo* constituido por unos gránulos de sustancias nutritivas como la vitelina, la colesterina, la lecitina, etc. útiles para las primeras etapas del futuro embrión.

El núcleo, que es esférico, recibe el nombre de *vesícula germinativa*. Generalmente se encuentra desplazado hacia un extremo del óvulo dando lugar al *polo animal* que es el sitio donde se origina el embrión. El citoplasma con mayor proporción de vitelo se conoce como *polo vegetativo*.

Los óvulos están protegidos por una serie de envolturas. La envoltura primaria corresponde a la membrana plasmática de la célula, también llamada *membrana vitelina*, la cual está rodeada por una envoltura secundaria que corresponde a células foliculares, en la cual se distinguen dos capas: la *zona pelúcida* y la *corona radiada*. En algunos huevos suelen aparecer unas envolturas terciarias que corresponden a secreciones de los oviductos, tal como la “clara” o albúmina y la cáscara de los huevos de aves.