

CURSO
INTRODUCTORIO y NIVELATORIO
DE ANATOMÍA, HISTOLOGÍA
Y EMBRIOLOGÍA



Seminario Embriología

GENERALIDADES DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO

Los órganos reproductores masculinos u órganos genitales masculinos se clasifican en **(Ver Figura 1)**:

•Órganos genitales internos:

- Gónadas u órganos sexuales primarios:

● Testículos

Sistemas de **conductos excretores testiculares**:

- ▶ Túbulos rectos
- ▶ Rete testis
- ▶ Conductillos eferentes
- ▶ Conducto del epidídimo
- ▶ Conducto deferente
- ▶ Conducto eyaculador
- ▶ Uretra

•Órganos genitales externos:

- Pene
- Escroto

•Glándulas sexuales anexas:

- Vesículas seminales
- Próstata
- Glándulas bulbo uretrales

TESTÍCULOS

Órganos que tienen por función:

- **Producción de células sexuales o gametos** (espermatozoides).
- **Secreción de** la hormona sexual masculina **testosterona**. Responsable de la masculinización de los fetos masculinos y de la aparición de caracteres sexuales secundarios.

Están **formados por 2 componentes**:

- Los **túbulos seminíferos** (*ver figura 2*). Lo componen **2 tipos de células**:

- Las **células espermatogénicas**: formada por un conjunto de células que aparecen al transcurrir la meiosis, la espermiogénesis y la espermiación.

- ▶ Espermatogonias
- ▶ Espermatocitos primarios
- ▶ Espermatocitos secundarios
- ▶ Espermátidas
- ▶ Espermatozoides

- Las **células de Sertoli**: células que sirven de sostén mecánico, nutrición y protección de las células espermatogénicas.

- **El intersticio del testículo** (*formado por el tejido que se ubica entre los túbulos seminíferos*) donde se encuentran las **células de Leydig**. Estas últimas son **responsables de la producción de testosterona**.

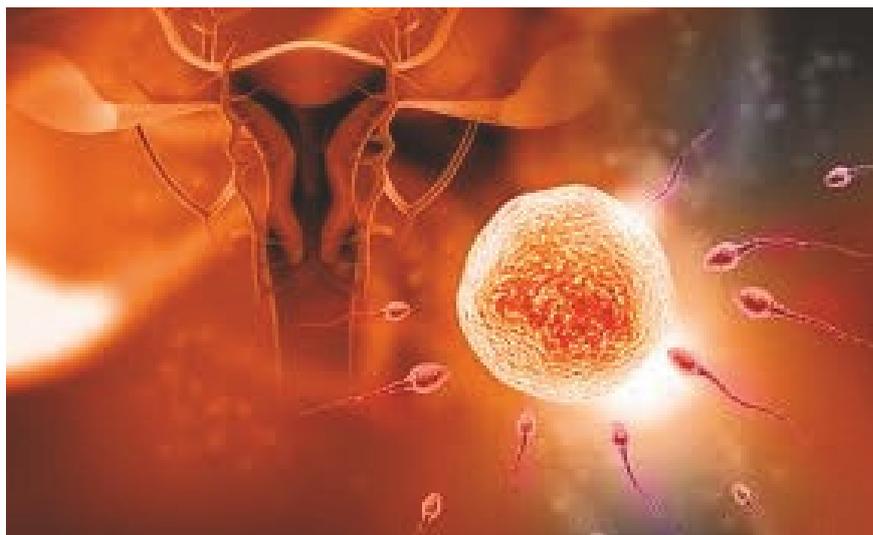
SISTEMA DE CONDUCTOS EXCRETORES TESTICULARES

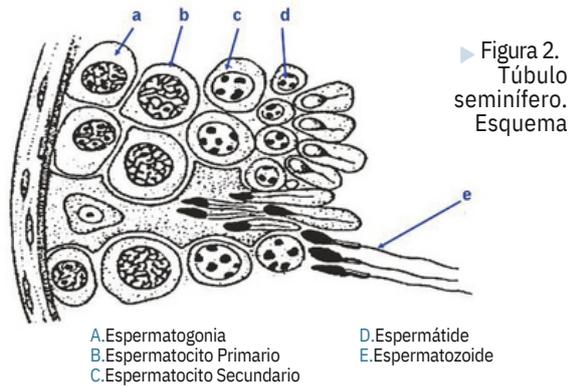
Epidídimo: (*Ver figura 1*) constituyen un par de tubos enrollados, uno por cada testículo, miden aproximadamente 6 m de longitud.

Está formado por un **segmento inicial** (*cabeza y primera parte del cuerpo del epidídimo*), **segmento medio** (*formado por el cuerpo del epidídimo*) y un **segmento terminal** (*formado por la cola de este órgano*).

La **porción inicial y el segmento medio** tienen como función el **transporte y la maduración** de los espermatozoides (*proceso a través del cual los espermatozoides adquieren movilidad independiente y*

▶ Figura 1.
Aparato Reproductor Masculino.





otras capacidades, ver más adelante en fecundación).

El **segmento terminal** sirve de **almacenamiento** de los espermatozoides, su arribo hasta este punto dura aproximadamente un día mientras que el transporte a través de este se segmenta dura aproximadamente cinco días. **La capacidad de almacenamiento es limitada en los hombres y aquellos espermatozoides que no son eyaculados son eliminados en forma constante a través de la orina. Pueden sobrevivir como máximo tres semanas** en este segmento.

Conducto deferente (Ver figura 1). Se continúa con el epidídimo, si se extiende éste tuvo llega a medir hasta 40 cm de largo, su segmento inicial tiene forma sinuosa y se continúa desde la desembocadura de la vesícula seminal con el conducto eyaculador.

Conducto eyaculador (Ver figura 1). Conducto de 2-3 cm de largo que atraviesa la glándula prostática y desemboca finalmente en la uretra prostática.

Uretra (Ver figura 1). Posee una longitud de 16-20 cm de largo. Constituye la vía de salida del semen durante el coito, además de la micción

Pene (Ver figura 1). Órgano compuesto por 3 cuerpos cilíndricos de tejido eréctil o cavernoso:

- 2 cuerpos cavernosos
- 1 cuerpo esponjoso

A nivel distal presenta el glande del pene, donde el tejido de presenta grandes venas anastomosadas y abundantes terminales nerviosas.

GLÁNDULAS ANEXAS

Vesículas seminales

Formado por 2 cuerpos de unos 4 cm. de largo y 2 cm. de ancho que se hacen delgados en sentido caudal, donde se unen con el conducto deferente.

Próstata (ver Figura 1)

Es la **glándula sexual más grande del hombre**, produce un líquido lechoso, muy fluido que contiene cantidades importantes de de fosfatasa ácida, antígeno prostático específico (PSA) **su función es mantener fluido el eyaculado.**

GENERALIDADES EL APARATO REPRODUCTOR FEMENINO

Los órganos reproductores femeninos están formados por:

•Órganos genitales femeninos:

● Órganos sexuales internos o genitales internos (ver Figura 3):

▶ Gónadas u órganos sexuales primarios:
Ovarios (aclaración: algunos autores no incluyen a los ovarios como órganos genitales internos, sino que los clasifican únicamente como gónadas femeninas).

- ▶ Las trompas uterinas
- ▶ El útero
- ▶ La vagina

● Órganos sexuales externos o genitales externos:

- ▶ Monte de Venus
- ▶ Labios menores
- ▶ Labios mayores
- ▶ Clítoris
- ▶ Las glándulas vestibulares

ÓRGANOS GENITALES INTERNOS

OVARIOS

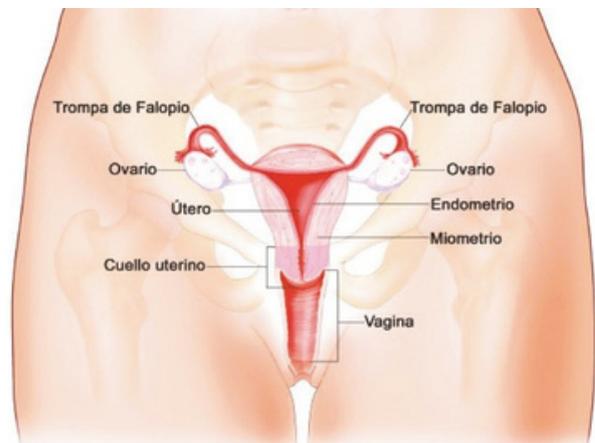
Órganos que tienen por **función:**

Producir **ovocitos II** (*función exócrina*).

- **Producir hormonas sexuales**(por ejemplo *estrógenos y progesterona*).

En su interior podemos encontrar los distintos tipos de folículos (**Ver figura 4**):

- Folículo primordial
- Folículo primario:
 - ▶ Unilaminar
 - ▶ Multilaminar



▶ Figura 3. Órganos genitales internos.

- Folículo secundario
- Folículo de De Graff (folículo roto).

Las células foliculares y las células tecales son las responsables de producir las hormonas sexuales femeninas (*estradiol, estriol, estrona, progesterona, etc.*).

El **folículo de De Graff (folículo roto)** es aquel que expulsa al ovocito II hacia la trompa de Falopio originando al denominado cuerpo lúteo.

CUERPO LÚTEO: La ovulación marca la aparición del cuerpo lúteo (es precedido por el folículo de De Graff). Su vida media es de aproximadamente 14 días.

Su función es producir estrógenos y progesterona preparando el cuerpo de la mujer de manera inicial para un posible embarazo. En caso de no producirse la fecundación del ovocito el cuerpo lúteo involuciona.

TROMPAS UTERINAS

Son órganos tubulares que **se extienden a cada lado desde los ovarios hasta el útero**. Comunican el abdomen con la cavidad del útero. Miden aproximadamente 12 cm de largo.

Se dividen en cuatro partes sucesivas:

- **Infundíbulo:** es el sector que se abre a la cavidad abdominal. El borde libre posee fimbrias: prolongaciones con forma de fleco que están en contacto con el ovario.
- **Ampolla:** sector ensanchado ubicado en el tercio lateral.
- **Istmo:** es la continuación de la ampolla, cuyo diámetro es menor que el sector anterior.
- **Porción Intrauterina:** es el sector que recorre la pared del útero.

La **fecundación ocurre en la ampolla**, donde el ovocito permanece casi tres días luego de ocurrida la

ovulación. **Las hormonas sexuales estimulan el tránsito corte en dirección al útero**. El moco tiene por función nutrir al ovocito.

ÚTERO: (Ver Figura 5)

Está formado por:

- **Cuerpo:** representa los 2/3. **En este sector es donde se produce la implantación**. En él desembocan las trompas de Falopio.

- **Cuello:** zona que **se continúa con la vagina**.

La pared del útero está conformada por 3 capas:

- **El endometrio (ver Figura 5)**, representa la capa más interna:

▶ Sufre modificaciones cíclicas que llevan a la menstruación.

▶ **Presenta 2 sectores:**

- ◆ **Capa basal:** **no sufre modificaciones cíclicas a lo largo del ciclo menstrual.**

- ◆ **Capa funcional:** **sufre modificaciones a lo largo del ciclo menstrual, es eliminada en cada menstruación.**

Presenta dos capas:

▶ **Capa compacta:** de ubicación más interna.

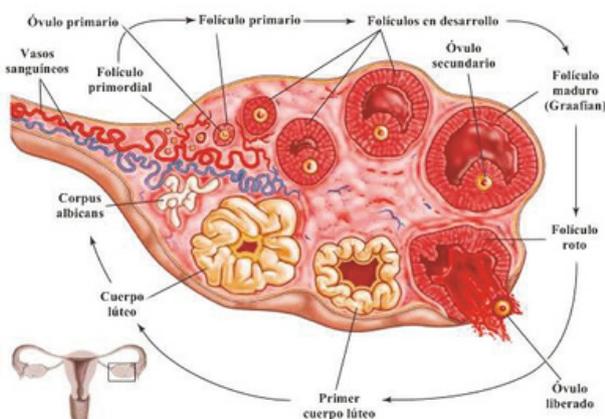
▶ **Capa esponjosa:** de ubicación más externa.

- **El miometrio (Ver figura 5):** es el músculo de este órgano (poseen músculo liso, uno de los tres tipos de músculos presentes en el organismo). Es la capa más gruesa de la pared.

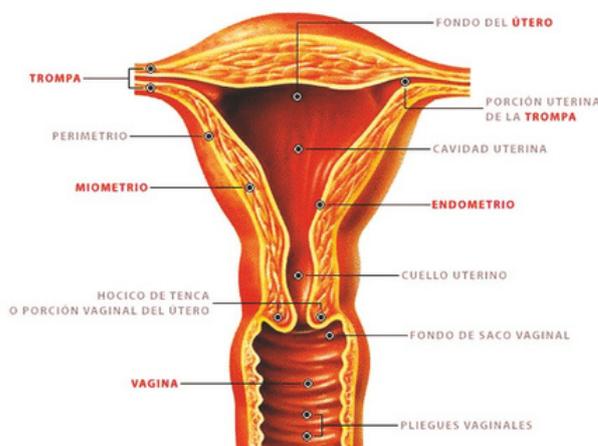
- **El perimetrio (Ver figura 5):** es la parte del peritoneo que recubre el útero.

VAGINA

Órgano femenino de la copulación.



▶ Figura 4. Folículos ováricos. Clasificación.



▶ Figura 5. Útero.

ORGANOS GENITALES EXTERNOS

- **LABIOS MAYORES:** Son pliegues de la piel que tienen en su interior abundante tejido adiposo (*grasa*). Están recubiertos por el vello pubiano.
- **LABIOS MENORES:** Están recubiertos por una capa de piel muy delgada.
- **CLÍTORIS:** Homólogo de los cuerpos cavernosos del pene. Presenta abundante terminales nerviosas sensitivas especializadas.

GAMETOGENESIS

Nombre genérico que recibe la formación de gametas (*espermatozoides y ovocitos*) en las gónadas (*testículos y ovarios*).

Meiosis Femenina

Las **Ovogonias** entran en meiosis como ovocitos I.

En la mujer este período es mucho más lento que en el hombre.

En **Meiosis I los ovocitos** se *detienen* en su fase de **Diplotena** (o *diploteno*) de la Profase (**primer bloqueo meiótico**).

El **primer bloqueo meiótico** sirve para que el ovocito se prepare para cubrir las futuras necesidades del embrión.

Se mantiene el Ovocito en Fase de Diplotena hasta la Pubertad.

El **primer bloqueo meiótico ocurre cuando el ovocito es un ovocito I**

En la Mujer:

- Se forman 2 células hijas desiguales:
 - Una más grande que a partir de este momento recibe la denominación de **ovocito secundario**.
 - ▶ La más pequeña que a partir de este momento recibe la denominación de **primer cuerpo polar**.

En la meiosis II los ovocitos entran después de terminar con la fase de diploteno de la meiosis I; pero el proceso lleva a un **segundo bloqueo** en la etapa de metafase II.

La **meiosis II finaliza al momento de producirse la fecundación**.

Como resultado de la Meiosis II: se producen los mismos eventos que en la meiosis I dando lugar a la aparición del:

- **Ovocito secundario.**
- **Segundo cuerpo polar.**

Meiosis Masculina

Las espermatogonias se clasifican en:

- Espermatogonias de tipo **A oscuras**.
- Espermatogonias de tipo **A claras**.
- Espermatogonias de tipo **B**.

Las espermatogonias de **tipo A** mantienen su

número a través de la mitosis, mientras que las **B** entran en **meiosis**.

Las **espermatogonias** entran en meiosis como espermatocitos primarios.

Cada espermatocito primario da origen a dos espermatocitos secundarios.

La meiosis I dura al menos 24 días.

Los **espermatocitos secundarios** entran en meiosis II (*período que dura aproximadamente 8 horas*) y dan origen a las espermatides.

Finalmente las espermatides maduran formando espermatozoides.

ESPERMIOGÉNESIS

Estadios de maduración de las gametas masculinas:

- **Espermatogonias** y se clasifican en:
 - ▶ Las **espermatogonias de tipo A** representan la población de células madre se mantienen su número a través de mitosis a lo largo de toda la vida.
 - ▶ Las **espermatogonias de tipo B** son aquellas destinadas a entrar en meiosis (*su división sigue siendo mitótica*).
- **Espermatocitos primarios:** como se describió anteriormente estas células entran en la primera división meiótica, durante este período producen moléculas necesarias en fases posteriores por ejemplo protaminas: permiten un alto grado de compactación de la cromatina nuclear necesario los espermatozoides.
- **Espermatocitos secundarios:** células que entran en la segunda división meiótica.
- **Espermátides:** las cuatro espermátides obtenidas a partir de un espermatocito primario están conectadas entre sí (*al igual que en los estadios anteriores*). Sufren transformaciones en un proceso denominado **espermiogénesis** (*originando a los espermatozoides*).
- **Espermatozoides (Ver figura 6)**
 - ▶ Poseen:
 - ◆ **Cabeza:** 2-3 μm de ancho y 4-5 μm de largo. Contiene:
 - **Núcleo.**
 - **Acrosoma:** representa una condensación del Aparato de Golgi en la parte apical del núcleo y contiene enzimas necesarias para la fecundación.
 - ◆ **Flagelo:**
 - **Parte Proximal** del Flagelo: Posee las
 - Mitocondrias
 - **Pieza Intermedia:** Compuesta por los Centriolos

- Parte **Distal** del Flagelo: Forma la Cola mide 50 µm de Largo.

- **Los espermatozoides son inmaduros hasta que lleguen al epidídimo.** En este órgano alcanzan la maduración bioquímica, adquiriendo una cubierta glucoproteica y además sufriendo modificaciones de la membrana plasmática (*redistribución de moléculas de membrana, se tornan asimétricas*), aumento de cargas negativas de superficie, disminuye el consumo de oxígeno (y la actividad del espermatozoide). **El conjunto de estos cambios se denomina MADURACIÓN.**

CICLO SEXUAL FEMENINO

El ciclo femenino comprende un conjunto de cambios cronológicamente ordenados y organizados por un sistema integrador.

Se produce el primer día de la menstruación y finaliza un día antes de la siguiente menstruación.

Los cambios se producen a nivel de:

- Ovarios
- Útero
- Trompas
- Glándulas mamarias

Se producen en forma simultánea y están integrados por las hormonas producidas por el sistema endocrino y regulados por acción del sistema nervioso central.

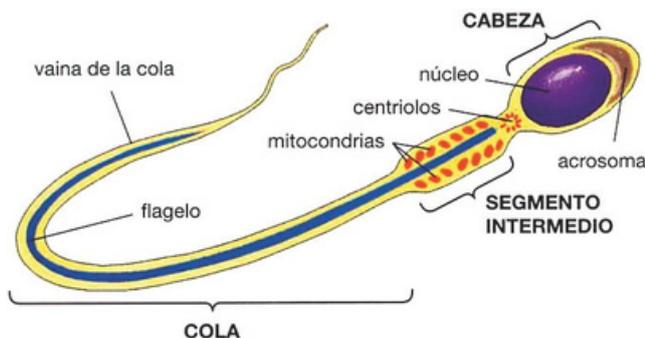
CAMBIOS A NIVEL DEL ÚTERO

Los primeros 4 días del ciclo están ocupados por la menstruación, esta puede definirse como un desprendimiento periódico y cíclico del endometrio.

El ciclo se divide en 3 partes:

- Proliferativa.
- Secretora.
- Isquémica.

► Figura 6. Espermatozoide.



FASE PROLIFERATIVA

Características:

- Al final de la menstruación el endometrio remanente (*post menstrual*) es necrótico (*tejido muerto*), está desorganizado y carece de epitelio superficial (*ver descripción del útero*).
- A veces sólo queda la capa basal y una porción de la capa funcional (su parte + basal).
- Las modificaciones que se producirán se deben a la acción estrogénica.
- La reparación: avanza rápidamente y la superficie se cubre de epitelio a partir de los fondos de las glándulas desnudas.
- Al 2do. o 3er. día la superficie está intacta, los vasos sanguíneos viejos crecen, las glándulas y el estroma vuelven a formarse.

FASE SECRETORA

Las glándulas aumentan de tamaño y se vuelven activamente secretoras. La secreción es importante ya que en caso de producirse fecundación, la célula huevo toma nutrientes de las secreciones tubáricas (*trompa de Falopio*) y uterinas hasta el momento en que se produce la implantación y se forme la placenta.

De esta forma durante la fase secretora se aprecian tres zonas en el endometrio.

- Funcional:
 - Compacta: La más superficial.
 - Esponjosa: Zona intermedia. Cuerpos glandulares muy dilatados.
- Basal: Muestra poca actividad secretora.

FASE ISQUEMICA Y MENSTRUAL

Como resultado del ciclo ovárico del útero está sujeto primero a la influencia de estrógenos y más tarde a una combinación de estrógenos y progesterona, cuando el cuerpo lúteo (*ver más adelante, en ovario*) degenera ambas hormonas desaparecen y en pocas días se produce la menstruación. La menstruación no es más que el desprendimiento de un endometrio preparado para un embarazo que no se produce.

CAMBIOS A NIVEL DEL OVARIO

- **El día 14 del ciclo menstrual un pico de LH produce la ovulación.**
- En la fase luteínica (*segunda fase*) aparece el cuerpo lúteo:
 - El cuerpo lúteo reemplaza el folículo de De Graff, produce hormonas: estrógenos y progesterona (*principalmente progesterona*), esta última actúa principalmente a nivel del útero

transformando el endometrio proliferativo en secretor.

- ▶ Los 10 días posteriores a la ovulación se inicia su involución, asociado una disminución de los niveles de estrógenos y progesterona en sangre.
- ▶ La vida media del cuerpo lúteo es de aproximadamente 14 días (la primera fase del ciclo puede llegar a presentar variabilidad en cuanto a los días, mientras que la segunda es constante, 14 días).

REGULACIÓN HORMONAL DEL CICLO SEXUAL FEMENINO

El **hipotálamo** (*ubicado a nivel del SNC*) es el que estimula la producción hormonal de la adenohipofisis (*ver más abajo glándula hipófisis*). Estimula la producción de hormona liberadora de gonadotropinas (*GnRH*).

Estas hormonas viajan a través del **sistema portal hipotalamohipofisario** (*sistema de vasos sanguíneos que conecta el hipotálamo con la hipófisis*) y arriban a la glándula hipófisis.

La glándula hipófisis posee:

- **La adenohipófisis:** secreta **Hormonas FSH y LH** por estímulos del hipotálamo a través de la GnRH. Produce además **dopamina** (*factor inhibidor de la prolactina*).
- **La neurohipófisis:** produce **oxitocina** que actúa durante el parto estimulando la contracción del miometrio (*músculo liso uterino*) y ayuda a la eyección de leche durante la lactancia.

FECUNDACIÓN

Es un proceso en el cual se produce la fusión de los gametos masculinos y femeninos de una misma especie, dando por resultado un nuevo organismo unicelular, la célula huevo o cigoto, capaz de desarrollar un nuevo ser.

Se producen una **serie de eventos, ordenados de forma secuencial** que se inician desde el transporte de las gametas hasta la anfimixis (*ver más adelante, último paso de la fecundación y primer paso de la segmentación de la célula huevo*).

1. Transporte de las gametas
2. Encuentro de las gametas
3. Penetración de la corona radiata
4. Reconocimiento de las gametas
5. Reacción acrosómica y desnudación
6. Penetración de la membrana pelúcida
7. Fusión de gametas
8. Bloqueo de la poliespermia
9. Fin de la meiosis II del ovocito
10. Singamia y anfimixis

***cabe aclarar que hay autores que ordenan los pasos de manera diferente. Luego de la fusión de gametas, podríamos ordenar los pasos en dos grupos. El primero, conocido como 'eventos tempranos' y el segundo como 'eventos tardíos'. Ambos bloqueos de la poliespermia corresponden al primer grupo, y la activación metabólica del ovocito, el fin de la meiosis, la singamia y la anfimixis, corresponden al último.**

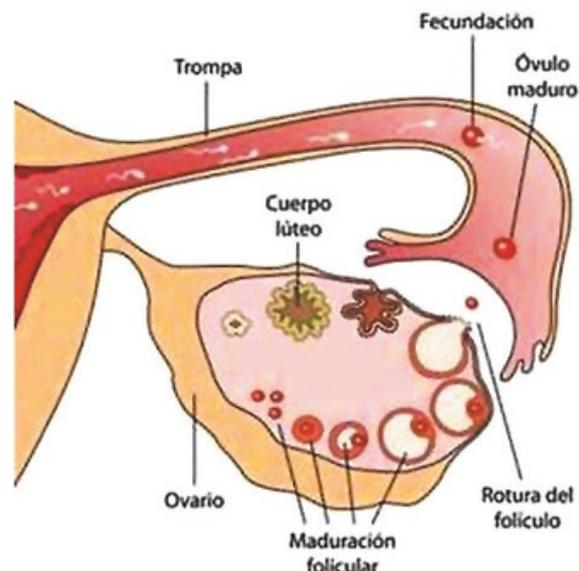
1) OVULACIÓN Y TRANSPORTE DEL ÓVULO Y EL ESPERMATOZOIDE

La ovulación no forma parte de la fecundación pero es descripto en este punto por ser un evento que está íntimamente relacionado.

Ovulación:

(*Ver Figura 7*) Hacia la mitad ciclo menstrual el ovocito I detenido en diploteno de la profase I se desplaza hacia la superficie externa del ovario (*el ovocito está contenido dentro del folículo de De Graff*). Las **hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH)** generan el aumento de tamaño del folículo. El **ovocito completa su primera división meiótica, expulsa el primer cuerpo polar, e inicia la meiosis II hasta llegar a metafase II, donde se produce el segundo bloqueo meiótico**. El folículo sobresale en la superficie del ovario. El **punto de protrusión se denomina estigma**.

El estímulo para la ovulación es el pico de LH que estimula a la enzima **colagenasa**, capaz de degradar colágeno, proteína abundante de la pared del folículo. La actividad esta enzima sumada a otros factores (*la isquemia y muerte de algunas células que recubren el mismo*) lleva a la debilidad de la pared folicular externa, que sumado a la presión del líquido folicular



▶ Figura 7. Ovulación.

(ver descripción de los folículos ováricos) se traduce en la ruptura de la pared del folículo y del ovario a las 28-36 horas del pico de LH.

El ovocito no se encuentra sólo, sino que está formando un complejo formado por (ver Figura 8):

- El ovocito II detenido en metafase
- La zona pelúcida, compuesta íntegramente por glicoproteínas
- La corona radiata, formada por células de la granulosa del folículo.

TRANSPORTE DEL OVOCITO

El ovocito expulsado es captado por las fimbrias de la trompa de Falopio y viaja hacia el útero por contracción del músculo liso de la pared del oviducto (trompa de Falopio). Tarda entre 3-4 días en llegar al cuerpo uterino (*independientemente de que se produzca o no la fecundación*). Existen dos fases en este transporte:

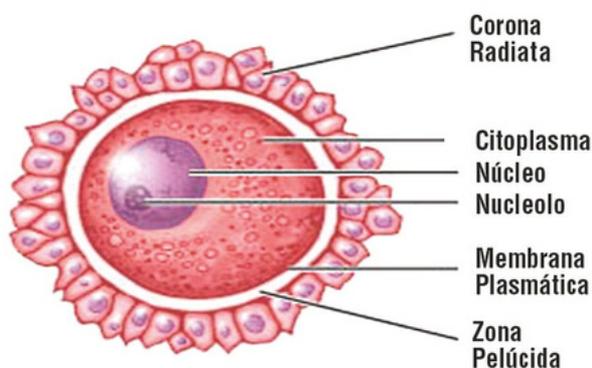
- **Fase lenta:** dura 72 horas y transcurre en la ampolla (*ver descripción de la trompa de Falopio*).
- **Fase rápida:** dura 8 horas donde el ovocito o el embrión atraviesan el istmo y llegan al útero.

TRANSPORTE DE LOS ESPERMATOZOIDES

El transporte los espermatozoides desde los túbulos seminíferos a través del sistema de conductos excretores testiculares (*ya ha sido descritos en el capítulo número 1*). **¡A tener en cuenta los cambios que sufre durante esta etapa, conocida como Maduración!**

Composición del semen:

- Su volumen es de 2-6 ml
- Está compuesto por 40-250 millones de espermatozoides
- Posee un líquido formado por:
 - ▶ Vesículas seminales (60%). Su pH es alcalino.



▶ Figura 8. Ovocito, zona pelúcida y corona radiata.

▶ Próstata (30%). Su pH es ácido.

- El pH normal se encuentra entre 7.2-7.8.

Se considera normal a un conteo de espermatozoides mayor o igual a 40.000.000 de espermatozoides/ml de semen.

El transporte de los espermatozoides en el tracto genital femenino **comienza en la parte superior de la vagina y termina en la ampolla de la trompa de Falopio**, donde se produce el contacto con el ovocito. La función del líquido seminal (*que queda alojado en la parte superior de la vagina*) es proteger a los espermatozoides del pH ácido presente en esta zona. Dicho pH se genera por la flora bacteriana que normalmente habita en la vagina, y es la primera barrera que el espermatozoide debe sortear para lograr fecundar.

Los espermatozoides **se encuentran luego con el orificio del cuello uterino y el moco de esta zona**; los movimientos de los flagelos permiten superar estos escollos.

El moco cervical varía a lo largo del ciclo menstrual. Está compuesto por:

- mucina cervical
- otros componentes solubles
- agua

Entre los días 9-16 aumenta su contenido de agua, se vuelve filante, es decir que forma filamentos si se lo somete al estiramiento, y facilita el paso de los espermatozoides a través del cuello uterino.

Para recorrer el cuello del útero existen dos modos:

- **Trasporte rápido inicial:** los espermatozoides llegan a las trompas de Falopio a los 5-20 minutos, desde el momento del eyaculado.
- **Trasporte lento:** llegan a la trompa de Falopio a los 2-4 días, se desplazan a nado por el moco cervical.

Finalmente arriban a la trompa uterina.

CAPACITACIÓN

Se denomina capacitación a un prerequisite que deben seguir **los espermatozoides** para hallarse en condiciones de fecundar al ovocito. Éste proceso se desarrolla en el tracto genital femenino y se produce particularmente en el Istmo de la trompa uterina. Se inicia mediante la pérdida de las proteínas de membrana adquiridas durante la Maduración. El ascenso a través del cuerpo uterino está mediado por las contracciones rítmicas del miometrio, estimuladas por las prostaglandinas contenidas en el semen eyaculado. Luego de producida la Capacitación, los espermatozoides son plausibles de activarse e hiperactivarse para culminar la fecundación.

2) ENCUENTRO DE LAS GAMETAS

El encuentro de las gametas (*ver Figura 9*) se produce **en el tercio distal de la trompa de Falopio, a nivel del Istmo-ampolla**. Del total de espermatozoides depositados en la vagina tras el eyaculado (>40 millones/ml) solamente algunos pocos sobreviven en el tracto genital femenino y llegan al punto de encuentro en condiciones óptimas (*aproximadamente 200*).

3) PENETRACIÓN DE LA CORONA RADIATA

Cuando los espermatozoides se aproximan al ovocito, a nivel de la ampolla de la trompa de Falopio, se encuentra en primer término con la corona radiata, este es una densa capa de células cuya matriz intercelular está compuesta por proteínas e hidratos de carbono (*de elevada concentración*), especialmente el ácido hialurónico.

La enzima **hialuronidasa** presente en la membrana plasmática de los espermatozoides, sumado al **movimiento flagelar activo** juega un rol fundamental en la penetración (*ver Figura 9*).

4) RECONOCIMIENTO DE LAS GAMETAS

La **zona pelúcida**, cuyo grosor es de 3 µm en los seres humanos presenta las siguientes glucoproteínas: ZP1, ZP2, ZP3 y ZP4.

Los espermatozoides se fijan firmemente a la zona pelúcida mediante la membrana plasmática (a nivel de su cabeza).

Si bien es frecuente encontrarse con el concepto que la molécula ZP3 actúa como receptor espermático, la ZP3 es una glicoproteína que la enzima Beta-1-4, galactosil transferasa, presente en la cabeza del espermatozoide, reconoce como sustrato. Esta unión enzima-sustrato media una unión transitoria entre las gametas, y una cascada de segundos mensajeros que activa como respuesta la



Figura 9. Encuentro de las gametas y penetración de la corona radiata

reacción acrosómica, explicada a continuación. Cabe destacar que con la capacitación sufrida por los espermatozoides en el tracto genital femenino, dicha reacción acrosómica puede producirse espontáneamente pero los espermatozoides que la sufran sin unirse previamente a la zona pelúcida no tendrán chance alguna.

Las gametas de distintas especies no podrán fusionarse debido a una incompatibilidad molecular, es decir, que los pares enzima-sustrato son especie-específicos.

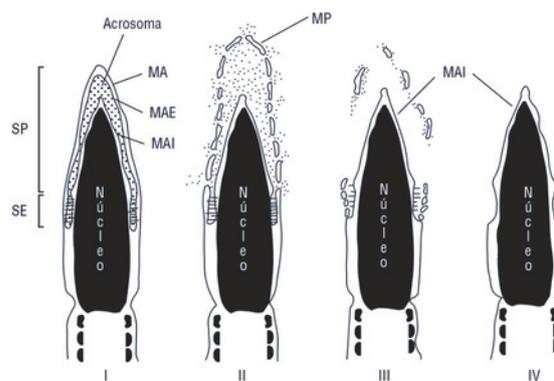
5) REACCIÓN ACROSÓMICA Y DENUDACIÓN

La Reacción Acrosómica se produce en dos momentos diferentes:

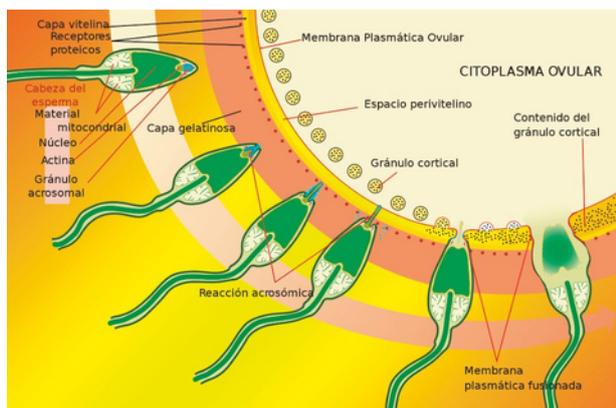
- En primera instancia, el grupo de los primeros espermatozoides en llegar a la cercanía de la ampolla, sufre lo que se conoce como "reacción acrosómica temprana", la cual implica la excitosis al ambiente de las enzimas contenidas en el acrosoma (*una especialización del Aparato de Golgi*). Esta reacción tiene como consecuencia directa la Denudación del ovocito, que implica el desprendimiento de las células de la granulosa (*corona radiata*).
- En una segunda instancia sólo otro espermatozoide que alcance el cúmulo ovulado más tardíamente sufrirá la "reacción acrosómica tardía", (*ver Figura 10*) lo que implica la interacción con ZP3, el reconocimiento entre especies y la fusión de membranas que antecede a la fecundación.

A nivel molecular los eventos que desencadena la reacción acrosómica son:

- La molécula ZP3 parecerían ser la que inicia esta acción. A través de la traducción de señales (*proteínas G*) se produce:
 - ▶ La entrada masiva de calcio a través de la membrana plasmática de la cabeza del espermatozoide.



▶ Figura 10. Reacción acrosómica y denudación.



► Figura 11. Penetración de la membrana pelúcida.

- El ingreso de sodio
- La salida de protones (H⁺), con el consiguiente aumento del pH intracelular.

Una vez finalizada la **reacción acrosómica**, la **membrana acrosómica interna** (ver Figura 10) forma la **superficie externa que recubre la mayor parte de la cabeza del espermatozoide**. En la región ecuatorial la membrana se fusiona con la membrana plasmática postacrosómica manteniendo la continuidad alrededor de la cabeza del espermatozoide.

6) PENETRACIÓN DE LA MEMBRANA PELÚCIDA

Una vez finalizada reacción acrosómica el espermatozoide puede comenzar a penetrar la zona pelúcida en forma eficiente.

La penetración (ver Figura 11) se produce por:

- **Movimientos de la cola** del espermatozoide que originan propulsión mecánica.
- **La actividad de las enzimas acrosómicas** que producen una vía a través de la zona pelúcida.

Luego, el **espermatozoide queda ubicado en el espacio perivitelino** (se denomina espacio perivitelino aquel ubicado entre la membrana plasmática del ovocito y la zona pelúcida).

7) FUSIÓN DE LAS GAMETAS

Luego desplazarse a través del espacio perivitelino (ver párrafo anterior) **el espermatozoide entra en contacto con el ovocito** (ver Figura 12).

Existen dos fases:

- En la **primera fase se produce la fijación:**
 - La unión entre el espermatozoide el ovocito se produce cuando la **región ecuatorial de la cabeza del espermatozoide** entra en contacto con las **microvellosidades del ovocito**. Cabe destacar que en la zona ecuatorial del espermatozoide encontramos

membrana plasmática, ya que el resto de la cabeza está recubierta por membrana del acrosoma. Existe una molécula en la membrana plasmática del espermatozoide (en la cabeza) denominada fertilina que participa de la fijación: se une a moléculas presentes en la superficie del ovocito (*integrinas alfa6 beta1*).

- En la **segunda fase se produce la fusión:**
 - La fusión de ambas membranas las convierte en una sola continua (*una única membrana*).

Luego de ocurrida la fusión:

La cabeza, la pieza media y la cola (del espermatozoide) se sumergen en el ovocito.

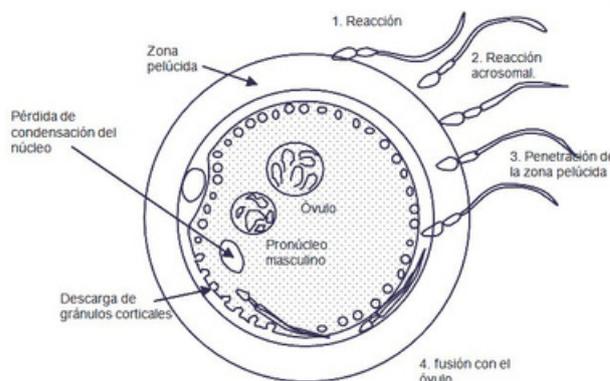
- **El pronúcleo y el centriolo se ubican en el citoplasma del ovocito.**
- La **membrana plasmática** (del espermatozoide) se incorpora a la membrana plasmática del ovocito y se distingue como independiente (la membrana plasmática del espermatozoide) hasta el inicio de la segmentación.
- Las **mitocondrias** (del espermatozoide) **no contribuyen** a la dotación mitocondrial de la célula huevo o cigoto.

8) BLOQUEO DE LA POLIESPERMIA

Luego de producir la fusión del espermatozoide con el ovocito y con el objetivo de impedir un desarrollo anómalo, **se debe evitar la entrada de otros espermatozoides. De producirse esta situación se denomina poliespermia.**

Existen dos tipos de bloqueo:

- **El bloqueo rápido de la poliespermia:** es rápido y de corta duración. Se origina cuando el potencial de membrana en reposo (de -70 mV) cambia (*se despolariza*) hasta alcanzar un valor de +10 mV en aproximadamente 2-3 segundos luego de



► Figura 11. Fusión de las gametas.

producirse la fusión del espermatozoide. Dicha despolarización se produce por entrada masiva de sodio (Na^+) por apertura de canales de membrana. Éste bloqueo dura aproximadamente 60 segundos, y está presente en especies marinas, cuyo medio es agua con grandes cantidades de sal. En nuestra especie este bloque es irrelevante.

- **El bloqueo lento de la poliespermia:** se produce en el sitio de fusión entre el ovocito del espermatozoide donde comienza ingresar una oleada de calcio (Ca^{++}).
 - ▶ **El calcio atraviesa el ovocito, actuando sobre los gránulos corticales** (*gránulos que presenta el ovocito debajo de la membrana plasmática*) que **contienen enzimas hidrolíticas y polisacáridos**.
 - ▶ Se produce la **fusión de los gránulos corticales con la membrana plasmática** y su contenido se **vuelca al exterior** (*al espacio perivitelino*).
 - ▶ Los polisacáridos liberados se hidratan y se hinchan produciendo una **elevación de la zona pelúcida en relación a la superficie del ovocito**.
 - ▶ Inicia la **reacción de zona:**
 - ◆ **Elimina la capacidad de los espermatozoides de adherirse a la zona pelúcida y atravesarla**, ya que las enzimas han modificado las características de las glicoproteínas que la componen.
 - ◆ **Modifica aquellas moléculas del espermatozoide ahora presentes en la membrana plasmática del ovocito** (*luego de producida la fusión*) **dando por resultado una fuerte oposición a la entrada de otros espermatozoides**.

A continuación **asociado al aumento del ingreso de calcio citoplasmático se producen una serie de eventos que conducen a la culminación de la meiosis II**.

A nivel del espermatozoide se producen los siguientes cambios:

- **Inicialmente la cromatina nuclear se encuentra muy compactada**, debido a la presencia de puentes disulfuro que surgen durante la espermatogénesis (*entre las moléculas de protaminas y el ADN, ver espermatogénesis anteriormente descrita*). Las protaminas se separan de la cromatina del espermatozoide y la misma se despliega en el núcleo, denominado a partir de este momento **pronúcleo masculino**, acercándose hacia el material nuclear del ovocito.
- **Inicialmente el ADN está desnudo** (*carece de*

histonas asociadas) y luego las histonas comienzan a asociarse a ellos.

9) FIN DE LA MEIOSIS II DEL OVOCITO

El ovocito II, que había quedado detenido en metafase II (*luego de la entrada del espermatozoide*), **completa la meiosis II** dando lugar a la **liberación del segundo cuerpo polar** al espacio perivitelino. Éste proceso depende del aporte del centriolo del espermatozoide, ya que el ovocito no posee la maquinaria completa para hacerlo.

El material genético que queda ubicado en el centro de la célula **se desenrolla**, denominándose a partir de este momento **pronúcleo femenino**.

El material cromosómico femenino está **recubierto por una membrana pronuclear, formada a partir del retículo endoplasmático rugoso**.

A partir de este momento recibe la denominación de célula huevo o cigoto y comparte el citoplasma con el material genético aportado por el espermatozoide.

10) SINGAMIA Y ANFIMIXIS

Singamia: se llama singamia a la **pérdida de las envolturas nucleares** (*cariotecas*) de los pronúcleos masculino y femenino y a su acercamiento.

Anfimixis: Se denomina anfimixis a la primera metafase de la célula huevo, es decir, la **ubicación de los cromosomas**, apareados en el **plano ecuatorial**.

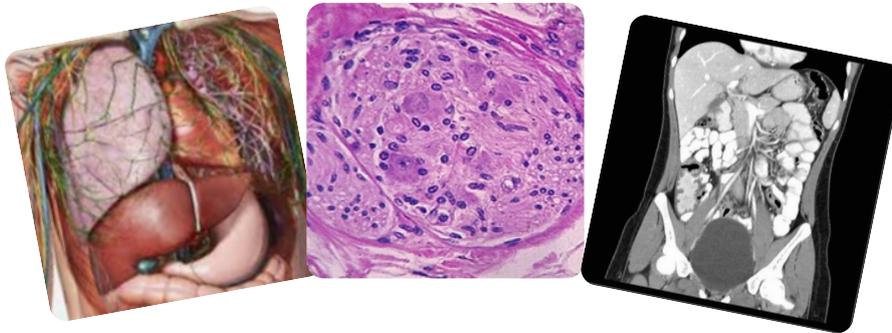
La anfimixis es el **último paso de la fecundación y al mismo tiempo el primero de la segmentación**. Esto ocurre durante toda la primera semana de gestación, al mismo tiempo que la célula huevo se desplaza hacia la cavidad uterina a través de la trompa de Falopio.

CONSECUENCIAS DE LA FECUNDACIÓN

- **Se forma la célula huevo o Cigoto.**
- **Se restablece la diploidía:** se obtiene nuevamente el número 46 de cromosomas, los cuales provienen 23 del ovocito II y 23 del espermatozoide
- **Se establece el sexo cromosómico:** se produce la **determinación del sexo (cromosómico) según el cromosoma sexual paterno, que puede ser X o Y**. El cromosoma materno **es siempre X** POR lo que la determinación del sexo depende en forma exclusiva de este cromosoma sexual presente en el espermatozoide.
- **Algunos autores consideran también a la singamia y la anfimixis como consecuencias.**

CURSO PARALELO 2025

ANATOMÍA - HISTOLOGÍA



- **Paralelo a la cursada de la Facultad.**
 - **Dividido por Cátedras:** Todas las clases están divididas por Cátedras. Dictadas por docentes pertenecientes a TU Cátedra.
 - **Docentes FMED:** Contamos con el mejor plantel docente, todos nuestros profesores se encuentran actualmente dictando clases en la **Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.**
 - **Clases extracurriculares** a cargo de Bioquímicos y Patólogos.
-
- Te preparamos en forma completa (teórico-práctica) antes de cada uno de los trabajos prácticos. Te aseguramos la mejor **nota de concepto** en cada clase.
 - **SIMULACROS DE EXAMEN:** Para garantizar tu aprobación y que puedas repasar antes del parcial o final aquellos temas que presentan mayor dificultad, tenemos **todas** las **preguntas evaluadas en los exámenes en los años anteriores (período 2000-2024).** En forma periódica realizamos **simulacros de examen escrito y oral** con docentes de tu Cátedra.
 - **Preparación integral antes de cada parcial:** **Clases de repaso** de todos los temas antes de cada examen.

CURSO PARALELO 2025

- **Modalidad mixta: clases virtuales 100% en vivo y presenciales.**
- **Acceso a las grabaciones** de cada una de las clases.
- **Grupos reducidos.**
- Metodología de estudio enfocada en resultados.
- **Material de estudio basado en toda la bibliografía oficial, disponible en nuestra plataforma virtual, de visualización online.**
Promoción preventiva: Bonificado con el abono completo del curso.
- **Material multimedia.**
- **Evaluación permanente del aprendizaje con simulacros de examen** en forma periódica.
- **Contacto las 24 horas** a través de múltiples plataformas digitales
- (correo electrónico, WhatsApp, formularios de consultas).



EL 99% DE NUESTROS ALUMNOS APRUEBAN AMBAS MATERIAS EN UN SOLO AÑO. EL 91% LO HACE CON EXCELENTES NOTAS (8, 9 o 10).

CURSO DE HISTOLOGÍA

- **Desarrollo en forma completa el contenido teórico y práctico.**
- **Trabajos prácticos de histología en nuestro laboratorio de microscopía**, el mismo se encuentra equipado con microscopios de última generación lo que facilita la observación de las estructuras histológicas.
- **Preparados histológicos especialmente seleccionados y organizados según las distintas cátedras.**
- Todo nuestro material incluye imágenes en color de excelente calidad.
- Clases de integración y repaso previas a cada examen parcial y al examen final.
- **Simulacros de examen** previo a cada parcial y final.
- **1-2 clases semanales de 2 horas de duración cada una.**
- **Las clases quedan grabadas en nuestra plataforma, para que las visualices las veces que quieras.**

CURSO DE EMBRIOLOGÍA

- **Desarrollo en forma completa el contenido teórico y práctico.**
- **Clases descriptivas de maquetas.**
- **Material de estudio** basado en la bibliografía oficial.
- Clases de integración y repaso previas a cada examen parcial y al examen final.
- **Simulacros de examen** previo a cada parcial y final.
- **1-2 clases semanales de 2 horas de duración cada una.**
- **Las clases quedan grabadas en nuestra plataforma, para que las visualices las veces que quieras.**

CURSO DE GENÉTICA

- **Desarrollo en forma completa el contenido teórico y práctico.**
- **Desarrollo y explicación de ejercicios de talleres.**
- **Material de estudio** basado en la bibliografía oficial.
- Clases de integración y repaso previas a cada examen parcial y al examen final
- **Simulacros de examen** previo a cada parcial y final.
- **1-2 clases semanales de 2 horas de duración cada una.**
- **Las clases quedan grabadas en nuestra plataforma, para que las visualices las veces que quieras.**

CURSO DE ANATOMÍA

Se desarrolla en forma completa los temas correspondientes a los módulos de la cursada:

- ▶ **Locomotor**
- ▶ **Esplacnología**
- ▶ **Neuroanatomía**

- **Sólida formación en Anatomía por Imágenes** (Radiografía, Tomografía Computada, Resonancia Magnética, etc.).
- **Clases de Anatomía Clínica y de Biomecánica.**
- Clases teóricas con proyección multimedia.
- **Clases prácticas con material óseo e imagenológico.**
- **ACTIVIDAD DIVIDIDA POR CÁTEDRAS: Curso paralelo de anatomía (locomotor, esplacno y neuro) para Cátedra:**

▶ **Cátedra 1: Desarrollo completo de toda la materia.**
Incluye clases de Anatomía Clínica.

▶ **Cátedra 2: Desarrollo completo de toda la materia.**
Incluye clases de Anatomía Imagenológico.

▶ **Cátedra 3: Desarrollo completo de toda la materia.**
Incluye clases de Biomecánica Articular y clases especiales de linfáticos.

- Clases de integración y repaso previas a cada examen parcial y previo al examen final.
- Simulacros de examen acordes a la modalidad de la Cátedra asignada.
- **2 clases por semana de 2 horas de duración cada una.**
- **Clases los sábados.**
- **Podés repetir cada clase todas las veces que quieras.**

DURACIÓN DEL CURSO PARALELO DE ANATOMÍA E HISTOLOGÍA: 10 meses.

- ▶ **Fecha de inicio:** Semana del **3 de marzo** (1° inicio), Semana del **10 de marzo** (2° inicio) y del **17 de marzo** (3° inicio).
- ▶ **Fecha de finalización:** Última semana de diciembre (*hasta la última fecha de diciembre de los exámenes finales*).

INFORMES, RESERVA DE VACANTES E INSCRIPCIÓN



[11 3132-0722](tel:1131320722)



[@IMEDLELOIR](https://www.instagram.com/IMEDLELOIR)



4873-2379



imedleloir@imedleloir.com.ar



Av. Corrientes 1985 1° "B"
(a 5 cuadras de la Facultad de Medicina)



[/imed.leloir](https://www.facebook.com/imed.leloir)

Conocé todas las promociones y descuentos que tenemos para vos



Vacantes
limitadas

El costo del curso incluye:

- ▶ Clases virtuales 100% en vivo y presenciales
- ▶ Acceso a las grabaciones de todas las clases virtuales
- ▶ Material de estudio completo (no hace falta comprar nada más) basado en la bibliografía oficial **impreso a color** (beneficio curso completo).
- ▶ Acceso al material de estudio en formato digital.