

SISTEMA NERVIOSO

Su componente básico son las neuronas .

- **Funciones :**

- **Funciones de comunicación o relación** : transmisión de impulsos nerviosos y recogida , procesado y almacenamiento de información .

- ◆ Percibir estímulos
- ◆ Transmitir estos estímulos
- ◆ Elaborar respuestas

- **Funciones de coordinación y regulación :**

- ◆ Coordina las funciones de células , tejidos y órganos
- ◆ Integra su funcionamiento

La principal función del sistema nervioso es la integrativa , para que el organismo funcione como un todo . Al SN se le asigna la función de la conducta y de la homeostasis .

- **Niveles de organización general del SN :**

Está integrado por 3 sistemas :

- ◆ **Sistema aferente** : conexión con neuronas sensoriales
- ◆ **Sistema eferente** : con efectores musculares y glándulas
- ◆ **Sistema de asociación** : conecta los dos anteriores

- **Base anatómica del SN :**

Se **origina** con un engrosamiento y proliferación celular del ectodermo , que da lugar a la **placa neural** , este engrosamiento se invagina y forma el **surco neural** , que termina por cerrarse y formar el **tubo neural** .

- ◆ A partir del tubo neural se diferencia una capa de células que da lugar al **SNV o SNA** .
- ◆ El propio tubo neural da lugar al **SNC** .
- ◆ El tubo neural se cierra por la parte anterior y en él se diferencian :

- **Región cefálica posterior**

- Una parte posterior : la **médula espinal**

- **Región cefálica posterior :**

Fase temprana desarrollo		Regiones en el encéfalo adulto	
PROSENCÉFALO (cerebro anterior)	TELENCÉFALO	Hemisferios cerebrales	DIENCÉFALO Epitálamo , tálamo , subtálamo , hipotálamo
MESENCÉFALO		Lóbulos ópticos	

(cerebro medio)	Sin dividir en embrión tardío	Núcleos del mesencéfalo	
ROMBENCÉFALO	METENCÉFALO	Cerebelo y Protuberancia anular	
(cerebro posterior)		MIELENCÉFALO	Bulbo raquídeo (última parte que se confunde con méd.esp.)

I. SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Compuesto por encéfalo y médula espinal :

• Médula espinal :

- ♦ Recubierta por envolturas externas llamadas **MENINGES** , que se continúan también rodeando al encéfalo , son 3 envolturas (de fuera a dentro) : duramadre , aracnoides y piamadre .
- ♦ Todos los huecos del SNC están rellenos de **líquido cefalorraquídeo** : almohadillado líquido para la protección .
- ♦ La médula espinal se encuentra dentro del canal espinal de la columna vertebral .
- ♦ Tiene una segmentación rudimentaria : 31 pares de nervios espinales que salen de la médula y conectan todas las regiones del cuerpo :

* Cuando los nervios espinales penetran en la médula se dividen en dos raíces : **dorsal** – superior – (por donde penetran las fibras nerviosas aférentes) y **ventral** – inferior – (por donde salen las eférentes) .

* En las raíces dorsales , antes de entrar en la médula , hay unos engrosamientos llamados : **GANGLIOS DE LAS RAÍCES DORSALES O ESPINALES** : formados por los cuerpos celulares de las fibras nerviosas sensitivas (transmiten información de los receptores sensoriales) .

- ♦ La médula espinal consta de :
- ♦ **Parte blanca** (materia o sustancia blanca) : fibras nerviosas que comunican las distintas partes del SN
- ♦ **Parte gris** (materia o sustancia gris) : cuerpos celulares de las neuronas , diferenciado en astas dorsales y astas ventrales .
 - Las neuronas tienen sus fibras recubiertas de una **vaina de mielina** (blanco) , que no recubre los cuerpos celulares (gris) . Las uniones entre neuronas (sinapsis) se produce en el interior de la sustancia gris
 - A parte de servir de vía de paso para las fibras nerviosas tiene funciones específicas :
- ♦ **Conexiones reflejas para la locomoción y determinados movimientos de las extremidades** (braceo al andar ...)
- ♦ **Funciones viscerales** (parte del control de la vejiga urinaria , erección...) .
 - ◊ **Encéfalo** : compuesto por tres partes :
 - 1. Tallo cerebral** (continuación de la médula) :
 - Dividido en : bulbo raquídeo (próximo a la médula) , punte , cerebro medio (ya dentro del cerebro) .
 - Muchas de sus funciones parecidas a las de la médula , **funciones propias** : control de reflejos respiratorios y cardiovasculares .

2. Cerebelo :

- Ocupa partes importantes del cerebro , sólo tiene función de coordinación , recibe información de las órdenes motoras del cerebro y la va a comparar con el movimiento que estamos realizando : **coordina el movimiento .**

3. Cerebro :

- Se compone de corteza cerebral y núcleos internos (destacan ganglios basales , tálamo y hipotálamo) .
- En la corteza cerebral están empaquetados los cuerpos celulares de las neuronas (sustancia gris) y en la sustancia blanca están las fibras empaquetadas de mielina .

◊ Funciones de los núcleos internos :

- ♦ **Ganglios basales** : organización de los movimientos coordinados del cuerpo
- ♦ **Tálamo** : analizar y procesar la información sensorial (excepto la olfatoria)
- ♦ **Hipotálamo** : control de gran cantidad de funciones viscerales y reacciones emocionales : Tª interna en endotermos , agresividad , sexualidad , sensación sed hambre ...

◊ Funciones específicas de la corteza cerebral :

- ♦ **Áreas sensoriales** : corteza auditiva (lóbulo temporal) , corteza visual (lóbulo occipital) .
- ♦ **Áreas motoras** : parte anterior del cerebro , **CORTEZA MOTORA** : sirve para el movimiento corporal . neuronas muy grandes que mandan sus axones a la médula espinal , donde se unen (sinapsis) con las grandes motoneuronas que inervan los músculos esqueléticos .
- En vertebrados inferiores todas las zonas de la corteza sólo contienen áreas motoras y sensoriales , pero en mamíferos superiores hay zonas cuya función es intersensorial , la memoria y habla (humanos) .

II. SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO : Constituido por una red de nervios que salen del SNC y llegan a todo el cuerpo : todos los nervios craneales y espinales que se distribuyen por todo el cuerpo .

III. SISTEMA NERVIOSO VEGETATIVO O AUTÓNOMO : SN visceral que regula funciones viscerales sin un control consciente : inerva músculo liso y cardíaco , también las glándulas (músculo esquelético parte del SNC) . **Este SN junto con el endocrino controlan globalmente el medio interno del organismo** . Se divide en dos partes , con funciones antagónicas , inervando las mismas vísceras : SNV simpático y SNV parasimpático .

NEURONAS

I. ESTRUCTURA FUNCIONAL

- ◊ **Esquema básico** : **soma o cuerpo celular** (contiene núcleo y orgánulos) , **dendritas** (ramificaciones cortas) , **cono axónico** (zona donde sale el axón del soma , zona de disparo de los PA) , **axón** (fibra larga) , **ramificación final** , a veces llamada **telodendro** .

II. TIPOS DE NEURONAS : Morfológicamente se clasifican :

- ♦ **Según nº de prolongaciones que presenten** :
- ♦ **Unipolares** : una única prolongación (axón)
- ♦ **Bipolares** : dos prolongaciones (no 2 axones)
- ♦ **Multipolares** : muchas ramificaciones
- ♦ **Según presencia o no de axón largo** :
- ♦ **Tipo Golgi I** : con axón muy largo , sale generalmente del SNC
- ♦ **Tipo Golgi II** : carecen de axón largo , no sale del SNC , normalmente son interneuronas (conectan dos o más neuronas) .

III. CÉLULAS DE LA GLÍA O NEUROGLÍA : papel parecido al tejido conectivo en otras zonas del cuerpo (hay más células de la glía que neuronas) . Tipos :

- ♦ **Astroglía : ASTROCITOS :** suelen estar en contacto con capilares sanguíneos y neuronas . Hay dos tipos : Protoplásmicos (abundantes en materia gris , establecen uniones entre neuronas y capilares sanguíneos – alimentación neurona –) , fibrosos (suelen estar en materia blanca , papel de reabsorción de neurotransmisores) .
- ♦ **Oligodendroglía : OLIGODENDROCITOS :** forman las vainas de mielina que rodean gran parte de las fibras nerviosas y que aíslan unas fibras de las otras (en el SNC) . En el SNP hay otras células de la oligodendroglía , las CÉLULAS DE SCHWANN : rodean los axones aislándolos unos de otros (esta vaina se forma cuando la célula de Schwann rodea al axón y lo envuelve con muchas capas de su membrana) .
- ♦ **Microglía : MICROGLIOCITOS :** formados a partir de elementos mesodérmicos que migran al SN , acompañan a los vasos sanguíneos , son móviles y con función fagocitaria de elementos extraños del SNC .
- ♦ **EPENDIMARIAS :** recubren todos los espacios internos del SNC , en concreto los ventrículos del cerebro .

IV. FUNCIONES DE LAS CÉLULAS DE LA GLÍA :

- **Apoyo físico**
- **Separa y aislar neuronas entre sí** (impiden que el impulso se transmita incorrectamente) .
- **Reparación y regeneración** : cuando mueren neuronas su sitio es ocupado por células de la glía .
- **Alimentación** : los astrositos
- **Síntesis y reabsorción de neurotransmisores** .

V. TRANSMISIÓN DE IMPULSOS : Hay dos tipos de fibras nerviosas :

- ♦ **Amielínicas :** desnudas (suelen estar presentes en invertebrados pequeños) , en estas fibras la **conducción del impulso es continua** (establecimiento de un circuito local de corriente) .
- ♦ **Mielínicas :** recubiertas de mielina , la **conducción es de tipo discontinuo o saltatorio** :
 - Entre las zonas con mielina hay zonas desnudas llamadas : **NÓDULOS DE RANVIER** . El PA salta de un nódulo de Ranvier al siguiente : así la conducción es más rápida y ahorra energía , al entrar menos cantidad de Na^+ que luego tendría que ser bombeado hacia fuera .
 - Hay una relación directa entre el diámetro de la fibra y la velocidad de conducción en las fibras mielínicas (en amielínicas la V aumenta con la "diámetro de la fibra") . La existencia de las fibras mielínicas permite que la V conducción sea muy grande sin aumentar excesivamente el diámetro de la fibra .
 - Toda conducción sigue una **LEY DE POLARIZACIÓN** : dendritas soma axón (nunca al revés)

VI. ASOCIACIONES FUNCIONALES ENTRE NEURONAS : el circuito neuronal más sencillo está compuesto por dos neuronas , donde la información pasaría de una a otra.

♦ **Circuitos neuronales :**

1. **Circuito lineal** : neuronas conectadas de forma lineal , la información no se modifica .
2. **Circuito divergente** : una única neurona hace contacto sináptico con otras neuronas , se da un fenómeno de divergencia de tipo amplificador .

3. Circuito convergente : varias neuronas convergen en una única neurona , se da fenómeno de convergencia , sumación de impulsos .

4. Circuitos paralelos : distintas vías de paso entre una neurona de entrada y otra de salida , pero la información va a circular en el mismo sentido .

5. Circuito oscilatorio o reverberante : la información de salida de un grupo de neuronas puede usarse para regular la actividad posterior de las neuronas que emiten el impulso . Este lazo de retroalimentación puede ser :

- ♦ **Positivo** : la neurona estimula a la 1ª neurona de manera que aunque deje de recibir impulsos los seguirá emitiendo .
- ♦ **Negativo** : La neurona desactiva a la 1ª neurona , de manera que deja de emitir impulsos aunque los siga recibiendo .

COMUNICACIÓN INTERNEURONAL

I. CONCEPTO DE SINAPSIS : transmisión del impulso nervioso de una neurona a otra o a otro tipo celular (término más funcional que anatómico) .

II. TIPOS DE SINAPSIS :

◊ Según la forma de conexión entre las neuronas , hay 3 tipos:

- ♦ **Sinapsis axosomática** : el terminal axónico de una neurona hace sinapsis con el soma de otra neurona .
- ♦ **Sinapsis axodendrítica** : el axón hace sinapsis con las terminaciones dendríticas de la neurona postsináptica .
- ♦ **Sinapsis axoaxónica** : el axón hace sinapsis con el axón de la neurona postsináptica .

◊ Según el mecanismo de sinapsis :

- ♦ **Sinapsis eléctrica** : más sencilla , menos abundante
- ♦ **Sinapsis química** : más compleja y abundante .
 - ◊ Para que se produzca sinapsis se necesita una relación de **CONTIGÜIDAD (sinapsis química) o de CONTINUIDAD (sinapsis eléctrica)**

III. SINAPSIS ELÉCTRICA :

◊ Es necesario un estrecho contacto entre células y entre los elementos debe haber canales , son las **UNIONES HENDIDAS** : zonas de membrana de baja resistencia , a través de las cuales pasa el flujo de corriente de la neurona presináptica a la postsináptica . La despolarización capaz de desencadenar un PA en la presináptica se transmite directamente (por las uniones hendidas) a la postsináptica .

◊ Para que se den estas sinapsis deben cumplirse :

- ♦ La **velocidad de conducción es muy elevada**
- ♦ Excepcionalmente el paso de corriente puede ser bidireccional , se evita por un proceso llamado **RECTIFICACIÓN** : después de dejar pasar el flujo de corriente la neurona presináptica se hiperpolariza , la corriente no puede volver a atrás .
- ♦ **Generalmente son de tipo excitador**
 - ◊ Estas sinapsis son comunes de invertebrados (también existen en vertebrados) . **La transmisión de potenciales también se da entre fibras musculares lisas y células del músculo cardíaco** .

IV: SINAPSIS ELÉCTRICA :

◊ Entre la neurona pre y postsináptica hay un espacio : **HENDIDURA SINÁPTICA** ,

separa a la terminal de la neurona presináptica , llamado **botón sináptico** (con mitocondrias – energía – y vesículas sinápticas con neurotransmisor) . En fibras mielínicas , la vaina de mielina termina antes del botón presináptico . La dirección del impulso es siempre unidireccional (la sustancia química del mensajero sólo la hay en la presináptica) .

◇ **PROCESO :**

- ◆ Se inicia con el PA recorriendo el axón y llega al botón presináptico .
- ◆ Cuando el PA llega al botón presináptico , la despolarización activa canales de Ca^{++} , entrando ión Ca^{++} en el botón presináptico .
- ◆ Al aumentar la concentración de Ca se libera al exterior por exocitosis neurotransmisor (contenido en vesículas sinápticas) .
- ◆ Las moléculas de neurotransmisor se unen a receptores específicos de la membrana de la neurona postsináptica .
- ◆ La unión activa canales permeables a determinados iones , produce una corriente sináptica que desencadena un potencial postsináptico , si es lo suficientemente elevado como para alcanzar el umbral se produce un potencial de acción postsináptico que recorre la membrana de la célula postsináptica . (**Ley del todo o nada** – se desencadena o no un PA)

V. SINAPSIS NEUROMUSCULAR :

- ◇ **Una única neurona hace contacto con la fibra muscular** , en caso de unión neuromuscular : el botón preaxónico tiene forma aplanada y se invagina dentro de la membrana de la fibra muscular , sin entrar en ella y dejando una hendidura sináptica (la estructura de la fibra muscular y nervio motor se llama **PLACA MOTORA**) .
- ◇ **Proceso :**
- ◇ El PA alcanza la terminal del axón , se abren los canales de Ca que penetran en gran cantidad en el botón presináptico , el aumento de la concentración de Ca provoca que se vierta a la hendidura sináptica el neurotransmisor (acetilcolina – ACH) por exocitosis .
- ◇ La ACH se une a receptores específicos de la membrana de la fibra muscular , son canales iónicos que cambian de conformación y se abren , su diámetro permite el paso de iones $+$, pero sobre todo de Na .
- ◇ Penetra gran cantidad de Na en la fibra muscular , originándose el **POTENCIAL DE PLACA TERMINAL (PPT)** que inicia un PA en la fibra muscular provocando la contracción del músculo . El **PPT en condiciones normales siempre da lugar a un PA** (siempre son supraumbrales) .

VI. EXCITACIÓN E INHIBICIÓN (sinapsis en el SNC) :

· Estas sinapsis se llevan a cabo entre dos neuronas , distinguiendo dos tipos :

- ◇ **Excitadoras** : POTENCIALES EXCITADORES POSTSINÁPTICOS (PEPs)
- ◇ **Inhibidoras** : POTENCIALES INHIBIDORES POST Y PRESINÁPTICOS (PIPs)

· **PEPs :**

- Son siempre infraumbrales (no disparan PA) , **el PA se produce por sumación de impulsos o potenciales** .
- **Producción de PEPs (dinámica " SNP)** : por la neurona presináptica llega el impulso y se libera neurotransmisor , se une a receptores específicos de la membrana postsináptica provocando cambios en la permeabilidad para el Na y K y originando PEPs , el **sumatorio origina un PA** .
- **Propiedades de los PEPs :**

- La amplitud varía conforme al punto de aplicación del estímulo (según nos alejamos de ese punto disminuye la amplitud) .
- Capacidad de sumación temporal o espacial .
- Carecen de período refractario (unos tras otro con gran rapidez)
 - ♦ La capacidad de sumación y la disminución de la amplitud al alejarse del punto de aplicación provoca que los PEPs se disparen en el mismo sitio de la neurona : CONO AXÓNICO (punto de la neurona con umbral más bajo)

• **PIPs :**

1. Inhibiciones postsinápticas : actúan sobre la 2ª neurona , mecanismo parecido a la sinapsis excitadora , con dos diferencias : tipo de neurotransmisor , estructura del receptor (que puede determinar que el neurotransmisor actúe como excitador o inhibidor) .

- ♦ En reposo el P de membrana es de -65mV , al producirse la excitación se abren canales de Na y el potencial de membrana es de -45mV : se dispara el PA

♦ **Neurona en estado inhibido :**

- Actúan otro tipo de neurotransmisores , se abren otro tipo de compuertas iónicas , permiten la entrada de iones Cl , carga $-$: el interior de la membrana se vuelve más $-$ y se hiperpolariza .
- También puede producir la salida de K , siendo el mismo resultado : la hiperpolarización de la membrana .

* Lo normal es que se den los dos procesos – potencial de membrana -70mV .

- ◊ El efecto inhibitor de los PIPs puede actuar sobre el efecto excitador de los PEPs de varias maneras : alejándolos del umbral de disparo de PA

2. Inhibiciones presinápticas : se libera neurotransmisor inhibidor , que actúa sobre un terminal excitador produciendo una disminución en la cantidad de neurotransmisor que libera ese terminal , de dos maneras :

- Incrementando al terminal excitador la permeabilidad al Cl : disminuyendo la frecuencia de PA que llegan al terminal y así la cantidad de neurotransmisor .
- Bloqueando los canales de Na presinápticos : si entra menos Ca se libera menos neurotransmisor .

VII. NEUROTRANSMISORES :

- ◊ Son los mensajeros químicos del impulso nervioso y deben poseer 5 propiedades :

- ♦ Síntesis dentro de la neurona
- ♦ Liberación al exterior por mecanismos específicos
- ♦ Al liberarlos hay otro mecanismo específico que los elimina
- ♦ Existen receptores específicos para él en la membrana postsináptica
- ♦ El neurotransmisor debe ser siempre el mismo para una

sinapsis dada

· Algunos neurotransmisores :

- ♦ **ACETILCOLINA (ACH)** : actúan en las uniones neuromusculares
- ♦ **SEROTONINA**
- ♦ **CATECOLAMINAS** : actúan en el encéfalo : noradrenalina (NA) , dopamina (DA) ...

* Se sintetizan a partir de a.a. problemas si hay desnutrición .

RECEPCIÓN SENSORIAL

I. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS :

- ◇ Los **RECEPTORES** : constituyen un sistema que transmite información del medio externo e interno del organismo al SNC (la percibe y la transmite) . Distribuidos en la periferia e interior de los tejidos . Todos los receptores envían información al SNC mediante PAs , también actúan como **transductores** : transformando la energía ambiental en un PA .

II. TIPOS DE RECEPTORES :

1. **Receptores primarios** : simple terminación nerviosa amielínica , llega a la superficie del cuerpo o a un órgano . Son neuronas (ej: nociceptores – receptores del dolor) .

- ◇ **CAMPO RECEPTOR** : superficie inervada por una neurona sensorial o receptor 1º , al estimularla se desencadena un impulso en una sola neurona .

2. **Receptores secundarios** : No son neuronas , normalmente células epiteliales modificadas , inervadas por neuronas sensitivas terminales (Ej: conos o bastones) .

- ◇ **UNIDAD SENSORIAL O RECEPTORA** : conjunto de receptores secundarios inervados por una neurona aferente .

III. TRANSDUCCIÓN : en este proceso se da

1. **Un proceso primario** en el que la energía ambiental altera modificándola la membrana del receptor y así también su metabolismo .

2. **Un proceso secundario** como consecuencia del proceso anterior , consistente en un cambio del P de membrana , cambio en la permeabilidad de la membrana celular , se origina una despolarización .

* A partir de aquí hay diferencias entre receptores primarios y secundarios :

- ♦ **Receptores 1º** : el estímulo origina un **POTENCIAL**

GENERADOR , que si supera el umbral dará lugar a un PA , será el que viaje a lo largo de la fibra nerviosa hacia el SNC .

- ♦ **Receptores 2º** : producen potenciales no generadores , son POTENCIALES RECEPTORES : originan la liberación de un neurotransmisor entre la célula receptora 2ª y la neurona que lo inerva , produciéndose un potencial generador y luego el PA que va al SNC .

◊ **Relaciones de intensidad :**

- Hay **relación entre la intensidad del estímulo y el P Receptor originado** : el PR se incrementa rápidamente para intensidades bajas de estímulo , luego se hace asintótico .
- Cuando el P Generador no supera el umbral se dice que es infraumbral.
- Si el PG supera el umbral desencadenará un PA : si aumenta la intensidad del estímulo , aumenta la frecuencia de los impulsos pero no su intensidad .
- **EI UMBRAL DEL ESTÍMULO O DE INTENSIDAD** : mínima intensidad de un estímulo que actúa sobre un receptor para desencadenar una respuesta . varía según las especies y los individuos .

IV. PROPIEDADES DE LOS RECEPTORES :

1. ESPECIFICIDAD : cada receptor está especializado para ser estimulado por un tipo concreto de energía ambiental : estímulo adecuado para el cual el receptor posee el umbral más bajo (responde más rápido) .

- La especificidad depende de la diferenciación morfológica del receptor (más diferenciado más específico , en general los receptores 1º suelen ser menos específico) .
- **Relacionado con esto :**

* Para que dos estímulos se perciban diferentes debe transcurrir un período de tiempo mínimo que depende de la adaptación del receptor .

* La estimulación de un receptor hace disminuir la sensibilidad de las partes próximas al campo receptivo para estímulos de la misma naturaleza y aumenta para estímulos de naturaleza opuesta .

* Después de actuar un estímulo para un receptor disminuye la sensibilidad para un estímulo y aumenta para el estímulo opuesto (meter mano agua fría después el aire parece mas caliente) .

* Muchas de las sensaciones que percibimos son sensaciones asociadas , recibidas por varios receptores .

2. **ADAPTACIÓN** : capacidad que poseen los receptores de seguir o dejar de responder durante la aplicación del estímulo (emitir o no PG) . Distinguimos 2 grupos de receptores , con posibilidades intermedias :

- ♦ **Receptores de adaptación lenta o tónicos** : emiten potenciales que están respondiendo a lo largo de toda la duración del estímulo (rec. del dolor)
- ♦ **Receptores de adaptación rápida o fásicos** : emiten impulsos sólo al inicio del estímulo (receptores olfativos) .

* Los normal que algunos tipos sensoriales combinen los dos para percibir mejor .

V. CLASIFICACIÓN DE RECEPTORES : Distintos criterios

1. **Tipo de estímulo percibido** : **termorreceptores** , **mecanorreceptores** , **quimiorreceptores** , **fotorreceptores** , **electrorreceptores** , **nociceptores** .

2. **Ontogenia** (tipo de tejido del que derivan) : **receptores primarios** (células nerviosas) , **receptores secundarios** (tipos celulares no nerviosos , muscular , conjuntivo ...) .

3. **Localización** :

- ♦ **Exterorreceptores** : **telerreceptores** (estímulos lejanos al organismo – visión , audición) , **quimiorreceptores** (sustancias químicas – gusto , olfato) , **receptores cutáneos** (en la piel – tacto , dolor , T^a)
- ♦ **Interorreceptores** : información al SNC de los que sucede en el organismo : **Propioceptores** (informa situación de articulaciones o músculos respecto al cuerpo – regulan movimiento y postura) , **quimiorreceptores internos** (variaciones químicas del interior del cuerpo) , **baropreceptores** (variaciones de P en el interior) , **viscerorreceptores** (en vísceras y membranas de mucosas internas – dolor de barriga) .

SENSIBILIDAD SOMÁTICA

I. CONCEPTO : los **RECEPTORES SOMÁTICOS** : tipo de receptores no especializados que perciben estímulos mecánicos , térmicos ... en general muy fuertes (mucho más que los percibidos por receptores 2º)

II. MODALIDADES DE SENSIBILIDAD Y RECEPCIÓN SOMÁTICA :

- ♦ **Sensibilidad somática propiamente dicha** (estructuras que derivan de la somatopleura) :
- ♦ Sensibilidad térmica superficial : piel y mucosas
- ♦ Sensibilidad somática profunda : músculos , tendones y huesos
- ♦ **Sensibilidad visceral** : estructuras que proceden de la visceropleura

III. MECANORRECEPCIÓN

– Se produce por un estiramiento o alteración de la membrana de la célula receptora que produce cambios en la conductividad iónica (terminaciones nerviosas indiferenciadas y mecanorreceptores más complejos con estructuras accesorias como el corpúsculo de Pacini)

◊ **Invertebrados :**

– **Artrópodos** : problema para percibir estímulos mecánicos sobre su cuerpo , al ser muy duro , para compensar tienen estructuras llamadas **SENSILIOS PILOSOS** : pequeños pelos huecos situados en las placas de unión del exoesqueleto ; en la parte inferior del pelo hay una neurona que proyecta una dendrita por el interior del pelo y es la que transmite el estímulo mecánico al cuerpo neuronal . Una variación del sensilio piloso son las **ESPINAS SENSORIALES** (igual pero más grande) . Este sistema tan sencillo les funciona bien para conocer el estímulo del aire necesario para corregir el vuelo .

◊ **Vertebrados** : En humanos en la epidermis hay receptores del tacto y dolor , en la dermis receptores térmicos y en la hipodermis receptores de presión .

- La sensibilidad al tacto está distribuida por toda la piel , informa a los animales del desplazamiento de objetos por la piel .
- La sensibilidad a la vibración :
- Animales aéreos : casi igual que la sensibilidad al tacto (por toda la piel)
- Animales acuáticos : estructura especializada llamada LÍNEA LATERAL : serie de poros que forman una línea en el lateral del cuerpo .

IV. TIPOS DE

MECANORRECEPTORES : (animales terrestres)

1. CORPÚSCULOS DE MEISSNER :

cápsula en cuyo interior hay una fibra nerviosa más o menos enrollada , en la epidermis , receptores de adaptación rápida (muy sensibles al movimiento ligero de

objetos sobre la piel) .

2. DISCOS DE MERKEL : receptores ensanchados en su extremo final , en la epidermis , receptores de adaptación lenta (lo normal es que 1 y 2 actúen conjuntamente informando del punto exacto donde toca un objeto , su textura y tiempo de contacto) .

3. TERMINACIONES NERVIOSAS EN LA BASE DE LOS PELOS : en la piel vellosa , fibras nerviosas enrolladas , informan del movimiento de los pelos que inervan . Hay un tipo muy eficaz : **VIBRISA** : alrededor del hocico en los gatos , informan de los objetos que tienen alrededor de la cara (útil al cazar al sólo fijar la vista en la presa)

4. CORPÚSCULOS DE PACINI : en regiones más profundas de la piel , responsables de la percepción de vibraciones o presiones , son receptores de adaptación rápida , rodean a terminaciones nerviosas . Suelen funcionar junto con los :

5. CORPÚSCULOS DE RUFFINI : estructuras ramificadas de la dermis , receptores de adaptación lenta , informan presiones o vibraciones , tanto de su momento de inicio como de su duración .

V. TERMORRECEPCIÓN : (tanto ectotermos como endotermos)

- **Artrópodos** : se localizan en las antenas , extremidades o en la boca : detectan cambios térmicos de alrededor 0,5°C .
 - ♦ Insectos hematófagos (se alimentan de sangre) : pulgas y piojos chupan sangre de animales endotermos y detectan el calor del cuerpo de estos animales por los receptores se sus antenas .
 - ♦ Arácnidos del grupo de las garrapatas (ácaros) : la garrapata se pone en el extremo de una hierba , despliega sus termorreceptores y espera a

que pase un endotermo (la mayoría muere tras haber estado meses esperando) .

- Hay termorreceptores más eficaces : la **línea lateral de los peces** , detecta cambios térmicos del orden de 0.02°C (vertebrados acuáticos) .
- **Reptiles** : uno de los más eficaces son las **FOSETAS FACIALES** de las serpientes de cascabel (americanas) : entre ojo y nariz tienen una fosa a cada lado de la cara , detectan diferencias térmicas del orden de 0.002°C , al estar a ambos lados de la cara le dan una percepción binocular (capaces de ubicar al animal que desprende calor a 40cm .
- **Mamíferos** : repartidos por toda la piel y superficies mucosas . A pesar de ser simples terminaciones nerviosas libre , hay dos tipos :
 - **Receptores de calor** : aumentan sus potenciales de descarga al calentarse
 - **Receptores de frío** : aumentar sus potenciales de descarga al enfriarse
 - Detectan la Tª de la piel , no del medio ambiente , con cierta capacidad de adaptación , responden mejor a cambios de Tª que a Tª estable .

VI. NOCICEPCIÓN Y SENSIBILIDAD DOLOROSA :

- La sensación dolorosa es parte de la sensibilidad somática , pero **presenta una diferencia** : aunque responden prácticamente a lo mismo lo hacen a un nivel mucho mayor .
- **Características** que los diferencian de los receptores somáticos :
 - ♦ **Umbral de respuesta muy alto**
 - ♦ **Sensibilización** (contrario a adaptación) : modifican mucho su respuesta con la estimulación repetida .
 - ♦ **Propiedad post-descarga** : emiten potenciales tras cesar el estímulo
 - ♦ **No poseen especialización ni estructuras asociadas,**

fibras nerviosas de baja V
de conducción distribuidas
por todo el cuerpo interna y
externa.

- **Dos grupos :**

- **Polimodales :** responden a estímulos de todo tipo (químicos , mecánicos ...)

- **Mecanociceptores :** responden a estímulos mecánicos muy fuertes .

- **PROCESO DE**

- TRANSDUCCIÓN :** (muchas dudas aún)

- **En el caso de estímulos mecánicos**

- fuertes :** es posible que respondan a una deformación fuerte y la transducción esté mediada por la apertura de canales iónicos que provocan la despolarización de la membrana .

- **En el caso de estímulos térmicos y químicos fuertes** hay canales específicos .

- Hay más tipos de sensibilidad somática (en otros tipos de animales)

- **SENSIBILIDAD HIDROSTÁTICA :** en animales acuáticos ; volumen de gas sensible a las presiones .

PROPIOCEPCIÓN

I. CONCEPTO : sentido capaz de percibir la posición de las extremidades en el espacio y la fuerza con que se realizan los movimientos . Son receptores inconscientes internos , divididos en **2 grupos** :

- **Los que perciben la postura :** sentido de la posición (posición de las extremidades con respecto al tronco : **PROPIOCEPCIÓN ESTÁTICA** .

- **El sentido del movimiento o CINESTESIA :** informa sobre la dirección y velocidad del desplazamiento de las extremidades con respecto al tronco .

- ♦ En vertebrados se localizan en : músculos , tendones y articulaciones

- ♦ En invertebrados : en artrópodos en placas de su exoesqueleto , en animales de cuerpo blando en cada

segmento de su cuerpo .

II. RECEPTORES MUSCULARES Y ARTICULARES :

1. Husos musculares : fibras situadas dentro de los músculos estriados , paralelas al músculo : La zona central de estas fibras se va a estirar por contracción del músculo .

– **Funcionamiento** : al estirarse la parte central es detectado por los **terminales anulo–espirales** (terminación nerviosa) que mandan un rápido tren de impulsos al SNC , luego se envía un tren de impulsos de baja frecuencia más constante .

* El primer tren de impulsos informa de cuándo se produce el estímulo

* El 2º tren de impulsos informa de la longitud alcanzada y de cuanto tiempo dura el estiramiento .

* Las **terminales en flor abierta** (a cada lado de la terminal anulo–espiral parten fibras sensitivas aferentes) informan del alargamiento total a que se somete el huso .

– Esta complejidad anatómica implica una **exactitud elevada del movimiento del músculo** .

– **Reflejo del huso muscular** : también llamado **reflejo de estiramiento** , ya que detecta un estiramiento excesivo del músculo : si el músculo se distiende mucho es detectado por el huso muscular y se activa una motoneurona responsable del movimiento del músculo ; si el músculo se contrae el músculo antagonista se relaja .

* **Se produce una única sinapsis**

2. Órgano tendinoso de Golgi : fibra sensorial perpendicular al músculo y conectada al tendón y detecta sobre todo contracciones fuertes del músculo . Protege al músculo de tracción excesiva : por contracción intensa o estiramiento intenso

– **El reflejo del órgano tendinoso de Golgi** : es **bisináptico** , las fibras sensitivas

procedentes de este órgano forman sinapsis con interneuronas en la médula espinal que inhiben a motoneuronas que inervan al músculo al que está unido el tendón donde se encuentra el órgano de Golgi considerado .

III. REGULACIÓN DE LA POSICIÓN Y EQUILIBRIO

- Hay **receptores especializados en el equilibrio** , que informan al SNC tanto del equilibrio estático o de posición , como del equilibrio dinámico o de aceleración
- En **Ártropodos** :
ESTATOCISTOS , en la base de las antenas (crustáceos) : informan del equilibrio estático y dinámico :
 - ♦ Esfera en cuyo interior hay células ciliadas o pilosas que tapizan la superficie inervadas por fibras sensoriales que mandan información al SNC (por lo tanto son receptores 2º)
 - ♦ En el interior del estatocisto está el ESTATOLITO : presiona a los cilios de la parte inferior y la información se transmite al SNC (el animal sabe que es lo que está hacia abajo o hacia arriba) .

* Los estatolitos puede segregarlos el propio animal de CaCO_3 o toman piedrecillas del medio (crustáceos) .

- En **insectos no hay estatocistos** : mantienen el equilibrio mediante **sensilas táctiles , órganos visuales y a veces órganos especializados** (en dípteros el 2º par de alas informa del vuelo) .
- En **vertebrados tenemos** :
RECEPTORES VESTIBULARES : localizados en el oído interno .
Reside la percepción de las aceleraciones lineales y angulares

1. Los receptores vestibulares encargados de la aceleración lineal , se incluye la gravedad , son los **ÓRGANOS**

OTOLÍTICOS : en el laberinto membranoso del oído interno , hay **dos tipos** :

- **SÁCULO** (mácula vertical) : Tiene un epitelio sensorial llamado mácula , compuesto por células ciliadas , cuyos cilios penetran en una capa gelatinosa, inervadas inferiormente por fibras sensoriales que envían la información al SNC . Por encima hay concreciones calcáreas u **OTOLITOS** que logran que la capa gelatinosa se mueva más ante una aceleración , el temblor es registrado por los cilios y se transmite la información al SNC por las fibras sensoriales .
- **UTRÍCULO** (mácula horizontal) : registra aceleraciones lineales horizontales

2. Receptores vestibulares encargados de la aceleración angular (ej: giro de cabeza)

– **ÓRGANOS AMPULARES** unidos a **CONDUCTOS SEMICIRCULARES** : cada uno de los conductos forma ángulos de 45° con los planos sagital y frontal del cuerpo . En cada extremo de cada canal están los órganos ampulares , en cuyo interior está la **CRESTA AMPULAR o CÚPULA** , carece de otolitos , tapizado por células ciliadas que proyectan los cilios hacia una capa gelatinosa e inervadas inferiormente por fibras nerviosas . Los **canales están llenos de líquido** y su movimiento es detectado por los cilios e informan al SNC .

FOTORRECEPCIÓN (I)

I. LUZ – ENERGÍA LUMINOSA :

Sólo una pequeña banda del espectro electromagnético alcanza la superficie terrestre , la que va desde los 360 nm (violeta) a los 700 nm (rojo) y constituyen la **luz visible** .

Los animales han desarrollado sustancias químicas : **PIGMENTOS FOTOEXCITABLES O FOTSENSIBLES** (fotopigmento) – al recibir la luz experimentan un cambio por el

que inician un impulso nervioso .

II. FOTORRECEPTORES

- Células muy diversas que tienen en común la presencia del pigmento fotoexcitable , se asocia a la membrana y se puede encontrar en posiciones distintas :
- **Invertebrados** : asociado a microvellosidades de la membrana superficial de la célula fotorreceptora .
- **Vertebrados** : en profundas invaginaciones de la membrana de la célula fotorreceptora , llamadas **lamelas** .

III. FOTORRECEPTORES DE INVERTEBRADOS :

- Gran variabilidad de estructuras , nos basamos en el género *Limulus* (cangrejo herradura) :
 - ♦ **OJO COMPUESTO** : formado por distintas unidades , cada una **OMATIDIO** :
- El conjunto de omatidios recubierto por la córnea y además cada uno inervado por fibras nerviosas .
- El **cristalino** concentra la luz hacia unas células :
- **CÉLULAS RETINULARES** : con microvellosidades y esa zona se llama **RABDÓMERO** : lugar donde se realiza la percepción del estímulo luminoso (fotopigmento)
- **CÉLULAS EXCÉNTRICAS** : neuronas que proyectan sus dendritas por medio de las células retinulares .
 - **TRANSDUCCIÓN** :
 - * La luz atraviesa el cristalino y es absorbida por el fotopigmento del rabdómero , provocando un cambio de conformación llamado : **BLANQUEAMIENTO**
 - * Este cambio activa una enzima que cataliza la transmisión de una gran nº de transmisores intracelulares que originan la apertura de canales de membrana para la difusión de Na⁺ , K⁺ : efecto cascada , la corriente produce un PR despolarizante .

* El PR pasa a la dendrita de la célula excéntrica por uniones eléctricas .

* La despolarización se propaga por la membrana de la célula excéntrica hasta su cono axónico , donde se genera un PA y se dirige al SNC : la reunión de axones de estas células es el **NERVIO ÓPTICO** .

♦ **Tipos de fotorreceptores en invertebrados :**

- Los invertebrados son **polifiléticos** , con dos líneas evolutivas , partiendo de una estructura simple hasta los ojos compuestos :
- **Ojos compuestos** : todos los Artrópodos , unidades llamadas ommatidios
- **Ojo en cámara** : en Cefalópodos , funcionamiento parecido a cámara fotos
 - El inicio del proceso evolutivo : hay células no fotorreceptoras que también reaccionan con la luz (de la piel – cromatóforos) y células epiteliales fotosensibles (fotorreceptores simples) .
 - El siguiente paso evolutivo : concentrar estas células fotosensibles en estructuras : fotorreceptores localizados : los más sencillos – ocelos
 - Después se incrementó el nº de células provocando una invaginación en la piel : **retina en forma de copa o cáliz** (puede desarrollar una cubierta transparente protectora , la córnea) .
 - Se desarrolló otra estructura transparente , concentra la luz sobre las células fotorreceptores : **cristalino o lente – Retina vesicular**
 - Juntaron varios ocelos de este tipo : **ojo compuesto o en retina compuesta**
 - En algún momento de la evolución este ojo fue capaz de formar imágenes y detectar movimientos y distancias .

♦ **Tipos de ojos compuestos :**

- **OJOS COMPUESTOS DE APOSICIÓN** : en insectos de vida diurna , las células

retinulares con sus rabdómeros están justo debajo del cristalino . Los omatidios con células pigmentadas que impiden que la luz pase de un omatidio a otro . Es un ojo perfecto para captar movimiento pero malo para percibir posición estática . Requiere altas intensidades luminosas .

• **OJOS COMPUESTOS DE**

SUPERPOSICIÓN : en artrópodos de vida nocturna , células con su rabdómero muy alejadas del cristalino , células pigmentadas permiten el paso de luz de un omatidio a otro fenómeno de sumación , peores para percibir movimiento , actúan con bajas intensidades luminosas .

IV. FOTORRECEPTORES DE VERTEBRADOS :

- Las células fotorreceptoras son : **bastones y conos** , situados **en la retina** , con empaquetamiento denso
- La retina en su parte central está la **fóvea** : reside la mayor agudeza visual
- Generalmente : conos responsables visión en color , bastones responsable visión acromática , fuera de la fóvea .
- **Somos monofiléticos** . Los fotorreceptores se dividen en dos partes :
 - Segmento externo : las lamelas con el fotopigmento
 - Segmento interno : el núcleo , orgánulos citoplasmáticos y zonas con contactos sinápticos con otras células que suelen ser neuronas .
 - Son células derivadas de células epiteliales (receptores 2º) que **transmiten el impulso a células nerviosas (receptores 1º)** .
 - En las **lamelas** de los fotorreceptores están los **fotopigmentos** , donde se inicia la transducción de la energía luminosa , el PR generado es **hiperpolarizante** :
 - * En vertebrados el estímulo produce un descenso en la conductancia para iones (Na⁺) , produce hiperpolarización , la célula

en ausencia de estímulo está despolarizada y a la entrada de Na en la oscuridad se llama corriente oscura .

V. MECANISMO DE TRANSDUCCIÓN

- En la lamela el fotopigmento recibe un estímulo luminoso y sufre un cambio conformacional , el **blanqueamiento** .
- El pigmento fotosensible más común en vertebrados está formado por dos unidades : molécula proteica – opsina – , carotenoide – como el retinal – .

* En ausencia de luz , el **complejo opsina-retinal** está perfectamente **asociado**

* En **presencia de luz** se isomeriza : **fotoisomerización**

- A partir de aquí , sucede todo espontáneamente :

* La fotoisomerización activa a la proteína G de la lamela

* La proteína G activa a una enzima la fosfodiesterasa (PDE)

* La PDE hidroliza GMPC y lo isomeriza a GMP normal : el descenso en la concentración de GMPC ocasiona el cierre de los canales iónicos , se reduce la corriente oscura y se **hiperpolariza la membrana** .

- Cuando el estímulo cesa , otro enzima genera GMPC , los canales de Na se abren y se restablece la corriente oscura .

FOTORRECEPCIÓN II

I. OJO DE VERTEBRADOS

- Es un **OJO EN CÁMARA** , la retina es el carrete , cristalino la lente objetiva , la pupila el diafragma del objetivo y la imagen se ve invertida en la retina .
- Para conseguir el enfoque , se **cambia la forma del cristalino** , el o enfoque de objetos cercanos al ojo es la **ACOMODACIÓN** , todo

enfoque debe llevar la imagen hacia la fovea , donde reside la agudeza visual y en nuestra especie además la visión en color .

- El **cristalino** está rodeado de **FIBRAS NODULARES** que llegan al **MÚSCULO CILIAR** :

* Cuando se enfoca un objeto cercano (acomodación) : se contrae el músculo ciliar y se relajan las fibras nodulares : el cristalino se arquea

* Cuando se enfoca objeto lejano : se relaja el músculo ciliar y se tensan las fibras nodulares : el cristalino se aplana .

* Con el paso de los años las fibras nodulares del cristalino pierden elasticidad : presbicia o vista cansada .

♦ **Regulación de la intensidad de luz hacia la retina** : se consigue abriendo y cerrando el iris del ojo (parecido a diafragma de una cámara)

- El iris en su centro tiene una apertura , la **pupila** :

* Cuando hay luz : las fibras del iris reducen el tamaño de la pupila

* Con intensidades bajas de luz , las fibras dilatan la pupila y entra más luz en la retina .

* Ambas fibras son musculares lisas y funcionan con el reflejo pupilar (SNA)

- Animales nocturnos : tiene la pupila vertical para lograr mayor apertura
- **En realidad lo que contribuye a la capacidad de visión a extremos de luz es la adaptación de la retina** .

II. ANATOMÍA DE LA RETINA

- La **retina es la auténtica estructura donde reside la fotorrecepción** : donde la imagen , el estímulo luminoso es transformado en impulsos sensoriales que llegan al cerebro .
- Además de conos y bastones hay neuronas bastante empaquetadas

debajo de estas células .

- Después de la recepción en células visuales la imagen a va a pasar a través de estas neuronas y se envía al cerebro por las fibras de las neuronas de la retina (**células ganglionares**) **cuyas terminaciones forman el nervio óptico** .

- **En la retina** hay una parte sensible : **la fóvea o mácula** , en nuestra especie **sólo compuesta por conos** , en esta zona neuronas y vasos sanguíneos se desplazan a los lados para que la luz incida con más facilidad en los conos .

* **En vertebrados la retina es invertida** : las células visuales no están orientadas hacia la fuente de luz .

* **Se diferencia del ojo en cámara de cefalópodos** que poseen una retina directa : las células fotorreceptoras enfocadas hacia la dirección por donde penetra la luz .

* **La mayor agudeza visual reside en la fóvea** , con elevadas intensidades luminosas .

* En la periferia de la retina están **los bastones** , **sensibles a intensidades más bajas de luz** .

III. FUNCIONAMIENTO DIURNO-NOCTURNO DE LA RETINA :

♦ **La retina funciona de forma distinta según sea día o noche :**

♦ **VISIÓN FOTÓPICA** (diurna) : la imagen se forma en la fóvea , se perciben bien los contornos y el color .

♦ **VISIÓN ESCOTÓPICA** (nocturna) : se ve con menos nitidez y se percibe peor el color

◇ **Entre una visión y otra la retina debe sufrir un período de adaptación o acomodación** .

* Los animales de actividad nocturna tienen una visión escotópica magnífica :
tienen bastones en su fóvea ,
perciben nítidamente a bajas
intensidades luminosas

IV. ORGANIZACIÓN CELULAR DE LA RETINA

- ◇ La retina está formada por :
epitelio pigmentado
, células visuales (conos y bastones) ,
neuronas de 4 tipos (células bipolares , células ganglionares – sus prolongaciones axónicas forman el nervio óptico – , células horizontales , células amacrinas)
.
- ◇ **En presencia del estímulo las células visuales se hiperpolarizan .**
Debajo de las células visuales están las bipolares que no producen PA sino cambios graduados de potencial que transmiten a las células ganglionares debajo que dan respuestas de la misma polaridad que las bipolares que inervan y sí son capaces de producir PA que viajan por su axones (nervio óptico) al cerebro .
- ◇ Las células horizontales muestran cambios graduales de

potencial , sin emitir PA , relacionados con las células visuales que inervan

·
◇ Las células amacrinas muestran cambios graduales de potencial en respuesta a cambios de las células bipolares que inervan y se los transmiten a las células ganglionares que también inervan

·
◇ Se producen **fenómenos de convergencia y divergencia :**

* **Fenómenos de convergencia** : en la retina periférica , muchas células fotorreceptoras con sus células bipolares convergen en una sola célula ganglionar

* **En la fovea no hay convergencia** : puede haber una única célula ganglionar por cada célula fotorreceptora (mayor agudeza visual) .

· **Campos sensoriales que afectan a las células ganglionares** : dos grupos según su respuesta al estímulo en el campo sensorial :

◆ **CÉLULAS DEL CENTRO ON** : responden (emiten PA) cuando se ilumina el centro de su

campo receptor

- ♦ **CÉLULAS DE CENTRO OFF** : producen respuesta off (no emiten PA) cuando se ilumina el centro de su campo receptor

V. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN VISUAL

- ◇ La corteza de cada hemisferio cerebral recibe información de los 2 ojos (**lateralidad**)
- ◇ Para cada ojo el campo de visión está dividido en 2 partes o **hemirretinas** :
 - izquierda y derecha
- * El campo de visión izquierdo lo percibimos con la hemirretina derecha de los dos ojos
- * El campo de visión derecho lo percibimos con la hemirretina izquierda de ambos ojos .
- ◇ Esa información de cada parte de la retina viaja por el nervio óptico para llegar al hemisferio cerebral que recibe información de los dos ojos .
- ◇ El **procesado final lo realizan las neuronas de la corteza visual** .
 - **Neuronas de la corteza visual :**
- ◇ Cada corteza visual recibe información de los dos ojos , las neuronas se

clasifican en:

- ♦ **Simples** : responden bien a barras horizontales de luz y sombra con orientación definida y a bordes entre luz y sombra con orientación definida .
- ♦ **Complejas** : responden a bordes de luz y oscuridad que se mueven en su campo receptor con orientación definida .
- ♦ **Hipercomplejas** : responden sólo a estímulos móviles con forma particular .

VI. VISIÓN EN COLOR

- ◇ En los vertebrados , las células de la retina que perciben el color son los conos y responden a los 3 colores primarios (azul , verde y amarillo) . Así hay 3 clases distintas de conos , cada tipo tiene un máximo de absorción a distintas longitudes de onda que coinciden con las de los 3 colores primarios , cada uno de estos conos tiene fotopigmentos sensibles al máximo de absorción para el azul , verde y amarillo (humanos) . Cada tipo de cono responde también a los otros colores pero en porcentaje menor .
- ◇ La sensación del color surge de las proporciones combinadas de las tres poblaciones de

conos .

- ◇ En otros vertebrados hay bastones especializados en la visión en color (ej: anfibios) .

FONORRECEPCIÓN

I. CONCEPTO : capacidad de mecanorreceptores especializados en convertir cambios rítmicos de P (ondas sonoras) que se transmiten en un medio , en descargas nerviosas interpretadas como sonidos .
Son exteroceptores .

II. SONIDO

- **TONO :** o frecuencia de un sonido , es el nº de vibraciones por segundo (ciclos/segundo o hertzios) .

- ◇ Produce la sensación auditiva de sonidos agudos o altos (gran frecuencia) o de graves o bajos (baja frecuencia)
- ◇ Cada especie está especializada en percibir un rango de tono (<16Hz – infrasonidos ; >20000Hz ultrasonidos) . Los animales acuáticos al ser un medio más denso pueden oír ultrasonidos .

- **Intensidad :** cantidad de energía

sonora que
fluye por
unidad de
tiempo
desde una
unidad de
superficie .

- ◊ Varía en función de la edad , con la frecuencia (sonidos agudos parecen más intensos) , con el tono (la intensidad mínima) .

· **Timbre :**
cualidad del
sonido que
permite
diferenciar
entre
sonidos de
igual tono e
intensidad .

III.

FONORRECEPTORES EN INVERTEBRADOS

- ◊ Se consideran **fonorreceptores** todos los órganos táctiles que responden a una deformación , aunque la captación de sonidos no sea su función primaria .

- ◊ En Artrópodos hay **varias estructuras :**

- ♦ **SENSILIAS TÁCTILES PILOSAS** : pelo quitinoso localizado en una zona sensible a la deformación e inervado por una neurona sensorial : pelos que se excitan por los movimientos del aire , algunos especializados en sonidos de baja frecuencia y otros de alta . A veces un grupo de sensilias se concentra en unas zonas blandas llamadas sensilias campaniformes .

♦ **ÓRGANOS**

CORDOTONALES : más especializados , presenta a la dendrita de la célula sensorial rodeada por dos células (célula envolvente y célula de cierre) , detectan las vibraciones del aire .

- ◊ Hay variedad de órganos cordotonaes , los **ÓRGANOS TIMPÁNICOS** , receptores de sonido más especializados de todos los invertebrados : órganos respiratorios modificados , exponen en la superficie corporal una fina membrana que actúa como tímpano (>200000Hz)
- ◊ Han evolucionado estructuras emisoras muy especializadas : se producen una serie de sonidos por estridulación frotamiento de 2 estructuras duras .

♦ **ÓRGANO LIRIFORME** : en arácnidos, conjunto de láminas paralelas recubiertas por una membrana con terminaciones nerviosas muy sensibles a la deformación de la cutícula .

IV.
FONORRECEPTORES EN VERTEBRADOS

1. VERTEBRADOS

ACUÁTICOS : aparece el **SISTEMA DE LÍNEA LATERAL** – peces y anfibios – , su extraordinaria

sensibilidad le capacita para
percibir sonidos
transmisibles por el agua :

- ◇ Su estructura básica
: **CÉLULA**
PILOSA ,
dispuestas a su vez
en estructuras
llamadas
NEUROMASTOS
su composición :
células pilosas bajo
la cúpula ,
desplazadas por
corrientes de agua y
rodeadas por células
de sostén e
inervadas por
terminaciones
nerviosas (es un
receptor 2º) .
- ◇ Pueden detectar
corrientes de agua y
sonidos
transmisibles en ella

- ◇ La célula pilosa
presenta cilios de 2
tipos :

- ◆ **Cinetocilio** : un cilio largo
- ◆ **Estereocilios** : cilios más
pequeños , todo el conjunto
se desplaza unido ,
sufriendo 2 tipos de
flexiones :

* En dirección al cinetocilio
: **despolarización** , excita la
membrana se incrementa la
frecuencia de los impulsos

* En sentido de los
estereocilios : **inhibición**
disminuye la frecuencia de
impulsos

2. VERTEBRADOS

TERRESTRES : el oído es
diferente y consta de 3
partes : oído externo (recibe
ondas sonoras) , oído medio

(conduce y amplifica las ondas) y oído interno (células receptoras y transducción del sonido en impulsos nerviosos) .

◇ **OÍDO EXTERNO**

: 2 partes :

◆ **Pabellón auditivo** (oreja) : mejora la captación de sonidos , en mamíferos es móvil .

◆ **Conducto o canal auditivo externo** : limita al final con la membrana timpánica , función protección del tímpano de distintas formas :

* Protección para el aire frío (superficie muy vascularizada) , entrada de insectos (tiene pelos) , drenaje de impurezas (cerumen) .

◇ **OÍDO MEDIO** :

cavidad donde se sitúan cadena de huesecillos (martillo , estribo y yunque) que comunican el tímpano con la ventana oval del oído interno . Los huesecillos amplifican las ondas sonoras que llegan por el aire y las conducen a un medio líquido del oído interno .

◇ **OÍDO INTERNO** :

su parte fonorreceptora es el **CARACOL O CÓCLEA** , en su interior hay una serie de estructuras :

* Tabicada por una membrana basilar , dividida

en dos espacios rampa vestibular y rampa timpánica , llenas de un líquido : **PERILINFA** .

* Sobre La rampa basilar está el **órgano de Corti** , **transductor del sonido** .

V. ÓRGANO DE CORTI

- ◇ Formado por un conjunto de células pilosas que carecen de cinetocilio , inervadas por fibras nerviosas (confluyen en el nervio auditivo) y rodeadas de células de sostén .
- ◇ Las células pilosas dispuestas en 4 filas , 3 filas externas con sus cilios en contacto con la **membrana tectovial** .
- ◇ El estímulo nervioso es desencadenado por el contacto de las células pilosas con la membrana tectovial que realiza movimientos cuando se mueve la membrana basilar , el estímulo desencadena PR que se transmite a las fibras nerviosas que desencadenan PG , si supera el umbral , producen PA que viaja hasta el SNC .

VI. TRANSMISIÓN DEL SONIDO

- ◇ El sonido está constituido por ondas de P aéreas .

se introducen en el
oído externo y
hacen vibrar la
membrana del
tímpano , la
vibración se
transmite al oído
interno por la
cadena de
huesecillos del oído
medio que
amplifican las ondas
y transforman las
ondas aéreas en
ondas de
compresión . La
vibración llega a la
endolinfa y provoca
la vibración de la
membrana basilar y
del órgano de Corti ,
que se mueve y
transmite el
movimiento a los
cilios de las células
pilosas .

◇ La estimulación de
los cilios
desencadena PR que
se transforma en PG
en las fibras
nerviosas , si
superan el umbral ,
generan PA : las
ondas sonoras se
han transformado en
impulsos eléctricos
que van a la corteza
cerebral .

VII.

ECOLOCALIZACIÓN (
localización mediante ecos
) . En mamíferos hay dos
grupos :

1. Quirópteros : similares a
un radar , mediante ecos son
capaces de reconocer
tamaño , distancia , textura y
movimiento de un objeto .
Algunos grupos de
murciélagos tienen

estructuras especializadas para emitir estos sonidos y en función del tipo de vuelo emiten sonidos diferentes : vuelo de reconocimiento , de caza o en fase de captura . Los aparatos receptores también son complejos , la zona de la corteza cerebral que recibe la información está más desarrollada que en humanos .

* Hay un grupo de mariposas nocturnas que pueden percibir los ultrasonidos de los murciélagos para escapar de ellos .

2. Cetáceos : similares a un sonar , emiten algunos de sus sonidos en un rango que los humanos podemos percibir , pero otros son ultrasonidos . Los largos cantos de ballenas tienen función de ecolocalización .

* Hay un par de excepciones en aves que también usan ecolocalización , en frecuencias que nosotros podemos percibir .4

QUIMIORRECEPCIÓN

I. CONCEPTO : detección de sustancias químicas volátiles y disueltas

II. TIPOS DE QUIMIORRECEPTORES
: 3 categorías (sensibilidad química general o común , olfato y gusto)

1. SENSIBILIDAD QUÍMICA GENERAL O COMÚN : los receptores son terminaciones nerviosas libres (poco sensibles) ,

generan respuestas ante agentes químicos fuertes : en vertebrados situadas en la mucosa olfatoria (suelen ser terminaciones nerviosas de fibras amielínicas , también actúan como nociceptores) , en invertebrados inferiores es el único tipo de quimiorreceptores que tienen .

2. OLFATO Y GUSTO EN INVERTEBRADOS :
los insectos tienen pelos sensoriales o sensilias en antenas , boca e incluso patas . Dos grupos :

- ♦ **Quimiorreceptores de distancia** : captan sustancias volátiles con las que el animal no entra en contacto directo , asociados a numerosas neuronas , son **receptores olfatorios** . Son simples pero pueden ser extremadamente eficaces : detección de feromonas a Km de distancia en muchas especies
- ♦ **Quimiorreceptores de contacto** : captan sustancias disueltas con las que el animal está en contacto , asociadas a pocas neuronas , son **quimiorreceptores del gusto** . Su estructura básica es igual que la de los anteriores , dendritas de neuronas contenidas en el interior de un pelo hueco , perforado por un extremo por donde entra la sustancia química .
- ♦ **OLFATO Y GUSTO EN VERTEBRADOS :**
- ♦ **Receptores olfatorios** : neuronas bipolares que reciben directamente el estímulo de la sustancia

volátil . Forman un epitelio olfatorio en las fosas nasales , con células de soporte y células basales , recubierto por una **mucosidad** secretada por la glándula de Bowman donde aparecen prolongaciones de la neurona olfatoria (**cilios olfatorios**) .

- ◇ La transmisión de sensaciones olorosas al SNC es mediante sinapsis con neuronas las células mitrales , del bulbo olfatorio y de allí van al cerebro .
- ◇ Las sustancias captadas así deben **cumplir requisitos** : ser volátil , disolverse en agua de la capa mucosa olfatoria , soluble a las grasas (para poder reaccionar con receptores de membrana de cilios olfatorios) .
- ◇ Hay variaciones de capacidad quimiorreceptora de determinados órganos :

ÓRGANO VOMERONASAL O DE JACOBSON (en muchos reptiles) : cavidad paladar de algunos reptiles donde llegan las sustancias volátiles mediante su adherencia ala lengua .

- ◆ **Receptores del gusto** : receptores dispuestos por toda la lengua (también en faringe) , células gustativas terminadas en un cilio e inervadas inferiormente por terminaciones nerviosas (**receptores 2º a diferencia**)

de los olfatorios) . Hay también células de soporte que junto a las células gustativas forman las **papilas gustativas** : en el epitelio de la lengua , que se abre a él por el poro gustativo por donde salen los cilios (son menos sensibles que las olfatorias) . Características de **sustancias químicas para ser detectadas** : solubles (para poder entrar en disolución por los poros gustativos , donde van a ser captadas por las membranas de células gustativas que emiten potenciales sólo para 4 modalidades básicas del gusto – salado , ácido , amargo y dulce –) .

◇ **La sensación de la comida es una recepción asociada** : receptores térmicos , mecanorreceptores (textura) , olfatorios y del gusto .

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO (I)

I. CONCEPTO DE EFECTOR : es cualquier órgano o célula que responde al estímulo procedente de un impulso nervioso , produciendo un fenómeno parecido al de receptores , pero de signo contrario .

II. TIPO GENERALES DE EFECTORES : 3 grandes grupos

- ◆ **Efectores independientes** : responden directamente al estímulo independientemente del SN .

- ♦ **Efectores dependientes del SN** : responden a estímulos eferentes del SN (músculo liso y estriado – esquelético y cardíaco –) .
- ♦ **Efectores que dependen de acciones hormonales** : responden a la acción de las hormonas .

· **MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO**

– Se llama músculo voluntario , está bajo control del SNC , respondiendo a sus órdenes . Sus extremos están unidos a piezas esqueléticas , **responsables del movimiento y la postura** .

– El músculo está rodeado de tejido conectivo y se continúa con el tejido tendinoso que forma la inserción entre músculo y hueso .

– La unidad muscular es la : **FIBRA MUSCULAR** , en cuya membrana celular (sarcolema) se invagina parcialmente la terminación nerviosa . Dentro de su sarcoplasma (citoplasma) contiene un haz de fibras : **MIOFIBRILLAS** , compuesta de unidades llamadas **sarcómeros** , la estriación transversal que le da nombre se debe a la alternancia de dos series de bandas en las miofibrillas (aspecto oscuro – bandas A , aspecto claro – bandas I)

◇ Con un microscopio electrónico puede conocerse la **ULTRAESTRUCTURA DEL MÚSCULO ESTRIADO**

ESQUELÉTICO :
en el sarcómero hay
dos tipos de
filamentos (proteínas) :

♦ **Filamentos delgados de actina** : en forma de doble hélice , también hay otras proteínas en el sarcómero , la **tropomiosina** . Unido al filamento de tropomiosina hay un complejo de proteínas , llamado **troponina** , con papel muy importante en la contracción muscular .

♦ **Filamentos gruesos de miosina** : forman ganchos llamados puentes cruzados , son las partes que se unen al filamento de actina durante la contracción muscular .

· **TEORÍA
DE LOS
FILAMENTOS
DESLIZANTES**
:

– El **sarcómero** experimenta cambios de longitud durante la **contracción** (se acorta) , el acortamiento del sarcómero es consecuencia del deslizamiento activo de los filamentos delgados de actina entre los filamentos gruesos de miosina .

· **MECANISMO
GENERAL
DE LA
CONTRACCIÓN
MUSCULAR**
:

1. Un PA se desplaza por el nervio motor (motoneurona) hasta hacer sinapsis con las fibras musculares .

2. En la zona presináptica el nervio segrega acetilcolina (Ach)

3. La Ach actúa en la membrana de la fibra muscular abriendo canales permeables al Na⁺.

4. La entrada masiva de Na⁺ origina un PA , pero la fibra muscular es muy grande para que el PA la alcance toda .

5. El **Sistema de túbulos T o túbulos transversos** : estructura interna de la fibra muscular que permite que el PA se desplace por el interior de la fibra . El PA provoca la liberación de Ca , almacenado en el retículo sarcoplásmico , hacia el sarcoplasma .

6. Los iones Ca⁺ inician las fuerzas de atracción entre los filamentos de actina y miosina y la unión provoca el desplazamiento de un filamento sobre otro , es la **contracción muscular** .

7. Después de pasar el PA el Ca vuelve a ser bombeado hacia el retículo sarcoplásmico , la miosina se separa de la actina y cesa la contracción muscular .

– La energía para la unión entra las cabezas de miosina y los filamentos de actina es por la capacidad de las cabezas de miosina de funcionar como ATP–asas .

– **¿ Cómo se produce la unión , por qué en reposo no están unidas ?** : se cree que es debido al **complejo de la troponina** .

* En reposo : no hay Ca en el medio , el complejo

troponina tropomiosina
están sobre puntos activos
de la miosina , impidiendo
la unión .

* Cuando el PA recorre la
fibra muscular : liberación
de Ca , la troponina tiene
afinidad por el Ca y se une a
él cambiando su
conformación espacial y
dejando libres los puntos
activos de la miosina ,
entonces se puede producir
la unión actina miosina .

– ¿ Cómo se desliza un
filamento sobre otro ?

PROCESO COMPLETO **DEL DESLIZAMIENTO :**

- ♦ Antes de la contracción :
cabezas de los puentes
cruzados se unen al ATP
- ♦ Las cabezas de los puentes
tienen actividad ATP-asa ,
desdoblan el ATP y dejan
ADP + Pi unidos a la cabeza
.
- ♦ Cuando los iones Ca dejan
al descubierto los puntos
activos de la actina , se unen
a ellos las cabezas de
miosina .
- ♦ Tras la unión , se libera
ADP+Pi y una nueva
molécula de ATP se une al
punto de liberación del ADP
: la unión provoca la
separación de la cabeza de
la actina
- ♦ La separación de la cabeza
provoca la desdoblación del
ATP y la energía endereza
la posición de la cabeza
original para reiniciar el
proceso .

– **PROPAGACIÓN DEL** **PA AL INTERIOR DE** **LA FIBRA MUSCULAR**

* Para la contracción es necesario que el PA penetre hasta las últimas zonas de la fibra muscular , se propagará por el sistema de túbulos T , prolongaciones de la membrana hacia el interior .

* En el interior de la fibra hay unos receptáculos , el retículo sarcoplásmico con grandes cantidades de Ca . Cuando el PA recorre el sistema de túbulos T , activa canales para el Ca de la membrana del retículo , el Ca se vierte al sarcoplasma . Al estar presente el Ca , se produce la contracción muscular que dura hasta que el Ca es eliminado por bombas de Ca de las paredes del retículo que lo reabsorben , cesando la contracción .

· MÚSCULO CARDÍACO

⋮

– Tipo de músculo estriado , diferencias con el músculo esquelético :

* La fibras constituidas por muchas células individuales (no multinucleadas) , unidas entre sí por uniones hendidas o eléctricas para la propagación electrotónica del PA .

* El músculo esquelético está innervado individualmente , por axones de neuronas de tipo excitador , el cardíaco está innervado por fibras del SNA (músculo involuntario) que pueden ser simpáticas (excitadoras) o parasimpáticas (inhibidoras

) . La inervación aumenta o disminuye la fuerza de las contracciones que se producen espontáneamente .

MÚSCULO LISO :

– Carece de estriaciones transversales , en vertebrados son células pequeñas , mononucleadas , unidas por uniones hendidas o eléctricas para la propagación electrotónica de la corriente de una célula a otra .

– La inervación es distinta : fibras del SNA , distinta la liberación del neurotransmisor , que debe difundir hasta alcanzar la célula muscular .

– Es un músculo involuntario , en vertebrados recubre las paredes de las vísceras (tubo digestivo ...) . La excepción es la vejiga urinaria que es voluntaria , hay contradictores a esta hipótesis .

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO (II)

I. MOTILIDAD :
capacidad de realizar movimientos coordinados , básico para la supervivencia del individuo . Necesita de un sistema de coordinación en el SN , con mecanismos centrales en el SNC y que sus vías se ramifiquen por el SNP para alcanzar todos los músculos del cuerpo .

II. NIVELES DE COORDINACIÓN MOTORA

– Los músculos esquelético están inervados por fibras nerviosas eferentes (motoneuronas) cuyos cuerpos neuronales están en la sustancia gris de la médula espinal .

– El conjunto de los somas de todas las neuronas que gobiernan un determinado músculo se llama :
NÚCLEO MOTOR

– **Niveles de coordinación motora :**

1. Nivel espinal : en la médula espinal hay patrones locales de movimiento como el reflejo de retirada (ante fuente de calor) o el braceo al andar (para equilibrar el cuerpo) . Todos pueden ser inhibidos por niveles superiores del centro motor , la corteza cerebral .

2. Nivel del Romboencéfalo : con 2 funciones principales para el control general :

- ♦ Mantenimiento del tono muscular general , para mantener el cuerpo erguido
- ♦ Cambiar el tono muscular en respuesta a la información que recibe de los órganos del equilibrio , mantener el equilibrio .

3. Nivel corticoespinal : funcionan conjuntamente corteza cerebral y médula espinal . Transmite gran nº de señales desde la corteza motora a la médula espinal .

* La corteza funciona dando órdenes para poner enmarca patrones medulares del

control motor pero puede inhibir esos patrones por niveles de mayor jerarquía en la corteza motora (generalmente los patrones medulares vienen determinados genéticamente , los corticales son más complejos y pueden modificarse por la práctica y experiencia) .

* Este nivel es muy complejo y se asocia a otras partes del SN :

♦ **Funciones asociadas al cerebelo :** el cerebelo funciona con todos los niveles del control muscular , funciona conjuntamente con la médula para aumentar cierto tipo de reflejos , con el tronco cerebral para cambios en la postura del cuerpo sin oscilaciones , con la corteza cerebral motora proporcionando órdenes motoras accesorias .

♦ **Funciones asociadas a los ganglios basales :** esenciales para el control del movimiento , con dos funciones principales : ayuda a la corteza motora con los patrones de movimiento inconscientes pero aprendidos y ayuda a desarrollar patrones múltiples de movimiento paralelos y secuenciales , para realizar una tarea deliberada (jugar al ping-pong) .

III. ARCO REFLEJO

– Se considera la red nerviosa más simple , hay varios tipos según complejidad :

1. ARCO REFLEJO

PRIMITIVO : célula sensorial receptora que inerva directamente a una célula efectora (pocos ejemplos) .

2. ARCO REFLEJO

MONOSINÁPTICO : neurona sensorial que hace sinapsis con una motoneurona que inerva a un músculo , el resultado es la excitación refleja del órgano efector cada vez que se estimula la neurona sensorial (ej: brazos orales medusas)

3. ARCO REFLEJO

POLISINÁPTICO : las interneuronas ponen en conexión a las neuronas sensoriales con las motoneuronas y se sitúan en el SNC , en vertebrados lo que se ha ido haciendo más complejo es el SNC .

IV. ACTIVIDAD REFLEJA DE LA MÉDULA ESPINAL

– El movimiento reflejo ocurre , en gran parte , sin que haya un control consciente de ello . Los reflejos se han mantenido en la evolución para disminuir el tiempo de reacción entre la aplicación del estímulo y la aparición de respuesta . Las señales sensoriales se ramifican en dos ramas : una que termina en la sustancia gris de la médula (reflejos locales) y otra que llega a niveles superiores del SNC , tallo cerebral , cerebelo y corteza cerebral (parte consciente) .

V. TIPOS DE REFLEJOS

1. Reflejo flexor y extensor

cruzados : forma más compleja del reflejo de retirada , se estudió en animales descerebrados y se observó que la extremidad se flexionaba y también se extendía la extremidad contraria .

– Ocurre :

* La interneurona que hace sinapsis con la fibra sensorial se ramifica conectando 2 motoneuronas , al estimular la extremidad del animal la interneurona activa la motoneurona del músculo flexor e inhibe la motoneurona del músculo extensor .

* La interneurona emite también una ramificación hacia la otra parte de la sustancia gris medular , que hace sinapsis con otra interneurona que produce el efecto contrario del anterior (funciona el extensor) .

– **El mecanismo neuronal responsable es exclusivo de la médula espinal** , la inhibición recíproca se produce vía refleja .

FISIOLOGÍA DEL MOVIMIENTO (III)

I. VÍAS SENSITIVAS DEL SNC :

– Las señales sensoriales que entran en la médula espinal no sólo desencadenan reflejos espinales , sino que llegan al cerebro donde hay una

apreciación consciente de los estímulos recibidos .

– La información sensorial sigue 2 caminos :

♦ Vía de las columnas dorsales

♦ Vía del sistema hipotalámico

· **VÍA DE LAS COLUMNAS DORSALES**
:

– Va información que requiere alta discriminación y muy urgente que llegue al cerebro (sensación del tacto ...) . En las astas dorsales de la médula hay 2 ramas :

1. Rama más corta , reflejos locales

2. Rama más larga , asciende por la sustancia blanca de la médula formando conjuntos de fibras llamados columnas dorsales , hasta llegar al bulbo raquídeo y allí las fibras sensoriales hacen sinapsis con neuronas de 2º orden y ascienden hasta el tálamo donde hacen sinapsis con neuronas de tercer orden que envían sus axones al área sensitiva somática de la corteza cerebral .

· **SISTEMA ESPINOTALÁMICO**
:

– Transmite información sensorial que no necesita tanta discriminación y no es tan urgente (sensación térmica ...) . Constituido por fibras más finas . Las

fibras sensoriales penetran por las astas dorsales de la médula donde hacen sinapsis con neuronas de 2º orden cuyos axones pasan al otro lado de la médula y ascienden por la materia blanca atravesando el bulbo raquídeo hasta el tálamo , donde hacen sinapsis con neuronas de tercer orden que envían sus axones a la corteza sensorial somática .

II. CONTROL CORTICAL DE LA ACTIVIDAD MOTORA

– Parte de la corteza cerebral donde reside el control de la actividad motora : **CORTEZA MOTORA** , situada justo al lado de la corteza sensorial somática .

– Las órdenes motoras de la corteza viajan a la médula espinal por dos vías principales:

1. TRACTO O SISTEMA PIRAMIDAL : en la corteza cerebral están los cuerpos celulares de las neuronas y sus axones pasan a la sustancia blanca de los hemisferios cerebrales , discurren a lo largo del tallo cerebral por el bulbo raquídeo hasta llegar a la médula espinal .

2. SISTEMA EXTRAPIRAMIDAL : más heterogéneo , con muchas sinapsis , 3 partes :

Ganglios basales , Núcleos del tallo cerebral , Formación reticular

– Recibe órdenes motoras de la corteza cerebral y las modifica antes de enviarlas a la médula espinal , en función de la información que reciben propioceptores , órganos del equilibrio y receptores visuales .

III. CEREBELO : función de elemento comparador entre las órdenes motoras de la corteza y el movimiento que realmente se está desarrollando , mediante la información de propioceptores y exteroceptores . Tiene gran capacidad de calcular la posición en el espacio de las distintas partes del cuerpo , recibe todas las señales de la corteza motora , las compara y corrige .

IV. FORMACIÓN RETICULAR : red de pequeñas neuronas interconectadas situadas en el centro del tallo cerebral . Varias funciones : control del grado de vigilia , regulación del nivel de consciencia , de la respiración , actividad cardíaca , mantenimiento de la P sanguínea .

– Está relacionada con la mayor parte del SNC , implicada en la supervivencia del individuo controlando el nivel de consciencia y atención : **SISTEMA RETICULAR ACTIVANTE (SAR)** : su estimulación produce estado de excitación y alerta .

SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

– Controla las funciones nerviosas viscerales , inerva músculo liso , cardíaco y glándulas . Controla el medio interno del organismo junto con el sistema endocrino .

– Depende de centros que controlan su actividad : hipotálamo , regiones del tronco encefálico , médula espinal .

◇ ARCO REFLEJO AUTÓNOMO : en las partes aferentes es prácticamente igual al arco reflejo somático , muchas fibras sensoriales pueden activar ambos arcos reflejos .

◇ La diferencia fundamental es que las neuronas efectoras o de salida en el SNA , las **NEURONAS POSTGANGLIONARES** , están fuera del SNC y en el somático están dentro (en la sustancia gris médula) .
◇ Consta de dos divisiones :

1. SISTEMANERVIOSO SIMPÁTICO : fibras que salen de los nervios espinales y establecen sinapsis con **CADENAS GANGLIONARES AUTÓNOMAS o CADENA PARAVERTEBRAL DE GANGLIOS AUTÓNOMOS** . Hay dos tipos de fibras :

- ♦ **Fibra preganglionar** : desde la médula a la cadena paravertebral de ganglios autónomos .
- ♦ **Fibra postganglionar** : desde la cadena paravertebral de ganglios autónomos hasta el órgano que inerva .

2. SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO : los ganglios no están cerca de la médula , sino cerca del órgano efector al que inervan , incluso incluidos en el tejido de dicho órgano , la fibra preganglionar es más larga y la postganglionar más corta .

* En general el SN simpático actúa en respuesta a situaciones de peligro y el parasimpático en situaciones de normalidad . También hay diferencias en los neurotransmisores liberados .

SISTEMA ENDOCRINO

I. REGULACIÓN QUÍMICA

– Se ocupa de regular funciones metabólicas del organismo : intensidad con que se producen las reacciones químicas celulares , secreción de glándulas , crecimiento ...

– Los agentes químicos que actúan como mensajeros pueden ser : sustancias simples y relativamente inespecíficas (O_2 , Ca^{++} ...) o moléculas mucho más complejas y específicas (moléculas reguladoras o mensajeras) .

– La comunicación entre células mediante mensajeros químicos puede ser 4 formas :

1. Modelo autocrino o mediante células

autocrinas : célula secreta sustancias químicas que ejercen su efecto en la propia célula .

2. Modelo paracrino : sustancia química ejerce su efecto en células vecinas .

3. Modelo endocrino : moléculas mensajeras transportadas por el torrente sanguíneo a células o tejidos distantes (células o tejidos diana) .

4. Modelo neuroendocrino : célula nerviosa libera moléculas mensajeras directamente a la sangre ejercen su acción en tejidos diana alejados .

II. HORMONAS

– Sustancia química que se secreta hacia los líquidos corporales por una célula o grupos de células y que ejerce un efecto fisiológico sobre el control de otras células llamadas células diana . Se clasifican :

- ♦ **Aminas** : adrenalina
- ♦ **Prostaglandinas** : ácidos grasos cíclicos insaturados
- ♦ **Esteroides u hormonas esteroideas** : como hormonas sexuales
- ♦ **Péptidos y proteínas** : insulina

– También pueden agruparse en dos clases

según su mecanismo de acción hormonal :

- ♦ Capaces de atravesar la membrana celular y entrar en la célula
- ♦ Las que quedan fuera de la célula

III. NEUROSECRECIÓN

– Neuronas que son células nerviosas y endocrinas a la vez : CÉLULAS NEUROSECRETORAS y las sustancias que liberan se llaman neurohormonas o simplemente hormonas .

– La liberación de una hormona por una célula secretora es similar a la liberación de neurotransmisores , pero con diferencias :

* La neurona ordinaria hace sinapsis con otras células , pero la neurosecretora lleva su axón a los capilares sanguíneos , la unión se llama – **ÓRGANO NEUROHEMAL** , los productos de secreción pasan al torrente sanguíneo para llegar al tejido diana .

* Las neurohormonas se sintetizan en el soma y son almacenadas en vesículas mayores que las de neurotransmisores , viajan por el axón y se acumulan en terminales axónicos , se liberan como respuesta a señales nerviosas de otras neuronas que establecen sinapsis con ellas .

IV. MECANISMOS DE ACCIÓN HORMONAL

– Las hormonas regulan reacciones (no las inician) , modifican la velocidad de las reacciones metabólicas celulares . Las hormonas se dispersan por el torrente sanguíneo y sólo ejercen su acción en el tejido diana , donde se unen a receptores específicos de esa hormona en concreto .

– En los tejidos diana hay moléculas receptoras específicas proteicas , mediante la interacción hormona–receptor se inician generalmente cascadas enzimáticas en la célula diana , que modifica características metabólicas y fisiológicas de las células diana .

– Se conocen dos mecanismos generales de interacción entre hormona y célula diana :

♦ **POR MEDIADORES HORMONALES INTRACELULARES** : hormona se une a receptores específicos de membrana , provoca activación de determinadas enzimas que da lugar a la formación de un 2º mensajero intracelular que se une a una proteína efectora intracelular , **el conjunto 2º mensajero – proteína efectora** produce efectos metabólicos de la hormona , son rápidos pero transitorios . **La hormona no atraviesa la membrana celular** . La mayoría de hormonas son de este grupo .

♦ **POR ACCIÓN A NIVEL GENÉTICO** : la **hormona atraviesa la membrana**

celular y dentro del citoplasma se une a un receptor citoplasmático específico , suele ser proteína , **conjunto hormona – receptor** atraviesa la membrana nuclear y en el núcleo actúa sobre el material genético : acelera la síntesis del RNA específico que dará lugar a la proteína que ejercerá los efectos hormonales . Los efectos son lentos pero de larga duración

V. EFECTOS PROVOCADOS POR HORMONAS : 4 tipos genéricos :

- ♦ **Efectos cinéticos** : causan algún movimiento (varios tipos) : movimiento de pigmentos dentro de las células , contracción muscular , secreción de glándulas endo y exocrinas .
- ♦ **Efectos metabólicos** : cambios en la velocidad y equilibrio de las reacciones químicas y en las concentraciones de distintos componentes de los tejidos : balance de agua y electrolitos ...
- ♦ **Efectos morfogénicos** : relacionados con crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos : crecimiento , metamorfosis , procesos de muda ...
- ♦ **Efectos en el comportamiento o conducturales** : inducen efectos tróficos sobre el SN en desarrollo , influyen sobre el comportamiento : hormonas sexuales

* Normalmente una única hormona puede tener varios

efectos (tiroideas son morfogénicas y metabólicas).

VI. REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN HORMONAL

– Los tejidos endocrinos se caracterizan por la secreción de hormonas al espacio extracelular y desde allí hasta la sangre (las endocrinas no tiene conducto salida)

– La secreción de hormonas tiene lugar con un nivel basal o de reposo , regulado por una serie de señales que actúan sobre la glándula endocrina :

- ♦ **Algún neurotransmisor liberado por neuronas en contacto con la glándula endocrina** , señal nerviosa puede aumentar la secreción de hormonas .
- ♦ **Otras hormonas** liberadas por otros tejidos endocrinos
- ♦ **El propio tejido endocrino** puede responder **directamente** a las condiciones de ambiente extracelular .

VII. MECANISMOS DE SECRECIÓN HORMONAL

– La teoría más aceptada es que las hormonas se vierten al exterior por un proceso de **exocitosis** , las vesículas que contienen las hormonas se forman en el aparato de Golgi y se transportan a puntos de liberación .

– Una vez producida la exocitosis las vesículas

pueden ser reformadas por endocitosis: la hormona que sobra es reabsorbida .

VIII. SISTEMA HIPOTÁLAMO – HIPOFISARIO

– Constituye el **nexo de unión entre el SN y sistema endocrino** .

– Justo debajo del hipotálamo hay un apéndice la **hipófisis o glándula pituitaria** que encierra gran complejidad ya que secreta hormonas de las cuales muchas ejercen su acción sobre otras glándulas endocrinas , controlando su secreción , es la glándula maestra .

– **Los tejidos de la hipófisis están controlados por células neurosecretoras del hipotálamo** .

HIPÓFISIS (adenohipófisis o lóbulo posterior)

I. PARTES ANATÓMICAS DE LA HIPÓFISIS

– La hipófisis se divide en dos partes principales y una 3ª secundaria :

- ♦ **Adenohipófisis o hipófisis anterior** , procede de una invaginación embrionaria del epitelio faríngeo .
- ♦ **Pars intermedia** : secundaria , en humanos es poco importante
- ♦ **Neurohipófisis o hipófisis posterior** , es una continuación del hipotálamo y por tanto del cerebro ,

tiene células nerviosas .

II. ADENOHIPÓFISIS

- ◊ Segrega 6 hormonas diferentes (importantes en el control de funciones metabólicas del organismo , secretadas por pequeñas células secretoras **bajo control directo de hormonas del hipotálamo**) :
- ◆ **HORMONA DEL CRECIMIENTO (GH)** : su tejido diana – práctica totalidad de los tejidos del organismo , **función** – aumentar el desarrollo de los tejidos (AD)
- ◆ **PROLACTINA** : tejido diana – glándulas mamarias (exocrina) de hembras de mamíferos , **función** – desarrollo de las glándulas y producción de leche (AD)
- ◆ **HORMONA ESTIMULANTE DEL TIROIDES (TSH)** : tejido diana – glándula tiroides , **función** – a su vez las hormonas tiroideas regulan mayoría de reacciones del organismo (T) .
- ◆ **GONADOTROPINAS** : tejido diana – glándulas sexuales de ambos sexos :
- ◆ Hormona estimulante de los folículos (FSH) (T)
- ◆ Hormona luteinizante (LH) (T)
- ◆ **ADRENOCORTICOTROPINA (ACTH)** : tejido diana – corteza adrenal , que es otro tejido hormonal **(T)**
- ◆ **HORMONA**

ESTIMULANTE DE LOS MELANOCITOS (MSH)

: realmente producida por la pars intermedia (AD)

* Cuando la hormona ejerce su acción sobre glándula endocrina , **acción trófica (T)**

* Cuando las otras hormonas actúan sobre tejidos somáticos , **acción directa (AD)** , no tienen como intermediario otra glándula endocrina .

NEUROHIPÓFISIS

– Su estructura básica son células llamadas **PITUICITOS** , tipo de células de la glía : **no funcionan como secretoras** , son estructuras de sostén de los axones de las células neurosecretoras originadas en el hipotálamo , que segregan hormonas con efecto en la neurohipófisis y las liberan por exocitosis .

I. HORMONAS DE LA NEUROHIPÓFISIS :

- ♦ **OXITOCINA** : 2 tejidos diana únicamente en hembras de mamíferos :
- ♦ **Glándula mamaria** : favorece el transporte de leche de los alvéolos de la glándula mamaria hasta los conductos de los pezones , pero no la producción de leche .
- ♦ **Útero** : produce la contracción del músculo liso del útero durante y después del alumbramiento .
- ♦ **HORMONA ANTIDIURÉTICA** (vasopresina o ADH) :

característica de mamíferos ,
tejido diana – riñones ,
función – regula la
excreción renal de agua ,
incrementa la reabsorción de
agua .

* Estas dos hormonas son
muy parecidas en distintas
especies : modelo
conservativo de evolución
molecular .

II. HORMONA ESTIMULANTE DE LOS MELANOCITOS (MSH) :

– Se segrega en la pars
intermedia , **tejido diana** –
células pigmentarias de los
vertebrados , **función** –
aumenta la síntesis de
melanina en dos tipos
celulares (melanóforos y
melanocitos) . estos
cambios de pigmentación
son lentos , se perciben al
cambio de minutos u horas .

III. HORMONA DEL CRECIMIENTO

◇ Bajo control de dos
hormonas del
hipotálamo :

◆ **GRH** : hormona liberadora
de la GH , favorece su
secreción

◆ **GIH** : hormona inhibidora
de la GH , inhibe su
secreción

◇ A su vez , estas dos
hormonas están
reguladas por una
serie de factores :
nivel de glucosa en
sangre y otros .

– **Función principal** :
controlar el crecimiento de
los vertebrados en su
período postnatal (tiroxina

e insulina también controlan crecimiento) , favoreciendo el crecimiento de los tejidos , incrementando el nº de células , pero sólo durante las etapas de desarrollo juvenil . Su acción interacciona con la de hormonas tiroideas .

– La función de la GH estimula el tejido hepático , produciendo factores estimulantes del crecimiento : la hipersecreción de la GH causa gigantismo , su déficit enanismo y su hipersecreción tardía acromegalia .

– La secreción de estas hormonas de la adenohipófisis está **regulada por hormonas hipotálamicas producidas por células neurosecretoras** .

◊ **Hormonas hipotálamicas :**
estimulan secreción
(GRH – liberadora de GH , FRH – liberadora de FSH ...) , inhiben secreción (GIH – inhibidora de GH ...)

IV. GLÁNDULA PINEAL (epífisis)

– Situada entre los 2 hemisferios cerebrales , **segrega melatonina** (en mamíferos y aves sólo se sintetiza aquí) . Los cambios en la secreción se producen como respuesta a cambios en la luz ambiental . En vertebrados primitivos tiene una función fotorreceptora directa , las células fotorreceptoras

segregan melatonina en respuesta a estímulos luminosos . En aves y mamíferos la glándula percibe la luz por conexiones con la retina , así la secreción de melatonina sigue dependiendo de la luz .

– **Función :** regulación de ciclos reproductores , incluso regulación de la fisiología sexual de todos los vertebrados , hay una conexión entre glándula pineal y la secreción de las 2 gonadotropinas (hormonas sexuales de la adenohipófisis) . También es importante para la regulación de los ritmos anuales reproductores .

TIROIDES

– Glándula **bajo control directo del eje hipotálamo – hipofisario** , se encuentra debajo de la laringe por delante de la tráquea , segrega hormonas muy importantes : fundamentalmente **TIROXINA o T4** , para su síntesis se necesita Yodo .

◇ La secreción depende de varios factores :

* **La TRH** : hormona hipotalámica liberadora de **TSH** , que es la hormona estimulante del tiroides , en la hipófisis que induce a la secreción de tiroxina en el tiroides .

* **La regulación es por retroalimentación negativa** . Por encima de esto hay señales que recibe el

hipotálamo y que constituyen el **CONTROL NERVIOSO** , como estímulos procedentes de centros termorreguladores :

- ◊ Descenso de T^a estimula termorreceptores cutáneos y éstos estimulan (forma refleja) células neurosecretoras del hipotálamo , hacen que se libere TRH .
- ◊ La liberación de tiroxina en el tiroides es la **RESPUESTA TERMOGÉNICA** : aumenta el calor corporal como respuesta al frío .

I. TEJIDOS DIANA DE LAS HORMONAS TIROIDEAS

– Son la mayoría de células somáticas , pero especialmente : músculo esquelético , corazón , hígado , riñón y células del SN .

Las hormonas tiroideas **actúan sensibilizando a estos tejidos frente a otra hormona , la adrenalina** , y estimulando la respiración celular lo que aumenta la tasa metabólica que secundariamente genera calor . Para su síntesis dependen del Yodo que debe ser incorporado en la dieta , la ausencia o escasez de tiroxina provoca bocio (hipertrofia de los folículos tiroideos por acumulación de TSH) .

II. ACCIÓN

METABÓLICA DE LAS HORMONAS TIROIDEAS

– **Estimulan la actividad metabólica general** , actúan en combinación con la GH para controlar el crecimiento del individuo en fase juvenil

– **La tiroxina aumenta :** producción de energía metabólica , síntesis de proteínas , actividad del SN , actividad de otras glándulas endocrinas , generación metabólica de calor (en mamíferos) – respuesta adaptativa – .

– **Ejemplo de control nervioso :** diversas reacciones emocionales aumentan la secreción de TRH , TSH y finalmente tiroxina .

– En otros grupos animales hay efectos metabólicos importantes : en Peces tienen función de adaptación a los cambios de salinidad ambiental ; en Anfibios control de la metamorfosis :

- ♦ Premetamorfosis : glándula inmadura , fijan I para la futura síntesis de T4
- ♦ Prometamorfosis : desarrollo tiroides y adenohipófisis , segregan bajas concentraciones de T4
- ♦ Metamorfosis : todo desarrollado (eje hipotalámico – hipofisario y tiroides) , segrega T4 , renacuajo – rana

TIROIDES : CALCITONINA Y HORMONA

PARATIROIDEA

– Dentro de la tiroides hay otra glándula :
PARATIROIDES que produce la hormona paratiroidea , la función de estas dos hormonas es regular la concentración de Ca en sangre .

I. HORMONA PARATIROIDEA

– **Secretada por el paratiroides** , su liberación se debe a los descensos de los niveles plasmáticos de Ca , dura poco tiempo , pero tiene funciones muy importantes :

* Estimula movilización del Ca desde el hueso

* Aumenta la absorción de Ca desde el intestino

* Favorece la reabsorción del ión PO_4^{3-}

– La secreción se interrumpe por **retroalimentación** – .

II. CALCITONINA

– **Segregada por el tiroides** como respuesta a elevadas concentraciones de Ca en el plasma sanguíneo :
hipercalcemia

– Su primer efecto es impedir que el hueso siga perdiendo Ca

* Si ambas hormonas actúan en el hueso la que domina es la calcitonina .

– La regulación también es

por **retroalimentación** – ,
según niveles de Ca en
plasma .

FISIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO

I. HORMONAS SEXUALES

– Todas son químicamente esteroides , derivados del colesterol : la mayoría se producen en gónadas y una pequeña cantidad en la corteza suprarrenal . Incluye a **andrógenos (M)** , **estrógenos y progesterona (H)** : **andrógenos y estrógenos** son muy importantes en aspectos de crecimiento , desarrollo y diferenciación morfológica , regulación del comportamiento y ciclos sexuales . Los andrógenos predominan en los machos y los estrógenos en las hembras , aunque todos tenemos de todo .

– Están bajo control de la glándula maestra , con 3 escalones : hipotálamo , adenohipófisis-gonadotropinas (FSH y LH) y gónadas .

– Los andrógenos , además de su papel reproductivo , controlan la diferenciación embrionaria del aparato genital masculino , lo que hace que el feto sea hembra es la ausencia de andrógenos (luego estrógenos tendrán papel importante en crecimiento y desarrollo)

II. DIFERENCIACIÓN PRENATAL DEL

APARATO GENITAL

– Depende de la presencia o ausencia de andrógenos durante el comienzo del desarrollo .

– Al principio el embrión tiene el sexo indiferenciado , en animales con determinación genética del sexo , que se empieza a segregar andrógenos depende de los genes .

◇ **Si hay andrógenos** : se desarrolla el conducto de Wolf (entra en regresión el conducto de Müller) que se transforma en el vaso deferente y la gónada indiferenciada en los testículos .

◇ **Si no hay andrógenos** : se desarrolla el conducto de Müller y se convierte en las trompas de Falopio y útero y la gónada indiferenciada en ovario .

– En mamíferos placentarios , hay proteínas que se unen a estrógenos maternos antes de entrar en el feto y por eso se puede desarrollar un feto masculino en la madre .

III. SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO

– En vertebrados que ponen huevos , la cavidad uterina y trompas de Falopio constituyen los oviductos , donde están los huevos .

– **Los ovarios** están

pegados a la boca de las
trompas de Falopio y
tienen la función doble de :
producir óvulos y producir
hormonas sexuales
femeninas (g. endocrina) ,
el papel doble hace que el
ciclo reproductor femenino
sean dos ciclos distintos
interrelacionados : ciclo
ovárico y ciclo uterino o
menstrual .

◇ **CICLO**
OVÁRICO :

- Las hembras de aves y
mamíferos nacen con la
dotación completa de
oocitos , que darán lugar a
óvulos , antes de su
transformación en óvulos la
mayoría degeneran .
- En vertebrados , la
oogénesis y ovulación dura
toda la vida . El ciclo
ovárico comienza en algún
momento de la pubertad
cuando **se segrega FSH** que
inicia el ciclo ovárico y hace
que empiecen a
desarrollarse los primeros
folículos (estructura que va
a contener el óvulo)
- En una 1ª fase (**FASE**
FOLICULAR) , el folículo
comienza a aumentar de
tamaño y en nuestra especie
sólo uno de ellos sigue
desarrollándose , los demás
degeneran y se llaman
atrésicos .
- El folículo maduro se
convierte en folículo de
Graaf con el óvulo maduro
dentro . En un momento
determinado , el folículo se
une y rompe la pared del
ovario , dejando salir al
óvulo es la **OVULACIÓN** (

en esta fase predomina la secreción de estrógenos) .

– Dentro del ovario se queda el folículo vacío y se transforma en el CUERPO LÚTEO , importante centro secretor de hormonas (principalmente progesterona) :

* Si el ciclo es estéril dura sólo 10 días y entra en fuerte regresión .

◇ Si el ciclo es fértil :
se mantiene
segregando
progesterona varios
meses

◇ **CICLO**
MENSTRUAL O
UTERINO

– El útero se compone de 3 capas : perimetrio (externa) , miometrio (media) y endometrio (interna) . Las capas superficiales del endometrio sufren fuertes cambios que se dividen en 3 fases :

- ◆ **Fase menstrual** (5 primeros días) : se desprenden todas las capas del endometrio y se expulsan al exterior .
- ◆ **Fase proliferativa o folicular** (del día 6 hasta el 14–16) : las células del endometrio proliferan y reparan la destrucción .
- ◆ **Fase secretora o progestacional** (del 15–17 al 28) : las paredes del endometrio se hacen más complejas , segregan mucus y se vascularizan quedando preparadas para la implantación del óvulo fecundado (debido a la progesterona , si no se

implanta el óvulo fecundado , a partir del día 28 se destruye todo y comienza un nuevo ciclo .

– A lo largo del ciclo hay variaciones de las hormonas sexuales (estrógenos y progesterona) . Si el ciclo es estéril , los niveles de ambas hormonas en sangre desciende a niveles muy bajos y es lo que provoca la menstruación .

– Estas dos hormonas están controladas por hormonas de la adenohipófisis : las **gonadotropinas – FSH y LH** :

* **Antes de la ovulación** : la FSH estimula los folículos que segregan estrógenos .

* **Con la ovulación** : hay un aumento brusco de la LH , desencadena la ovulación y favorece el desarrollo del cuerpo lúteo , que segrega progesterona y algo de estrógeno

IV. CICLO REPRODUCTOR MASCULINO

– Los **testículos** también cumplen doble función : formación de gametos y glándula endocrina . Como formador de gametos , produce espermatozoides en los **túbulos seminíferos** y los almacena en el **epidídimo** . La producción de espermatozoides depende de la testosterona , que a su vez depende de la **FSH y de la LH** .

– Funciones importantes de

la testosterona :
estimulación del
crecimiento de tejidos
somáticos , desarrollo de
caracteres sexuales 1º y 2º ,
cambios en el
comportamiento .

V. FISIOLÓGÍA DE LA FECUNDACIÓN

– Tras la eyaculación , el
semen va a las trompas de
Falopio (aunque los
espermatozoides son
móviles gran parte del
trayecto gracias a
contracciones musculares
del tracto femenino) .
Deben alcanzar la parte más
ancha de la trompa , la
ampolla , tardando de 5 a 10
minutos , los pocos que
llegan deben permanecer un
tiempo de varias horas
dentro del tracto genital
femenino antes de fecundar
el óvulo , durante este
tiempo se mueren la
mayoría .

– El primer espermatozoide
que llega al óvulo sufre unos
cambios y segrega enzimas
que abren un canal en las
capas que rodean al óvulo ,
cuando alcanza la
membrana del óvulo , la
reacción origina que se
fundan ambas membranas y
así sólo penetra el núcleo
del espermatozoide dentro
del óvulo .

– Los núcleos se mantienen
separados 12 horas y
entonces los componentes
genéticos de ambas células
se mezclan y forman el
ZIGOTO (2n) . El cigoto
comienza a dividirse y
aparece la MÓRULA que

conforme se va dividiendo
va descendiendo por la
trompa de Falopio , el
zigoto sale al útero en la
fase de **BLASTOCISTO** .

– Se pega o se implanta en
el endometrio uterino y
aparece una capa de células
que rompen los vasos
sanguíneos y la sangre
materna comienza abañar al
embrión temprano . Para no
abortar deben mantenerse
elevados niveles de
estrógenos y progesterona .

– El embrión temprano
segrega una nueva hormona
, la **gonadotropina**
coriónica (CG) que
mantiene el cuerpo lúteo
evitando que degenera .

– Se origina un **conjunto**
endocrino entre la madre ,
la placenta y el feto : unos
dependen de otros para la
síntesis de hormonas (sólo
en mamíferos placentarios)
.

– Tras 9 meses el feto está
desarrollado y es **el propio**
feto el que determina el
comienzo del parto :

* Estímulos desconocidos
inciden sobre el **hipotálamo**
y hacen que segregue
adenocorticotropina (
ACTH) que provoca que la
corteza adrenal segregue
corticosteroides que
provocan un descenso de la
progesterona de la placenta
, lo que desencadena las
contracciones del útero y
aumenta otra hormona la
prostaglandina que
también provoca
contracciones .

* Las contracciones del útero también producen **señales sensoriales** que desencadenan un **arco – reflejo** que provoca también contracciones . Las señales sensoriales llegan cerebro de la madre y provoca la secreción de **oxitocina** , produce la bajada de la leche y más contracciones de las paredes del útero . **El niño sale** .