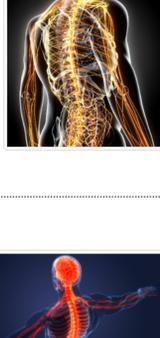


# Tema 10. Sistemas de integración y regulación

## Introducción

La supervivencia de cada organismo depende, en gran medida, del funcionamiento coordinado de los aparatos y órganos que lo conforman. Al estado de equilibrio que se logra cuando los distintos componentes del cuerpo funcionan adecuadamente se le llama homeostasis. Gran parte de esta coordinación recae en los sistemas nervioso y endocrino, que deben trabajar como unidad.



A lo largo de esta experiencia de aprendizaje, conocerás la configuración de ambos sistemas, así como su funcionamiento coordinado. Recuerda que, en conjunto, se encargan de regular e integrar las operaciones de cada sistema del organismo.

## Explicación

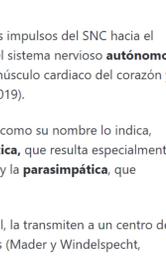
### Estructura y alteraciones del sistema nervioso

El cuerpo humano necesita establecer un estado de equilibrio entre todos los sistemas que lo integran, pues de esto depende tanto su supervivencia como su correcto funcionamiento. A esta condición se le conoce como **homeostasis**, y para alcanzarla, los sistemas nervioso y endocrino deben trabajar en conjunto para regular las actividades de los demás órganos. Ambos sistemas utilizan señales químicas cuando detectan cambios que podrían alterar la **homeostasis** (Mader y Windelspecht, 2019).



El sistema nervioso es vital para sobrevivir, ya que monitorea las condiciones internas y externas del organismo; asimismo, realiza los cambios adecuados para mantener la homeostasis. De hecho, este sistema controla el cuerpo de varias maneras, pues no solo se encarga de regular las funciones de otros órganos y aparatos, sino que también percibe el entorno mediante los sentidos y reacciona ante cualquier cambio o estímulo (Mader y Windelspecht, 2019).

El sistema nervioso se divide en **sistema nervioso central (SNC)** y **sistema nervioso periférico (SNP)** (Mader y Windelspecht, 2019). El SNC consta de la **médula espinal** y el **encéfalo**; además, cumple con estas tres funciones específicas:



1. Recibe información sensorial. Los receptores en la piel y otros órganos responden a estímulos externos e internos por medio de la generación de impulsos que viajan por el SNC.
2. Realiza integración. Integra la información que recibe de todo el cuerpo.
3. Genera salida motora. Los impulsos nerviosos del SNC van a los músculos y las glándulas, cuyas contracciones y secreciones son respuestas a los estímulos captados por los receptores sensoriales.

La médula espinal y el encéfalo están protegidos por huesos: la primera se encuentra rodeada por vértebras y el segundo está encerrado en el cráneo; además, ambos están envueltos en tres membranas protectoras denominadas **meninges**. El espacio entre cada meninge contiene **fluido cerebroespinal**, que acolchona y protege el SNC.

El SNP se localiza fuera del sistema nervioso central e incluye los nervios (haces de axones), a los cuales también se les conoce como fibras nerviosas (Mader y Windelspecht, 2019). El SNP se ramifica en dos subsistemas: el **periférico aferente**, constituido por neuronas sensoriales o aferentes que transmiten información de receptores en la periferia del cuerpo rumbo al SNC, y el **periférico eferente**, conformado por neuronas motoras o eferentes que transmiten información del SNC a músculos y glándulas (Mader y Windelspecht, 2019).

El sistema periférico eferente, a su vez, posee dos subcategorías: el sistema nervioso **somático** (SNS), que conduce los impulsos del SNC hacia el sistema musculoesquelético y, de esta forma, causa una respuesta o reacción a estímulos del exterior; por otro lado, el sistema nervioso **autónomo** (SNA), que transporta impulsos tanto del encéfalo como de la médula espinal en dirección al tejido muscular liso, al músculo cardíaco del corazón y hacia las glándulas. Cabe señalar que las respuestas del SNA ocurren de forma involuntaria (Mader y Windelspecht, 2019).

El sistema autónomo del SNP regula la actividad de los músculos cardíaco y lisos, así como de las glándulas; además, como su nombre lo indica, realiza sus funciones sin que intervenga la conciencia o la intención. En el SNP, se distinguen dos secciones: la **simpática**, que resulta especialmente importante durante situaciones de emergencia y, al parecer, se encuentra asociada con los impulsos de luchar o huir; y la **parasimpática**, que promueve todas las respuestas internas relacionadas con un estado de relajación (Mader y Windelspecht, 2019).

El tejido nervioso se encuentra conformado por células nerviosas o **neuronas**, las cuales reciben información sensorial, la transmiten a un centro de integración (como el encéfalo) y conducen señales desde este hacia estructuras efectoras, como glándulas y músculos (Mader y Windelspecht, 2019).

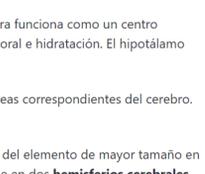
Las neuronas varían en apariencia, ya que esta depende de su función y ubicación, aunque todas constan de tres partes principales: el cuerpo celular, las dendritas y un axón. De esta manera, en el cuerpo celular se localiza un núcleo y una gran variedad de organelos; por su parte, las dendritas (del griego *dendron*, "árbol") son prolongaciones cortas y muy ramificadas que reciben señales de los receptores sensoriales o de otras neuronas, para luego distribuir las por el cuerpo celular; finalmente, el axón (del griego *axon*, "eje") se encarga de transmitir información a otra neurona o célula, incluso pueden unirse en haces para formar nervios.

Cada axón se ramifica en muchas terminaciones finas, en cuyo extremo se localizan pequeñas protuberancias llamadas terminales axónicas. Cada terminal se encuentra muy cerca de la dendrita (o del cuerpo celular) de otra neurona. Esa región de estrecha proximidad se denomina **sinapsis** y, en ella, ocurre la comunicación entre neuronas o entre estas y otras células efectoras (Mader y Windelspecht, 2019).



Por otra parte, el SNC se encuentra constituido por el **encéfalo** y la **médula espinal**. Esta última consta de un haz de tejido nervioso encerrado en la columna vertebral, el cual se extiende desde la base del encéfalo hasta las vértebras, justo por debajo de la cavidad torácica. La médula espinal tiene dos funciones principales: en primer lugar, es el centro para muchas acciones reflejas, es decir, respuestas automáticas a estímulos externos; en segundo lugar, sirve como canal de comunicación entre el encéfalo y los nervios espinales, sobre todo con aquellos que sobresalen de la médula espinal.

El encéfalo, mientras tanto, es un órgano protegido por el cráneo, las meninges y el líquido cefalorraquídeo. En él, se llevan a cabo procesos cognitivos, la percepción del mundo y el comportamiento; asimismo, coordina los movimientos voluntarios y regula procesos involuntarios como la respiración, el latido del corazón o la digestión. Se divide en cuatro secciones: el **tronco encefálico**, el **cerebelo**, el **diencéfalo** y el **cerebro** (Mader y Windelspecht, 2019).



El tronco encefálico controla la respiración, el ritmo cardíaco y las reacciones a los estímulos visuales y auditivos. En él, se encuentran tres áreas: el **bulbo raquídeo**, el **punto de Varolio** y el **mesencéfalo** (Mader y Windelspecht, 2019).

El hipotálamo y el tálamo se localizan en el **diencéfalo**, una región que rodea al tercer ventrículo. Esta estructura funciona como un centro integrador, ya que mantiene la homeostasis a partir de la regulación del hambre, sed, sueño, temperatura corporal e hidratación. El hipotálamo también influye sobre la glándula pituitaria y, por consiguiente, vincula los sistemas nervioso y endocrino.

El tálamo recibe toda la información sensorial, a excepción de la procedente del olfato, la reúne y envía a las áreas correspondientes del cerebro. También interviene en funciones mentales superiores, como la memoria y las emociones.

El cerebro controla los procesos intelectuales y las emociones, pues en él radica la conciencia; además, se trata del elemento de mayor tamaño en el encéfalo y su superficie se compone de una materia gris denominada **corteza cerebral**. Este órgano se divide en dos **hemisferios cerebrales**, izquierdo y derecho, mediante una hendidura profunda conocida como fisura longitudinal (Mader, 2019); ambas secciones se comunican a través de un puente de fibras nerviosas conocidas como **cuerpo calloso**.

La corteza cerebral es una capa exterior delgada (mide menos de 5 mm de grosor), pero contiene muchas circunvoluciones de materia gris que cubre los dos hemisferios; estas aumentan el área superficial de la corteza cerebral, que alberga decenas de miles de millones de neuronas y es la región encargada de la sensación y el movimiento voluntario, así como de todos los procesos de pensamiento involucrados en el aprendizaje, la memoria, el lenguaje y el habla.

En su superficie, se observan pliegues que forman surcos y cisuras, las cuales separan a los hemisferios cerebrales en cuatro regiones o lóbulos: **frontal**, **parietal**, **temporal** y **occipital**.

El lóbulo frontal controla funciones musculares voluntarias, estados de ánimo, agresión, recepción de olor y motivación; por su parte, el lóbulo parietal se encarga de la información sensorial procedente del tacto, el equilibrio, el sabor, la temperatura e incluso el dolor. El lóbulo temporal, mientras tanto, recibe estímulos del olfato y el oído; además, está involucrado en los procesos de memoria, ya que funciona como un centro de pensamientos abstractos y toma de decisión. Finalmente, el lóbulo occipital capta e interpreta información del sentido de la vista.

El cerebelo se localiza debajo del lóbulo occipital del cerebro y recibe información sensorial de ojos, oídos, articulaciones y músculos acerca de la posición que ocupan las partes del cuerpo; asimismo, reúne información motora de la corteza cerebral sobre dónde deberían localizarse esas partes. Después de cotejar ambas versiones, el cerebelo envía impulsos por medio del tallo encefálico a los músculos esqueléticos y, de esa forma, mantiene la postura y el equilibrio.

### Estructura y alteraciones del sistema endocrino

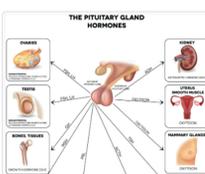
El **sistema endocrino** participa en el control químico del cuerpo humano, ya que mantiene su ambiente interno en los límites de rango específicos; está formado por **glándulas endocrinas** que secretan **hormonas** directamente en el torrente sanguíneo. El sistema circulatorio permite trasladar estas señales químicas a los órganos blanco, es decir, aquellos en los que deben surtir efecto.



Las hormonas son un medio de comunicación entre células y controlan el ambiente interno del cuerpo; por ejemplo, se encargan de la respiración, crecimiento y reproducción celular, el equilibrio de los fluidos en el cuerpo (como la cantidad de agua y los electrolitos), la secreción de otras hormonas, los patrones conductuales, regulan los ciclos reproductivos femeninos y masculinos, así como los de crecimiento y desarrollo (Mader y Windelspecht, 2019).

Las glándulas endocrinas incluyen la glándula **pituitaria**, la **glándula pineal**, la **glándula tiroidea**, las glándulas **paratiroides**, el **timo**, las **glándulas adrenales**, los islotes de Langerhans pertenecientes al **páncreas**, los **ovarios** en las mujeres y los **testículos** en los hombres.

La glándula pituitaria, también conocida como **hipófisis**, posee un tamaño diminuto parecido a un guisante y sus hormonas controlan funciones de las glándulas endocrinas, como ovarios, testículos, corteza adrenal y la tiroides. La hipófisis se divide en un lóbulo pituitario anterior, de mayor tamaño, y uno con una dimensión menor que conforma la pituitaria posterior (Mader y Windelspecht, 2019).



El lóbulo de la pituitaria anterior produce siete hormonas: la **hormona del crecimiento (GH)**, encargada del metabolismo celular en la mayor parte de los tejidos del cuerpo y, por ende, responsable de la división celular y el incremento de su tamaño; la **hormona estimulante de la tiroides (TSH)**, que estimula la glándula tiroidea para que produzca su hormona; la **hormona adrenocorticotrópica (ACTH)**, que influye sobre la corteza adrenal para que secrete su hormona, es decir, el cortisol; la **hormona estimuladora de melanocitos (MSH)**, que aumenta la producción de melanina en los melanocitos cutáneos, así que provoca el aumento de la pigmentación y, por tanto, oscurece el color de la piel. En las mujeres, se encuentran la **hormona folículo estimulante (FSH)**, que estimula el desarrollo de los folículos dentro de los ovarios; la **hormona luteinizante (LH)**, responsable tanto de la ovulación como de la producción de estrógeno, es decir, la hormona sexual femenina; y finalmente la **hormona lactogénica (LTH)**, también conocida como prolactina, que influye sobre las glándulas mamarias para que segreguen leche después del parto (Mader y Windelspecht, 2019).

La glándula tiroidea se adhiere a la tráquea justo por debajo de la laringe y tiene un peso aproximado de 20 gramos. Este órgano se estructura a partir de una gran cantidad de folículos, cada uno con una estructura esférica formada por células tiroideas que producen las hormonas triyodotironina (T3) y tiroxina (T4), compuestas por tres y cuatro átomos de yodo respectivamente; ambas son necesarias para el crecimiento y desarrollo normal, así como para la maduración del sistema nervioso (Mader y Windelspecht, 2019). Además de calcio estas dos hormonas, la tiroidea genera **calcitonina**, que reduce la concentración de iones de calcio y fosfato en la sangre.



La **hormona paratiroidea (PTH)** se origina en las glándulas paratiroides y ocasiona que los niveles de calcio en sangre incrementen, mientras que los de fosfato disminuyan.

Las **glándulas adrenales**, también denominadas **suprarrenales**, se encuentran en la parte superior de los riñones y constan con proporciones distintas; su sección interna se llama médula adrenal, mientras que la exterior se conoce como corteza adrenal (Mader y Windelspecht, 2019). Estas glándulas producen numerosas hormonas: la **epinefrina** y la **norepinefrina** preparan al cuerpo para situaciones de amenaza que requieren de actividad física vigorosa; las hormonas **mineralocorticoides** regulan la concentración de electrolitos minerales y, entre ellas, la **aldosterona** es la más relevante, ya que controla tanto la absorción de sodio como la excreción de potasio dentro de los riñones; el **cortisol**, conocido como **hidrocortisona**, y las hormonas sexuales **adrenales**, es decir, los **andrógenos**.

El páncreas tiene un papel doble, ya que forma parte del sistema digestivo, al producir enzimas conocidas como **jugo pancreático**, y del sistema endocrino, al generar **insulina** y **glucagón**. La insulina se encarga de estimular la absorción de glucosa en las células, mientras que el glucagón influye en el hígado para que descomponga el glucógeno en glucosa y para que utilice como fuentes energéticas la grasa y la proteína.

La principal hormona sexual masculina es la **testosterona**; esta se encarga del desarrollo tanto de las estructuras reproductivas masculinas como de sus características secundarias. De igual manera, la testosterona interfiere en diferentes aspectos conductuales del hombre, como en la agresividad.

En las mujeres, los **ovarios** producen dos grupos de hormonas, el **estrógeno** y la **progesterona**, que promueven el desarrollo de las estructuras reproductivas femeninas.

### Estructura y alteraciones del sistema reproductivo

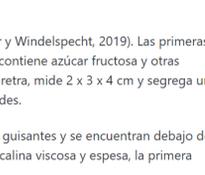
El propósito del **sistema reproductivo** es generar descendientes y, de esta forma, asegurar la preservación de la especie humana.

En los hombres, el sistema reproductor se encarga de producir espermatozoides y transportarlos hasta lograr la fecundación dentro de la mujer.

Los genitales masculinos comprenden los **testículos**, las vías espermáticas y las glándulas auxiliares, como la **próstata**, **glándulas bulbouretrales** y **glándulas seminales**. Los testículos o gónadas se consideran los órganos primarios del sistema reproductor masculino, ya que se encargan de la producción de espermatozoides y de las hormonas sexuales masculinas.

El **escroto** o saco escrotal sirve como una estructura de soporte para los testículos. En el exterior, aparece una bolsa de piel separada en secciones laterales por un surco medio llamado rafe (Mader y Windelspecht, 2019).

Los testículos son dos glándulas ovaladas con un largo aproximado de 5 cm y un diámetro promedio de 2,5 cm. Su función es generar espermatozoides y secretar la hormona testosterona. En su interior, se encuentran los **túbulos seminíferos**, donde se forman las células sexuales masculinas a través de un proceso llamado **espermatogénesis**. Alrededor de los túbulos, se encuentran las células **intersticiales de Leydig** que producen testosterona.



Los espermatozoides son transportados fuera de los testículos por medio de una serie de **conductos eferentes** enrollados, que desembocan en un solo canal conocido como el **epidídimo**; esta estructura tiene forma de coma (,) y se localiza a lo largo del bazo posterior del testículo y consiste principalmente en un tubo bien enrollado (Mader y Windelspecht, 2019).

La siguiente sección del sistema es el **conducto o vaso deferente**. Este mide 45 cm de largo y 3 mm de diámetro, se extiende desde la cola del epidídimo hasta el conducto eyaculador que desemboca en la parte prostática de la **uretra**.

Posterior al vaso deferente, se ubica el **conducto eyaculador**; después de la vejiga urinaria, cada conducto deferente se une a su respectivo conducto eyaculador. Estos expulsan espermatozoides por medio de la uretra, que supone el último canal del sistema; de hecho, tanto la orina procedente de la vejiga como los espermatozoides provenientes de los testículos, saldrán mediante la uretra.

Las glándulas accesorias incluyen dos **vesículas seminales**, la **próstata** y las **glándulas bulbouretrales** (Mader y Windelspecht, 2019). Las primeras se sitúan en la parte posterior, en la base de la vejiga urinaria, y producen **líquido seminal**, una sustancia que contiene azúcar fructosa y otras sustancias que permiten la nutrición de los espermatozoides. La **próstata** es una glándula única que rodea la uretra, mide 2 x 3 x 4 cm y segrega un líquido que hace al semen más fluido para brindar mejores condiciones de desplazamiento a los espermatozoides.

Las **glándulas bulbouretrales** pareadas, también conocidas como **glándulas de Cowper**, tienen el tamaño de guisantes y se encuentran debajo de la próstata, de ambos lados de la uretra membranosa. Estas estructuras se encargan de secretar una mucosa alcalina viscosa y espesa, la primera secreción que se conduce por la uretra después de que el hombre tiene una erección.



Finalmente, el **pene** es el órgano masculino de la cópula, así como la parte final de las vías urinarias y espermáticas (Mader y Windelspecht, 2019).

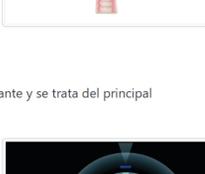
Las funciones del sistema reproductor femenino son producir ovocitos y hormonas sexuales, transportar el ovocito y permitir el embarazo. Los **ovarios** o gónadas femeninas son las estructuras primarias de este sistema, ya que se encargan de producir óvulos, **estrógeno** y **progesterona**. El sistema reproductor femenino se compone de las **trompas uterinas** o de **Falopio**, el **útero**, la **vagina** y los **genitales externos** (Mader y Windelspecht, 2019).

Los ovarios o gónadas femeninas son dos glándulas del tamaño de almendras situadas dentro de la pelvis, a los lados del útero; el feto durante el embarazo y comienza el trabajo de parto. Su forma resulta similar a una pera invertida, cuyo tamaño puede aumentar durante el embarazo, ajustándose al crecimiento del embrión (Mader y Windelspecht, 2019).

Los ovarios producen varios tipos de estrógenos: el **estradiol**, **estrona** y **estriol**. El primero resulta muy abundante y se trata del principal responsable de los efectos del estrógeno sobre el cuerpo.

En la pubertad, cuando la glándula hipófisis segrega la hormona folículo estimulante (FSH), se activa el ciclo ovárico. Solo un pequeño número de folículos primarios crecen y se desarrollan, liberando un solo óvulo cada mes.

El cuerpo femenino contiene dos **trompas uterinas** o de **Falopio**, conductos localizados a ambos lados del útero y encargados de transportar a los óvulos de los ovarios hacia el útero. Generalmente en este sitio se lleva a cabo la fecundación.



El óvulo o matriz se ubica en la cavidad pélvica, el recto y la vejiga urinaria. Ahí se implanta el óvulo fecundado, se desarrolla el feto durante el embarazo y comienza el trabajo de parto. Su forma resulta similar a una pera invertida, cuyo tamaño puede aumentar durante el embarazo, ajustándose al crecimiento del embrión (Mader y Windelspecht, 2019).

El útero tiene una pared de tejido formada por tres capas: el **endometrio** es una capa mucosa localizada en la parte interior del útero, donde se lleva a cabo el proceso de implantación del óvulo fecundado; el **miometrio** se trata de una capa media, formada por un músculo liso de gran importancia durante el parto, pues permite expulsar al neonato; finalmente, el **perimetrio** es una capa externa de la pared uterina, cuenta con una membrana serosa y también se le conoce como peritoneo visceral. Cuando una mujer no queda embarazada, el revestimiento endometrial del útero se deseca aproximadamente cada 28 días y se deshecha durante la **menstruación** (Mader y Windelspecht, 2019).

El ciclo menstrual o menstruación se da por el desprendimiento del endometrio y es el resultado de cambios en los niveles hormonales. Este ciclo tiene una duración de 24 a 35 días. Los acontecimientos que ocurren durante la menstruación se dividen en las siguientes fases: **fase menstrual**, **fase proliferativa** y **fase secretora**.

El ciclo menstrual normalmente se produce una vez al mes a partir de la **menarquia**, primer ciclo menstrual, hasta la **menopausia**, cuando ocurre el último.

Finalmente, la **vagina** tiene diferentes funciones; por ejemplo, sirve como un conducto para el flujo menstrual, durante el coito (relación sexual) se encarga de recibir al pene y también funciona como la parte inferior del canal de parto.



## Cierre

La regulación e integración del funcionamiento de todos los sistemas del cuerpo la realizan los sistemas nervioso y endocrino. El primero se encarga de controlar los diversos procesos del organismo, recibe la información del medio tanto externo como interno y envía una respuesta a las estructuras encargadas de reaccionar. En términos generales, se divide en sistema nervioso periférico y sistema nervioso central; este último se encarga del funcionamiento de todo el organismo. Por otra parte, una estructura del sistema nervioso, el hipotálamo, envía señales a la glándula hipófisis o pituitaria para que secrete hormonas que regulan el funcionamiento de las glándulas que conforman el sistema endocrino.

Entre esas glándulas, encontramos a las gónadas, es decir, las responsables de la reproducción. Mientras que las gónadas masculinas o testículos se encargan de producir espermatozoides y testosterona, las gónadas femeninas u ovarios hacen lo propio con la producción de óvulos, estrógeno y progesterona.

## Checkpoint

Asegúrate de:

- Identificar las estructuras del sistema nervioso para comprender su composición y sus funciones.
- Identificar las funciones de las glándulas endocrinas, con el propósito de entender la producción y el uso de hormonas.
- Identificar la estructura anatómica y funciones de los aparatos reproductores femenino y masculino para comprender su intervención tanto en la preservación de la especie humana como en la producción de hormonas sexuales.

## Bibliografía

- Mader, S., y Windelspecht, M. (2019). *Biología* (13ª ed.). México: McGraw-Hill.

La obra presentada es propiedad de ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR A.C. (UNIVERSIDAD TECMILENIO), protegida por la Ley Federal de Derecho de Autor; la alteración o deformación de una obra, así como su reproducción, exhibición o ejecución pública sin el consentimiento de su autor y titular de los derechos correspondientes es constitutivo de un delito tipificado en la Ley Federal de Derechos de Autor, así como en las Leyes Internacionales de Derecho de Autor.

El uso de imágenes, fragmentos de videos, fragmentos de eventos culturales, programas y distintos material que es objeto de protección de los derechos de autor, es exclusivamente para fines educativos e informativos, y cualquier uso distinto al suero, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por UNIVERSIDAD TECMILENIO.

Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir, difundir, o en cualquier modo explotar cualquier parte de esta obra sin la autorización personal por escrito de UNIVERSIDAD TECMILENIO. Sin embargo, usted podrá, a pedido, hacer una copia por página. No se podrá remover o alterar de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.