GUÍA DE PRÁCTICA

GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS

Yojana Patricia Mangones Jiménez
Liby del Carmen Carrascal Bello
Beatriz Brunal Vergara
Universidad Cooperativa de Colombia
Sede Montería

Apropiación social del conocimiento

Generación de contenidos impresos

<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/7375>

N.º 02, febrero de 2020

doi: <https://doi.org/10.16925/gcgp.19>

NOTA LEGAL

El presente documento de trabajo ha sido incluido dentro de nuestro repositorio institucional como Apropiación social de conocimiento por solicitud del autor, con fines informativos, educativos o académicos. Asimismo, los argumentos, datos y análisis incluidos en el texto son responsabilidad absoluta del autor y no representan la opinión del Fondo Editorial o de la Universidad.

DISCLAIMER

This coursework paper has been uploaded to our institutional repository as Social Appropriation of Knowledge due to the request of the author. This document should be used for informational, educational or academic purposes only. Arguments, data and analysis included in this document represent authors' opinion not the Press or the University.

EDICIONES

Universidad Cooperativa
de Colombia

GUÍA DE PRÁCTICA

GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS

Yojana Patricia Mangones Jiménez
Liby del Carmen Carrascal Bello
Beatriz Brunal Vergara

ACERCA DE LA AUTORA

Yojana Mangones Jiménez. Magíster en Gestión y Evaluación Ambiental, especialista en Gerencia del Medio Ambiente y Prevención de Desastres, especialista en Ética y Pedagogía. Profesora auxiliar vinculada al programa de Psicología de la Universidad Cooperativa, sede Montería, Colombia.

Correo-e: yojana.mangones@campusucc.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000712272

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4273-0728>
Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?view_op=new_articles&hl=es&imq=Yojana+Mangones#

Liby Carrascal Bello. Magíster en Desarrollo Organizacional y Procesos Humanos. Profesora auxiliar del programa de Psicología, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Montería, Colombia.

Correo-e: liby.carrascalb@campusucc.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1715-9187>
Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?view_op=new_articles&hl=es&imq=liby+carrascal#

Beatriz Brunal Vergara. Magíster en Neuropsicología y Educación, especialista en Gestión Pública. Profesora auxiliar vinculada al programa de Psicología de la Universidad Cooperativa, sede Montería, Colombia.

Correo-e: beatriz.brunal@campusucc.edu.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001329871

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4522-4975>
Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?view_op=new_articles&hl=es&imq=BEATRIZ+BRUNAL+V.#

CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Mangones-Jiménez, Y., Carrascal-Bello, L., Brunal-Vergara, B. (2020). *Guía de práctica de laboratorio de biología para psicólogos* (Generación de contenidos impresos N.º 2). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia; 2020. doi: <https://doi.org/10.16925/gcgp.19>

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
NORMAS DE BIOSEGURIDAD PARA EL TRABAJO EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS	6
NORMAS GENERALES PARA EL USO DEL LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS	6
SÍMBOLOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS	8
PARÁMETROS PARA LA PRESENTACIÓN DEL INFORME	9
GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 1	10
GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 2	15
GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 3	19

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Función de algunas proteínas	11
Tabla 2. Tipos de biomoléculas	14

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pictograma de riesgo químico	8
Figura 2. Reactivo de Fehling	12
Figura 3. Reactivo de Benedict	13
Figura 4. Método de Biuret	13
Figura 5. Prueba de Sudán	13
Figura 6. El cerebro	16
Figura 7. División del cerebro	16
Figura 8. Ciclo celular	20
Figura 9. Mitosis	21
Figura 10. Raíces de cebollas	21

02 GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS

Yojana Patricia Mangones Jiménez
Liby del Carmen Carrascal Bello
Beatriz Brunal Vergara

Resumen

Las prácticas de laboratorio en la asignatura de Biología para Psicólogos constituyen una actividad práctica complementaria al trabajo de conceptualización teórica desarrollado en el aula, la cual permite a los estudiantes participar activamente en la construcción de su propio conocimiento, bajo la teoría de aprender haciendo. De igual manera, las prácticas de laboratorio les ayudarán a los estudiantes a potenciar sus habilidades científicas de observación, organización, comparación, descripción, análisis y discusión. En cada guía, se incluyen aspectos teóricos, con tablas y figuras, que facilitan al estudiante llevar a cabo la práctica de laboratorio y el proceso de aprendizaje. También, las guías incluyen preguntas complementarias que se deben anexar al informe final de la actividad. Las prácticas que se incluyen en la presente guía están relacionadas con algunos temas de las unidades desarrolladas en el curso de Biología para Psicólogos, tales como: biomoléculas, ciclo celular, diversidad celular y anatomía del sistema nervioso.

Palabras clave: análisis y aprendizaje, conceptualización, experimento, laboratorio, observación.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de laboratorio constituyen una herramienta didáctica que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje a los estudiantes a través del método científico, valiéndose de técnicas experimentales y la observación directa. Los estudiantes tienen la oportunidad de comprobar las teorías vistas en el aula de clase y de participar activamente en la construcción de su propio conocimiento, ya que les permiten explorar, observar, proponer, reflexionar y elaborar conclusiones a partir de las experiencias realizadas.

Las prácticas que se incluyen en la presente guía están relacionadas con algunos temas de las unidades desarrolladas en el curso de Biología para Psicólogos: biomoléculas, ciclo celular, diversidad celular y anatomía del sistema nervioso.

En este orden, a través de la unidad sobre las biomoléculas (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), se busca que el estudiante adquiera la capacidad de identificar los tipos de biomoléculas presentes en los alimentos y su importancia en los procesos metabólicos y fisiológicos del organismo, y que además las reconozcan como las moléculas constituyentes de todos los seres vivos, es decir, como base de la vida.

A su vez, en el tema de ciclo celular se busca que el estudiante reconozca que en los organismos pluricelulares, como el ser humano, que inician su vida con la fecundación y la formación posterior de una célula huevo o cigoto, la división celular mitótica es decisiva para el desarrollo y el mantenimiento de los diversos tejidos, órganos y sistemas que lo forman (Rodríguez y Frías, 2014). La división celular también es necesaria en el cuerpo para reemplazar las células perdidas por desgaste, mal funcionamiento o por muerte celular programada.

La práctica sobre el sistema nervioso central le permitirá al estudiante describir las divisiones anatómicas y funcionales de este, así como el funcionamiento, la organización y el desarrollo de los procesos psicológicos básicos (sensación, percepción y emoción); de la misma manera, se discute acerca del origen natural (filogenético) o aprendido (ontogenético) de estos fenómenos.

NORMAS DE BIOSEGURIDAD PARA EL TRABAJO EN EL LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS

OBJETIVO

Lograr que los estudiantes conozcan y apliquen todas las acciones que conduzcan a la prevención, reducción y eliminación de factores de riesgo causados por agentes biológicos, físicos y químicos dentro de las actividades de aprendizaje programadas.

NORMAS GENERALES PARA EL USO DEL LABORATORIO DE CIENCIAS BÁSICAS

En caso de accidente en el laboratorio, por pequeño que sea, debe comunicarse al profesor responsable de la práctica.

El uso de la bata es estrictamente necesario para ingresar al laboratorio, esta protegerá su ropa y piel de quemaduras con ácidos fuertes o sustancias corrosivas. Así mismo, se deben utilizar zapatos cerrados, polainas, guantes de látex y tapabocas.

Ninguna persona podrá permanecer en el laboratorio si le falta alguno de los implementos de protección personal antes descritos.

Cambiar los guantes cada vez que hayan sido contaminados, lavarse las manos y ponerse

guantes limpios. Evite tocarse la cara o cualquier otra parte del cuerpo con los guantes puestos por riesgo de contaminación.

En caso de presentar alguna herida, por pequeña que sea, debe estar cubierta para prevenir contaminación.

Se usarán gafas de seguridad, viseras u otros dispositivos de protección cuando sea necesario proteger los ojos y el rostro de salpicaduras, impactos y fuentes de radiación ultravioleta artificial.

Los equipos y los materiales de trabajo utilizados en las prácticas de laboratorio son propiedad de la universidad y deben ser devueltos en buenas condiciones de conservación y de limpieza.

Para medir reactivos o muestras objeto de estudio, utilice pipetas y pera de succión, y queda prohibido pipetear con la boca. No utilice goteros sucios o pipetas sin enjuagar porque puede alterar los colorantes.

El laboratorio debe permanecer en óptimas condiciones de higiene, aseo y libre de materiales no relacionados con el trabajo.

Desinfectar y limpiar con solución de hipoclorito de sodio las superficies de mesas, equipos y materiales de trabajo al finalizar la práctica.

Rotule todos los reactivos que vaya a utilizar y las sustancias que se le entreguen como muestras de estudio.

Prohibido tomar alimentos o fumar dentro del laboratorio, sus manos pueden estar impregnadas de sustancias tóxicas o nocivas que pueden afectar su salud o causar accidentes.

No guardar alimentos en la nevera o en otros equipos de refrigeración de sustancias contaminantes, químicas o residuos anatomopatológicos.

Al calentar un tubo de ensayo, no lo acerque demasiado a la llama, simplemente frótelo alrededor de ella para evitar explosiones, roturas o salpicaduras. Nunca dirija la boca del tubo hacia su cuerpo o hacia sus compañeros.

Cuando caliente cualquier recipiente, tenga cuidado de que no haya gotas de líquido en su exterior, lo cual puede ocasionar la rotura del vidrio.

Nunca mezcle reactivos al azar. En muchos casos pueden obtenerse mezclas explosivas o que se calientan demasiado y causar un accidente.

Cuando le caiga un reactivo sobre la piel (ácido, bases, etc.), lavar inmediatamente con abundante agua y remojar la parte afectada por unos minutos. En caso de quemaduras o accidentes graves, consulte al profesor de inmediato.

Nunca abandone equipos funcionando sin vigilancia, salvo aquellos que estén programados (incubadoras, refrigerador, centrífuga).

Se recomienda colocar sobre bandejas todo tipo de recipientes que contengan material líquido para evitar derrames sobre las mesas.

Para la realización de las prácticas de laboratorio, cada estudiante debe tener el manual o guía de trabajo y leerlo con antelación a cada sesión, debido a que las prácticas requerirán de un material para estudio que debe ser suministrado por los estudiantes.

Como equipo personal de trabajo, los estudiantes deben tener lápiz negro, lápices de colores, borrador, cinta de enmascarar, cuchilla y una libreta de apuntes para registrar datos y observaciones.

Lavar las manos antes y después de cada procedimiento independientemente de haber manipulado material patógeno o no.

Tener precaución al manipular elementos cortopunzantes, estos deben ser desechados en el guardián.

Una vez usados los guantes, deberán ser colocados dentro del recipiente adecuado (caneca roja).

No arroje residuos sólidos o líquidos en el drenaje, use las canecas que se proveen para tal efecto. Los líquidos contaminados deben ser descontaminados por medio físico o químico antes de ser desechados.

Prohibido reutilizar material contaminado como agujas, jeringas y hojas de bisturí.

Cuando termine de usar el mechero, apáguelo, alguien puede descuidarse y sufrir una quemadura o producir un incendio. Por ningún motivo debe dejar solventes volátiles cerca de las llamas.

Los residuos líquidos de origen orgánico se pueden verter por los drenajes habituales una vez que hayan sido debidamente descontaminados.

En caso de ruptura de material de vidrio contaminado con cultivos microbianos, sangre u otro líquido corporal, los vidrios deben recogerse con escoba, recogedor y guantes, nunca con las manos.

Al conectar o desconectar cualquier equipo eléctrico, las manos deben estar completa-

mente secas, los cables de los equipos deben estar en óptimas condiciones.

El formato de solicitud de materiales y reactivos se debe llenar y entregar mínimo con 48 horas de anticipación. Esta solicitud la firmará el docente como recibido al entregarle dichos reactivos.

Los materiales y reactivos se entregarán media hora antes del horario de entrada de cada sesión de laboratorio. Los estudiantes no podrán iniciar práctica en ausencia del profesor encargado.

En caso de romper un material de vidrio, cerámica o equipo de forma irreparable, el estudiante debe comprarlo y reemplazarlo. Cabe resaltar que debe ser de las mismas especificaciones y entregarlo, con la factura de compra, en el laboratorio donde se encontraba desarrollando la práctica.

SÍMBOLOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS

Los productos químicos cuentan con una etiqueta que advierte a los usuarios sobre el tipo de peligro inherente a su uso, manipulación, transporte y almacenamiento. Los símbolos de riesgo están estandarizados según la normatividad del Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA; ver figura 1).

FIGURA 1. Pictograma de riesgo químico. Tomado del sitio web Amazon Web Services [consultado el 15 de mayo de 2019].

PARÁMETROS PARA LA PRESENTACIÓN DEL INFORME

Una semana después de la práctica de laboratorio, el estudiante debe presentar al profesor un informe que contenga información detallada sobre el desarrollo de la actividad y las competencias adquiridas, el cual permitirá conocer las condiciones en las que fue realizado y las conclusiones finales. A su vez, le permitirá al estudiante afianzar el conocimiento y al profesor, evaluar las competencias. El informe de laboratorio debe contener las siguientes partes:

Portada: debe contener información de la institución, título del informe que refleje el tema de estudio, nombre de los estudiantes, nombre del profesor, nombre del curso, código del grupo y fecha de la realización del informe.

Resumen: se presenta una visión holística de la información contenida en el informe de forma breve y concisa, describiendo el objetivo de la práctica que se hizo y cuál fue el resultado, de tal manera que el lector pueda conocer los conceptos más importantes sin adelantar los procesos específicos de la práctica. Su extensión debe contener máximo 300 caracteres.

Introducción: en ella se expone un planteamiento claro y ordenado del tema que responde a las siguientes preguntas: ¿cuál es el tema del laboratorio?, ¿Por qué se hace la práctica?, ¿Cuál es el método utilizado en el desarrollo de la práctica?, ¿Cuáles son las limitaciones de la práctica?, ¿Cuáles son los aportes, desde el

campo profesional y personal, que le confiere la práctica?

Marco teórico: el estudiante debe explicar los conceptos teóricos relacionados con el tema de la práctica de laboratorio y demostrar la comprensión de estos.

Materiales y método: el estudiante debe hacer una descripción de los procesos, métodos y técnicas utilizadas en el desarrollo de la práctica de laboratorio.

Resultado y análisis de resultado: se hace la descripción de los datos obtenidos a través de tablas, gráficas, esquemas o dibujos de acuerdo con la pertinencia del tema.

Conclusiones: el estudiante debe sintetizar las ideas principales del tema en estudio, aportando su punto de vista, con base en los resultados obtenidos durante la práctica de laboratorio y en los conceptos teóricos desarrollados en el aula de clase y consultados en diferentes fuentes bibliográficas.

Preguntas de actividad complementaria: en cada guía de laboratorio, se planteará una serie de preguntas complementarias que el estudiante debe responder en el informe de manera clara, coherente y concisa.

Bibliografía: referenciar las fuentes bibliográficas consultadas para la realizar el informe, utilizando el manual de publicaciones normas APA, séptima edición 2019.

GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 1

BIOMOLÉCULAS

OBJETIVOS

- Identificar las biomoléculas presentes en los alimentos y su importancia en los procesos metabólicos y fisiológicos del organismo.
- Reconocer a los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos como las moléculas constituyentes de todos los seres vivos.
- Desarrollar habilidades sociales y de trabajo en equipo, así como puntualidad en el inicio y finalización de las prácticas de laboratorio.

MARCO TEÓRICO

Todos los seres vivos se caracterizan, entre otras cosas, por presentar una organización celular: determinadas moléculas se organizan de una forma particular y precisa e interactúan entre sí para establecer la estructura celular. Así como las células son las bases estructurales de los seres vivos a partir de las cuales se construyen los tejidos, órganos y organismos, las biomoléculas son las bases estructurales con las que se construyen las células y se caracteriza la materia viva (Rodríguez, 2011). En este sentido, se puede decir que las biomoléculas son las moléculas constituyentes de todos los seres vivos.

Existen cuatro tipos de biomoléculas: carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. La mayoría de estas moléculas son grandes polímeros constituidos por enlaces covalentes de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Cada tipo de biomolécula desempeña

funciones específicas como: suministro y reservas de energía, soporte estructural, transporte de sustancias, protección, catálisis, transferencia de información genética y regulación del metabolismo, entre otras (Sadava, Heller, Orians, Purves y Hillis, 2012).

Una característica importante de las biomoléculas es que están presentes en casi las mismas proporciones en todos los organismos vivos, lo que confiere una ventaja en términos de nutrición debido a que un organismo puede adquirir los productos químicos necesarios para el sostenimiento de la vida al consumir a otro organismo (Campbell y Reece, 2007). De acuerdo con lo anterior, se puede decir que para muchos organismos los alimentos representan la fuente exógena que puede cubrir las necesidades energéticas inmediatas, debido a que una vez digeridos por el aparato digestivo se absorben y se incorporan a las células donde sirven como combustible para obtener energía y para integrarse a las funciones celulares (Boticario y Cascales, 2012).

Como resultado de la digestión, la energía es suministrada al organismo de tres formas: lípidos (grasas), aminoácidos (el producto de la degradación de las proteínas) y glucosa (un azúcar simple, producto del metabolismo de carbohidratos complejos; Pinel, 2011).

Por último, se puede decir que la nutrición designa el conjunto de procesos mediante el cual el organismo vivo utiliza los distintos componentes de los alimentos (nutrientes) para la liberación de energía, el desarrollo y el mantenimiento de las estructuras corporales, y la regulación de los procesos metabólicos (Boticario y Cascales, 2012).

Carbohidratos: también se les conocen como glúcidos, azúcares o hidratos de carbono (que

significa literalmente carbono y agua). Están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno, y su fórmula general es $C_n(H_2O)_n$. Los carbohidratos como azúcares y almidones constituyen la fuente principal de energía utilizada por los seres vivos para realizar sus funciones vitales, específicamente en los procesos metabólicos celulares. Mientras que los otros, como las celulosas, pectinas y quitinas, tienen funciones estructurales en células individuales y aun en organismos completos como hongos, plantas y bacterias artrópodos, entre otros (Curtis, Barnes, Schnerk y Massaini, 2013). De la misma manera, actúan como precursores de la producción de otras biomoléculas como los aminoácidos, los lípidos, las purinas y las pirimidinas. Los carbohidratos se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, según el número de unidades de azúcares sencillos que contengan (Nelson, 2012).

Proteínas: las proteínas son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Pueden, además, contener azufre y algunos tipos de proteínas, fósforo, hierro, magnesio y cobre entre otros elementos. Son los componentes más importantes del

protoplasma celular, gracias a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que les permiten desempeñar un elevado número de funciones en el organismo (Gagneten et al., 2015).

Las proteínas están formadas por pequeñas unidades llamadas aminoácidos. La mayoría de las proteínas forman parte integral de la estructura celular, como por ejemplo la formación de las membranas celulares. Otras proteínas forman parte de las estructuras de elementos de soporte y protección, como la piel, el pelo, las uñas, los huesos y cartílagos, entre otros (Sadava et al., 2012).

A su vez, las proteínas tienen múltiples funciones: estructural, hormonal, de reserva, formación de anticuerpos, formación de enzimas (que actúan como catalizadores biológicos y aumentan la velocidad de una reacción química reduciendo la cantidad de energía de activación necesaria para que una reacción se efectúe) y de transporte (que llevan sustancias de un lugar a otro en el organismo). En la siguiente tabla, se describen algunos ejemplos de proteínas y sus funciones (Gagneten et al., 2015).

TABLA 1

Función de algunas proteínas

Tipo de proteína	Función	Ejemplos
Proteínas enzimáticas	Aceleración selectiva de reacciones químicas.	Las enzimas digestivas catalizan la hidrólisis de los polímeros de los alimentos.
Proteínas estructurales	Sostén	El colágeno y la elastina proporcionan una estructura fibrosa en tejidos conectivos animales.
Proteínas de almacenamiento	Almacenamiento de aminoácidos.	La ovoalbúmina es la proteína de la clara de huevo, usada como una fuente de aminoácidos para el desarrollo del embrión.
Proteínas de transporte	Transporte de otras sustancias.	La hemoglobina transporta oxígeno desde los pulmones hacia otras partes del cuerpo. Otras proteínas transportan moléculas a través de la membrana celular.
Proteínas hormonales	Coordinación de las actividades de un organismo.	La insulina, hormona secretada por el páncreas, ayuda a regular la concentración de azúcar en la sangre.
Proteínas receptoras	Respuesta de la célula a un estímulo químico.	Los receptores que se encuentran dentro de la membrana de una célula nerviosa detectan señales químicas liberadas por otras células nerviosas.
Proteínas motoras y contráctiles	Movimiento	La actina y la miosina son responsables del movimiento de los músculos.
Proteínas defensivas	Protección contra enfermedades.	Los anticuerpos combaten bacterias y virus.

Nota. Tomado de Sadava et al. (2012) y Curtis et al. (2013).

Lípidos: los lípidos son biomoléculas que se caracterizan por ser poco o nada solubles en agua y, por el contrario, muy solubles en disolventes orgánicos no polares. Están formados por una molécula de glicerol, combinada con tres moléculas de ácidos grasos (aquí se incluyen grasas, fosfolípidos, ceras y aceites vegetales). Los lípidos desempeñan funciones importantes como reserva de energía a largo plazo; son componentes esenciales de la estructura celular, principalmente en la formación de membranas; las ceras sirven de protección a las hojas de las plantas y la piel de los animales; y los esteroides son un grupo de lípidos que funcionan como agentes químicos reguladores (Curtis et al., 2013).

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y PROCEDIMIENTO DE LA PRÁCTICA

MATERIALES Y REACTIVOS

- 6 tubos de ensayo
- 1 vaso de precipitados de 500 mL
- 1 pipeta plástica
- 1 gradilla
- 1 pinza para tubos de ensayo
- 1 escobilla
- Paño o panola
- Placa calefactora
- Reactivo de Fehling
- Reactivo de Benedict
- Solución de sulfato de cobre (CuSO_4) al 1%
- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) concentrado
- Reactivo de Sudán III o IV
- Muestras a analizar

PROCEDIMIENTO

MÉTODO DE REACTIVO DE FEHLING

Con una pipeta, tome 2 mL de reactivo de Fehling y viértalos en un tubo de ensayo. Rotule el tubo con el código F1 y adicione 0,5 mL de *jugo de fruta*. Realice el mismo procedimiento con las muestras de sacarosa, leche, orina y agua rotulando con los códigos F2, F3, F4 y F5, respectivamente.

Ubique los tubos en un baño María (agua hirviendo) durante dos minutos. El líquido dentro del tubo de ensayo debe cambiar de azul a rojo, naranja o amarillo, dependiendo de la concentración de azúcar contenida en las muestras de estudio. Observe y anote resultados.

Nota: luego de la observación, vierta los residuos líquidos generados en cada uno de los procedimientos en el recipiente indicado con antelación por el profesor.

FIGURA 2. Reactivo de Fehling. Foto digital tubos de reactivo de Fehling. Elaboración propia.

MÉTODO DE REACTIVO DE BENEDICT

Vierta en un tubo de ensayo 3 mL de reactivo de Benedict y 0,5 mL de jugo de frutas. Rotule el tubo con el código B1 y caliente hasta ebullición en baño María durante dos minutos; luego ponga a enfriar. Repita el procedimiento

anterior con las muestras de sacarosa, orina, leche y agua, rotulando los tubos con los códigos B2, B3, B4 y B5, respectivamente. Observe y anote resultados.

FIGURA 3. Reactivo de Benedict. Foto digital tubos de reactivo de Benedict. Elaboración propia.

MÉTODO DE LUGOL

Vierta en un tubo de ensayo 3 mL de almidón en solución acuosa, rotule el tubo con el código L1, agregue tres gotas de reactivo de Lugol. Realice el procedimiento anterior empleando como muestra agua de grifo. Observe y anote los resultados.

MÉTODO DE BIURET

Vierta 3 mL de gelatina en solución acuosa en un tubo de ensayo. Agregue a cada tubo 2 mL de solución de hidróxido de sodio (NaOH) concentrado (solicitar al profesor). Luego agregue en cada tubo 1 mL de solución de sulfato de cobre (CuSO_4) al 1%. Agite los tubos y anote los resultados. Repita el procedimiento para muestras de agua, yema y clara de huevo.

FIGURA 4. Método de Biuret. Foto digital tubos de reactivo de Biuret. Elaboración propia.

PRUEBA DE SUDÁN

Vierta en un tubo de ensayo 3 mL de agua, rotule el tubo con el código S1, adicione tres gotas del reactivo de Sudán III, agite y anote sus observaciones.

Tome otro tubo de ensayo, rotúlelo con el código S2 y vierta en él 3 mL de agua, tres gotas del reactivo de Sudán III y 1 mL de aceite vegetal; agite y deje en reposo durante dos minutos. Observe y anote los resultados.

FIGURA 5. Prueba de Sudán. Foto digital tubos de reactivo prueba de Sudán. Elaboración propia.

Para identificar los tipos de biomoléculas presentes en las muestras biológicas analizadas durante la práctica, observe los colores iniciales y resultantes en cada tubo de ensayo (tabla 2).

TABLA 2

Tipos de biomoléculas

Biomoléculas	Color	Resultado
Carbohidratos	Azul	Negativo
	Azul verdoso	Ligeros vestigios
	Verde	Aproximadamente al 0,5%
	Pardo verdoso	Aproximadamente al 1,0%
	Amarillo	Aproximadamente al 1,5%
	Rojo ladrillo	Mayor del 2,0%
Proteínas	Púrpura	Alta concentración
	Lila suave	Poca concentración
Lípidos	Rojo	Negativo
	Salmón	Positivo

Nota. Elaboración propia.

PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS

1. ¿Qué clases de macromoléculas caracterizan a los seres vivos?
2. ¿Cuál es la función de las moléculas orgánicas en los seres vivos?
3. ¿Qué función desempeña el hígado en la nutrición?
4. ¿De qué modo los hidratos de carbono pueden convertirse en grasa en el organismo?
5. ¿De qué manera las proteínas pueden convertirse en hidratos de carbono?
6. Explique las consecuencias de suprimir las proteínas de la dieta.

REFERENCIAS

- Boticario, C. y Cascales, M. (2012). *Digestión y metabolismo energético de los nutrientes*. Bogotá: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Bustamante, J. (2016). *Neuroanatomía funcional y clínica. Atlas del sistema nervioso central* (5.ª ed.). Bogotá: Editorial Médica Celsus.
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Biología* (7.ª ed.). México: Editorial Médica Panamericana.
- Carlson, N. (2014). *Fisiología de la conducta* (11.ª ed.). México: Pearson Educación.
- Curtis, H., Barnes, N., Schnerk, A. y Massaini, A. (2013). *Biología*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Gagneten, A., Imhot, A., Marinin, M., Zabala, J., Amavet, P., Ravera, L. y Ojea, N. (2015). *Biología conceptos básicos*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.
- Nelson, G. (2012). *Principios de biología: enfoque humano* (2.ª ed.). Madrid: Limusa Wiley.
- Pinel, J. (2011). *Biopsicología*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Ramos, R. (2011). *Guía básica en neurociencias*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara y Centro Universitario de Ciencias de la Salud.
- Redolar, D., Moreno, A., Soriano, C. y Vale, A. (2010). *Fundamentos de psicobiología*. Barcelona: Editorial Universitat Oberta de Catalunya.
- Rodríguez Gómez, A. y Frías Vásquez, S. (2014). La mitosis y su regulación. *Acta Pediátrica de México*, 55(1), 55-86.
- Rodríguez Galván, J. A. (2011). Biomoléculas en nanotecnología. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 13(1), 3-12.
- Sadava, D., Heller, C., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2012). *Vida: la ciencia de la biología*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.
- Saladin, K. S. (2013). *Anatomía y fisiología: la unidad entre forma y función*. México: McGraw-Hill Education.

GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 2

ANATOMÍA DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

OBJETIVOS

- Conocer la función del sistema nervioso.
- Identificar las principales subdivisiones anatómicas y funcionales del sistema nervioso central.
- Reconocer las meninges del encéfalo y sus funciones.
- Identificar las estructuras del cerebro instintivo, emocional y racional.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Encéfalo de vertebrado: pez, aves y mamífero
- Bisturí
- Alicates
- Palillo para dientes
- Marcadores
- Bandeja de metal
- Guantes quirúrgicos
- Útiles de aseo
- Panola
- Tapabocas

MARCO TEÓRICO

El sistema nervioso (SN) es una red de células especializadas en transmitir información sobre

el organismo y el entorno del organismo. La función principal del SN es la de recibir señales, procesar y responder a ellas permitiendo al organismo su interacción con el medio (Carlson, 2014).

Desde la perspectiva morfológica, el sistema nervioso se divide en dos compartimientos: sistema nervioso central (SNC), que incluye el encéfalo localizado dentro del cráneo y la médula espinal que se sitúa dentro de la columna vertebral; y el sistema nervioso periférico (SNP), distribuido a lo largo y ancho de todo el cuerpo. Está formado por doce pares de fibras nerviosas craneales, 31 pares de nervios medulares y ganglios (Pinel, 2011).

Desde el punto de vista funcional, el sistema nervioso periférico también se divide en dos componentes: sistema nervioso somático (SNS) y sistema nervioso autónomo o neurovegetativo (SNA). El sistema nervioso somático está constituido por neuronas sensoriales, es la parte que se relaciona con el medio ambiente externo y está bajo el control consciente del individuo. El sistema nervioso somático está formado por los nervios aferentes, que transmiten las señales sensitivas desde la piel, los músculos esqueléticos, las articulaciones, los ojos, los oídos y los demás órganos de los sentidos hacia el sistema nervioso central; y por los nervios eferentes, que conducen las señales motoras programadas por el sistema nervioso central hasta los músculos esqueléticos (Bustamante, 2016).

El sistema nervioso autónomo es la parte del sistema nervioso periférico que se encarga de regular el medio ambiente interno del organismo, es decir, de controlar las respuestas vegetativas, automáticas e inconscientes como: la frecuencia cardíaca, la respiración, la digestión, la salivación y la sudoración. Está

formado por los nervios aferentes, que llevan las señales sensitivas desde los órganos internos al sistema nervioso central, y los nervios eferentes, que conducen las señales motoras desde el sistema nervioso central hasta los órganos internos (Saladin, 2013).

El sistema nervioso autónomo, a su vez, se divide en dos subsistemas más: el sistema nervioso simpático, que prepara al organismo para la acción y el consumo de energía (aumenta el ritmo cardiaco, inhibe la salivación, dilata las pupilas, inhibe la digestión, relaja la vejiga, aumenta la secreción de adrenalina); y el sistema nervioso parasimpático, que prepara al organismo para la relajación y ahorro de energía (disminuye el ritmo cardiaco, estimula la salivación, contrae las pupilas, estimula la digestión; Carlson, 2014).

CEREBRO

El cerebro está compuesto por dos mitades asimétricas pero muy similares: los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho, interconectados por el cuerpo calloso. Todas las estructuras cerebrales están duplicadas en cada uno de los hemisferios, excepto la glándula pineal (Carlson, 2014). Cada hemisferio cerebral está dividido en cuatro lóbulos: lóbulo frontal, lóbulo parietal, lóbulo temporal y lóbulo occipital, tal como se muestra en la figura 6.

<http://www.innovacd.net/wp-content/uploads/2011/06/Hemisferis-cerebrals-2.jpg>

<https://conexionesneuronales.files.wordpress.com/2016/05/lobulos-cerebrales.png>

FIGURA 6. El cerebro. Tomado del blog Innovation & Creativity Development y del blog Conexiones Neurociencia en Simple [consultado el 15 de mayo de 2019].

El cerebro está dividido en tres partes: cerebro reptiliano, cerebro emocional (también llamado límbico) y cerebro racional, tal como se ilustra en la figura 7.

<http://www.viamadridtv.es/wp-content/uploads/2018/11/inteligencia-cerebro.jpg>

FIGURA 7. División del cerebro. Tomado del sitio web Vía Madrid TV [consultado el 15 de mayo de 2019].

Cerebro instintivo

Es la parte más primitiva del cerebro humano, y controla los instintos más primitivos como el sexo y la violencia. Está conformado por los siguientes órganos:

Tálamo: situada en medio de los dos hemisferios, esta estructura es la encargada de recibir los estímulos externos: visuales, auditivos y táctiles (Ramos, 2011).

Hipotálamo: controla el sistema nervioso autónomo y el sistema endocrino a través de la hipófisis, encargada de regular la liberación de hormonas al torrente sanguíneo (Saladin, 2013).

Tronco del encéfalo: de él depende el estado de conciencia (*arousal*) del organismo y está ubicado por debajo del hipotálamo (Carlson, 2014).

Cerebelo: está localizado bajo los hemisferios cerebrales y rodea la parte dorsal del tronco del encéfalo. Coordina movimientos voluntarios, el equilibrio, el control postural y el aprendizaje motor (Redolar, Moreno, Soriano y Vale, 2010).

Amígdala: se encuentra por delante del hipocampo, dentro del lóbulo temporal del cerebro; es la estructura más relacionada con las emociones. Se encarga de atribuir un valor emocional a todos los estímulos que el cerebro codifica de manera consciente (Bustamante, 2016).

Cerebro emocional

Está conformado por el sistema límbico, relacionado principalmente con las emociones, el aprendizaje y la memoria. Entre las estructuras que hacen parte del sistema límbico se pueden mencionar al hipocampo, la amígdala y los ganglios basales.

Hipocampo: tiene forma de “caballito de mar”, localizado dentro del lóbulo temporal en la parte medial del cerebro. Se encarga de

consolidar la memoria y enviarla a la corteza cerebral, donde será almacenada (Bustamante, 2016).

Amígdala: es una estructura en forma de almendra, situada al lado del ventrículo lateral en el lóbulo temporal. Se encarga del sentimiento y la expresión de las emociones, recuerdos emocionales y reconocimiento de las señales de emociones en otras personas. De la misma manera, nos hace reaccionar de manera rápida e instintiva ante situaciones de peligro (Pinel, 2011).

Núcleos basales: están conformados por un conjunto de núcleos subcorticales, situados en el prosencefalo por debajo de la porción anterior de los ventrículos laterales. Los ganglios basales se encargan del control de la postura y el movimiento voluntario (Carlson, 2014).

Cerebro racional

Es la parte del cerebro más evolucionada filogenéticamente, conocida como corteza cerebral. Está constituida por cuerpos celulares (materia gris) que rodean los dos hemisferios cerebrales, y controla los procesos sensoriales, motores, perceptivos y el funcionamiento intelectual consciente. La corteza cerebral se caracteriza por presentar pliegues o circunvoluciones (protuberancia entre surcos o cisuras adyacentes), surcos (pequeños canales), cisuras (canales grandes) (Bustamante, 2016).

Medula espinal: Se encuentra ubicada en el canal espinal (cavidad que atraviesa longitudinalmente la columna vertebral), y se extiende desde el hueso occipital hasta el final de la primera vértebra lumbar. Tiene dos funciones importantes: transmitir los impulsos que parten y llegan del encéfalo, y servir como centro de la actividad refleja. Mediante un corte transversal, se pueden identificar dos regiones: una masa interna en forma de H conocida como sustancia gris, compuesta por cuerpos de neuronas e interneuronas (capa

amielínica) y otra capa externa llamada sustancia blanca, formada por haces de axones y dendritas mielínicas. El color blanco de los haces se debe a la vaina de mielina de las fibras (Bustamante, 2016).

PROCEDIMIENTO

Tome la bandeja y sobre ella coloque los encéfalos de pez, ave y mamífero; observe cuidadosamente cada uno de ellos, compárelos en cuanto al tamaño, la superficie y estructuras presentes, y anote las diferencias.

Realice un corte longitudinal a los encéfalos separando los dos hemisferios, observe las estructuras internas, compare y establezca semejanzas y diferencias entre los hemisferios de cada muestra.

Tome los palillos y realice pequeñas banderolas con las siguientes partes: hemisferios derecho e izquierdo, lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital, cerebelo, protuberancia o puente, circunvoluciones y surcos. Señale cada parte del encéfalo utilizando las banderolas.

Compare internamente los dos cerebros de vertebrados y anote las diferencias. Realice un corte longitudinal del hemisferio izquierdo y observe los ventrículos cerebrales, realice un

corte transversal en el hemisferio derecho y observe la sustancia gris y la sustancia blanca en los cerebros.

PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS

1. Describa las principales subdivisiones y marcas distintivas anatómicas del encéfalo.
2. Defina qué es circunvolución y surco.
3. Describa la composición y ubicación de la materia gris y blanca en el encéfalo.
4. Explique cómo surgen las cinco vesículas secundarias del encéfalo a partir del tubo neural.
5. Mencione los tres componentes principales del diencefalo y describa sus ubicaciones y funciones.
6. ¿Cuál es la función del tálamo en la función sensitiva?
7. Liste seis funciones del hipotálamo.
8. ¿En qué parte del encéfalo se encuentra el sistema límbico?, ¿qué componente de este interviene en las emociones?, y ¿qué componente se relaciona con la memoria?

REFERENCIAS

- Bustamante, J. (2016). *Neuroanatomía funcional y clínica. Atlas del sistema nervioso central* (5.ª ed.). Editorial Médica Celsus.
- Carlson, N. (2014). *Fisiología de la conducta* (11.ª ed.). Pearson Educación.
- Pinel, J. (2011). *Biopsicología*. Pearson Educación.
- Ramos, R. (2011). *Guía básica en neurociencias*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias de la Salud.
- Redolar, D., Moreno, A., Soriano, C. y Vale, A. (2010). *Fundamentos de psicobiología*. Editorial Universitat Oberta de Catalunya.
- Saladin, K. S. (2013). *Anatomía y fisiología: la unidad entre forma y función*. McGraw-Hill Education.

GUÍA DE LABORATORIO DE BIOLOGÍA PARA PSICÓLOGOS N.º 3

CICLO CELULAR

OBJETIVO

- Reconocer las fases de la mitosis en células de raíz de cebollas.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Microscopio
- Placa calefactora
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Caja de Petri
- Papel absorbente
- Meristemos de raíces de cebolla
- Fijador Carnoy (100 ml) / HCL 10%
- Aceto-orceína

MARCO TEÓRICO

En los organismos pluricelulares, como el ser humano, que inician su vida con la fecundación y la formación posterior de una célula huevo o cigoto, la división celular mitótica es decisiva para el desarrollo y mantenimiento de los diversos tejidos, órganos y sistemas que lo forman (Rodríguez y Frías, 2014). La división celular también es necesaria en el cuerpo para reemplazar las células perdidas por desgaste, mal funcionamiento o por muerte celular programada.

Cabe resaltar que las nuevas células originadas por la mitosis son genéticamente idénticas

a la célula madre y para ello es necesario que se duplique el ADN, asegurando así la integridad del material genético y su segregación apropiada, evitando en lo posible la creación de células con múltiples errores, lo cual le permite al organismo permanecer en un constante equilibrio y así previene aquellos desórdenes que puedan perjudicar su salud (Rodríguez y Frías, 2014).

En este sentido, se puede decir que en organismos pluricelulares la división celular se convierte en un proceso cíclico destinado a la producción de múltiples células, todas idénticas entre sí, pero que posteriormente pueden diferenciarse y especializarse en diversas funciones dentro del individuo para realizar un trabajo específico (Sadava et al., 2012).

El ciclo celular se puede considerar como una sucesión de etapas por las que transcurre la vida de una célula desde su nacimiento, crecimiento y desarrollo, hasta la división en dos células hijas que comenzarán de nuevo el ciclo. Sin embargo, existen algunas excepciones con células que no se dividirán como, por ejemplo, las neuronas y otras que no nacen de una división celular, sino de un proceso de fusión de dos células; esto ocurre con la unión de dos gametos que dan origen a un cigoto, a partir del cual se forma un organismo por un proceso sucesivo de divisiones celulares (Megia et al., 2017).

El ciclo celular consta de dos fases principales: la interfase, que se divide en G1, S y G2, y la división celular, que puede ser mitosis o meiosis, las cuales se dividen en profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis, como se muestra en la figura 8.

Ciclo celular

FIGURA 8. Ciclo celular. Tomado del sitio web Diccionario Actual [consultado el 15 de mayo de 2019].

Existen dos tipos de células en los organismos pluricelulares: las células somáticas, que corresponden a las células del cuerpo y se reproducen por mitosis (proceso de división celular mediante el cual una célula madre se divide y da origen a dos células hijas con la misma dotación genética que su antecesor); y las células germinales, que dan origen a los gametos a través de un proceso de división celular conocido como meiosis, del cual resultan cuatro células haploides a partir de una diploide (Megia, Molist y Pombal, 2017).

ETAPAS DE LA INTERFASE

La interfase pasa por una serie de etapas denominadas G₁, S y G₂:

Fase G₁: es la primera en el ciclo celular, de mayor duración y la más variable. Se considera un periodo de actividad bioquímica intensa,

en el que la célula incrementa el material enzimático, sus organelos se replican, y otras moléculas y estructuras citoplasmáticas también aumentan en número; en consecuencia, la célula aumenta en tamaño (Nelson, 2012).

Fase G₀: las células en G₁ pueden detener su progresión en el ciclo y entrar en un estado de reposo especial, llamado G₀ (G cero), en el que pueden permanecer durante días, semanas o años antes de volver a proliferar y en ocasiones nunca más dividirse; por ejemplo, las fibras musculares esqueléticas y las neuronas no se dividen, pero sí renuevan sus organelas citoplasmáticas. El estado de G₀ es un estado de reposo o latencia y ausencia de crecimiento, en el cual el sistema de control no avanza a través de G₁, ya sea porque es incapaz o porque no lo necesita (Curtis et al., 2013).

Fase S: en esta fase, se duplica el ADN debido a que lleva la información genética de la célula;

antes de la mitosis deben generarse dos juegos o complementos de ADN idénticos para ser repartidos entre las dos células hijas. Estas dos dobles cadenas de ADN quedan unidas por el centrómero hasta la mitosis, recibiendo el nombre de cromátides hermanas (Curtis et al., 2013).

Fase G2: en esta fase, se sintetizan una serie de proteínas esenciales para la división celular.

FASES DE LA MITOSIS

La mitosis se divide en varias etapas por las que va pasando el ADN: hay compactación, forma de cromosoma, se organizan, se segregan y finalmente se descondensan para formar las células hijas (Gagnaten et al., 2015), como se muestra en la figura 9.

FIGURA 9. Mitosis. Tomado del sitio web Psicología y Mente [consultado el 15 de mayo de 2019].

Profase: la cromatina se condensa para formar cromosomas, el centriolo se divide en dos centriolos hijos, cada uno emigra a extremos opuestos de la célula, se forma el huso mitótico y desaparece la envoltura nuclear (Gideon, 2012).

Metáfase: los cromosomas, movidos por el huso mitótico, se colocan en el centro de la célula, alineados en el plano ecuatorial (Saladin, 2013).

Anafase: en este momento, se divide el centrómero y las dos cromátides se separan en dos cromosomas hijos y se desplazan cada uno hacia los polos opuestos del huso. Esto se debe a que las fibras del huso se empiezan a acortar y van tirando de las cromátides hermanas, por

lo que se produce la separación (Sadava et al., 2012).

Telofase: cada juego de cromosomas llega a los polos de la célula y adopta una estructura menos densa, posteriormente se forma la envoltura nuclear. Al finalizar esta fase, se produce la división del citoplasma o citocinesis (Saladin, 2013).

PROCEDIMIENTO

Obtención de raíces de cebolla: llenar un vaso de precipitados con agua y colocar un bulbo de cebolla sujeto con tres palillos, de manera que la parte inferior quede inmersa en el agua, durante 72 horas.

FIGURA 10. Raíces de cebollas. Foto digital. Elaboración propia.

Fijación del material biológico: corte las raíces de dos a tres bulbos, colóquelas en una caja de Petri y agregue solución fijadora de Carnoy durante veinticuatro horas.

Coloración de raíces: coloque las raíces fijadas en un vidrio de reloj con orceína acética y caliente por ocho minutos hasta que comience a salir vapor (no dejar hervir ni secar la preparación). Luego deje enfriar. Repita el procedimiento anterior tres veces más.

Coloque las raíces teñidas sobre un portaobjetos: corte la punta de crecimiento

aproximadamente 3 mm del extremo de cada raíz y elimine el resto.

Agregue unas gotas de orceína sobre las puntas coloreadas: coloque encima un cubreobjetos y presione suavemente hasta conseguir a extensión del tejido meristemático. La preparación tendrá el aspecto de una dispersión de células en diferentes estadios de división celular. Podrán verse los cromosomas coloreados por la orceína de color morado.

Observe al microscopio: primero, observe con el objetivo de menor aumento y ubique el material. Luego observe con el objetivo de mayor aumento e identifique cuidadosamente cada una de las fases de la mitosis; a medida que las vaya identificando, esquematice sus observaciones.

Nota: si no se cuenta con el reactivo de Carnoy, se puede dejar en HCL 10% por diez minutos, luego lavar tres veces y agregar la orceína.

PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS

1. ¿Qué factores podrían alterar el ciclo reproductivo de la célula?
2. Explique la importancia de la fase S del ciclo celular.
3. Explique la importancia de la reproducción celular
4. Explique la importancia de la mitosis para los seres vivos.

REFERENCIAS

- Curtis, H., Barnes, N., Schnerk, A. y Massaini, A. (2013). *Biología*. Editorial Médica Panamericana.
- Gagnaten, A., Imhot, A., Marinin, M., Zabala, J., Amavet, P., Ravera, L. y Ojea, N. (2015). *Biología conceptos básicos*. Universidad Nacional del Litoral .
- Gideon, N. (2012). *Principios de biología: enfoque humano*. Editorial Limosa.
- Megia, M., Molist, P. y Pombal, M. (2017). *Atlas de histología animal y vegetal*. Universidad de Vigo.
- Nelson, G. (2012). *Principios de biología: enfoque humano* (2.a ed.). Limusa Wiley.
- Rodríguez Gómez, A. y Frías Vásquez, S. (2014). La mitosis y su regulación. *Acta Pediátrica de México*, 55(1), 55-86.
- Sadava, D., Heller, C., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2012). *Vida: la ciencia de la biología*. Editorial Médica Panamericana.
- Saladin, K. S. (2013). *Anatomía y fisiología: la unidad entre forma y función*. McGraw-Hill Education.