

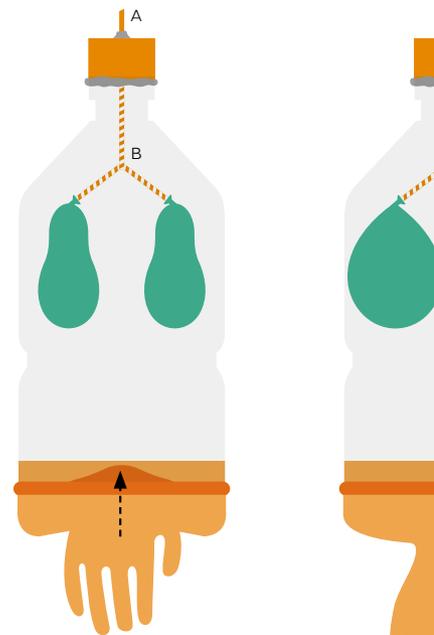
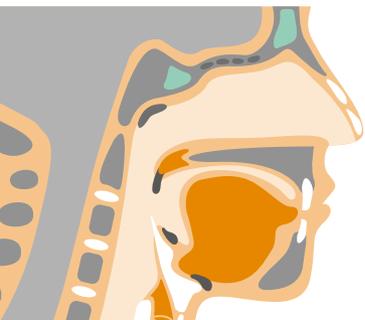
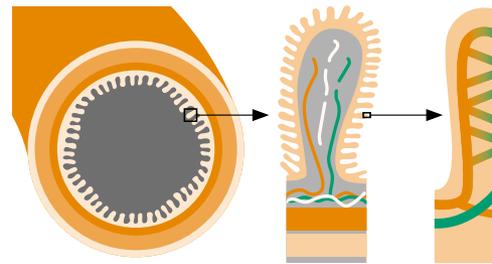
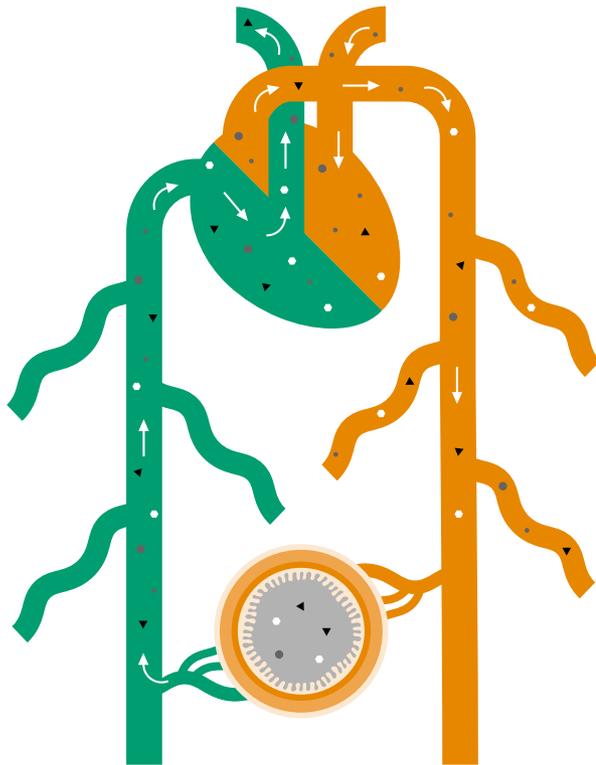
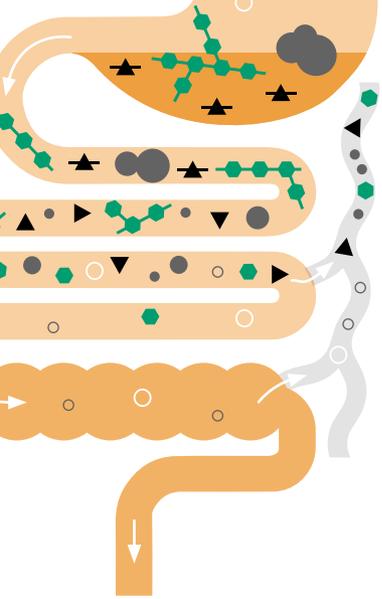
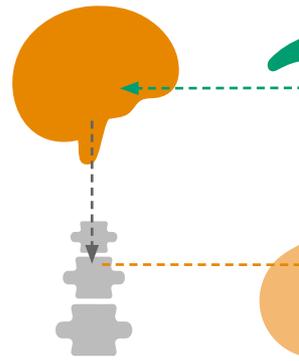
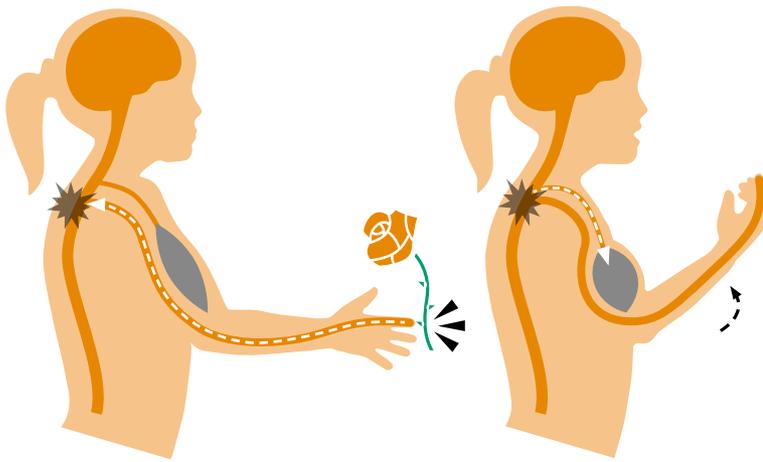
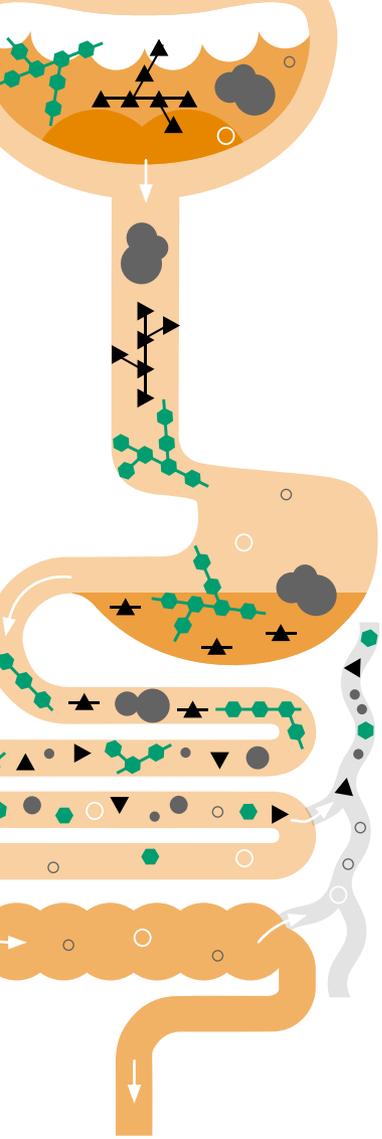
Investigamos cómo funciona el cuerpo humano

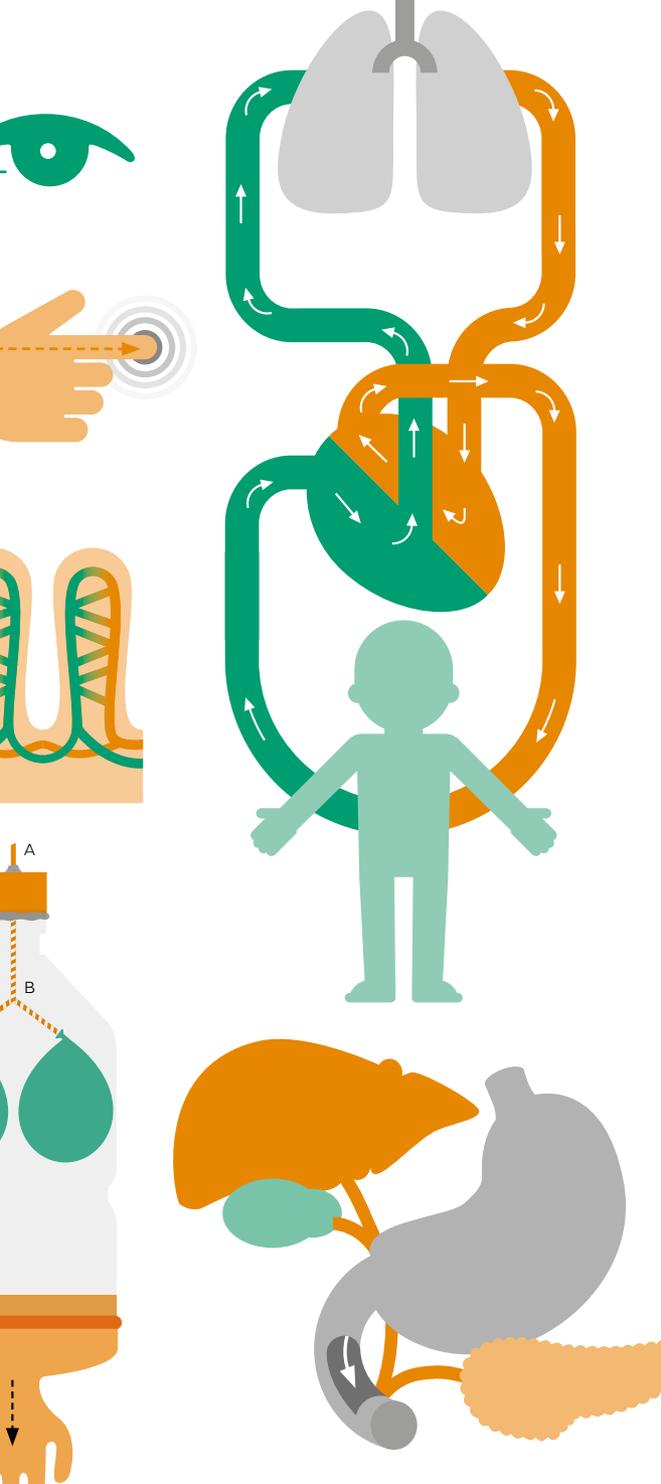
Arnau Amat, Jordi Martí i Irma Darné



Investigamos cómo funciona el cuerpo humano

Arnau Amat, Jordi Martí i Irma Darné





Presentación

“Pequeños talentos científicos” es un programa de actualización científica que quiere fomentar la experimentación, la indagación y el descubrimiento en el aprendizaje de las ciencias por parte del alumnado de educación infantil y primaria.

El objetivo es proporcionar a los centros educativos una serie de recursos y orientaciones que permitan a los maestros implementar metodologías más participativas y creativas en el aula, y que permitan al alumnado realizar pequeños trabajos de investigación.

El programa “Pequeños talentos científicos” se inició en el curso 2013-2014. A partir del curso 2015-2016, los contenidos se han ido focalizando cada año en un área temática concreta: primero fue la materia, ahora el cuerpo humano, y continuaremos con los fenómenos astronómicos y los seres vivos, entre otros.

En este libro se reúnen los contenidos y las propuestas de trabajo práctico en torno al funcionamiento del cuerpo humano. Los maestros de primaria encontrarán orientaciones didácticas para trabajar esta temática: desde un planteamiento general sobre cómo deben abordar los alumnos la investigación del propio cuerpo, hasta propuestas concretas de trabajo para una serie de sistemas específicos (los nutrientes, la respiración, la información). Se abordan los contenidos científicos que hay que conocer, las ideas previas que los alumnos suelen tener, las actividades que se proponen y cómo sacar todo el provecho pedagógico.

“Pequeños talentos científicos” está organizado conjuntamente por el Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación y EduCaixa de la Obra Social “la Caixa”.

Esperamos que este material sea de utilidad para la comunidad educativa.

Introducción

Esta publicación es la recopilación de los contenidos, experimentos y actividades que se han trabajado en la cuarta edición del curso para maestros de ciclo medio y superior de educación primaria que forma parte del programa Pequeños talentos científicos, coorganizado por el Instituto de Educación del Ayuntamiento de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación y EduCaixa de la Obra Social “la Caixa”. A lo largo del curso 2016-17, el programa se ha centrado en ayudar al profesorado a desarrollar proyectos de investigación con su alumnado sobre el funcionamiento del cuerpo humano, uno de los bloques curriculares básicos del conocimiento del medio natural de primaria.

De este modo, el material ha sido estructurado en dos grandes bloques. En primer lugar, se presenta el enfoque metodológico del libro que se basa en promover una investigación auténtica, como la que hacen los científicos, para profundizar en el conocimiento de la cultura científica con el alumnado de primaria. En segundo lugar, se concreta la metodología que se ha presentado en tres temas clave del cuerpo humano que hemos estructurado en tres partes: el camino que hacen los nutrientes, el camino que siguen los gases y el camino que hace la información, dentro del cuerpo humano.

Al mismo tiempo, cada uno de los tres caminos se ha estructurado en cuatro partes. En primer lugar, se proporciona la información anatómica y fisiológica necesaria para que el profesorado pueda trabajar este tema en primaria. En segundo lugar, se describen las principales ideas intuitivas que tiene el alumnado sobre el funcionamiento de cada uno de los caminos que se tratan. En tercer lugar, se presentan las ideas básicas que desde nuestro punto de vista hay que trabajar con las niñas y los niños de primaria. Y, finalmente, se proponen cuatro actividades para cada uno de los caminos.

Las actividades son una selección de todas las que se presentaron a lo largo del curso 2016/2017 en el programa Pequeños talentos científicos y están destinadas a ayudar al profesorado para que las niñas y los niños de primaria puedan cambiar sus ideas y construir un modelo mental sobre cómo funciona el cuerpo humano más coherente con lo que dice la ciencia. Por este motivo no se presentan los experimentos como una receta, sino que se acompañan de una descripción detallada de cómo guiar al alumnado a lo largo de la investigación.

Para terminar, solo queremos destacar que hemos procurado ser lo más rigurosos posible para que esta guía sea de utilidad para aquel profesorado de primaria que quiera innovar en el campo de la educación científica. Por este motivo, la mayor parte del conocimiento y de las experiencias propuestas son fruto de los trabajos de asesoramiento y de formación permanente que estamos realizando en muchas escuelas de primaria y de la investigación en didáctica de las ciencias que llevamos a cabo desde el grupo de investigación Conocimiento y Didáctica de la Universidad de Vic - Universidad Central de Cataluña.

Investigar para comprender el funcionamiento del cuerpo humano

Hacia una manera auténtica de investigar el cuerpo humano

Aprender cómo está hecho el cuerpo humano y, sobre todo, cómo funciona es, sin duda, un reto importante. Lo ha sido para los científicos que a lo largo de dos mil años, desde Galeno hasta la actualidad, han investigado la anatomía y la fisiología humanas, pero también lo es para los niños y las niñas en la educación primaria.

Uno de los primeros retos es metodológico, ya que para cualquier maestro es muy difícil generar en su aula un contexto de investigación auténtica como la que hacen los científicos. Como ya hemos defendido en otras ocasiones (Martí 2012; Amat, Martí i Grau, 2016), nuestro punto de vista es que el alumnado de primaria tiene que estar involucrado en procesos de investigación en los que se pueda hacer preguntas, obtener y analizar datos reales y construir modelos que puedan ser utilizados para construir explicaciones y predicciones, tal como hacen los científicos cuando investigan.

La finalidad de la ciencia es investigar para comprender los fenómenos naturales del mundo. Para construir conocimiento, los científicos trabajan en dos grandes ámbitos: el ámbito de los datos y los hechos y el ámbito de los modelos y las explicaciones. El ámbito de los datos y los hechos tiene que ver con las actividades que realizan los científicos cuando experimentan con el mundo real, es decir, cómo los científicos obtienen datos a través de la observación y los analizan para establecer unas conclusiones. Por otra parte, el ámbito de los modelos y las explicaciones trata de las actividades que llevan a cabo los científicos cuando utilizan las ideas para comprender el mundo real, es decir, cómo construyen modelos a través de los cuales elaboran explicaciones.

En este sentido, uno de los retos más importantes en la investigación del cuerpo humano es la dificultad para poder obtener datos observables, lo cual obliga a centrarse necesariamente en la construcción y el uso de modelos que permitan explicar cómo funciona el cuerpo humano. Con todo, esta forma de enfocar la enseñanza del cuerpo humano a partir de la modelización está todavía alejada de la realidad de las aulas. Algunos docentes, aunque cada vez menos, apuestan por las sesiones expositivas en las que el alumnado adopta un rol muy pasivo y escucha las explicaciones del maestro o lleva a cabo experimentos puntuales para demostrar hechos concretos. Otros prefieren realizar una investigación centrada en la búsqueda de información. En este sentido, las niñas y los niños se plantean preguntas, suelen buscar la respuesta en libros o internet y muy a menudo acaban haciendo un trabajo escrito en el que se da la respuesta a la pregunta inicial. Aunque estemos de acuerdo en que una competencia importante que se debe trabajar es la busca y la selección de la información procedente de diversas fuentes, como internet o libros de texto, es necesario tener en cuenta que basar el aprendizaje de las ciencias en solo estas habilidades provoca perder oportunidades para que las niñas y los niños de primaria puedan participar en propuestas de investigación auténtica como la que planteamos. Además, estas metodologías provocan que demos una imagen de ciencia casi idéntica a la que se da en las clases magistrales: la ciencia es un cuerpo de conocimientos verdaderos e inamovibles que solo se deben aprender de memoria para reproducirlos posteriormente.

Hacia un enfoque que permita comprender el funcionamiento del cuerpo humano

Otro reto surge al plantearnos cómo los niños construyen el conocimiento científico. Los procesos espontá-

neos de construcción del conocimiento por parte de las niñas y los niños más pequeños están muy basados en la percepción y la experiencia directa con los fenómenos, y eso hace que sea muy difícil poder explicar y comprender el funcionamiento del cuerpo humano, del que tenemos muy pocas experiencias directas. Por eso, los maestros no debemos encontrar extraño que las niñas y los niños tengan un conocimiento anatómico muy superficial, como expondremos más adelante de forma más concreta. Por otra parte, tampoco tenemos que preocuparnos si los niños y las niñas basan a menudo sus razonamientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano en la antropomorfización o hacen uso de sus conocimientos y experiencias con los fenómenos físicos de su entorno para aplicarlos a los fenómenos biológicos estudiados. Más bien, los maestros deberíamos entender que estas dos estrategias ponen claramente de manifiesto la voluntad por parte de los niños y las niñas de usar los recursos cognitivos que inicialmente tienen disponibles, y eso lo tenemos que considerar un aspecto muy valioso porque desde estos conocimientos y razonamientos incipientes es desde donde tendremos que ayudar al alumnado a construir nuevo conocimiento biológico.

De entrada, por lo tanto, el profesorado ya podemos suponer que todo el conocimiento anatómico y fisiológico que vaya más allá de la experiencia directa (p. ej.: la digestión química, la absorción de los nutrientes, la circulación de la sangre, el transporte de oxígeno en la sangre, la transmisión de información en el sistema nervioso, etcétera), se desarrollará con dificultades y, por lo tanto, harán falta periodos de tiempo amplios en los que será necesario no solo investigar el cuerpo humano, sino interrelacionar estas investigaciones con otras relacionadas con la estructura de la materia, los cambios químicos, etcétera, al mismo tiempo que vamos ayudando a los niños y las niñas a centrarse en la

investigación de causas mecánicas (y no funcionales o intencionales) en los diferentes procesos biológicos que se investiguen. Hacemos todas estas reflexiones para subrayar que es muy fácil que los maestros y las maestras subestimemos las dificultades reales que el alumnado tiene cuando se enfrenta a la comprensión de la composición y el funcionamiento del cuerpo humano.

De pequeños, los niños y las niñas tienen capacidad para construir explicaciones sobre el funcionamiento del cuerpo humano en términos de causalidad mecánica a través de la construcción de analogías

Muchos investigadores han considerado que el cambio conceptual es un elemento imprescindible para el desarrollo de la comprensión biológica. En esta línea, algunos autores defienden que las niñas y los niños desarrollan, en primer lugar, su conocimiento psicológico, y usan este conocimiento para explicar el funcionamiento del cuerpo humano (Carey, 1985). Esto se demostraría en el hecho de que muy a menudo las niñas y los niños no apelan a causas mecánicas para explicar el funcionamiento del cuerpo humano, sino que explican algunas funciones vitales, como la nutrición o la relación, en términos psicológicos o sociales (por ejemplo: “como para seguir vivo, tener salud y poder jugar, como para tener energía y hacer deporte, que es lo que me gusta”, “como para crecer y hacerme mayor como mis padres”, “tengo ojos para ver las cosas”), contrariamente a las causas puramente fisiológicas o mecánicas, que es el modo en que la biología y la medicina explican el funcionamiento de los seres vivos y el cuerpo humano. Según estos autores, el conocimiento biológico en la edad infantil se desarrolla progresivamente fruto de la enseñanza explícita sobre el cuerpo humano que se produce básicamente, aunque no solo, en el entorno escolar.

Esta visión del desarrollo del conocimiento biológico en la edad infantil coexiste con otra posición según la cual las niñas y los niños no pasan primero por una etapa en la que explican psicológicamente los procesos biológicos, sino que defiende que las niñas y los niños tienen ya desde muy pequeños un embrión de conocimiento puramente biológico, aunque no posean un conocimiento concreto de la mayoría de los mecanismos biológicos que hay detrás de la mayor parte de procesos vitales (Inagaki & Hatano, 2002). Según estos autores, los niños y las niñas, desde muy pequeños, distinguirían de forma bastante clara los procesos psicológicos de los biológicos, aunque esta distinción sea tácita y les cueste mucho articularla de manera explícita. Esta posición entronca con la de otros investigadores que han mostrado la capacidad que tienen los niños y las niñas, desde pequeños, de construir explicaciones sobre el funcionamiento del cuerpo humano en términos de causalidad mecánica (Au & Romo, 1999), capacidad que, como ya se ha dicho anteriormente, deriva del hecho de que las niñas y los niños adquieren muy rápidamente conocimientos sobre cómo se comportan los objetos y las sustancias en términos mecánicos, lo que les permite aplicar este conocimiento a los procesos biológicos a través de la construcción de analogías. Así pues, antes de que las niñas y los niños comprendan los mecanismos propiamente biológicos, los pueden explicar aplicando su conocimiento intuitivo sobre el comportamiento mecánico de los objetos. Eso explicaría, por ejemplo, que a la mayoría del alumnado le resulta fácil considerar plausible y comprender el proceso de digestión mecánica de los alimentos y, por el contrario, le es difícil entender la digestión química o la absorción intestinal de los nutrientes.

En resumen, comprender la anatomía y el funcionamiento del cuerpo humano no es simplemente un pro-

blema de incorporar información nueva, sino que supone un proceso más complejo de cambio conceptual en el que los niños y las niñas tendrán que revisar sus modelos y representaciones mentales sobre el cuerpo y, además, deberán aprender a explicar los procesos biológicos apelando a causas físicas y biológicas, superando así la causalidad intencional que usan habitualmente de una forma más espontánea.

Hacia una comprensión fisiológica del cuerpo humano

Con todo, tradicionalmente la manera de trabajar el cuerpo humano en la escuela se ha centrado en el aprendizaje de la anatomía y en la acumulación de nueva información. Solo hace falta mirar la mayoría de libros de texto o muchas de las propuestas educativas disponibles en la red para ver como el estudio se focaliza en el aprendizaje memorístico de los órganos, aparatos y sistemas. La forma de evaluar estos contenidos son las típicas siluetas del cuerpo humano acompañadas de unas flechas para que los niños escriban los nombres de cada una de las partes.

Esta manera de enseñar y de evaluar los conocimientos se focaliza solamente en la importancia del reconocimiento de las partes anatómicas y sobreentiende que la suma del conocimiento de cada una de las partes nos llevará a la comprensión del funcionamiento de todo el conjunto. Estudios recientes en didáctica (como por ejemplo Carvalho, Silva, Nelson y otros, 2004) muestran como esta forma de hacer ciencia no es eficaz para conseguir que niños y adolescentes acaben comprendiendo cómo funciona el cuerpo humano, ya que provoca una visión parcelada y no integrada, pero tampoco es eficaz para que los alumnos acaben comprendiendo cómo los científicos investigan.

El punto de vista fisiológico que presentamos en este libro permite construir modelos complejos, en los que interaccionan aparatos y sistemas entre sí, y hace posible construir explicaciones que respondan a buenas preguntas

Por el contrario, la propuesta que presentamos en esta publicación pone el foco en la fisiología, es decir, en el funcionamiento de los órganos, aparatos y sistemas que forman el cuerpo humano. Tal como indica el currículum oficial, entendemos que los niños y las niñas al final de la etapa de primaria tendrían que ser capaces de dar explicaciones básicas sobre cómo funciona el cuerpo humano y relacionarlo con los aspectos más importantes de educación para la salud.

Además, el punto de vista fisiológico permite construir modelos complejos, en los que interaccionan aparatos y sistemas entre sí, para construir explicaciones que respondan a buenas preguntas (Márquez, Roca, Gómez y otros, 2004). Algunos de los ejemplos de las preguntas de este estilo que aparecieron a lo largo del curso de Pequeños talentos científicos fueron: ¿Cómo es que sudamos y nos ponemos colorados cuando hacemos deporte? ¿Por qué nos cansamos y tenemos que respirar más fuerte cuando hacemos deporte? ¿Cómo es que tenemos cosquillas en algunas zonas del cuerpo y en otras no? ¿Por qué tenemos que comer para crecer? Estas preguntas son precisamente las que tienen que servir para enmarcar y como motor de la investigación, ya que son preguntas más enfocadas en cómo funciona el cuerpo humano que no en la anatomía. Aunque en este libro solo nos vamos a centrar en dos de las funciones vitales, es importante que a lo largo de la primaria se ponga el énfasis en el estudio del cuerpo humano en las tres funciones vitales comunes en todos los seres vivos:

- La función de nutrición, que tiene que ver con el modo en que el ser humano incorpora sustancias del exterior hacia el interior y cómo las reparte por todo el cuerpo con el objetivo de construir nuevas estructuras y obtener la energía necesaria para sobrevivir. Además, esta función también está relacionada con cómo se eliminan las sustancias de rechazo que nuestro propio cuerpo genera. Los aparatos y sistemas que están implicados son muchos más que el aparato digestivo, ya que necesitamos el sistema nervioso para detectar y notar sensorialmente la comida, el aparato circulatorio para repartir los nutrientes por todo el cuerpo, el aparato respiratorio para captar los gases y el aparato excretor para eliminar las sustancias de rechazo.
- La función de relación, que concierne al modo en cómo el ser humano incorpora información del ambiente, en cómo gestiona esta información y en cómo elabora la respuesta. En este sentido, no solo el sistema nervioso está implicado, ya que también son necesarios el aparato locomotor y el endocrino para elaborar la respuesta.
- La función de reproducción, que está relacionada con el modo como los seres humanos generamos nuevos seres humanos para perpetuar la especie y como los seres humanos combinamos nuestra información genética para pasarla a la descendencia. En este sentido, los aparatos implicados son el aparato reproductor femenino y masculino.

Hacia el uso de representaciones para construir explicaciones

Trabajar a través de un enfoque fisiológico comporta que el objetivo sea que el alumnado construya explica-

ciones en que ponga en juego la interacción de diversos órganos, aparatos y sistemas. Tal como han reflexionado varios autores (Ogborn y otros, 1998), la estructura de las explicaciones científicas es muy similar a una narración. Por una parte, las explicaciones científicas tienen muchos elementos que interactúan unos con otros, que serían como los protagonistas de una historia, y cada uno puede hacer unas cosas determinadas. Por la otra parte, las interacciones de estos elementos tienen lugar cronológicamente, es decir, se desarrollan siguiendo un inicio, un nudo y un desenlace.

El objetivo es que el alumnado pueda construir una explicación de forma narrativa tan completa como sea posible con la ayuda del docente sobre algún fenómeno vinculado al funcionamiento del cuerpo humano. De esta manera, en una explicación sobre el cuerpo humano, los órganos, sistemas y aparatos interactuarán como personajes de una historia, con unas capacidades determinadas que les permiten realizar ciertas acciones. Así, por ejemplo, los dientes tienen la capacidad de desmenuzar la comida en trozos pequeños, pero no de romper las cadenas de nutrientes; el estómago, con sus jugos gástricos, es capaz de romper las cadenas de algunos nutrientes; el intestino delgado puede absorber nutrientes, pero no el agua, a la inversa que el intestino grueso.

Un elemento clave para que el alumnado pueda construir estas explicaciones son las representaciones. Más concretamente, el uso de maquetas y dibujos tiene que servir para ir ayudando a los niños y las niñas a imaginarse cómo es este cuerpo humano por dentro y cómo las diferentes estructuras interactúan entre ellas. Además, las maquetas y los dibujos son la expresión física de nuestras representaciones mentales y, por lo tanto, en el momento en que las expresamos física-

mente podemos compartirlas, discutir las y ponerlas a prueba con otras personas.

Cabe destacar que con el uso de maquetas no se pretende construir imágenes que sean réplicas exactas de los libros de texto o de los modelos que se encuentran a veces en consultas de médicos o laboratorios. Al contrario, lo que se pretende es que a través de los materiales que el alumnado tiene a su alcance para construir la maqueta pueda hacer analogías que faciliten la discusión y el razonamiento sobre las funciones de las diferentes estructuras internas y cómo se relacionan las unas con las otras. De este modo, no es tan importante construir un intestino que realmente parezca un intestino, sino buscar una analogía que sirva para explicar qué función tiene el intestino.

Cuando jugamos con maquetas y modelos que representan el mundo que queremos comprender, siempre debemos tener en cuenta que la maqueta nunca puede capturar del todo lo que queremos representar. De la misma manera que es imposible que un mapa pueda representar por completo todos los accidentes geográficos de un lugar, el modelo que construimos no representa toda la realidad. Por lo tanto, toda representación tiene unas limitaciones y es importante que hagamos notar a los niños y las niñas las limitaciones de nuestro modelo.

De la teoría a la práctica

A lo largo del curso 2016-17 del programa Pequeños talentos científicos que titulamos “El funcionamiento del cuerpo humano” se realizaron más de una veintena de actividades con el objetivo de que el alumnado de primaria fuera capaz de construir estas explicaciones narrativas a partir de modelos complejos. En esta pu-

blicación, se presentan doce de estas actividades que hemos agrupado temáticamente en tres caminos, que son los procesos internos que siguen algunos elementos cuando entran en el cuerpo humano. Los dos primeros hacen referencia al estudio de la función de nutrición, y el tercero, a la función de relación.

- **El camino de los nutrientes** forma parte de la función de nutrición y tiene que ayudar a generar explicaciones de forma narrativa que permitan comprender cómo los alimentos son digeridos, absorbidos y transportados por todo el cuerpo y cómo son eliminadas las sustancias de rechazo.

- **El camino de los gases** forma parte también de la función de nutrición y debe ayudar a generar explicaciones de forma narrativa que permitan comprender cómo los gases son inspirados y transportados por todo el cuerpo, y cómo el cuerpo se deshace de los gases de rechazo.

- **El camino de la información** forma parte de la función de relación y tiene que ayudar a generar explicaciones de forma narrativa que permitan comprender cómo el cuerpo humano capta información del exterior a través de los sentidos, cómo el sistema nervioso central procesa esta información y cómo el organismo da una respuesta.

Para cada camino se han escrito tres apartados con información teórica que creemos que es necesaria para que el profesorado pueda llevar a cabo las actividades con sus alumnos. Por una parte, la información fisiológica y anatómica de los órganos, aparatos y sistemas que participan en cada uno de los caminos. Por la otra parte, una recopilación de las ideas intuitivas que tiene el alumnado sobre cada una de las partes del funcionamiento del cuerpo humano. A continuación, se pre-

sentan aquellas ideas más relevantes que hay que trabajar sobre cada uno de los caminos con alumnado de primaria. Estas ideas son una concreción de lo que está descrito en el currículum oficial.

En relación con las actividades de aula, la primera actividad que se describe en cada camino siempre es una actividad para explorar las ideas del alumnado. Entendemos que la construcción de conocimiento científico en la escuela tiene que partir de cómo las niñas y los niños conciben el funcionamiento de lo que los rodea. Por lo tanto, el objetivo de estas primeras actividades siempre es que los niños y las niñas puedan hacer explícitos sus modelos mentales, para que posteriormente el profesorado pueda evidenciar –a través de preguntas, conversaciones y experimentación– las incoherencias de lo que han expresado, para hacer evolucionar su forma de explicar.

Finalmente, las actividades de cada uno de los caminos se presentan siempre siguiendo la misma estructura:

- a. Una **lista de material**, siempre pensada basándose en el hecho de que el alumnado está organizado en grupos cooperativos de cuatro personas.

- b. **Ideas científicas**, en donde se concretan las ideas clave sobre cada uno de los caminos que se ponen en juego en cada actividad. Además, también se describen y se justifican las ideas de los niños más relevantes y cómo las suelen usar cuando realizan la actividad. Finalmente, se presenta la explicación científica de la actividad que se está trabajando.

- c. **Descripción de la actividad y orientaciones didácticas**, en que se describen las estrategias metodológicas para trabajar en el aula.

El camino de los nutrientes: cuando el problema es cómo utilizamos los nutrientes para sobrevivir



Figura 1. Esquema del camino de los nutrientes, donde se explicita cómo los nutrientes entran, se procesan y son usados para obtener nuevas estructuras y energía.

El camino de los nutrientes describe cómo los alimentos entran, se procesan y son usados por el cuerpo humano. Por lo tanto, la construcción de este camino tiene que servir para responder a todas aquellas preguntas que tienen que ver con la alimentación y con cómo los alimentos se transforman en nutrientes que nos ayudan a crecer, a reparar estructuras o a tener energía suficiente para realizar las funciones vitales. Los centros educativos que han participado en el programa Pequeños talentos científicos han utilizado este camino para responder a algunas preguntas, como: ¿Por qué cuando como crezco? ¿Por qué los deportistas tienen que controlar lo que comen?

Para dar respuesta a todas estas preguntas necesita-

mos trabajar de forma integrada varios aparatos y sistemas, y por eso la secuencia didáctica del camino de los nutrientes pretende ayudar a las niñas y los niños a construir un modelo de cuerpo humano que les permita generar explicaciones que impliquen diversos órganos, aparatos y sistemas.

Entender el camino de los nutrientes desde el punto de vista del modelo integrado del cuerpo humano

Diferenciar alimentos y nutrientes

Si tuviéramos que explicar la función de nutrición en pocas palabras, podríamos decir que consiste en cómo hacer llegar a todas las células de nuestro cuerpo aque-

llas sustancias externas necesarias para que puedan hacer todo lo necesario para sobrevivir. Las células son la parte viva más pequeña del organismo y se encuentran en todos los tejidos del cuerpo como, por ejemplo el músculo, el hígado, la piel, los pulmones o el cerebro.

Una de las ideas centrales en relación con el conocimiento científico que se trabaja a partir del ciclo medio de primaria es que el mundo que nos rodea está hecho por unidades más pequeñas que no son visibles a simple vista. Estas unidades, además, tienen unas propiedades y actúan de una forma diferente a las estructuras que sí podemos observar. De este modo, es importante empezar a trabajar que los objetos y materiales que nos rodean están hechos de partículas y que todos los seres vivos estamos formados por células.

En este sentido, hay que hacer notar que los alimentos que comemos en nuestro día a día no son homogéneos y están compuestos de varias sustancias que denominamos nutrientes. Los nutrientes básicos son los glúcidos o hidratos de carbono, que incluyen los azúcares, que principalmente son las sustancias de las que obtenemos energía; los lípidos o grasas, que fundamentalmente son sustancias que actúan como reserva energética, y las proteínas, que son la base para construir muchas estructuras del cuerpo humano, como la piel, el pelo o la musculatura. Los nutrientes básicos, tanto si son glúcidos, lípidos o proteínas, se encuentran en los alimentos y son moléculas formadas por largas cadenas de unidades más pequeñas. Aparte de estos nutrientes hay otros, como el agua, las vitaminas o los minerales, como el calcio.

Las células que forman todos los tejidos del cuerpo no pueden utilizar las largas cadenas de glúcidos, proteínas o grasas, y solamente pueden asimilar y procesar

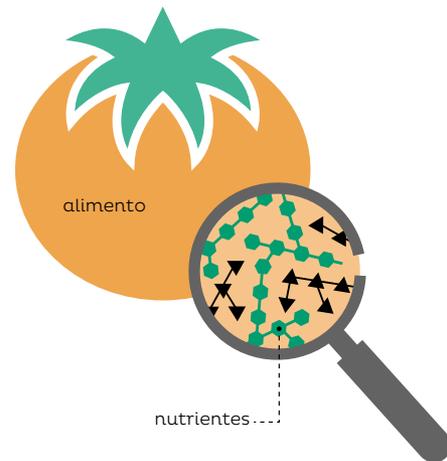


Figura 2. Los alimentos no son homogéneos, sino que están hechos de diversas sustancias a las que llamamos *nutrientes*. Los nutrientes están formados por cadenas de unidades más pequeñas. Las células del cuerpo solo pueden absorber y procesar estas unidades individuales.

las unidades que forman estas cadenas. Por eso, el cuerpo posee una serie de estructuras internas para romper estas cadenas en sus unidades más pequeñas, absorberlas, transportarlas y procesarlas. Esta serie de acciones ordenadas es lo que hemos denominado el *camino de los nutrientes* y lo hemos estructurado en cuatro etapas:

- La primera es la **digestión**, en la que las cadenas de nutrientes que existen en los alimentos se rompen en sus unidades más fundamentales para poder ser absorbidas y llegar a la sangre.
- La segunda etapa es la **absorción** de dichas unidades desde los intestinos para pasarlas al torrente sanguíneo.

- La tercera etapa es el transporte de estas unidades fundamentales a través de la sangre hacia las células que forman los diversos tejidos.
- La cuarta etapa es la eliminación al exterior del cuerpo de las sustancias de rechazo que se generan en las células de todos los tejidos, debido a su actividad vital.

Primera etapa: la digestión de los alimentos

Romper estas largas cadenas de nutrientes que se encuentran en los alimentos para, posteriormente, poder absorberlos es el objetivo básico de la primera parte del camino de los nutrientes. La parte del cuerpo que lleva a cabo esta rotura es el primer tramo del aparato digestivo, desde la boca hasta el intestino delgado.

Los dientes son los encargados de desmenuzar estos alimentos en trozos pequeños. En la boca hay cuatro tipos de dientes y cada uno de ellos se encarga de una función concreta:

los incisivos, que son las piezas más frontales y planas, tienen la función de cortar;
 los caninos, que son las piezas puntiagudas, tienen la función de rasgar;
 los premolares y los molares, que son las piezas que se encuentran a continuación, tienen la función de moler la comida.

Una boca adulta, a la que no le falte ningún diente, consta de 32 piezas, 16 en cada una de las dos mandíbulas (4 incisivos, 2 caninos, 4 premolares y 6 molares para cada mandíbula). La dentadura infantil está formada solo por 20 piezas, 10 por cada mandíbula (4 incisivos, 2 caninos y 4 molares). Gracias a la acción de la lengua y al movimiento mandibular, los alimentos que se van

trituyendo se desplazan desde la parte frontal hasta la parte más interna de la boca. Las glándulas salivales situadas debajo de la lengua generan saliva que va impregnando todos los fragmentos de alimentos.

Todas las acciones que se desarrollan en la boca tienen como objetivo desmenuzar los alimentos en trocitos más pequeños, para que tengan un tamaño suficientemente pequeño para poder pasar por el esófago y poder ser digeridos más fácilmente por los jugos gástricos del estómago. La acción de la saliva, además, es el primer paso de la digestión química, ya que la saliva contiene una enzima que ayuda a hacer que el almidón, un glúcido presente en algunos alimentos, se rompa en las unidades que lo forman.

A medida que se deglute, los trozos de alimento van a parar al esófago. El esófago es un tubo elástico y musculoso que conecta la laringe y el estómago. Los músculos que rodean al esófago ayudan a que los trocitos de alimento sean empujados hacia el estómago. De hecho, estos músculos permiten que se pueda comer medio tumbado o sin estar totalmente incorporado. La elasticidad del tubo evita posibles obturaciones de alimentos de tamaño considerable mientras bajan hasta el estómago.

Cuando los trocitos de los alimentos salen del esófago llegan al estómago, una bolsa musculosa llena de ácido que ayuda a romper las largas cadenas de proteínas. Para evitar que los ácidos salgan y vayan al esófago existe una válvula, el cardias, que se abre y se cierra para dejar pasar los pedazos de alimento sólido y ensalivado hacia el estómago. Durante la digestión, el alimento sólido permanece en el estómago unas cuantas horas, donde van mezclándose e impregnándose de jugos gástricos.

Los responsables últimos de la rotura de las cadenas de nutrientes son los jugos gástricos, unas enzimas digestivas que son liberadas por las células de las paredes del estómago. Cabe destacar que las enzimas digestivas del estómago se encargan únicamente de la rotura de las cadenas de proteínas, pero no de la mayoría de glúcidos y lípidos, que se rompen justo al principio del intestino delgado.

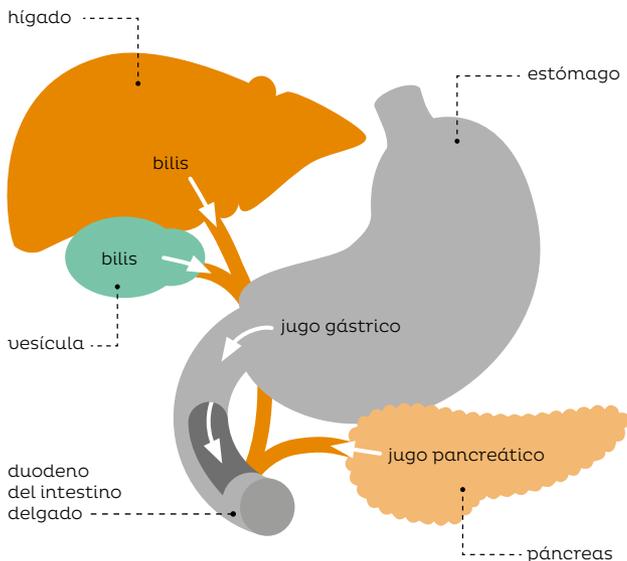


Figura 3. El hígado y el páncreas no actúan directamente sobre los nutrientes y los alimentos. El páncreas, anatómicamente, está colocado justo debajo del estómago y el hígado queda por encima. Ambos órganos producen enzimas digestivas que se vierten en la primera parte del intestino delgado.

El intestino delgado es un tubo muy largo que se encuentra a continuación del estómago. Entre el estómago y el intestino delgado hay otra válvula, el píloro, que va dejando pasar los nutrientes una vez están digeridos. Aunque la función central del intestino delgado es la absorción de los nutrientes, aquí también se desarrolla parte de la digestión.

En el primer tramo del intestino delgado se vierten las enzimas digestivas del páncreas, el jugo pancreático, y del hígado, la bilis. A diferencia de todos los demás que se han descrito, estos dos órganos no intervienen directamente sobre los nutrientes y los alimentos. Anatómicamente se sitúan al lado del estómago, pero fuera del tubo digestivo. Las enzimas que producen el hígado y el páncreas llegan al intestino delgado a través de unos conductos y son los responsables principales de romper las cadenas de lípidos que hay en los alimentos. A lo largo del intestino delgado también hay un alto contenido de enzimas digestivas que son las responsables de cortar las cadenas de glúcidos.

Por lo tanto, en este punto del tubo digestivo, las largas cadenas de glúcidos, proteínas y lípidos que estaban en los alimentos ya están totalmente rotas y preparadas para ser absorbidas en los intestinos.

Segunda etapa: la absorción de los nutrientes

Una vez todas las cadenas que forman los principales tipos de nutrientes (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) han sido rotas gracias a la ayuda de las enzimas digestivas producidas en la saliva, el estómago, el hígado y el páncreas, la función más importante del intestino es la absorción de los nutrientes que han sido digeridos previamente. El intestino delgado es un tubo de aproximadamente 1,5 cm de diámetro y con una

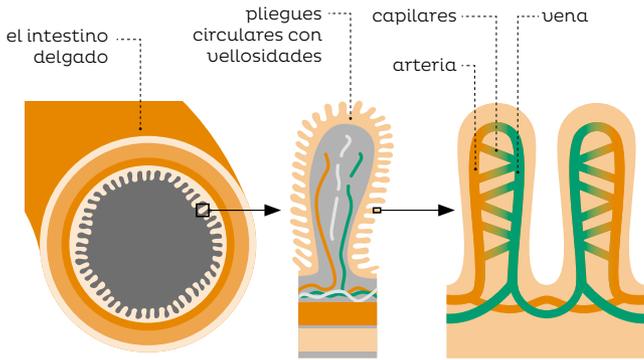


Figura 4. El intestino delgado está lleno de pliegues y repliegues en el interior del tubo para aumentar, así, la superficie de absorción.

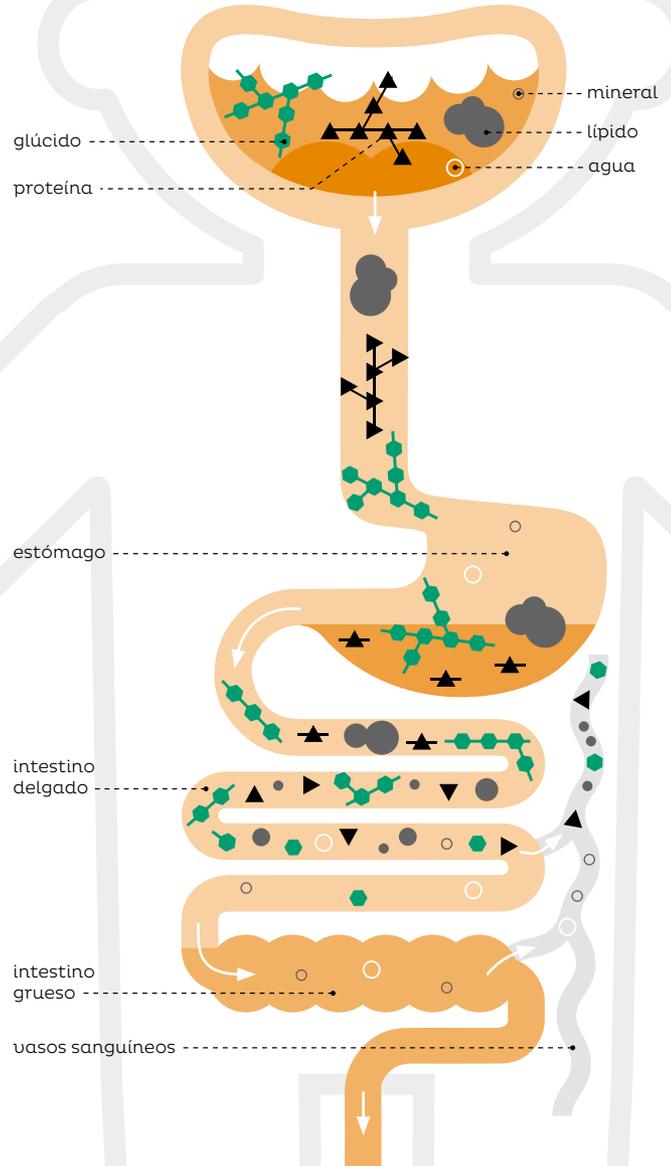
longitud de 7 metros que, además de participar en la digestión, es el encargado de absorber los nutrientes y pasarlos a la sangre. El intestino delgado, en la parte interior del tubo, está lleno de diminutos repliegues que hacen que aumente todavía más su superficie de absorción, ya que así se consigue que una parte mayor del intestino esté en contacto con los nutrientes, tal como se puede ver en la figura 4.

En todo lo que comemos siempre hay una parte de sustancias que no se pueden digerir, ya que el ser humano no dispone de las enzimas necesarias para hacerlo. Es el caso, por ejemplo, de las fibras, aunque tienen un papel muy importante al facilitar la circulación a través del tracto intestinal.

Todas las sustancias que no se han podido digerir recorren el intestino delgado hasta el intestino grueso, que es un tubo de 9 cm de diámetro (en el ano, de 3 cm de diámetro) y con una longitud aproximada de 1,5 metros. El intestino grueso cumple, sobre todo, la función de absorber el agua de todas aquellas sustancias que no han sido digeridas y absorber los pocos nutrientes que han quedado por absorber. El intestino grueso tiene también la función de liberar al exterior del ano todas esas sustancias que no se han podido digerir ni absorber.

Aunque parezca que este sea el final, hay que tener en cuenta que el camino de los nutrientes no se acaba con la expulsión del excremento por el ano, sino que también se debe explicar cómo llegan los nutrientes a las células que constituyen el cuerpo humano.

Figura 5. El aparato digestivo se encarga básicamente de dos funciones: la primera parte del aparato digestivo se encarga de romper las cadenas de nutrientes, mientras que la segunda parte se encarga de absorberlos.



Tercera etapa: el transporte de los nutrientes

Las unidades que forman los glúcidos, los lípidos y las proteínas, derivadas de la digestión y la absorción en el aparato digestivo pasan al sistema circulatorio a través de los capilares. Los capilares son unos tubos muy pero que muy delgados que se encargan de recibir y liberar los nutrientes y las sustancias de rechazo de la sangre hacia los tejidos. Los intestinos están llenos de estos capilares, que permiten que los nutrientes entren en el torrente sanguíneo.

El sistema circulatorio se puede entender como un entramado de tubos, en los que la sangre viaja siempre en una sola dirección. La sangre es bombardeada por el corazón, que es un órgano muscular compuesto por cuatro cavidades, que con la fuerza que ejerce es capaz de enviar la sangre a todas las partes del cuerpo.

Los tubos que llevan la sangre que sale del corazón son las arterias. Las arterias son unos tubos con una pared bastante gruesa y elástica con el fin de aguantar la presión de la sangre que sale del corazón. Las arterias se van ramificando formando cada vez tubos más pequeños hasta transformarse en unos tubos microscópicos que son los capilares. Los capilares, tal como hemos indicado, son los encargados de intercambiar sustancias con todos los tejidos del cuerpo, como pulmones, cerebro, músculos o piel. La sangre de los capilares va a parar a tubos mayores que se denominan venas, que se van uniendo entre ellas hasta formar grandes venas que son las que devuelven la sangre al corazón. Para facilitar el retorno de la sangre hacia el corazón, las venas no son tan elásticas como las arterias, sino que son más bien rígidas y, además, tienen en su interior muchas válvulas para evitar que la sangre retroceda.

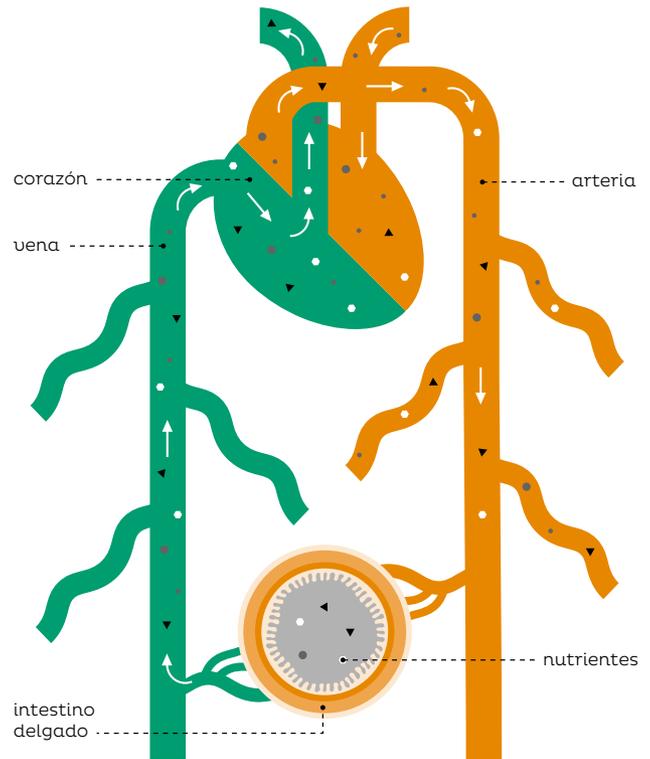


Figura 6. La conexión entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio se encuentra en los intestinos. Los capilares que contactan con el intestino reciben los nutrientes que pasan a la sangre.

Por lo tanto, podemos entender que el sistema circulatorio es una serie de tubos que contienen la sangre y el corazón que la bombardea. Aunque es fácil imaginárselo como un circuito totalmente cerrado, en realidad no está cerrado del todo, ya que si así fuera, la sangre que

circularía siempre sería la misma, cosa que haría imposible hacer llegar gases y nutrientes a las células que forman los tejidos. De este modo, la única parte del circuito que es abierta son los capilares, que permiten el intercambio de sustancias entre la sangre y los tejidos.

Cuarta etapa: la eliminación de las sustancias de rechazo a través de la orina

Las células de todos los tejidos utilizan las unidades fundamentales de las que están formados los hidratos de carbono, los lípidos y las proteínas. Estas unidades las reciben a través de los capilares para construir nuevas estructuras o para producir energía. Al llevar a cabo estas funciones, las células generan unas sustancias de rechazo que hay que eliminar, ya que si se acumulan en el cuerpo podrían llegar a ser tóxicas. Para realizar este proceso de eliminación, el cuerpo humano utiliza otra vez el sistema circulatorio junto con el aparato excretor.

Las sustancias de rechazo que produce la actividad celular son transportadas por la sangre, desde los capilares hasta las venas, y de ahí hacia el corazón. Como se ha comentado, desde el corazón se bombea la sangre hacia las arterias, que distribuyen la sangre por todo el cuerpo. Una de las arterias importantes es la que lleva la sangre hacia los riñones. Los riñones se encargan de filtrar las sustancias de rechazo para sacarlas del torrente sanguíneo y eliminarlas. Los riñones filtran constantemente la sangre del organismo, hasta 180 litros para producir aproximadamente 1 litro de orina al día. Las sustancias filtradas de la sangre, disueltas en agua, son enviadas a la vejiga de la orina a través de dos conductos, uno por cada riñón. La vejiga urinaria es un órgano musculoso que tiene forma de bolsa y es donde se almacena la orina que finalmente es eliminada durante la micción a través de un conducto denominado uréter.

Las ideas de las niñas y los niños en relación con los órganos y procesos implicados en el camino de los nutrientes

El interés de la didáctica de las ciencias y de la psicología cognitiva por conocer las ideas de las niñas y los niños sobre varios fenómenos ha impulsado la realización de muchas investigaciones que han permitido poner de manifiesto los conocimientos y las formas de razonar que tienen los niños y las niñas sobre los órganos y procesos implicados en la nutrición humana, especialmente en la digestión.

Concepto de alimento

Una primera dificultad que aparece en la comprensión de la digestión es la representación y el significado que el alumnado tiene del término alimento, porque este término no se usa del mismo modo en el lenguaje cotidiano que en el lenguaje científico. En este sentido, numerosos estudios muestran que los niños y las niñas aplican el término alimento de una forma muy general para referirse a todo lo que procede del exterior y es consumido, y también muestran que los niños y las niñas suelen dar una explicación no funcional de la importancia de los alimentos, diciendo por ejemplo que “son necesarios para mantenernos vivos”, pero sin referirse nunca a los procesos metabólicos en los que están implicados los diversos (Driver, 1999).

Igualmente, el concepto inicial de alimento de las niñas y los niños no lo ve como formados por varios nutrientes. De manera que no tienen una idea clara de qué son los nutrientes, ni de cómo están hechos químicamente. La mayoría no conocen los nutrientes y, sobre todo, no conocen las funciones que cada uno de ellos ejercen en su cuerpo. Otras veces, y fruto de informacio-

nes que circulan en los libros, en la televisión o incluso en la escuela, mantienen ideas poco científicas como que las proteínas cubren las necesidades energéticas del cuerpo. Vale la pena tener en cuenta todo esto porque es posible que, a pesar de que el alumnado pueda usar espontáneamente los términos proteína, vitamina, grasa, azúcar, etcétera, esto no supone que tengan una imagen mental clara de qué es cada una de estas sustancias. Ayudarlos a cambiar su representación de los alimentos será, pues, un elemento indispensable en cualquier investigación sobre la nutrición humana.

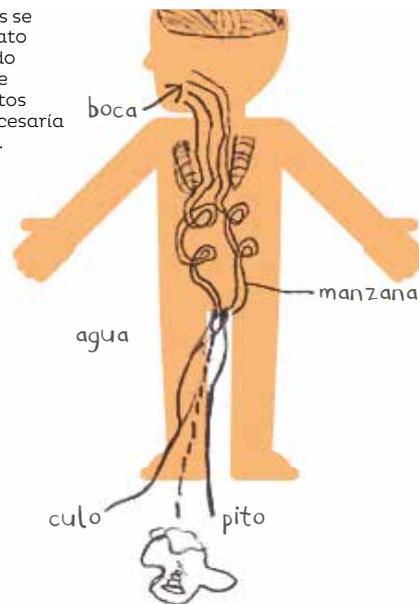
En relación con las funciones de los alimentos, desde muy pequeños los niños relacionan la comida con algunas consecuencias como el crecimiento, la buena salud, tener fuerza y energía, etcétera. En sus modelos iniciales también vinculan directamente las diferencias de altura o de peso con la cantidad de alimento ingerida, y eso responde al uso habitual que hacen de la causalidad lineal directa a la hora de relacionar dos variables entre sí. También entienden que algunas dietas son más sanas que otras en relación con el crecimiento y la salud. En este sentido, saben que algunos alimentos son buenos (frutas y verduras), aunque no saben explicar por qué motivo.

Ideas sobre la anatomía del aparato digestivo

Varios estudios en los que se pide a niños y niñas de diferentes edades que dibujen qué hay en el interior de su cuerpo muestran que, desde el ciclo inicial, los niños y las niñas son conscientes de la presencia de una amplia diversidad de órganos internos pero, al mismo tiempo, muestran que tienen poco conocimiento de las relaciones entre los diferentes órganos para formar aparatos y sistemas funcionales.

El estudio clásico de Teixeira (Teixeira, 2000) muestra la presencia y evolución de los modelos anatómicos infantiles sobre el aparato digestivo. Esta autora identifica tres modelos. En un primer modelo, que suele ser el predominante a los 4 años, las niñas y los niños consideran que todo el alimento se mantiene entero dentro del cuerpo y se va acumulando, por lo tanto no hay ninguna idea clara de la anatomía interna ni del viaje y las transformaciones que sufren los alimentos. En este modelo, el crecimiento sería una consecuencia directa de la acumulación de alimentos, lo que puede verse reforzado con la frase que los niños y niñas oyen a menudo en su entorno familiar de “come mucho, que así crecerás mucho”. En un segundo modelo, que según la autora predomina entre los 6 y los 8 años, el alimento entra en el cuerpo, pero después sale. Este modelo evoluciona enseguida incorporando la idea de que en

Figura 7. Algunos niños se imaginan que el aparato digestivo está formado por dos tubos, uno que procesaría los alimentos sólidos y otro que procesaría los alimentos líquidos.



el cuerpo se mantiene todo lo que el cuerpo necesita (las sustancias buenas) y sale todo lo que el cuerpo no necesita (las sustancias malas). Una variante de este segundo modelo anatómico que algunos pocos niños y niñas manifiestan, se concreta en considerar la existencia de dos tubos diferentes en el interior del cuerpo, uno vinculado al tráfico de los alimentos sólidos y el otro vinculado al tráfico de los líquidos, tal como muestra la figura 8. El primer modelo va generalmente acompañado de la idea de que el vientre es un amplio espacio vacío, en cambio el segundo modelo va acompañado de la idea de que el alimento pasa por un tubo que empieza en la boca y acaba al final del abdomen.

Ideas sobre el funcionamiento del aparato digestivo

La mayoría de estudios realizados sobre cómo las niñas y los niños explican la digestión muestran claramente que no hay casi ningún niño que piense que los alimentos se transforman debido a un proceso de cambio químico. Por el contrario, comprenden con facilidad que los alimentos se rompen mecánicamente, sobre todo con la acción de masticar, y que eso se hace para facilitar una deglución que no comporte peligro de asfixia y, también, para facilitar que el alimento circule sin problemas por dentro del cuerpo. Así pues, los modelos iniciales de digestión que tienen los niños y niñas prevén el hecho de que los alimentos se rompen en elementos muy pequeños, tan pequeños que son invisibles, sin por eso perder su identidad. Por lo tanto, para los niños y las niñas, el término digestión es entendido como rotura de los alimentos en trozos muy pequeños (digestión mecánica) y no como cambio químico (digestión química).

Estos modelos infantiles de nutrición no suelen contener muchas explicaciones sobre el uso de los alimentos por parte del cuerpo, más allá de la relación general de “sir-

ven para obtener energía”, “nos hacen crecer”, etcétera. Esto es lo que, como ya se ha dicho, ha llevado a focalizar las propuestas didácticas que se plantean en este libro en la profundización de los aspectos fisiológicos.

A pesar de que las conclusiones de la mayoría de estudios anteriores no siempre lo destacan, la aparición de estas ideas y modelos generales, y una cierta relación entre la edad del alumnado y el modelo anatómico y fisiológico de digestión que manifiestan, la realidad es que existe una amplia variedad de elementos anatómicos concretos (más o menos ricos) que las niñas y los niños representan a diferentes edades, así como una cierta variedad en el tipo de causas que prioritariamente escogen a la hora de elaborar sus explicaciones sobre los procesos implicados en la digestión (de causas más funcionales a causas más de origen mecánico). Destacamos todo esto porque es probable que los maestros de ciclo medio y superior se encuentren con una diversidad de conocimientos bastante amplia, que no se explica simplemente por la edad, sino que está muy condicionada por el entorno sociocultural de cada uno de los alumnos.

Las ideas que hay que trabajar sobre el camino de los nutrientes

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes para trabajar a través del camino de los nutrientes son las siguientes:

Idea 1. Los alimentos están constituidos por unos nutrientes básicos: glúcidos, lípidos y proteínas. Esta idea hace referencia tanto a comprender que los alimentos están hechos de piezas como a comprender que cada nutriente realiza una función diferente dentro del cuerpo humano.

Idea 2. En el tubo digestivo, desde la boca hasta el intestino delgado, se efectúan varios procesos para digerir los alimentos. Esta idea hace referencia sobre todo a comprender que en la primera parte del tubo digestivo los alimentos no solo van haciéndose más pequeños, sino que van cambiando químicamente a medida que van rompiéndose los nutrientes.

Idea 3. En los intestinos se absorben los nutrientes y son transportados hacia la sangre. Esta idea tiene relación con la conexión entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio, y que gracias a la permeabilidad

de las paredes del intestino los nutrientes pueden pasar del uno al otro.

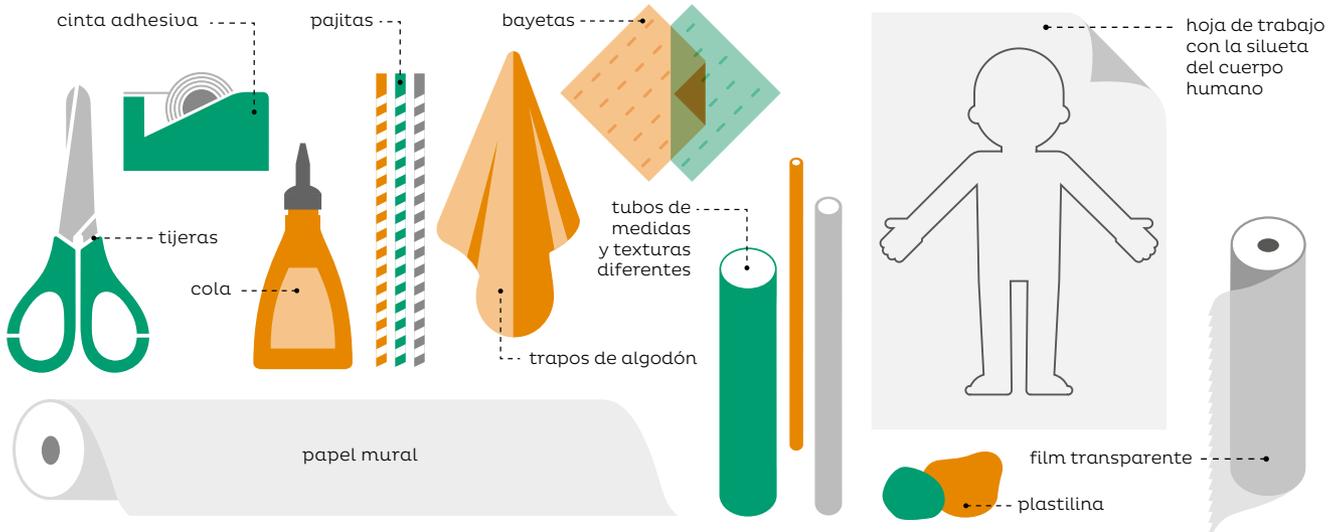
Idea 4. El sistema circulatorio es el encargado de distribuir los nutrientes por todo el cuerpo. Esta idea tiene que ver con el papel de los vasos sanguíneos en el transporte de nutrientes y con la importancia de los capilares, que gracias a su permeabilidad dejan entrar y salir sustancias del aparato circulatorio.

A lo largo de las siguientes actividades, se trabajarán estas ideas de la forma siguiente:

	Actividad 1. Exploración de las ideas sobre el camino de los nutrientes	Actividad 2. El camino de la boca al estómago	Actividad 3. El camino del estómago a los intestinos	Actividad 4. El camino de los intestinos a la sangre
Idea 1. Los alimentos están constituidos por unos nutrientes básicos: glúcidos, lípidos y proteínas.				
Idea 2. En el tubo digestivo, desde la boca hasta el intestino delgado, se efectúan varios procesos para digerir los alimentos				
Idea 3. En los intestinos se absorben los nutrientes y son transportados hacia la sangre.				
Idea 4. El sistema circulatorio es el encargado de distribuir los nutrientes por todo el cuerpo.				

Actividad 1

EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS SOBRE EL CAMINO DE LOS NUTRIENTES



Material para un grupo de cuatro personas:

Hoja de trabajo con la silueta del cuerpo humano, papel mural, tubos de tamaños y texturas diferentes, pajitas, trapos de algodón de diferentes medidas, bayetas, film transparente, plastilina, cinta adhesiva, cola y tijeras.

Las Ideas científicas:

Idea 2. En el tubo digestivo, desde la boca hasta el intestino delgado, se efectúan varios procesos para digerir los alimentos.

Idea 3. En los intestinos se absorben los nutrientes y son transportados hacia la sangre.

Idea 4. El sistema circulatorio es el encargado de distribuir los nutrientes por todo el cuerpo.

Descripción de la actividad

1. Presentación de la investigación sobre el camino de los nutrientes
2. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre

la anatomía y el funcionamiento del aparato digestivo y del sistema circulatorio

Orientaciones didácticas

1. Presentación de la investigación sobre el camino de los gases

Iniciaremos la investigación con una pregunta que necesariamente se tenga que responder con una explicación que ayude a comprender cómo funciona el camino de los nutrientes en el cuerpo humano. Por eso, es necesario que sea una pregunta que cuestione el porqué de algún hecho conocido por los niños y las niñas. Pueden servir como ejemplo algunas de las preguntas de las investigaciones del programa Pequeños talentos científicos: ¿Cómo es que la comida me hace crecer? ¿Por qué los deportistas tienen que controlar lo que comen? Si partimos de preguntas formuladas por los mismos niños, habrá que ayudar a reformularlas para ajustarlas a estos tipos de preguntas.

2. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre la anatomía y el funcionamiento del aparato digestivo y del sistema circulatorio

Podemos empezar haciendo reflexionar al alumnado sobre las partes de su cuerpo que creen que intervienen cuando están comiendo. Para guiar esta reflexión, pedimos que las niñas y los niños se imaginen el recorrido que hacen una manzana y un vaso de agua dentro del cuerpo humano y que dibujen dentro de la silueta que se les ha proporcionado todas aquellas estructuras o partes por las que pasan estos dos alimentos. Es necesario que en la pregunta les indiquemos el destino final de los nutrientes, como por ejemplo: “Dibuja cómo el agua y los azúcares de la manzana lle-

gan a la musculatura del pie para que se pueda mover”.

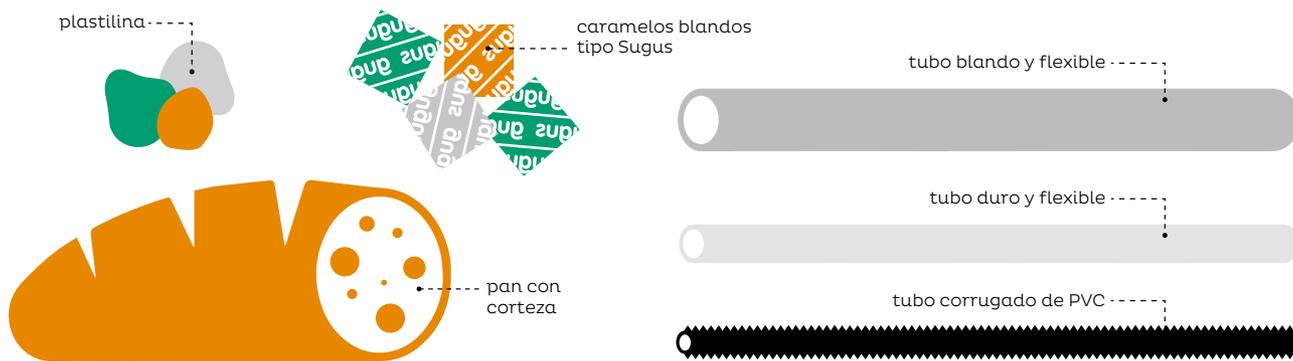
Una vez han trazado su dibujo individualmente, podemos agrupar a los niños y las niñas en grupos de cuatro y pedir que construyan una maqueta que los ayude a representar la parte anatómica. Este proceso de trabajo en grupo se puede organizar usando la estrategia 1-2-4 como estructura cooperativa, de manera que primero los alumnos comparten sus propuestas.

Para construir la maqueta, podemos pedir que repasen la silueta de un niño de cada grupo encima de un papel de embalar. Encima de la silueta, las niñas y los niños pueden pegar con cinta adhesiva y cola diferentes materiales (tubos, pajitas, trapos, bolsas, bayetas...) que les sirvan para imaginarse todas aquellas estructuras por las que pasa el camino de los nutrientes. Los grupos deben guardar la maqueta que hayan construido con el fin de poder modificarla posteriormente a medida que las investigaciones vayan avanzando.

A continuación, podemos iniciar una charla para que un portavoz de cada grupo explique cómo cree que funciona la nutrición humana a través de la maqueta que han elaborado, con el objetivo de dar respuesta a las preguntas iniciales. Las explicaciones pueden ser registradas en vídeo y pueden ser compartidas entre los diferentes grupos para generar discusión a partir de lo que los grupos han expuesto.

Actividad 2

EL CAMINO DE LA BOCA AL ESTÓMAGO



Material para un grupo de cuatro personas:

10 caramelos blandos, tipo Sugus, plastilina de diferentes colores, 4 trozos de pan con corteza, 1 tubo blando como los que se utilizan para recubrir los tubos de agua caliente de la calefacción, 1 tubo duro flexible corrugado de PVC, 1 tubo blando y flexible de PVC y agua.

La Ideas científicas:

Idea 1. Los alimentos están constituidos por unos nutrientes básicos: glúcidos, lípidos y proteínas.

Idea 2. En el tubo digestivo, desde la boca hasta el intestino delgado, se efectúan varios procesos para digerir los alimentos.

Las ideas de los niños y las niñas

Al llevar a cabo esta actividad nos podemos encontrar que los niños y niñas hagan todos los dientes con la misma forma, lo que no necesariamente quiere decir que

no sepan que, en realidad, los dientes tienen formas diferentes. También puede ocurrir que algunos creen que tenemos dos tubos, uno para la comida y otro para los líquidos, y lo representen así en sus dibujos y maquetas.

A la hora de elegir el material para representar el tubo del esófago es probable que seleccionen el tubo rugoso y que se confundan con la forma característica que tiene la tráquea. En la elección, el alumnado a menudo no presta atención al hecho de que el tubo que simula el esófago debe ser flexible, de manera que se pueda empujar el alimento a lo largo del tubo.

Normalmente no conocen la válvula cardíaca, pero les es muy intuitiva la idea de que existe una especie de tapón que evita que la comida, una vez llega al estómago, vuelva fácilmente hacia la boca.

La explicación científica

La boca es la puerta de entrada del tubo digestivo, pero además desarrolla una función muy importante: iniciar

el proceso de digestión mecánica a través de desmenuzar los alimentos. Para realizar esta función, la boca posee una serie de estructuras: los dientes, que tienen formas diferentes según cuál sea su función específica; las glándulas salivales, que producen la saliva que ayuda a digerir los nutrientes de algunos alimentos, como el almidón de la patata, y la lengua, que facilita el movimiento del alimento por la boca para poder procesarlo. A continuación de la boca se halla el esófago, que es un tubo muscular que, con sus movimientos, permite el desplazamiento del bolo alimenticio hacia el estómago. Entre el esófago y el estómago se encuentra la válvula cardias, un músculo situado en la entrada del estómago que sirve para impedir el reflujo de los alimentos ingeridos.

Descripción de la actividad

1. Exploración de la boca y construcción de moldes con plastilina y caramelos blandos
2. Experimentación del recorrido que hace un trozo de pan dentro de la boca y cómo se desmenuza para poder llegar al estómago.
3. Elección consensuada sobre qué tubo representa mejor el esófago.

Orientaciones didácticas

1. Exploración de la boca y construcción de la maqueta con plastilina y caramelos blandos

Para poder comprender la función de digestión podemos empezar por explorar las acciones que se producen en la boca como primer paso para poder romper las largas cadenas de nutrientes que forman los alimentos. Por eso, planteamos una primera actividad, donde el

alumnado construya y represente, utilizando plastilina de colores, los elementos que tenemos en la boca que consideran implicados en la digestión.

Esta pequeña exploración nos servirá para descubrir los modelos mentales que tienen las niñas y los niños y, al mismo tiempo, les permitirá reflexionar y darse cuenta de aspectos que quizás nunca habían observado como, por ejemplo, el número de dientes que tenemos. Es importante que, si surge esta idea, el maestro invite a todos los grupos a realizar el recuento de dientes que tenemos, así como también a identificar todos los elementos que forman la boca: mandíbula, encía, dientes, lengua y saliva.

Seguidamente, pedimos que marquen cada tipo de diente en un caramelo blando para comprobar que tienen formas diferentes. Podemos comparar las marcas que han quedado sobre el caramelo y acordar una descripción para cada tipo de diente. Finalmente, sugerimos a las niñas y los niños que modifiquen la primera maqueta construida para que se ajuste a las observaciones que se han hecho.

2. Experimentación del recorrido que hace un trozo de pan dentro de la boca y cómo se desmenuza para poder llegar al estómago

A partir de las observaciones hechas y con la ayuda de nuestras preguntas tenemos que hacer reflexionar a los niños y las niñas sobre la función de cada uno de los dientes. Es necesario fijarse en las acciones que se desarrollan en la boca, por ejemplo, cuando comemos un trozo de pan. Así, podemos repartir un trozo de pan a cada alumno para que ellos mismos presten atención sobre las acciones que tienen lugar cuando mastican y tragan. Para entender la función de la boca, podemos

guiar la observación formulando las siguientes preguntas: ¿qué le pasa al trozo de pan cuando lo mastico?, ¿qué partes de la boca intervienen?, ¿el sabor del pan cambia a medida que voy masticándolo?, ¿qué noto cuando me trago el pan?, ¿por dónde pasa el pan desmenuzado? o ¿hacia dónde va?

Es importante que consigamos que los niños y las niñas se den cuenta de que los incisivos son los dientes que han cortado el pan, los caninos, los que lo han rasgado y los molares, los que han triturado con la ayuda de la saliva y la lengua, que también intervienen en este proceso. También es necesario que hagamos notar que el trozo de pan se va desplazando, gracias a la acción de la lengua, desde la parte más frontal hasta la parte más interior de la boca.

3. Elección consensuada sobre qué tubo representa mejor el esófago

Para introducir el concepto de esófago podemos utilizar la última pregunta planteada, ¿por dónde pasa el pan desmenuzado? y ¿adónde va? Fácilmente surgirá la idea de que tenemos un tubo adonde va a parar la comida. En este momento es muy importante que hagamos hincapié en la conexión entre la boca y el esófago para que los niños entiendan que todos los procesos que se han producido con anterioridad tienen sentido y sirven para otros procesos posteriores.

Para poder representar esta parte, pedimos al alumnado que escoja cuál de los tres tubos proporcionados representa mejor el esófago. Por grupos tienen que ponerse de acuerdo y argumentar la decisión, aunque el maestro puede ayudar a los niños guiando la elección a través de preguntas que ayuden a descartar algunos tubos: ¿el tubo que habéis elegido nos permite tragar

el alimento sin tener que estar de pie (tumbados, sentados, medio encorvados, etcétera)? y ¿el tubo que habéis escogido nos permite ingerir trozos de comida más grandes y más pequeños?

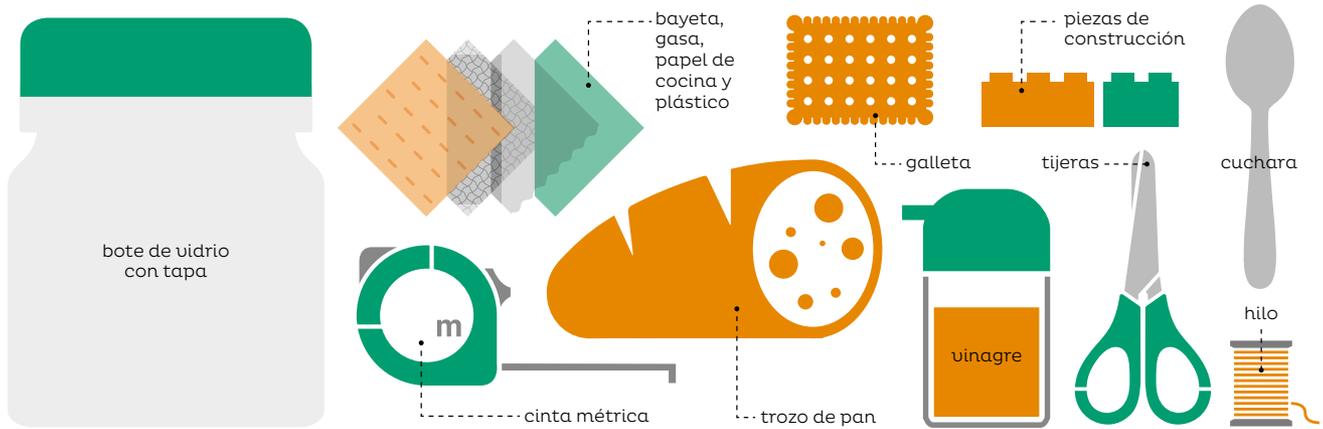
Para resolver estas cuestiones podemos hacer que comprueben si con su propio cuerpo se pueden tragar un trozo de pan cuando están tumbados o sentados, y si es posible tragarse trozos de pan de diferente tamaño. El objetivo es acabar acordando que el esófago tiene que ser como el tubo A de la figura 8, que es blando y simula la musculatura que rodea al esófago y permite empujar la comida, tragar sin tener que estar de pie e ingerir alimentos de diferentes tamaños. Tenemos que subrayar que los otros dos tubos son demasiado rígidos y que, si fueran de esta manera, correríamos el peligro de que se nos quedara la comida en el esófago atascada, y que algunas de las acciones que hemos probado con el propio cuerpo no las habríamos podido hacer. De la misma forma, debemos destacar que necesitamos alguna estructura que abra y cierre la boca del estómago, como si fuera una puerta, para evitar que lo que comamos salga cuando hacemos la vertical o cuando nos tumbamos. Podemos introducir, así, la función de la válvula cardias.



Figura 8. Para representar el esófago presentaremos tres posibles tubos: a) un tubo blando como los que se utilizan para recubrirlos tubos de agua caliente de la calefacción; b) un tubo de PVC un poco más duro que el anterior; c) un tubo corrugado de PVC duro y flexible. El tubo a) es el único que permite empujar la comida en el interior del tubo.

Actividad 3

EL CAMINO DEL ESTÓMAGO A LOS INTESTINOS



Material para un grupo de cuatro personas:

1 tarro de cristal con tapa, cuchara, vinagre, trozo de pan, 1 galleta, 3 tijeras pequeñas de diferentes colores: verdes, rojas y amarillas, 16 piezas de construcción de colores estilo Lego: 4 verdes, 4 rojas, 4 amarillas y 4 azules, hilo, cinta métrica, 1 trozo de plástico, 1 trozo de bayeta, 1 trozo de papel de cocina y 1 trozo de gasa.

Las ideas científicas

Idea 3. En los intestinos se absorben los nutrientes y son transportados hacia la sangre

Las ideas de los niños y las niñas

Como ya se ha indicado, es muy probable que los niños y las niñas no tengan una idea clara de la estructura de los alimentos y de los nutrientes (alimentos formados por nutrientes y nutrientes formados por piezas unidas entre ellas formando largas cadenas) y que tampoco

tengan en cuenta que, más allá de la digestión mecánica que se ha producido sobre todo en la boca, también se da un proceso de digestión química cuando las cadenas que forman los nutrientes se rompen en sus unidades fundamentales gracias a la ayuda de las diversas enzimas digestivas.

En este momento de la secuencia, debemos tener en cuenta que al alumnado le pedimos un salto de escala porque tienen que pasar a imaginarse de qué están hechos los alimentos, lo cual siempre les presenta dificultades. Por lo tanto, será adecuado que las analogías que se proponen en las actividades se introduzcan de forma lenta y clara.

También es importante reflexionar con el alumnado sobre si realmente existen “sustancias buenas” y “sustancias malas”, o lo que realmente pasa es que el cuerpo no dispone de ciertas enzimas para digerir algunas de las sustancias presentes en los alimentos, como las fibras.

La explicación científica

Los alimentos que han sido desmenuzados en la boca llegan al estómago, una bolsa musculosa llena de ácido. En esta bolsa, el alimento está en contacto con el ácido durante unas horas y las enzimas responsables de romper las cadenas de proteínas empiezan a actuar. A medida que el alimento se va deshaciendo llega a la primera parte del intestino delgado, donde las enzimas que rompen los glúcidos empiezan a actuar, pero también las que provienen del hígado y del páncreas encargadas de digerir grasas. En este punto, los nutrientes se han roto en unidades más pequeñas, por lo que pierden su identidad química inicial, y esto permite que puedan ser absorbidos por las paredes del intestino delgado. En el intestino grueso se absorbe el agua y las sales minerales restantes. Finalmente, a través del ano se expulsa todo lo que no se ha podido absorber.

Descripción de la actividad

1. Preparación y observación del pan con vinagre
2. Representación de las enzimas y los nutrientes a partir de tijeras y piezas de construcción de colores.
3. Comprobación del material que representa mejor el intestino delgado.
4. Elección de la mejor simulación de intestino grueso.

Orientaciones didácticas

1. Preparación y observación del pan con vinagre

Cuatro horas antes de la observación con los niños y las niñas preparamos para cada grupo el experimento: en un tarro de cristal con tapa, recubrimos con vinagre un pedazo de pan troceado. Para presentar el experimen-

to, podemos preguntar a las niñas y a los niños: ¿qué creéis que hay dentro del estómago? En un momento u otro, surgirá la idea por parte del alumnado de que cuando vomitamos nos sube un líquido con sabor ácido a la boca. Tenemos que aprovechar esta observación cotidiana con el fin de explicar que el tarro simula el estómago, el pan troceado, los alimentos tal como saldrían por la boca y el vinagre, los líquidos ácidos que hay en el estómago.

Es importante preguntar a los alumnos: ¿qué creéis que pasará después de dejar el pan dos horas en remojo en vinagre? En el momento de realizar la observación podemos invitarlos a observar y anotar detenidamente cómo es el pan antes y después del experimento, para que se imaginen cómo se transforman los alimentos dentro del estómago. Haremos hincapié para que se fijen sobre todo en la forma, la textura (entero, medio deshecho, deshecho) y el color.

2. Representación de las enzimas y los nutrientes a partir de tijeras y piezas de construcción de colores

La observación del experimento del pan y el vinagre debe ir acompañada de un modelo para hacer más comprensible cómo las enzimas ayudan a digerir los alimentos. En primer lugar, tenemos que regular la representación anatómica del estómago en la maqueta, a través de preguntas, para que los elementos elegidos por los niños se parezcan al máximo a una bolsa de plástico totalmente impermeable, dado que los jugos gástricos no pueden salir del estómago porque estropearían los tejidos circundantes. Podemos explicar que el estómago está rodeado de músculos que permiten el movimiento de los alimentos en su interior. A continuación, debemos focalizar el trabajo en la parte fisiológica, es decir, en las funciones que tienen lugar en esta parte del aparato digestivo. Para ello, damos un conjunto de piezas de construcción de colores a los niños y

las niñas y les explicamos que representan los nutrientes de un bocadillo de jamón: las piezas verdes representan los glúcidos, las amarillas, las grasas, las rojas, las proteínas y las marrones, la fibra. Explicamos que el objetivo del cuerpo humano es que las piezas queden separadas individualmente porque solo así pueden ser absorbidas y transportadas. Pedimos a cada grupo que explique sobre la maqueta cómo y dónde creen que se separan las piezas.

Después de escuchar las explicaciones del alumnado, tenemos que aprovechar para relacionar la observación del pan con la representación sobre la maqueta. Así, debemos aclarar que el ácido ayuda a que la comida se rompa en trocitos más pequeños, pero que los jugos gástricos son los responsables de romper los nutrientes para que puedan ser absorbidos más adelante. Por lo tanto, introduciremos la idea de que las cadenas de nutrientes solo se pueden romper cuando hay unas enzimas específicas para hacerlo y sugerimos una analogía que puede ser útil para que los niños y niñas se imaginen cómo funciona el cambio químico en su maqueta: unas tijeras de colores que pueden cortar las piezas de construcción de su mismo color. De este modo, las tijeras verdes son capaces de cortar solo las cadenas de glúcidos, las tijeras rojas solo pueden cortar las cadenas de proteínas y las tijeras amarillas, las grasas.

A partir de aquí y siguiendo la analogía, hay que indicar que las tijeras rojas, que rompen las proteínas, solo se encuentran en el estómago. En cambio, las tijeras amarillas y verdes, solo se localizan al principio del intestino delgado, donde rompen las grasas y los lípidos. Es importante conocer que en el primer tramo del intestino delgado se vierten las enzimas digestivas procedentes del páncreas (el jugo pancreático) y del hígado (la bilis) y que son las principales responsables de romper

las cadenas de lípidos que hay en los alimentos. En este momento, también se debe señalar que existen sustancias que no se pueden romper simplemente porque no disponemos de las tijeras para hacerlo. Es el caso de la fibra, que acabará siendo expulsada más adelante a través del ano.

En este punto, podemos hablar de que algunas intolerancias alimentarias, como la intolerancia al gluten o a la leche, son producidas por la falta de algunas enzimas digestivas, lo que provoca que algunas sustancias no se puedan digerir.

3. Comprobación del material que representa mejor el intestino delgado.

A partir de aquí, todos los nutrientes ya están preparados para ser absorbidos por los intestinos, porque hemos conseguido romperlos en unidades más pequeñas. El primer paso será trabajar la anatomía del intestino delgado. Para ello, damos un hilo y una cinta métrica a cada grupo para que comprueben los 7 metros que mide el intestino y lleguen a la conclusión de que solo puede caber dentro del cuerpo si lo enrollamos.

Seguidamente, hace falta conocer qué función realiza dentro del proceso digestivo formulando la siguiente pregunta: ¿cómo debe estar hecho el intestino delgado para absorber los nutrientes? Para resolver la pregunta invitamos a los alumnos a comprobar qué material representa mejor el intestino delgado para cumplir su función. Primero, pedimos que trituren una galleta con la ayuda de un poco de agua simulando todo el proceso que ha tenido lugar en la boca y el estómago. Cada grupo experimentará con los diferentes tipos de filtros (plástico, bayeta, papel de cocina y gasa) colocándolos, de uno en uno, encima de un vaso y vertiendo la galleta



Figura 9. Experimento para poder comprobar cuál es el tipo de tejido más adecuado para representar el intestino. Ponemos encima del vaso cuatro tipos de materiales: plástico, bayeta, papel de cocina y gasa. Ponemos encima de cada material una galleta triturada con un poco de agua y observamos qual tejido deja pasar el agua y qual tejido también deja pasar el sólido.

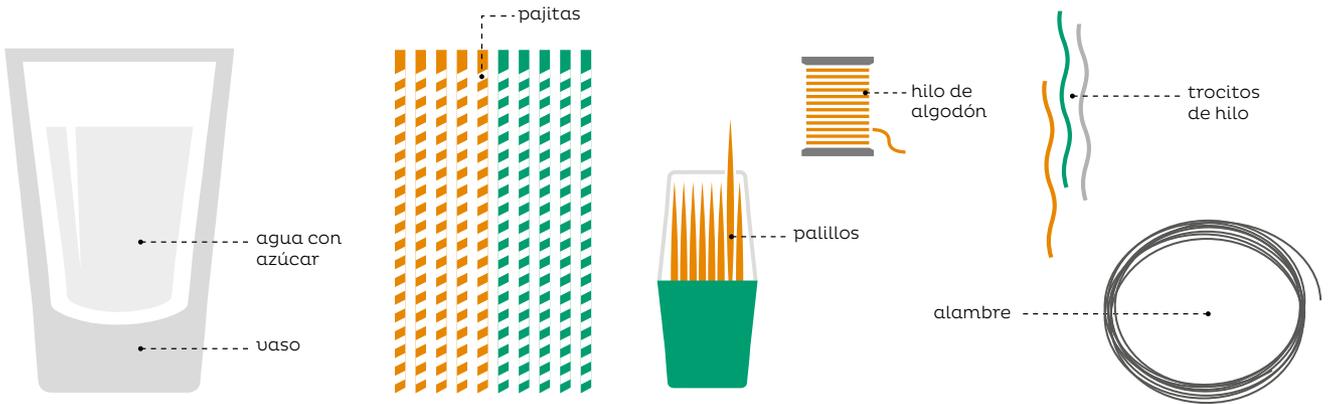
disuelta. Deberán anotar los resultados de las observaciones, tal como se muestra en la figura 9. De este modo, a partir de los resultados obtenidos pediremos un material para que represente cómo debe ser el intestino delgado. El plástico no sería adecuado puesto que es impermeable y no deja pasar nada, el papel de cocina y la bayeta solo absorben el líquido, mientras que la gasa deja pasar el líquido y parte del sólido. Por lo tanto, el material más adecuado para representar las paredes del intestino delgado será la gasa, ya que permite dejar pasar parte de los nutrientes.

4. Elección de la mejor simulación de intestino grueso.

Una vez escogido el material que representa mejor el intestino delgado, buscaremos una analogía para introducir el intestino grueso. Para ello, nos centraremos en la parte de la mezcla de agua y galleta que ha quedado encima de la gasa. De esta manera, preguntamos qué creen que pasa con lo que no se ha podido absorber y si creen que existe algún otro tipo de filtrado. Aprovechando el resto de materiales del paso anterior (el plástico impermeable, el papel de cocina y la bayeta) preguntamos cuál es el mejor material para representar el intestino grueso en nuestro modelo. Haremos la prueba vertiendo el resto de sustancias que no han podido ser absorbidas por la gasa. Es necesario señalar que la función del intestino grueso es absorber el agua y las sales minerales, pero también expulsar todo aquello que no necesitamos. Por lo tanto, la sustancia que finalmente nos quedará en la bayeta o en el papel de cocina simula el excremento.

Actividad 4

EL CAMINO DE LOS INTESTINOS A LA SANGRE



Material para un grupo de cuatro personas:

5 pajas de color azul, 5 pajas de color rojo, trocitos de hilo, 1 vaso, agua con azúcar, alambre, palillos y hilos de algodón.

Las ideas científicas

Idea 1. Los alimentos están constituidos por unos nutrientes básicos: glúcidos, lípidos y proteínas.

Idea 4. El sistema circulatorio es el encargado de distribuir los nutrientes por todo el cuerpo.

Las ideas de los niños y las niñas

Aunque prácticamente no hay estudios sobre las ideas del alumnado de primaria en relación con el aparato circulatorio, no es muy atrevido hacer un paralelismo con lo que pasa en el caso de otros aparatos del cuer-

po humano y pensar que los niños y niñas, cuando empezamos el estudio de este aparato, tienen ideas muy generales sobre su anatomía y fisiología. Seguramente son capaces de identificar algunos de los constituyentes de este aparato (corazón, venas) pero es muy probable que no tengan una representación conceptual muy clara y precisa de cómo están hechas cada una de estas estructuras (corazón, arterias, vasos sanguíneos, capilares), ni de qué funciones llevan a cabo. Sospechamos que la mayoría de las niñas y los niños representan el sistema circulatorio como si fuera un sistema abierto, donde los vasos sanguíneos pasan la sangre a los tejidos, sin tener en cuenta los capilares.

La explicación científica

Los nutrientes absorbidos en el intestino llegan a la sangre a través de los capilares. Los capilares son unos vasos muy pequeños que permiten el intercambio de sustancias entre los diferentes tejidos del

cuerpo y la sangre. Por lo tanto, la principal diferencia de los capilares con respecto a los demás vasos sanguíneos es que son los únicos que son permeables. Los nutrientes que llegan desde el intestino, por lo tanto, llegan a la sangre a través de los capilares. Los capilares se van uniendo entre sí hasta formar venas pequeñas, y estas venas pequeñas se juntan entre ellas para formar las grandes venas que llevan la sangre hasta el corazón. Desde el corazón, la sangre cargada de nutrientes es enviada hacia todo el cuerpo por medio de las arterias, que son los vasos sanguíneos que llevan la sangre desde el corazón hasta los tejidos. Estas arterias se subdividen en arterias cada vez más y más pequeñas hasta construir los capilares. Los capilares liberan los nutrientes en las células de los tejidos, como por ejemplo los músculos, pero a la vez reciben las sustancias de rechazo generadas por los propios tejidos.

Descripción de la actividad

1. Ideas previas: ¿cómo viajan los nutrientes por el cuerpo?
2. Elección de la mejor representación de los vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares
3. Creación de una historia consensuada sobre el viaje de los nutrientes por la sangre

Orientaciones didácticas

1. Ideas previas: ¿cómo viajan los nutrientes por el cuerpo?

A partir de la maqueta realizada en la actividad 1, “Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de los nutrientes”, esta actividad propone cons-

truir una explicación sobre cómo las niñas y los niños se imaginan el transporte de los nutrientes hacia los tejidos. El primer paso será pedir al alumnado que represente cómo creen que los nutrientes viajan por el cuerpo a partir del material del que disponen: pajitas azules y rojas, hilos, alambre y palillos. Es importante que cada grupo tenga libertad para poder expresar su modelo, ya que solo de este modo podremos saber qué preguntas realizar para que los alumnos hagan evolucionar sus ideas.

2. Elección de la mejor representación de los vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares

Una vez puesta en común la primera representación con todo el grupo clase, es momento de intervenir para ayudar a identificar y distinguir los tres tipos de vasos sanguíneos, arterias, venas y capilares, y comprender su función. Explicamos que los capilares son los encargados de recibir y liberar los nutrientes de la sangre hacia los tejidos y que los intestinos están llenos de estos capilares para que los nutrientes puedan entrar en el torrente sanguíneo. También explicamos que los capilares son, a la vez, los encargados de liberar los nutrientes para que las células de los tejidos los puedan absorber, es decir, son el lugar concreto donde se produce el intercambio de sustancias con todos los tejidos del cuerpo (pulmones, cerebro, músculos, piel, etcétera).

A partir de aquí, los alumnos tendrán que elegir qué material representa mejor cada tipo de vaso sanguíneo. Para poder realizar la elección hacemos el experimento siguiente: disolveremos agua con azúcar simulando la sangre (el agua) y los nutrientes que transporta (el azúcar disuelto) para observar qué pasa con los diferentes materiales cuando se mojan. De este modo, observamos que las pajitas son impermeables y dejan pasar el líquido por su interior. El alambre también tiene esta

propiedad, pero sin dejar pasar el líquido. En cambio, los palillos pueden llegar a absorber una pequeña cantidad de agua con azúcar, pero solamente son los hilos los que quedan empapados de esta disolución.

Por lo tanto, a partir de estas observaciones podemos acordar que las venas y las arterias, que se encargan de transportar la sangre por todo el cuerpo, pueden ser representadas por pajitas de diferentes colores (por ejemplo, las azules representan las venas y las rojas, las arterias). Por otra parte, podemos determinar que el mejor material para representar los capilares son los hilos que quedan empapados de agua con azúcar.

3. Creación de una historia consensuada sobre el viaje de los nutrientes por la sangre

Una vez construida la parte de la maqueta que representa el aparato circulatorio podemos pedir a las niñas y los niños que construyan una explicación escrita u oral de cómo funciona el cuerpo humano, utilizando la maqueta como apoyo y referencia. Puede ser útil proponerles que responda a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo pasan a la sangre los nutrientes absorbidos?
- ¿Qué función tienen los capilares si nos los imaginamos como hilos permeables?
- ¿Por qué las venas y las arterias las representamos con un material impermeable?
- ¿Cómo es que la sangre puede llegar a todas las partes de nuestro cuerpo? ¿Quién la ayuda?
- ¿Quién transporta la sangre cargada de nutrientes hacia el corazón?

- ¿Cómo se liberan los nutrientes para que las células de los tejidos los puedan absorber?

Si queremos evaluar todo el camino podemos sugerir que a través de su explicación respondan a más preguntas que tengan que ver con las demás etapas del camino de los nutrientes donde se deban aplicar los contenidos aprendidos.

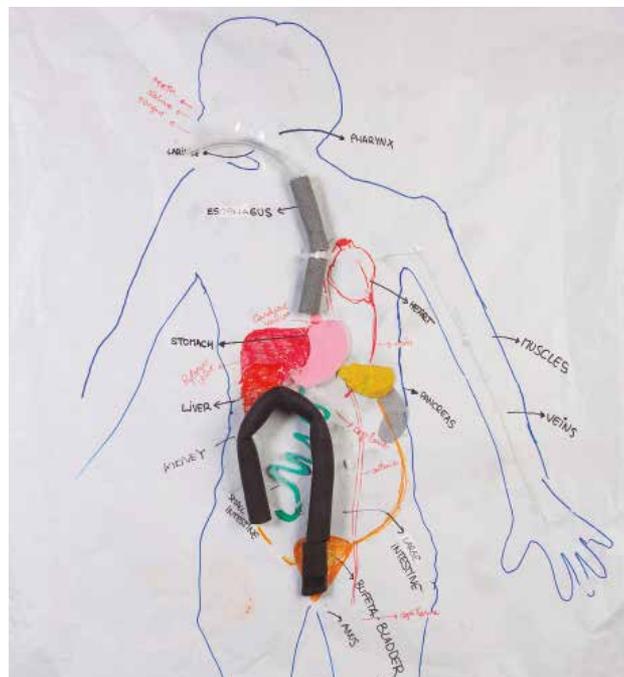


Figura 10. Maqueta para explicar el camino de los nutrientes al alumnado de primaria, en el marco de las investigaciones preparadas para el curso "Pequeños talentos científicos".

La experiencia de la escuela SEAT en el curso de formación de Pequeños talentos científicos

Alejandro Montesinos fue maestro de la escuela SEAT el curso 2016-17, y con el grupo de 5.º de educación primaria llevó a cabo una investigación sobre el camino de los nutrientes. A continuación nos explica qué supuso la experiencia para él y su alumnado.

A la hora de escoger el tema nos fue un poco complicado; era la primera vez que trabajaba con esta metodología y no sabía exactamente los parámetros que había que seguir. Los niños y las niñas tenían muchos tipos de preguntas diferentes, pero la mayoría trataban de saber cómo un ser humano puede crecer.

Nos propusimos, pues, empezar a hacer nuestras hipótesis, todas ellas muy variadas. Para el alumnado era un proceso diferente, más estimulante y motivador, ya que estaban acostumbrados a recibir las típicas clases magistrales. Para ellos, eso era como no trabajar. Para mí también era mucho más enriquecedor y divertido.

A la hora de trabajar, la forma propuesta fue que primero cada niño de manera individual pensaba su hipótesis, después la compartía con la pareja de la mesa y finalmente los cuatro miembros de la mesa ponían sus hipótesis en común y extraían una hipótesis definitiva. Al hacer las hipótesis, planteaban el recorrido que debía seguir la pasta por el cuerpo para que se transformara y nos hiciera crecer. Con las hipótesis definitivas puestas en común por cada grupo de cuatro alumnos, construyeron unas maquetas utilizando material variado (reciclado que habían ido trayendo ellos mismos de casa: plastilina, papel de celofán, etcétera).

A partir de unos experimentos enfocados a descubrir el funcionamiento de las diferentes partes del

aparato digestivo, los niños y las niñas fueron capaces de entender mejor los procesos por los que pasa un alimento hasta llegar a cada parte del cuerpo. Una vez aplicados, también nos sirvieron para crear una maqueta definitiva entre todos los alumnos de la clase, dejando que cada grupo se encargara de la parte correspondiente al experimento que habían hecho. De este modo, el alumnado pudo entender de una manera muy significativa el funcionamiento del aparato digestivo, además de descubrir muchas cosas relacionadas con el funcionamiento del cuerpo humano, ya que los alumnos mostraban mucho interés por saber más cosas sobre el tema.

El hecho y la experiencia de irlo a presentar en el CosmoCaixa también fue un factor determinante, puesto que les hacía mucha ilusión poder explicarlo allí. De hecho, fueron bastantes los alumnos que se presentaron voluntarios para ser los encargados de presentar el proyecto. El proceso de selección también fue voluntario; todos aquellos que querían explicarlo el día del acto se prepararon la exposición del Power Point que habíamos hecho entre toda la clase como conclusión del trabajo realizado durante aquel tiempo. Los propios alumnos fueron el jurado para elegir quiénes serían los tres representantes de la clase. Finalmente, salieron algunos alumnos a los que les daba mucha vergüenza hacerlo. ¡Sin embargo fueron capaces de superar el reto!

Como conclusión diría que tanto para el alumnado como para el profesorado fue una experiencia muy interesante y enriquecedora. Eso sí, requiere la voluntad del maestro para formarse y prepararse muy bien toda la serie de sesiones y experimentos y para estar abierto a experimentar con los alumnos.

El camino de los gases: cuando el problema es la respiración y los latidos del corazón

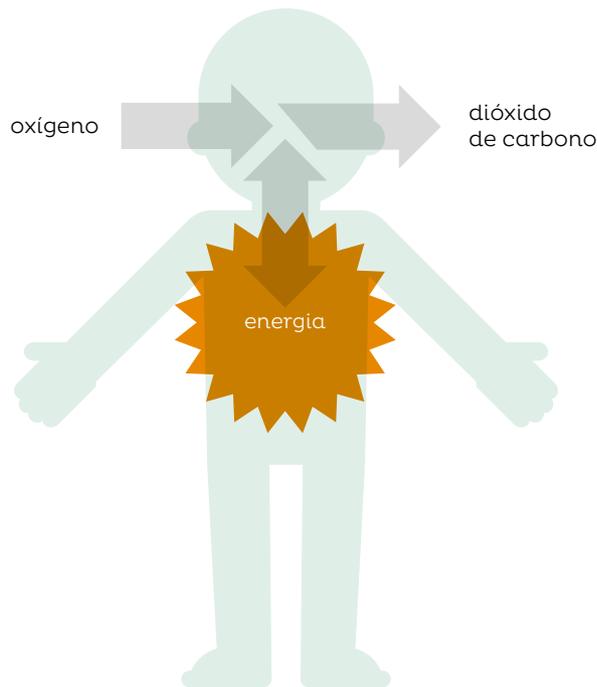


Figura 1. Esquema del camino de los gases, donde se explicita cómo los gases entran, se procesan y son usados para obtener energía.

El camino de los gases explica cómo el ser humano inspira los gases del exterior, los conduce hasta los pulmones y desde allí transporta el oxígeno a través de la sangre hasta todas las partes del cuerpo. Además, tiene que ayudar a aclarar cómo el cuerpo humano expulsa el dióxido de carbono proveniente de todos los tejidos. La construcción de este camino tiene que servir para responder a todas aquellas preguntas que tienen que ver con la respiración y con el ritmo de los latidos del corazón. Los centros educativos que han participado en el programa Pequeños talentos científicos han utilizado este camino para responder a algunas preguntas, como ¿cómo es que cuando corro respiro más fuerte?, ¿por qué cuando hago ejercicio el corazón me late más rápido?

Para dar respuesta a estas preguntas hay que trabajar de forma integrada el aparato respiratorio y el siste-

ma circulatorio. Precisamente, el camino de los gases nos servirá para unir todos los órganos y estructuras internas que participan en todos aquellos procesos que tienen que ver en cómo los gases son utilizados por el cuerpo humano.

Entender el camino de los gases desde el punto de vista del modelo del cuerpo humano

Diferenciar entre aire y gases

Como en el caso del camino de los nutrientes, el camino de los gases forma parte de la función de nutrición. Por lo tanto, este camino explica cómo el cuerpo humano hace llegar a todas las células del cuerpo aquellas sustancias externas necesarias –en este caso algunos gases– para que puedan realizar todo lo necesario para

sobrevivir. Aparte de los nutrientes básicos, las células que forman los tejidos de nuestro cuerpo necesitan oxígeno para poder llevar a cabo la respiración celular. Durante la respiración celular, los glúcidos combinados con el oxígeno generan la energía que las células necesitan para poder efectuar sus funciones vitales. En el proceso de respiración celular, las células generan otro gas, el dióxido de carbono, que se convierte en un producto de rechazo que hay que eliminar del cuerpo, ya que en altas cantidades puede llegar a ser tóxico.

Por lo tanto, es importante distinguir entre aire y gases. El aire que nos rodea está formado por diferentes gases. Los dos gases más abundantes en el aire son, por una parte, el nitrógeno, que representa el 78 % del aire y, por la otra parte, el oxígeno, que representa el 21 %. El 1 % restante está formado por varios gases, como el argón, el dióxido de carbono o el agua en estado gaseoso, entre muchos otros. De todos los gases que constituyen el aire, las células de los tejidos humanos solo utilizan el oxígeno para hacer la respiración celular y obtener energía.

En resumen, el cuerpo humano dispone de una serie de órganos que le permiten obtener oxígeno del exterior, llevarlo a todas las células de los tejidos del cuerpo y eliminar el dióxido de carbono que se genera. En concreto, estos órganos se agrupan en dos sistemas: el aparato respiratorio y el sistema circulatorio. El camino de los gases se puede organizar en dos procesos:

- La inspiración y la expiración, que explican cómo el aire entra desde la nariz hasta los pulmones y cómo el dióxido de carbono es expulsado por la nariz desde los pulmones hacia el exterior.
- El transporte de los gases por la sangre, que describe cómo el oxígeno pasa desde los pulmones hasta el

sistema circulatorio y llega a las células de los tejidos, así como el transporte del dióxido de carbono desde los tejidos donde se genera hasta los pulmones.

La inspiración y la expiración

En la inspiración, el aire que se encuentra en el exterior del cuerpo entra hasta los pulmones. Los pulmones son dos órganos formados por tejido esponjoso y con forma de saco que tenemos dentro de la caja torácica, protegidos por las costillas. El aire entra en los pulmones como consecuencia del movimiento de un músculo, el diafragma, que está situado justo en la parte inferior de la caja torácica. Cuando el diafragma se contrae, la caja torácica aumenta de volumen y, como consecuencia, el aire del exterior entra hacia dentro. Cuando el diafragma se relaja, la caja torácica disminuye de volumen y el proceso se produce a la inversa.

Así, a través del movimiento del diafragma, el aire entra desde fuera hacia dentro del cuerpo humano y pasa por diferentes órganos. El primer órgano implicado en el trayecto es la nariz, que consta de dos agujeros que conducen a una cavidad interna, las fosas nasales. La parte interna de la nariz está llena de pequeños pelos y mucosidades que ayudan a filtrar el aire de partículas sólidas. La fosa nasal es una cavidad llena de pliegues y repliegues para facilitar que el aire no entre directamente hacia la faringe y así tenga tiempo de calentarse.

A continuación de las fosas nasales, el aire llega a la faringe. La faringe es una estructura en forma de tubo que conecta la cavidad bucal y las fosas nasales con el esófago (aparato digestivo), y la laringe y la tráquea (aparato respiratorio). Dado que se conectan los dos aparatos en el mismo tubo, existe el peligro de que al deglutir el alimento se desuie hacia el aparato respiratorio en

vez de ir hacia el aparato digestivo. Para evitarlo, cosa que provocaría la muerte por atragantamiento, hay un pequeño cartílago, la epiglotis, que cierra el espacio de contacto existente entre la faringe y la laringe cuando se deglute y que queda abierto cuando se respira.

A continuación, el aire llega a la laringe, donde se encuentran las cuerdas vocales, unos músculos que nos permiten emitir los sonidos del habla, y desciende hasta la tráquea. Anatómicamente, la laringe y la tráquea se sitúan por delante del esófago. La tráquea es un tubo de unos 12 centímetros de longitud y unos 2 centímetros de diámetro que conecta la laringe y los bronquios, y está formado por múltiples anillos cartilagosos. La tráquea se divide en dos bronquios principales, que son los que aportan el aire hasta los pulmones.

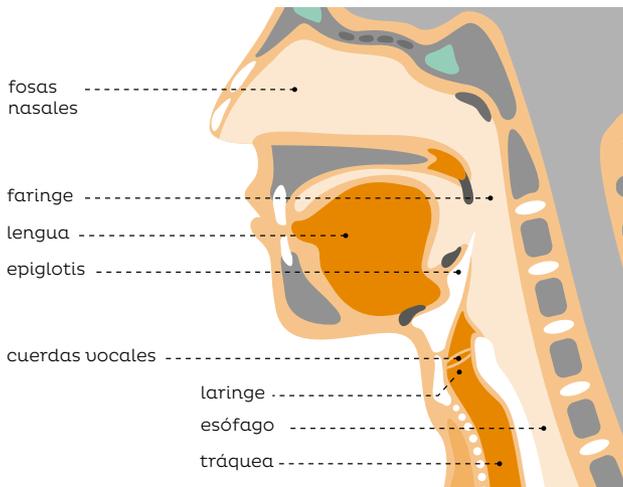


Figura 2. Ilustración de la parte superior del aparato respiratorio y del aparato digestivo.

Externamente, los pulmones son dos sacos membranosos, pero internamente están formados por una red de tubos y sacos que hacen que su superficie sea mucho mayor. De esta manera, los dos bronquios principales se dividen en muchos bronquios secundarios que, a su vez, se van haciendo cada vez más pequeños. Al final de las ramificaciones de los bronquios, se encuentran los alveolos, una especie de sacos pequeños, que es donde se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el aparato respiratorio y el sistema circulatorio.

Segunda etapa: el transporte de oxígeno y de dióxido de carbono a través de la sangre

Una vez el aire cargado de oxígeno llega a los alveolos se efectúa el intercambio de gases. Los alveolos están rodeados de capilares que llevan una carga elevada de dióxido de carbono que proviene de las células de los tejidos de todo el cuerpo y que es transportada por la arteria pulmonar. De este modo, el aire cargado de oxígeno de los alveolos entra en la sangre por los capilares, mientras que la sangre de los capilares pasa el dióxido de carbono a los alveolos.

De hecho, el oxígeno no se disuelve directamente en el “líquido” sanguíneo, sino que es transportado por unas células específicas, los hematíes o glóbulos rojos, que son los responsables del transporte del oxígeno y del dióxido de carbono. Los capilares que provienen de los pulmones y que llevan la sangre oxigenada se van unificando hasta transformarse en venas, que se fusionarán hasta convertirse en las venas pulmonares que desembocan en el corazón.

Hay que tener en cuenta que el corazón de los seres humanos está dividido en dos mitades. De este modo, la sangre que llega a la mitad izquierda del corazón no se

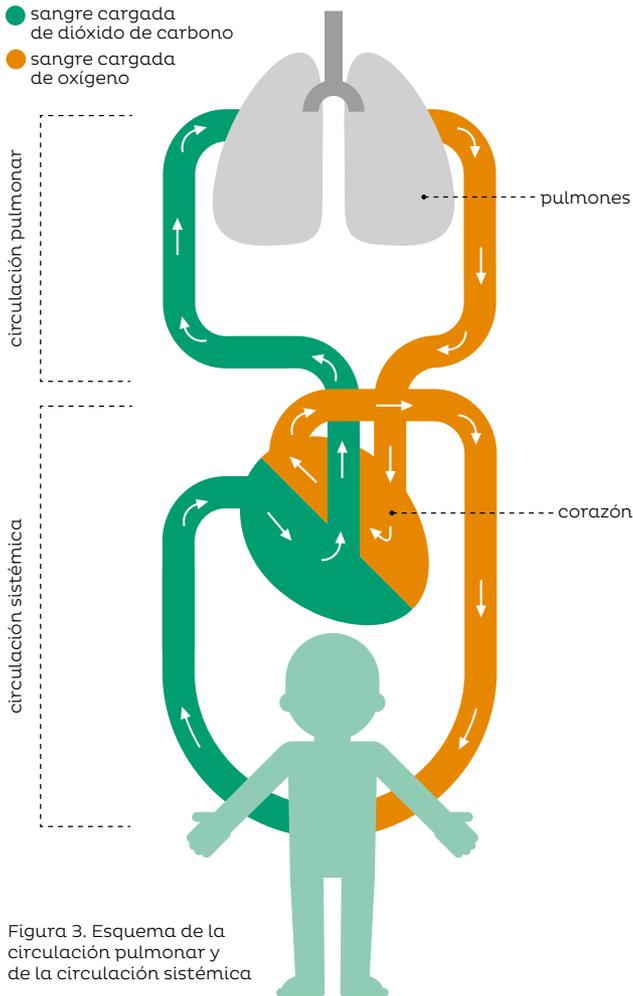


Figura 3. Esquema de la circulación pulmonar y de la circulación sistémica

mezcla con la sangre que llega a la mitad derecha. Si visualizáramos la circulación sanguínea como un todo tendría forma de 8, tal como muestra la figura 13. Las venas que llevan la sangre desde los tejidos hasta el corazón siempre entran por la parte superior del corazón, mientras que las arterias, que son las que llevan la sangre desde el corazón hasta los tejidos, siempre salen por la parte inferior.

Las venas que llegan de los pulmones cargadas de oxígeno entran por el lado izquierdo del corazón. El corazón impulsa la sangre oxigenada por todo el cuerpo por una arteria, la arteria aorta, que sale del mismo lado izquierdo. La arteria aorta se ramifica en otras arterias más pequeñas que llegan a todo el cuerpo. Las arterias se transforman en capilares, que son los que intercambian el oxígeno con las células de los tejidos. Las células de los tejidos de todo el cuerpo reciben el oxígeno de estos capilares y sueltan en la sangre todo el dióxido de carbono, que queda como residuo de la respiración celular.

Esta sangre cargada de dióxido de carbono que hay en los capilares desemboca en muchas pequeñas venas de todo el cuerpo, que se van uniendo hasta formar grandes venas, que son las que aportan la sangre al corazón por el lado derecho. La arteria que sale por el lado derecho cargada de dióxido de carbono es la que llevará la sangre hasta los capilares que hay alrededor de los alveolos y que permiten el intercambio de gases.

Las ideas de las niñas y los niños en relación con los órganos y los procesos implicados en el camino de los gases

Las ideas y los razonamientos de las niñas y los niños de primaria sobre la respiración han sido mucho menos estudiados que las ideas y razonamientos sobre los ór-

ganos y los procesos vinculados a la función de nutrición, especialmente a la (Toyama, 2000) digestión. En general, las niñas y los niños no encuentran tantos problemas en la respiración, como en la alimentación y la digestión. Eso puede ser debido a dos factores: a) tienen más percepciones reales sobre la alimentación (comida, masticar, ruidos y movimientos de los intestinos, etcétera) que sobre la respiración, y b) reciben mucha más información de su entorno social y familiar sobre la alimentación y la digestión que sobre la respiración.

Los estudios disponibles muestran que las niñas y los niños, y también muchos adultos, aplican el término respiración, o respirar, al intercambio de gases, es decir, a la entrada de oxígeno en el cuerpo a través de la inspiración y a la salida de gases a través de la expiración. Aunque lo que se inspira es aire, las niñas y los niños enseguida tienen bastante claro que el gas que el cuerpo necesita es el oxígeno. Por el contrario, no está tan claro que identifiquen de forma específica cuáles son los gases que salen del cuerpo hacia el exterior. Por eso es importante que, cuando en la escuela se trabaje la respiración, se vaya más allá de esta idea de respiración como intercambio de gases y se haga referencia al papel que realmente tiene el oxígeno en la obtención de energía en cada una de las células, lo que también pone de manifiesto la necesidad de que el oxígeno sea transportado de algún modo por todo el cuerpo.

En términos generales, el alumnado desde los 6-7 años reconoce fácilmente la importancia de la respiración, y sabe que el hecho de no respirar, como el hecho de no comer, tiene graves consecuencias para el cuerpo. Sin embargo, la investigación muestra que son más conscientes de los cambios que se producen en los alimentos que de lo que le ocurre al oxígeno que respiramos. Así pues, todas las niñas y los niños saben que el oxígeno

es necesario para vivir, pero no saben cuál es el papel que realmente tiene en el funcionamiento del cuerpo humano.

Anatómicamente, identifican los pulmones como los órganos más relevantes en relación con la respiración, pero tienen un conocimiento mucho menos concreto del resto de órganos que forman el aparato respiratorio. Los estudios que se han hecho a partir del análisis de los dibujos de los niños y las niñas muestran que hay una cierta variedad en sus dibujos sobre el aparato respiratorio, pero normalmente desde los 6-7 años ya incluyen los pulmones y también una conexión con el exterior. Asimismo, es frecuente que dibujen conexiones entre los pulmones y otros órganos como el corazón, o el estómago, de manera que no consideran los pulmones como los únicos órganos implicados en la respiración.

Ideas que hay que trabajar sobre el camino de los gases

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes que hay que construir a través del camino de los gases son las siguientes:

Idea 1. El aire está compuesto por varios gases; de todos ellos, el cuerpo humano solo utiliza el oxígeno.

Esta idea hace referencia tanto a comprender que el aire es una mezcla de gases como a entender que no todo el aire que entra en los pulmones es aire que utilizamos en la respiración.

Idea 2. El aparato digestivo y el aparato respiratorio comparten la primera parte del camino, pero en la laringe hay un músculo que separa los dos aparatos.

Esta idea hace referencia sobre todo a comprender el tramo inicial de los dos aparatos y que la separación se da en la laringe.

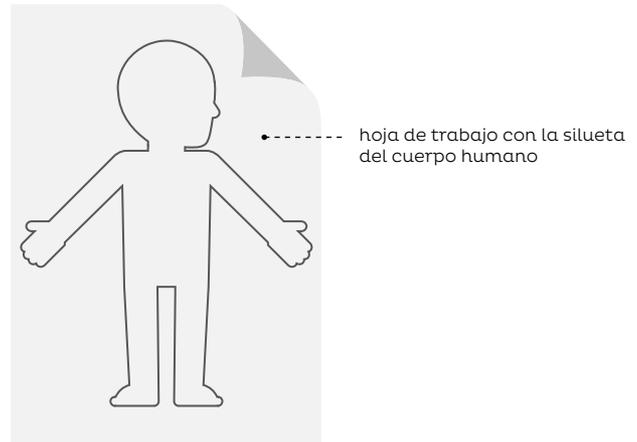
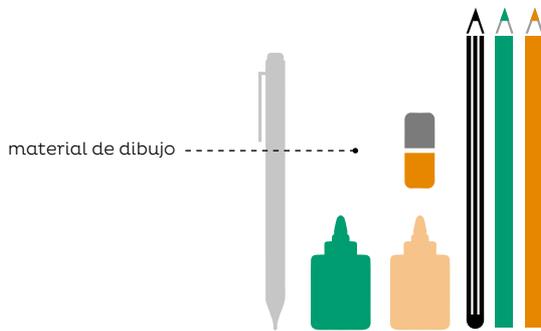
Idea 3. El aire entra y sale de los pulmones como consecuencia del movimiento de un músculo, el diafragma, que tenemos justo en la parte inferior de la caja torácica. Esta idea hace referencia a entender que es el movimiento muscular del diafragma lo que provoca que el aire entre dentro de los pulmones.

Idea 4. El oxígeno llega a la sangre desde los alveolos que hay en los pulmones, la circulación pulmonar hace que el oxígeno llegue al corazón y de allí se distribuya a todo el cuerpo. Esta idea tiene que ver con el papel de los vasos sanguíneos en el transporte de los gases y con la importancia de los capilares, que gracias a su permeabilidad dejan entrar y salir sustancias del aparato circulatorio.

	Activitat 1. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de los gases	Activitat 2. El camino del aire hasta los pulmones	Activitat 3. Cómo entra el aire hasta los pulmones	Activitat 4. El camino de los gases en la sangre
Idea 1. El aire está compuesto por varios gases; de todos ellos, el cuerpo humano solo utiliza el oxígeno.				
Idea 2. El aparato digestivo y el aparato respiratorio comparten la primera parte del camino, pero en la laringe hay un músculo que separa los dos aparatos.				
Idea 3. El aire entra y sale de los pulmones como consecuencia del movimiento de un músculo, el diafragma, que tenemos justo en la parte inferior de la caja torácica.				
Idea 4. El oxígeno llega a la sangre desde los alveolos que hay en los pulmones, la circulación pulmonar hace que el oxígeno llegue al corazón y de allí se distribuya a todo el cuerpo.				

Actividad 1

EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS SOBRE EL CAMINO DE LOS GASES



Material para un grupo de cuatro personas:

Hoja de trabajo con la silueta del cuerpo humano , lápices de colores y material para dibujar

Las ideas científicas:

Idea 2. El aparato digestivo y el aparato respiratorio comparten la primera parte del camino, pero en la laringe hay un cartilago que separa los dos aparatos.

Idea 4. El oxígeno llega a la sangre desde los alveolos que hay en los pulmones, la circulación pulmonar hace que el oxígeno llegue al corazón y de allí se distribuya a todo el cuerpo.

Descripción de la actividad

1. Presentación de la investigación sobre el camino de los gases.
2. Exploración de las ideas del alumnado sobre la anatomía del aparato respiratorio.
3. Exploración de las ideas del alumnado sobre el funcionamiento del aparato respiratorio .

Orientaciones didácticas

1. Presentación de la investigación sobre el camino de los gases

Es necesario que la investigación se enmarque a través de una pregunta cuya respuesta tendría que ser una explicación que ayude a comprender cómo funciona el camino de los gases en el cuerpo humano. Tanto si es a través de preguntas formuladas por los propios niños y niñas como a partir de una pregunta generada por el docente, es necesario que las preguntas conduzcan a explicaciones como, por ejemplo, las preguntas que se hicieron en las investigaciones de Pequeños talentos científicos: ¿cómo es que cuando corro respiro más fuerte?, ¿por qué cuando hago ejercicio el corazón me late más rápido?.

2. Exploración de las ideas del alumnado sobre la anatomía del aparato respiratorio

Podemos empezar haciendo reflexionar a los alumnos sobre las partes del cuerpo que intervienen en la inspiración, partiendo de su propia experiencia. Para guiar esta investigación, hará falta que formulemos preguntas, como por ejemplo: ¿por dónde entra el aire?, ¿si nos tapamos la nariz, podemos respirar?, ¿y si nos tapamos la boca?, ¿por dónde pasa el aire?, ¿adónde va?, ¿qué notamos cuándo inspiramos?, ¿y cuándo expiramos?.

A partir de esta primera observación, pediremos a los alumnos que hagan dos dibujos utilizando dos colores diferentes: a) de color azul todos aquellos tubos y aparatos por donde pasa el aire cuando entra en el cuerpo humano; b) de color rojo todos aquellos tubos y aparatos por donde pasa la comida cuando entra en el cuerpo humano hasta el estómago. Para ayudarlos a

dibujar estos recorridos les damos una silueta del cuerpo humano.

3. Exploración de las ideas del alumnado sobre el funcionamiento del aparato respiratorio

A continuación, podemos iniciar una charla para que los niños expliquen cómo funciona el aparato respiratorio. Además, es necesario que profundicemos en sus ideas sobre la conexión entre el aparato respiratorio y el sistema circulatorio a través de algún hecho conocido, como por ejemplo: todos sabemos que cuando hacemos ejercicio respiramos más y el corazón nos late más rápido, ¿por qué os imagináis que pasa eso?, ¿cómo creéis que están conectados los pulmones y el corazón?.

Actividad 2

EL CAMINO DEL AIRE HASTA LOS PULMONES



Material para un grupo de cuatro personas:

Representaciones de los modelos 1, 2 y 3, goma y lápiz.

Las ideas científicas

Idea 1. El aire está compuesto por varios gases, de los cuales el cuerpo humano sólo utiliza el oxígeno.

Idea 2: El aparato digestivo y el respiratorio comparten la primera parte del camino, pero en la laringe hay un cartílago que separa los dos aparatos.

Las ideas de los niños y las niñas

Algunos estudios han puesto de manifiesto que los alumnos no conocen con suficiente detalle la anatomía de la parte inicial de los aparatos digestivo y respiratorio. Esto se puede ver en las diversas representaciones de este tramo que se describen más abajo, donde apa-

recen representaciones con una completa desconexión entre ambos aparatos, o de otras en las que no hay distinción entre uno y otro aparato. Lo que es bastante probable es que no aparezca ninguna representación del alumnado que se corresponda exactamente con la anatomía de este tramo.

La explicación científica

El aparato digestivo y el aparato respiratorio comparten el primer tramo de recorrido hasta la laringe, donde se separan en dos tubos diferentes. Para evitar que la comida entre en las vías respiratorias, existe un músculo, la epiglotis, que cierra el conducto respiratorio cuando tragamos.

Descripción de la actividad

1. Clasificar los posibles modelos según sus semejanzas y diferencias.

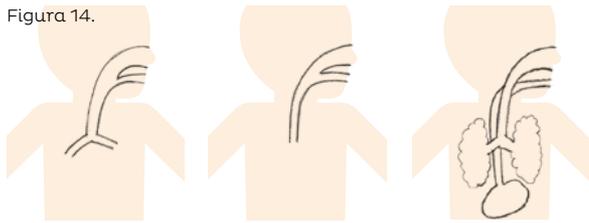
2. Examinar y discutir los modelos seleccionados para comprobar su funcionamiento verificando hipótesis y creando un modelo consensuado entre todo el grupo clase.

Orientaciones didácticas

1. Clasificar los posibles modelos según sus semejanzas y diferencias.

Uno de los objetivos de esta actividad es que los alumnos conozcan y discutan sobre las representaciones del resto de grupos para poder cambiar su representación inicial expresada en la actividad 1, “Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de los gases”. Para ello, iniciaremos un coloquio donde cada grupo expondrá el dibujo donde ha representado su modelo y favoreceremos las interacciones entre las niñas y los niños con la intención de encontrar las semejanzas y diferencias entre cada una de las representaciones. La finalidad de este diálogo es poder clasificar todos los dibujos en modelos más generales que engloben los rasgos más característicos de todas las ideas previas. Un ejemplo de agrupación podría ser el siguiente:

Figura 14.



Modelo 1, con un único tubo que comunica la nariz y la boca y llega a los pulmones.

Modelo 2, un único tubo que comunica la nariz y la boca.

Modelo 3, con dos tubos, uno que sale de la nariz y llega a los pulmones y el otro que sale de la boca y llega al estómago.

A partir de nuestras intervenciones procuraremos que el alumnado pueda realizar una buena clasificación donde se recojan todas y cada una de las hipótesis de cada grupo para poder verificarlas más adelante. Por ejemplo, puede haber niños y niñas que crean que el modelo 1 y el modelo 2 se pueden agrupar en la misma categoría, ya que pueden representar una misma idea: un solo tubo conectado por la boca y la nariz. Podemos intervenir para ayudar a identificar que no simbolizan la misma idea, ya que tienen finales diferentes. Una vez clasificados todos los dibujos, es necesario ponerse de acuerdo sobre cuál representa mejor cada categoría o, si es necesario, crear dibujos nuevos que agrupen las mismas ideas. El objetivo final es disponer de dos o tres modelos para poder analizarlos más profundamente.

2. Examinar y discutir los modelos seleccionados para comprobar su funcionamiento verificando hipótesis y creando un modelo consensuado entre todo el grupo clase.

La finalidad de haber categorizado las hipótesis iniciales de todos los grupos en tres modelos es para obtener un único modelo consensuado entre todos que represente cuál es el trayecto que hace el aire hasta llegar a los pulmones. Para ello, pondremos a prueba cada modelo mediante el diálogo para cuestionar los puntos débiles de cada representación e incorporar nuevos conceptos creando incoherencias a partir de la observación.

Para poner a prueba los dibujos del alumnado que son semejantes al modelo 1, primero hará falta que los alumnos que han expresado esta representación lo expliquen. Para evaluarlo, podemos recuperar las observaciones iniciales sobre el hecho de que respiramos por la nariz y por la boca, y podemos hacer notar que el modelo que presentan es válido con respecto a la cone-

ción de estos dos órganos. Pero también tenemos que hacer ver algunas incoherencias mediante preguntas como: ¿si la boca y la nariz están conectadas, el aire y el alimento viajan por el mismo tubo?, ¿qué pasa con los alimentos?, ¿también llegan a los pulmones?. Estas primeras observaciones tienen que ayudar a comprender que las representaciones parecidas a los modelos 1 y 2 son incompletas, ya que los alimentos no llegan a los pulmones y, por lo tanto, es necesario que haya dos tubos diferentes: uno para el aparato respiratorio y otro para el aparato digestivo.

A partir de este primer descubrimiento se puede pasar a comprobar todas aquellas representaciones de las niñas y los niños parecidas al modelo 3, en el que hay un tubo para cada acción: respirar y comer. Siguiendo la misma dinámica anterior, volvemos a guiar el análisis mediante preguntas y pequeñas comprobaciones. En primer lugar podemos indicar que, en el modelo 1 fijaros que hay un tubo conectado con la boca y la nariz para poder respirar por los dos órganos. ¿Podríamos respirar por la boca y la nariz, si fuese como el modelo 3?. En segundo lugar, podemos destacar que el modelo 3 nos permite tragar y respirar al mismo tiempo. ¿Podemos hacerlo nosotros? ¿Cuando masticamos podemos respirar?

Estableciendo este tipo de diálogos se llegará a la conclusión de que el M3 también es incompleto, ya que no podemos tragar y respirar al mismo tiempo.

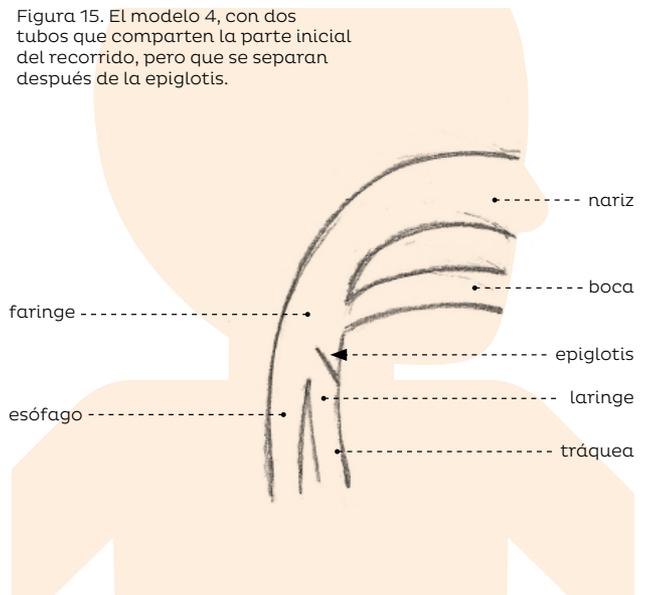
Para poder construir un nuevo modelo a partir de las rectificaciones, es necesario que vayamos recopilando todas las ideas que han ido surgiendo fruto de la investigación:

- No podemos tener un solo tubo porque el alimento iría a parar a los pulmones.

- Tampoco podemos tener dos tubos independientes porque no podemos tragar y respirar al mismo tiempo.

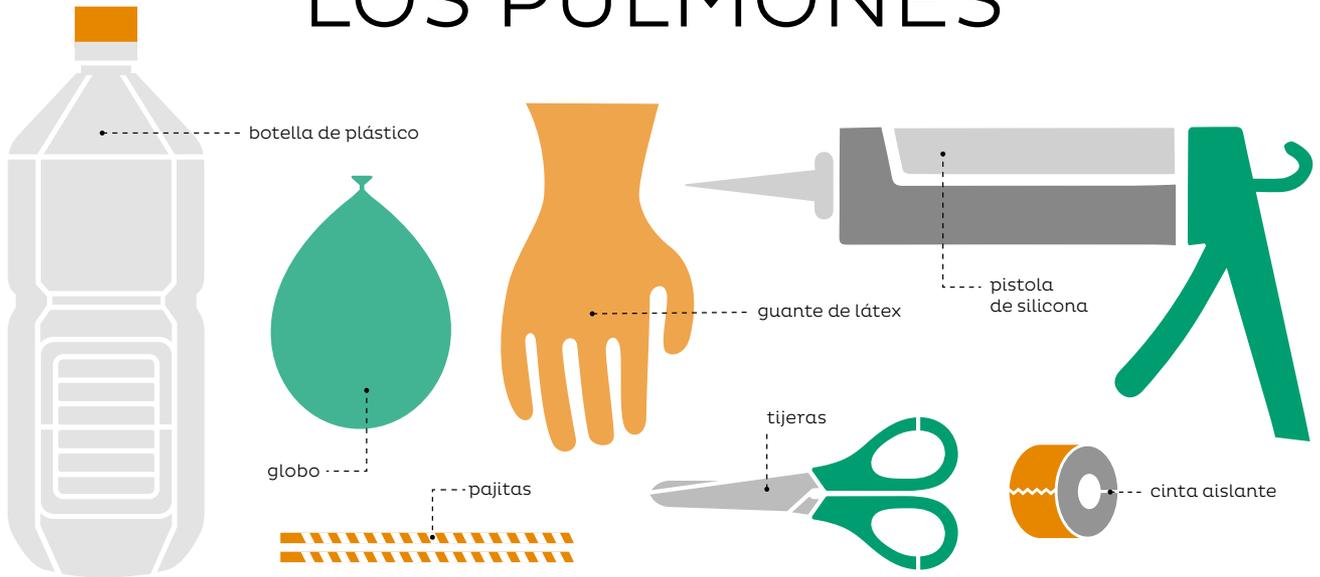
A partir de aquí, el maestro formula las siguientes preguntas: ¿qué hace que la comida no entre en el tubo equivocado y que la comida no baje hasta los pulmones?, ¿qué nos puede ir bien para evitar que la comida baje a los pulmones?, ¿cómo lo podríamos representar? Seguramente surgirá la idea de que tenemos una especie de puerta o trampilla que se abre y se cierra. En ese momento, podemos introducir el nombre científico de este pequeño cartílago, la epiglotis, que se abre y se cierra para dirigir la comida y el aire en la dirección correcta.

Figura 15. El modelo 4, con dos tubos que comparten la parte inicial del recorrido, pero que se separan después de la epiglotis.



Actividad 3

CÓMO ENTRA EL AIRE HASTA LOS PULMONES



Material para un grupo de cuatro personas:

1 botella de plástico, 2 globos, 2 pajitas, guante de látex, cinta aislante, tijeras y pistola de silicona.

Las ideas científicas

Idea 3: El aire entra y sale de los pulmones como consecuencia del movimiento de un músculo, el diafragma, que tenemos justo en la parte inferior de la caja torácica.

Las ideas de los niños y las niñas

Los estudios sobre las ideas de los niños y las niñas muestran que no conciben la respiración como la actividad de producción de energía a través del uso del

oxígeno que se produce en cada una de las células, sino que lo entienden como la acción de hacer entrar oxígeno en el cuerpo a través de la inspiración, y de expulsar gases del cuerpo al exterior a través de la expiración.

A pesar de esta concepción, la investigación también ha puesto de manifiesto el desconocimiento que tienen los niños y las niñas del proceso concreto que permite la inspiración y la expiración, así como los órganos que están implicados en el mismo. En este sentido, es destacable el hecho de que los dibujos que los niños y las niñas hacen inicialmente sobre las partes y el funcionamiento del aparato respiratorio no tienen nunca en cuenta el papel tan importante que desempeña el diafragma.

La explicación científica

El aire entra en el interior de los pulmones como consecuencia del movimiento del diafragma, un músculo que tenemos en la caja torácica. Cuando inspiramos, este músculo se mueve y hace que la caja torácica gane volumen, hecho que provoca que el aire de fuera del cuerpo entre hacia dentro. En la expiración, el proceso es a la inversa, la caja torácica pierde volumen y el aire es expulsado de los pulmones.

Descripción de la actividad

1. Observamos la respiración
2. Hacemos el experimento sobre la caja torácica
3. Damos sentido a la maqueta

Orientaciones didácticas

1. Observamos la respiración

Con todo el grupo clase realizamos un ejercicio de relación y de observación de la respiración. Con las luces de la clase apagadas, pedimos a las niñas y a los niños que cierren los ojos y se concentren en la respiración. Les indicamos que se fijen en cómo el aire entra por la nariz, baja hasta la barriga y se hinchan los pulmones. A continuación, pedimos que estén atentos al movimiento inverso, cómo se deshinchon los pulmones, sube el aire y sale por la nariz. Insistimos en que se concentren sobre todo en el movimiento de la barriga. Una vez acabado este ejercicio de observación de la respiración, consensuamos todos aquellos movimientos que hayamos notado en el cuerpo vinculados con la respiración y los anotamos en la pizarra.

2. Hacemos el experimento sobre la caja torácica

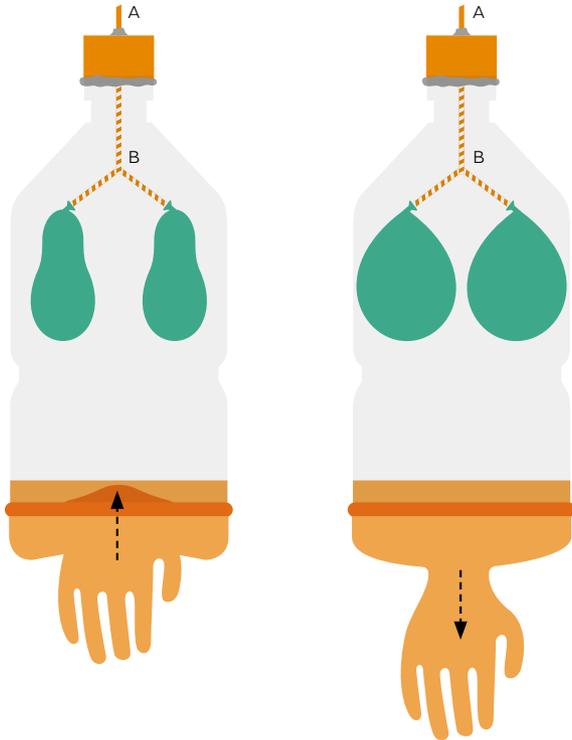
Para poder entender y modelizar cómo el aire entra y sale de los pulmones proponemos elaborar una pequeña maqueta donde cada material utilizado corresponderá a una parte del cuerpo. Cada grupo será responsable de crear su maqueta al mismo tiempo que el maestro; mediante preguntas, irá construyendo las analogías entre los materiales usados y los órganos del cuerpo humano.

Para introducir el experimento plantearemos las preguntas siguientes: ¿qué tubo hace llegar el aire a los pulmones?, ¿con qué material lo podríamos representar?, si tenemos dos pulmones, ¿cómo llega el aire a cada uno de ellos? A partir de aquí, introducimos los conceptos de tráquea y bronquios creando dichas estructuras con pajitas, una de ellas para representar la tráquea y las dos mitades restantes de la segunda pajita para los dos bronquios. Para conectar los dos bronquios con la tráquea cortamos los extremos en sesgo y los unimos con cinta aislante creando una estructura en forma de Y. En los extremos de los bronquios unimos los dos globos, también con cinta aislante, tal como se puede observar en la parte B de la figura 16.

Es importante que el alumnado sepa localizar dónde tenemos los pulmones. Por eso hay que hablar del concepto de caja torácica, protegida por las costillas, que es donde se encuentran los pulmones. También es necesario que elijan, entre los objetos de los que disponen, el material que puede representar mejor esta cavidad (la botella). Para integrar este nuevo elemento cortamos la parte inferior de la botella y realizamos un pequeño agujero en la parte central del tapón que sea del mismo diámetro que la pajita que representa la tráquea. De este modo podremos introducir los globos y las pajitas

Figura 16. En la maqueta, cuando estiramos el guante de látex, el volumen aumenta y eso hace que el aire entre en los globos del interior de la botella, tal como pasa en el aparato respiratorio cuando inspiramos. Cuando soltamos el guante de látex, el volumen total disminuye y el aire de los globos es expulsado, tal como pasa en el aparato respiratorio cuando expiramos.

En la maqueta, el agujero de la parte superior del tapón representa la nariz; las pajitas representan la tráquea y los bronquios; los dos globos representan los pulmones; la botella representa la caja torácica; el guante de látex que cierra la botella representa el diafragma.



dentro de la botella haciendo sobresalir la tráquea por el orificio del tapón y sellándolo con silicona caliente, tal como se puede observar en la parte A de la figura 16.

3. Damos sentido a la maqueta

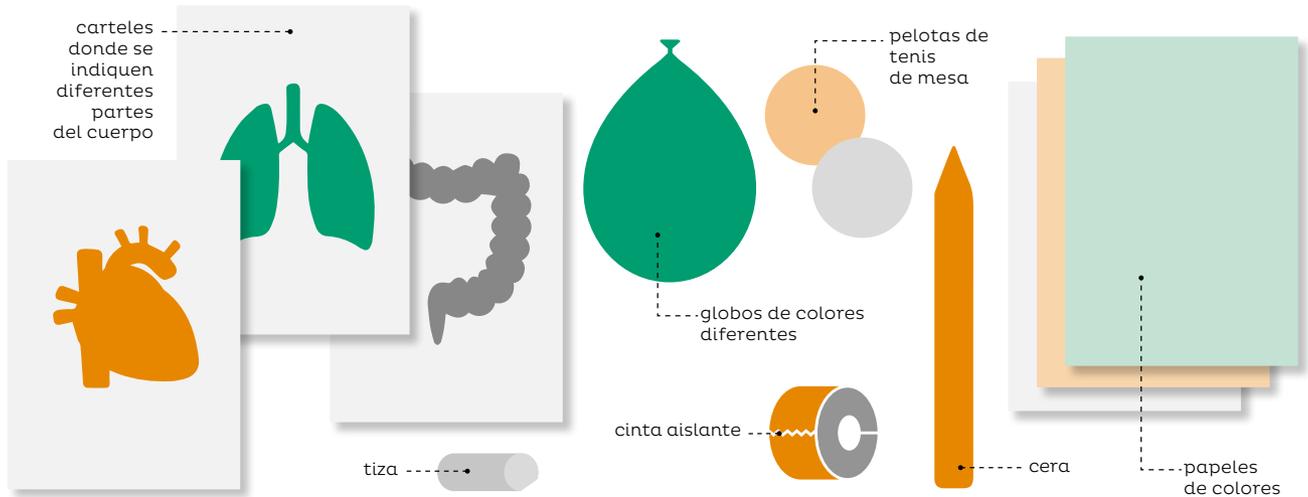
Una vez creada la maqueta preguntamos qué harían para poder llenar y vaciar de aire los globos. Seguramente surgirá la idea de que se llenan soplando y se vacían sorbiendo por el extremo de la pajita. Hay que conseguir que sean conscientes de que no existe ninguna fuerza externa que nos permita introducir o extraer el aire de los pulmones y que, por lo tanto, tiene que ser un mecanismo interno el que haga posible la respiración. Una posible pregunta para hacer que se den cuenta de este hecho, podría ser: ¿nos soplan, y nos sorben, para poder respirar?

En la maqueta, el agujero de la parte superior del tapón representa la nariz; las pajitas, representan la tráquea y los bronquios; los dos globos representan los pulmones; la botella representa la caja torácica; el guante de látex que cierra la botella representa el diafragma.

En este momento será crucial introducir el concepto de diafragma, músculo situado en la parte inferior de la caja torácica y que, con su movimiento, permite que el aire entre y salga de los pulmones. El paso siguiente será que los alumnos experimenten con el único material que les ha quedado (un guante de látex) cómo pueden representar la acción del diafragma. A continuación, ponemos en común las diferentes representaciones para llegar a crear la maqueta completa colocando el guante de látex en la parte inferior que hemos recortado de la botella. Todos los grupos podrán comprobar que moviendo el globo (diafragma) hacia dentro y hacia fuera, los dos globos (pulmones) se hinchan y se deshinchan simulando la inspiración y la expiración.

Actividad 4

EL CAMINO DE LOS GASES POR LA SANGRE



Material para un grupo de cuatro personas:

Carteles que indiquen diferentes partes del cuerpo (corazón, intestino delgado, intestino grueso, pulmones, riñones y tejidos del músculo), ceras rojas, globos de colores, pelotas de ping-pong blancas y amarillas, trozos de papeles de colores, cinta aislante y tiza para dibujar una silueta humana

Las ideas científicas

Idea 1. El aire está compuesto por varios gases, de los cuales el cuerpo humano sólo utiliza el oxígeno.

Idea 4. El oxígeno llega a la sangre desde los alveolos que hay en los pulmones, la circulación pulmonar hace que el oxígeno llegue al corazón y de allí se distribuya a todo el cuerpo.

Las ideas de los niños y las niñas

Los estudios disponibles sobre las ideas de las niñas y los niños no han analizado a fondo sus conocimientos sobre el proceso de intercambio de gases entre los alveolos pulmonares y los capilares sanguíneos. A pesar de esta carencia, tenemos que suponer que, como en cualquier otro proceso biológico interno, no tendrán una concepción clara de cómo se produce este fenómeno, pero también debemos tener en cuenta que todos serán capaces de razonar a través de analogías y usarán sus conocimientos sobre las propiedades y los comportamientos de los materiales para generar sus hipótesis.

La explicación científica

Desde los alveolos de los pulmones el oxígeno entra en el torrente sanguíneo a través de los capilares, unos

vasos sanguíneos que permiten el intercambio de sustancias. La sangre oxigenada llega al corazón a través de las venas pulmonares. El corazón envía a través de la arteria aorta la sangre oxigenada a todo el cuerpo. La arteria aorta se va ramificando en arterias más pequeñas, que a su vez se van ramificando hasta los capilares, donde llega la sangre oxigenada. Los capilares intercambian con los tejidos –como por ejemplo los músculos– el oxígeno de la sangre, y a cambio reciben dióxido de carbono de las células de los tejidos.

La sangre cargada de dióxido de carbono de los capilares es canalizada hacia pequeñas venas. Las pequeñas venas se van juntando en venas mayores hasta llegar a las venas que finalmente llevan la sangre con dióxido de carbono al corazón. Finalmente, las arterias pulmonares transportan la sangre cargada de oxígeno hacia los pulmones, donde los capilares de los pulmones realizan el intercambio de gases con los alveolos. Los alveolos pulmonares pasarán oxígeno a los capilares y los capilares pasarán dióxido de carbono a los alveolos.

Descripción de la actividad

1. Cálculo de pulsaciones en reposo y después de practicar ejercicio físico .
2. Modelización del intercambio de nutrientes y gases

Orientaciones didácticas

1. Cálculo de pulsaciones en reposo y después de practicar ejercicio físico

Para poder entender la relación entre el sistema pulmonar y el circulatorio proponemos una actividad que permita experimentar a cada alumno cómo reacciona

el propio cuerpo a la hora de practicar ejercicio físico. Concretamente, calcularemos las pulsaciones en reposo y después de correr durante cinco minutos en el patio.

Para guiar esta observación, explicamos qué es una pulsación y cómo se localiza el pulso. Se pueden ofrecer diferentes opciones, pero siempre utilizando los dedos índice y corazón sin apretar en exceso la zona:

- En el corazón directamente.
- En el cuello, al lado de la nuez.
- En la muñeca, cerca de la base de dedo pulgar.

Una vez todo el alumnado haya encontrado su propio pulso, iniciamos el próximo paso, que será contar las pulsaciones en reposo durante 15 segundos, entendiendo que multiplicando el resultado por cuatro obtendremos las pulsaciones por minuto. Se deberá anotar este dato de forma individual para poder compararlo y analizarlo posteriormente. A continuación, los alumnos correrán por el patio durante cinco minutos y, al acabar, volverán a contar sus pulsaciones siguiendo las mismas indicaciones y anotando el resultado como en el caso anterior.

Al volver al aula, recopilamos todos los datos obtenidos en una tabla marcando en azul los valores más pequeños y en rojo los mayores de los dos datos de cada alumno. Con este análisis, y de forma muy visual, comprobamos que el número de pulsaciones por minuto ha aumentado en todos los casos después de haber realizado ejercicio físico.

A partir de aquí será interesante comentar qué sensaciones han notado mientras corrían. Seguramente al-

gunas de las observaciones serán: “hemos tenido que respirar más”, “nos hemos cansado”, “hemos sudado”, “hemos notado los latidos del corazón más fuerte”, etcétera. Aprovechamos esta recopilación de experiencias para introducir la pregunta siguiente: ¿por qué cuando corremos necesitamos respirar más fuerte y los latidos del corazón nos van más rápido?

2. Modelización del intercambio de nutrientes y gases

Para responder a la pregunta que hemos podido formular gracias a la observación anterior necesitaremos entender cómo llega el oxígeno a los músculos. También habrá que conectar, mediante el sistema circulatorio, los dos aparatos en estudio: el digestivo y el pulmonar. Solo de esta manera se podrá comprender la globalidad y la funcionalidad de este proceso complejo, ya que tratando los tres sistemas aislados entre sí únicamente se consigue un modelo incompleto de la realidad.

A partir de una pequeña representación corporal creamos un modelo consensuado entre todo el grupo clase. El primer paso será pactar con el alumnado qué elementos necesitamos para explicar el sistema circulatorio en toda su totalidad, es decir, teniendo en cuenta también el camino de los nutrientes. Irán surgiendo los diferentes componentes mediante preguntas, como por ejemplo: ¿dónde se absorbían los nutrientes?, ¿cómo llegaban a los tejidos?, ¿qué órgano nos permite respirar?, ¿qué inspiramos?, ¿qué expiramos?, ¿cómo creéis que pasa el oxígeno a la sangre?, ¿cómo nos llega este oxígeno a los músculos?, ¿qué órgano hace mover la sangre?, entre otras.

Para poder llevar a cabo la representación corporal es importante que aparezcan, como mínimo, estos elementos: corazón, sangre, intestino delgado, intestino

grueso, pulmones, musculatura, nutrientes, oxígeno y dióxido de carbono. A partir de aquí, escogemos los papeles que realizará cada alumno empezando por los órganos: corazón, intestino delgado, intestino grueso, pulmones (dos personas) y riñones (dos personas). Para poder diferenciarlos, se les reparte un cartel con el nombre de cada uno que se tendrán que colgar en el cuello. Seguidamente, el resto de niños y niñas se reparten en una hilera larga de sangre (pintados de color rojo) y tejidos del músculo (sujetando un cartel con este nombre).

Una vez realizado el reparto de los personajes, se presentan el resto de materiales simulando los productos que se tienen que intercambiar en varios niveles del cuerpo: globos de colores (nutrientes), pelotas de ping-pong blancas (oxígeno) y amarillas (dióxido de carbono). A partir de aquí, pedimos a los alumnos que se sitúen dentro de una silueta humana gigante previamente dibujada en el suelo con cinta aislante o tiza. Una vez situados, tendrán que interactuar con sus compañeros para recrear cómo creen que es el recorrido que realizan los nutrientes y el oxígeno hasta llegar a los músculos.

Pero antes, se tienen que acordar de qué funciones realizan cada uno de estos personajes. Sobre todo, será necesario que individualmente cada uno conozca muy bien su papel para poder ir construyendo, entre todos, una historia coherente. Por ejemplo, la persona que representa el corazón debe tener claro que es el motor de todo el sistema y que empuja la sangre cargada de nutrientes y oxígeno. A partir del diálogo empezamos a narrar la historia partiendo de un enunciado: el corazón empuja la sangre cargada de nutrientes y de oxígeno...

Una posible recreación pactada entre todos podría ser la siguiente. La persona que representa el corazón mar-

ca el ritmo que tiene que seguir la sangre dando palmas. Los niños y niñas que simulan la sangre deben ir en fila siguiendo este ritmo y llevando en la mano globos de colores (nutrientes) y pelotas blancas (oxígeno). Estos se dirigen hacia el músculo donde se produce el intercambio: la sangre da los nutrientes y el oxígeno y, a cambio, el músculo da trozos de papeles de colores (residuos) y pelotas amarillas (dióxido de carbono). La sangre continúa su camino hacia los riñones dejándole los residuos. A continuación, pasando por el corazón, llega a los pulmones, donde deja las pelotas amarillas (dióxido de carbono) y coge las blancas (oxígeno). La sangre cargada de oxígeno pasa otra vez por el corazón hasta llegar al intestino delgado. Ahí, la persona que representa este órgano le entrega globos de Lego (nutrientes) que, pasando por el corazón, llegan otra vez al músculo y vuelve a empezar el circuito.

Llegados a este punto, recuperamos la pregunta de la actividad anterior: ¿por qué cuando corremos necesitamos respirar más fuerte y los latidos del corazón nos van más rápido? Para representar los latidos del corazón más acelerados, la persona que represente este músculo tendrá que seguir un ritmo más rápido con las manos. De este modo, los niños y las niñas se darán cuenta de que todo el proceso se acelera y, en menos tiempo, el músculo recibe más cantidad de oxígeno porque trabaja más y, por lo tanto, necesita más energía. Y al mismo tiempo, necesitamos respirar más fuerte para que nos entre más oxígeno.

La experiencia de la escuela Cervantes en el curso de formación de Pequeños talentos científicos

El curso 2016-17 Laura Prats fue maestra de la escuela Cervantes y con el grupo de 5.º de educación primaria llevó a cabo una investigación sobre la circulación de la sangre. A continuación nos explica qué supuso la experiencia para ella y su alumnado.

Sabemos que toda investigación empieza con una pregunta que se pueda investigar, pero ¿cuál es la pregunta? ¿Cuál es la pregunta que hará que los alumnos se conviertan en científicos y no en simples espectadores? Este, para mí, fue el primer reto.

Un día volviendo del patio una alumna me dijo: “¡mira qué deprisa que me va el corazón!”. ¡Ya está! ¡Ya lo tenía! Empezamos a hablar del ritmo cardíaco y del ritmo respiratorio, del ruido (dub-dub) que hace el corazón... y así surgió la gran pregunta: ¿cómo circula la sangre?

Los alumnos enseguida se sintieron atraídos por investigar, averiguar más sobre un tema que había salido espontáneamente, de sus propios intereses y que, después de una primera conversación, les generaba bastante curiosidad.

Un corazón de un ternero nos podía ayudar a entender mejor la circulación de la sangre. A través de una detenida observación se fueron creando hipótesis que, más tarde, se tendrían que comprobar. Todo fue un trabajo cooperativo y esta fue la clave del éxito. Todos tenían algo que decir, que opinar... en definitiva algo que aportar al grupo y a la que ya era nuestra investigación. Como maestra no esperaba que observando un corazón pudieran extraer tantas hipótesis y que estas se aproximaran tanto a la realidad. Eso es lo que más me sorprendió y la experiencia más positiva que me llevo de esta investigación. No hay que

darlo todo tan “masticado”, ellos pueden extraer hipótesis y llegar a conclusiones sorprendentes, lo cual es una parte totalmente activa en su aprendizaje.

Acabada la investigación, creamos maquetas con corazones de cerdo para dar forma a lo que habíamos ido viendo y consolidar así el aprendizaje. Finalmente llegó el momento de representar lo que ya habíamos observado, analizado, comprobado y aprendido. Decidimos hacer una representación de cómo circula la sangre. En el patio de la escuela, con telas, cuerdas y el propio cuerpo hicimos esta representación, que grabamos en vídeo. Todos estaban muy animados y fue muy interesante como colofón de la investigación. Ellos mismos se organizaban y era sorprendente el dominio que ya tenían del tema. Se les veía relajados, ilusionados, orgullosos e involucrados en el proyecto común.

Ya solo quedaba la presentación en el CosmoCaixa. Entre todos elaboraron el texto, prepararon la presentación y después se hizo un sorteo para saber qué personas saldrían en representación del grupo. En el sorteo participaron todos los que quisieron. A pesar de ser pocos los que podían salir a presentar, todos estaban ilusionados esperando el día. Se llevaron a cabo varios ensayos y en uno de ellos se invitó a las familias.

Como maestra me sorprendió que la experiencia científica no había dejado indiferente a ninguno de los 25 alumnos; a todos ellos les había llegado. Por último, me gustaría transmitir que esta metodología requiere mucha organización por parte de los maestros, pero resulta muy enriquecedora para todos.

El camino de la información: cuando el problema es cómo lo que captan los sentidos nos hace reaccionar

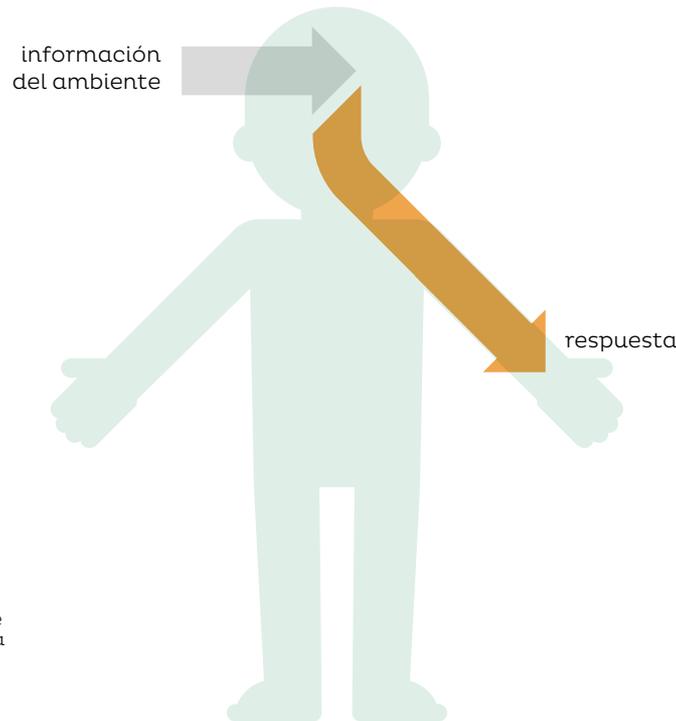


Figura 17. Esquema del camino de la información, donde se explicita cómo la información es captada por los órganos de los sentidos y cómo se produce una respuesta.

El camino de la información sirve para explicar cómo el ser humano recibe la información del medio que lo rodea, cómo esta información es procesada por el sistema nervioso central y cómo el cuerpo procesa una respuesta. Los centros educativos que han participado en el programa Pequeños talentos científicos han utilizado este camino para responder a algunas preguntas, como ¿por qué hay partes del cuerpo donde tengo más cosquillas? La construcción de este camino debe ayudar a responder a todas aquellas preguntas que atañen a cómo funcionan los cinco sentidos de forma coordinada con algunos de los ejecutores principales de la respuesta, como los músculos o algunas glándulas.

Entender el camino de la información desde el punto de vista del modelo integrado del cuerpo humano

De la información del medio al sistema nervioso

Es importante para nuestra supervivencia poder captar, interpretar y dar respuesta a la información que proviene del medio que nos rodea (temperatura, presión, luz, aromas, entre otros). El cuerpo es capaz de captar mucha de esta información que hay en el medio, a través de los órganos sensoriales que están repartidos por la superficie y por el interior del cuerpo. La función de los órganos sensoriales es recoger esta información para transformarla en un estímulo nervioso que se pueda enviar al sistema nervioso central.

Los órganos sensoriales están formados por receptores, unas células que son capaces de traducir la información del medio en una señal sensorial o impulso nervioso. Cada receptor es capaz de captar solo un tipo de información: hay receptores capaces de captar la luz, otros capaces de captar sustancias químicas del aire, otros que son sensibles a la presión, etcétera. Tradicionalmente, cuando estudiamos el cuerpo humano en la escuela agrupamos los receptores en lo que conocemos como los cinco sentidos:

- El tacto es el sentido que se encarga de captar la información del ambiente, como la temperatura y la presión directa sobre la superficie del cuerpo.
- El oído es el sentido que se encarga de captar la vibración de las partículas del aire que produce el sonido.
- La vista es el sentido que se encarga de captar luz.
- El gusto es el sentido que se encarga de captar los componentes químicos que entran en la boca en forma de sustancias sólidas o líquidas.
- El olfato es el sentido que se encarga de captar los componentes químicos que se encuentran en el aire en forma de gas.

No todos los receptores están repartidos de igual modo en todos los sentidos. Por ejemplo, en el sentido del tacto tenemos zonas más sensibles a la presión que otras porque la densidad de receptores de la presión es mayor o menor en unas que en otras. Del mismo modo, en el sentido del gusto hay zonas de la lengua que tienen receptores más especializados en detectar la aci-

dez y otras zonas donde se localizan receptores más especializados en detectar lo salado o lo dulce.

De los receptores al sistema nervioso central

Cuando los receptores han captado la información del medio inician un impulso nervioso que transmiten hacia los nervios sensitivos o aferentes. Los nervios sensitivos son los nervios que precisamente se encargan de enviar la información desde los receptores hasta el sistema nervioso central. Los nervios están formados por un tipo muy concreto de células, las neuronas, que por sus membranas son capaces de enviar información a través de pequeñas descargas eléctricas que denominamos *impulso nervioso*.

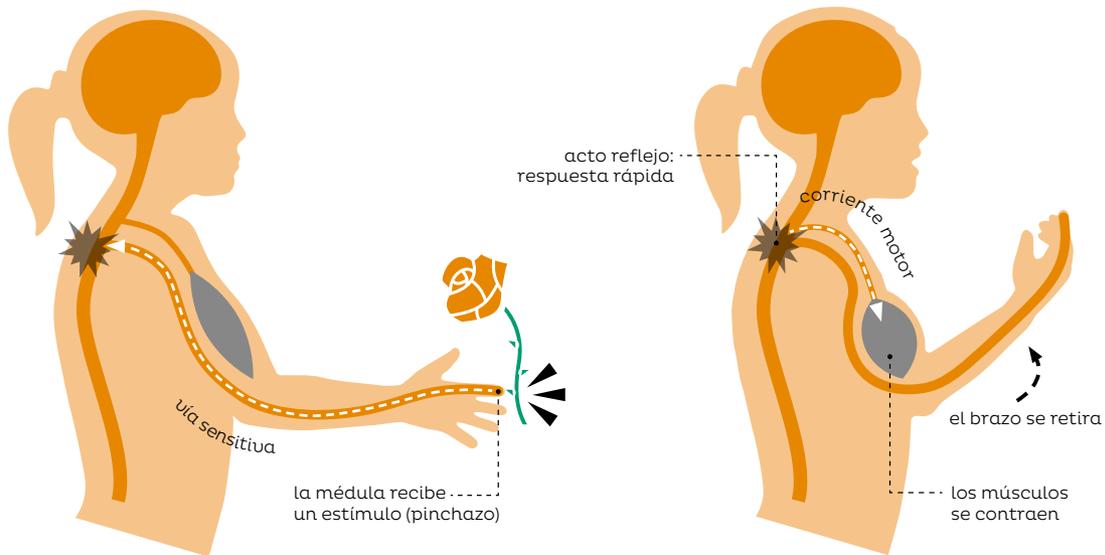
Es importante destacar, como ya se va a comentar más adelante, que en general los nervios solo pueden enviar el impulso nervioso en un sentido. Por lo tanto, los nervios sensitivos no pueden enviar información del sistema nervioso central hacia los receptores, ya que esta será la función de los nervios motores.

Sistema nervioso central

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y por la médula espinal. Ambas estructuras están fuertemente protegidas por estructuras óseas: el encéfalo está protegido por los huesos del cráneo, mientras que la médula espinal está protegida por la columna vertebral.

La médula espinal es un cordón nervioso que está conectado directamente con el encéfalo. Su función es conducir el impulso nervioso proveniente de los receptores hacia el encéfalo, pero también conducir la información en sentido contrario, desde el encéfalo hasta

Figura 18. La médula espinal es la responsable de recibir la información y elaborar la respuesta en los actos reflejos.



los órganos ejecutores. Por este motivo, una lesión en la columna vertebral que tenga efecto sobre la médula espinal puede tener consecuencias tanto en la recepción de la información como en la elaboración de la respuesta.

Además, la médula espinal también se encarga de elaborar los movimientos reflejos que suelen ser causados por el dolor (como el dolor de un pinchazo o de una quemadura) y que se producen de manera involuntaria y rápida. En estos movimientos, los nervios sensitivos envían la información a la médula espinal, que es la responsable de elaborar una respuesta rápida.

El encéfalo, que está formado por el cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo, tiene como función recibir, interpretar y elaborar una respuesta. En este caso, el encéfalo se encarga de elaborar los movimientos voluntarios, que son los que se ejecutan de manera consciente, pero también se encarga de los movimientos involuntarios que no son reflejos, como el latido del corazón, la respiración o el movimiento de los intestinos.

En general, podríamos decir que los receptores de la vista, del gusto, del olfato y del oído conectan directamente con el encéfalo, mientras que todos los receptores del tacto, tanto aquellos que detectan temperatura

como los que detectan presión, hacen la conexión con el encéfalo a través de la médula espinal.

Del sistema nervioso central a la respuesta

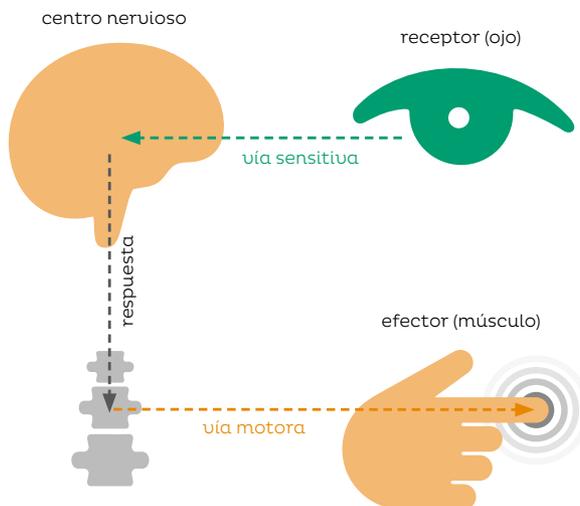
Las respuestas del cuerpo humano ante la información del entorno pueden ser muy variadas, como movimientos musculares, la aceleración del corazón o la activación de ciertas glándulas, por ejemplo las glándulas salivales. Algunas respuestas son voluntarias, mientras que otras son involuntarias. En cualquier caso, la respuesta siempre es a través de un nervio motor o eferente que transmite el impulso nervioso desde el sistema nervioso central hacia el órgano o la estructura que tiene que ejecutar la respuesta.

De esta manera, como por ejemplo sucede en el movimiento reflejo involuntario que se produce al pincharnos en un dedo de la mano, una vez el impulso nervioso ha llegado a la médula espinal, esta elabora un impulso nervioso que se transmite a través de un nervio motor. El impulso nervioso llega al músculo del brazo para que este se contraiga y pueda alejar la mano de la fuente de dolor (figura 18).

En cambio, cuando el encéfalo ha recibido la información del nervio sensitivo proveniente de un ojo que está mirando una pelota de fútbol, el encéfalo pasa el impulso nervioso a la médula espinal (figura 19). De la médula espinal sale el impulso nervioso hacia un nervio motor, por ejemplo hacia la pierna derecha, para que chute la pelota de fútbol con el pie.

Y finalmente cuando el encéfalo recibe, a través de un nervio sensitivo, la información de que se está cocinando un plato delicioso, elabora un nuevo impulso nervioso a través de un nervio motor que llega a las glándulas

Figura 19. El encéfalo, y en concreto el cerebro, se encarga de recibir la información y elaborar la respuesta en los actos voluntarios.



salivales y provoca que empiecen a fabricar saliva y así empezar a preparar el aparato digestivo antes de la comida.

Las ideas de las niñas y los niños en relación con los órganos y procesos implicados en el camino de la información

Como en el caso de la respiración, hay muy pocos estudios sobre las ideas y razonamientos del alumnado en relación con el sistema nervioso y la función de relación. De los estudios disponibles, y en relación con aspectos anatómicos, parece bastante claro que las niñas y los niños conocen el hecho de que todos los se-

res humanos tenemos cerebro, y lo saben colocar correctamente en un dibujo del cuerpo, pero también es bastante frecuente que ignoren de qué está hecho el cerebro.

Cuando se les pregunta sobre la función del cerebro, siempre la relacionan con los actos de pensar y conocer, independientemente de la edad, y solo los más mayores otorgan otras funciones al cerebro, como procesar la información de los sentidos o provocar movimientos voluntarios o involuntarios.

En relación con los nervios, la mayoría de las niñas y los niños no los dibujan de forma espontánea, pero sí cuando se habla de ellos en el aula. No tienen muy claro de qué están hechos los nervios ni dónde se localizan. Cuando los dibujan, a menudo lo hacen como hilos que van desde todas las partes del cuerpo hasta el cerebro, sin formar ningún sistema organizado. En relación con sus funciones, la mayoría las desconocen o las relacionan con estados emocionales (“estar nervioso”, “tener nervios”, “ponerse nervioso”). Se trata, por lo tanto, de un modelo mental de los nervios más próximo a la psicología que a la biología, que está presente desde muy pequeños y se mantiene bastante invariable con el paso de los cursos. Estos resultados nos indican que, sin ningún tipo de duda, en la escuela hay que insistir en el papel de los nervios en la función de relación: ¿qué son?, ¿dónde están?, ¿qué conexiones tienen entre ellos, con el cerebro y con otros órganos?, ¿qué funciones realizan?

Otros estudios han prestado atención a las funciones de los órganos de los sentidos, especialmente a la visión y a la audición. En primer lugar, estos estudios muestran que muy pocos niños asocian los órganos de los sentidos con el sistema nervioso, lo que puede ser consecuencia

de una enseñanza escolar que a menudo ha tratado por separado estos dos temas, y los trata en momentos muy diferentes (órganos de los sentidos en el ciclo inicial y sistema nervioso en el ciclo superior). En segundo lugar, los estudios también han puesto de manifiesto las dificultades de comprensión en relación con la visión y la audición. Ahora sabemos que las niñas y los niños más pequeños explican estos dos procesos a través de la idea de visión y audición “activas”, es decir, explican la visión por el hecho de mirar activamente con los ojos, y explican la audición por el hecho de escuchar de manera activa con el oído. Así pues, explican estos fenómenos apelando más bien a causas funcionales e intencionales por parte del individuo, en lugar de hacerlo buscando mecanismos físicos que expliquen la captación de luz y la visión, y la captación de sonido y la audición.

Las ideas que hay que trabajar sobre el camino de la información

Desde nuestro punto de vista, las ideas más importantes para trabajar a través del camino de la información son las siguientes:

Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos. Esta idea hace referencia al hecho de que cada sensor es capaz de captar un tipo concreto de información y eso permite hablar de diferentes órganos de los sentidos.

Idea 2. La información se transmite desde los receptores hacia el sistema nervioso central a través de los nervios sensitivos, mientras que la respuesta se envía a través de los nervios motores. Esta idea hace referencia a la direccionalidad de los nervios que solo pueden enviar el impulso nervioso en un sentido.

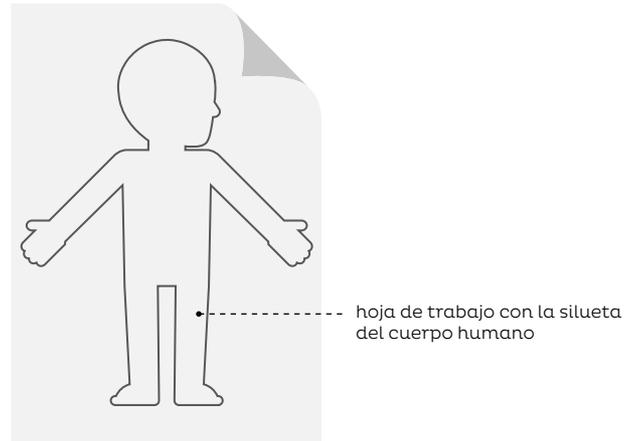
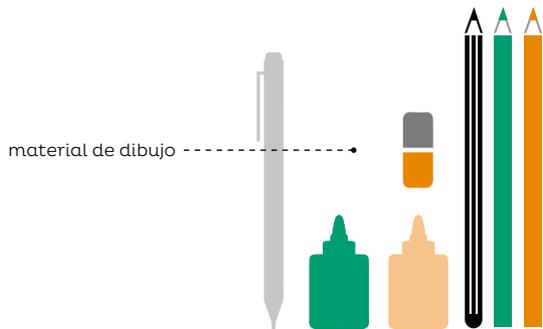
Idea 3. El sistema nervioso central es el responsable de procesar la información. Esta idea tiene relación con la función general del sistema nervioso central y con el hecho de entender que anatómicamente no solo está formado por el cerebro, sino que también contiene otras estructuras, como la médula espinal.

Idea 4. Los actos reflejos y los movimientos voluntarios se producen en diferentes puntos del sistema nervioso central y conducen a respuestas diferentes. Esta idea tiene que ver con la identificación de dos circuitos básicos: por una parte, los actos reflejos que se procesan en la médula espinal y, por la otra parte, los movimientos voluntarios que se procesan en el encéfalo.

	Activitat 1. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de la información en el sentido del tacto	Activitat 2. El camino desde el medio hasta los receptores del sentido del tacto	Activitat 3. El camino desde los receptores hasta el sistema nervioso central	Activitat 4. El camino desde el sistema nervioso central hasta el músculo
Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos				
Idea 2. La información se transmite desde los receptores hacia el sistema nervioso central a través de los nervios sensitivos, mientras que la respuesta se envía a través de los nervios motores.				
Idea 3. El sistema nervioso central recibe la información y la procesa.				
Idea 4. Los actos reflejos y los movimientos voluntarios se producen en diferentes puntos del sistema nervioso central y conducen a respuestas diferentes.				

Actividad 1

EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS SOBRE EL CAMINO DE LA INFORMACIÓN



Material para un grupo de cuatro personas:

Hoja de trabajo con la silueta del cuerpo humano y material para dibujar.

Las ideas científicas:

Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos.

Idea 2. La información se transmite desde los receptores hacia el sistema nervioso central a través de los nervios sensitivos, mientras que la respuesta se envía a través de los nervios motores.

Idea 3. El sistema nervioso central es el responsable de procesar la información.

Idea 4. Los actos reflejos y los movimientos voluntarios se producen en diferentes puntos del sistema nervioso central y conducen a respuestas diferentes.

Descripción de la actividad

1. Presentación de la investigación sobre el camino de la información
2. Exploración de las ideas del alumnado sobre la anatomía del sistema nervioso
3. Exploración de las ideas de las niñas y los niños sobre el funcionamiento del sistema nervioso

1. Presentación de la investigación sobre el camino de la información

Para iniciar la investigación es necesaria una pregunta que sirva de motor para promover todos los experimentos y todas las representaciones del sistema nervioso. En este sentido, es importante empezar una charla con las niñas y los niños sobre cómo creen que el cuerpo reacciona ante el medio que lo rodea.

Podemos guiar la charla a través de preguntas como las siguientes: ¿cómo sabe el cuerpo que tiene que sudar porque tiene calor?, ¿cómo sabe el brazo que se tiene que mover para no pincharse con la rosa? o ¿cómo sabe la mano que tiene que hacer votar la pelota de baloncesto?. ¿Podemos proponer a los niños que hagan sus propias preguntas, como en el caso del curso Pequeños talentos científicos, en el que los niños se preguntaron: ¿por qué hay zonas del cuerpo donde tengo más cosquillas?

En cualquier caso, las preguntas que se pueden responder a través del camino de la información tienen que ser preguntas que conduzcan a generar explicaciones sobre por qué pasa un fenómeno determinado, y deben poner en relación algunos de los sentidos (vista, oído, tacto, gusto y olfato) y la consecuente respuesta corporal a la información recibida por parte de los sentidos.

2. Exploración de las ideas del alumnado sobre la anatomía del sistema nervioso

El docente puede explorar las ideas que tienen los niños y las niñas sobre la anatomía del sistema nervioso a través de una situación que sea concreta y bien conocida para el alumnado de ciclo medio o ciclo superior.

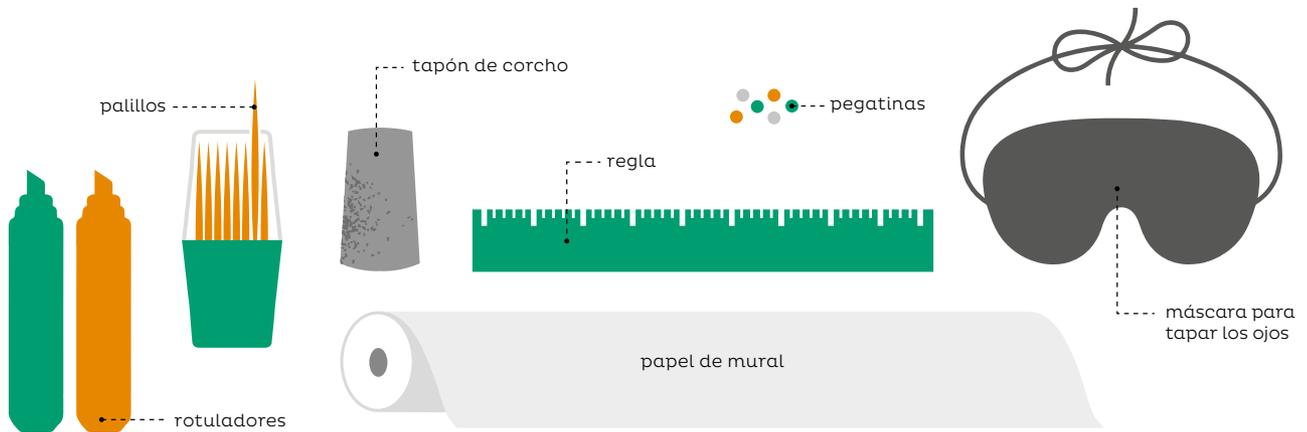
En una hoja con la silueta del cuerpo humano, podemos pedir: “Dibujad todas aquellas estructuras que creéis que intervienen para que la mano se mueva cuando toca una superficie punzante, como por ejemplo cuando toca un alfiler”. Es importante dejar claro que en el dibujo tienen que aparecer tanto las estructuras que hacen que la mano se aparte como aquellas que hacen que la mano detecte que se está pinchando.

3. Exploración de las ideas de las niñas y los niños sobre el funcionamiento del sistema nervioso

A continuación, el docente puede agrupar a los niños por parejas para que expliquen, con el apoyo de los dibujos que han elaborado, el funcionamiento del sistema nervioso. Después se pueden reunir en grupos de cuatro con el objetivo de consensuar un nuevo dibujo y una nueva explicación. Es importante que la actitud del profesorado sea de escuchar, pero sin intervenir en las ideas que en estos momentos iniciales manifiestan las niñas y los niños. Sin embargo, probablemente será necesario que haga preguntas para aclarar partes de las explicaciones o para sugerir preguntas que servirán para los futuros experimentos, como por ejemplo: ¿el nervio que recibe la información es el mismo que envía la orden de que la mano se mueva?

Actividad 2

EL CAMINO DESDE EL MEDIO HASTA LOS RECEPTORES DEL SENTIDO DEL TACTO



Material para un grupo de cuatro personas:

5 tapones de corcho, 10 palillos, regla, 1 máscara para tapar los ojos, papel de mural, rotulador y 30 adhesivos.

Las ideas científicas

Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos.

Las ideas de los niños y las niñas

Los niños y las niñas no usan espontáneamente la idea de receptor, entendida como la parte del cuerpo encargada de captar un cierto tipo de información del exterior. Probablemente, eso es debido al hecho de

que, cuando se estudian los órganos de los sentidos, se presta más atención a hacer un inventario anatómico detallado de un determinado órgano (ojo, oreja, nariz, etcétera), pero sin subrayar que el elemento clave de estos órganos son, justamente, los receptores del estímulo sensible.

La explicación científica

En la superficie del cuerpo humano hay una gran cantidad de receptores capaces de detectar la presión que se hace sobre la piel y que, en conjunto, constituyen parte del sentido del tacto. Estos receptores envían la información al cerebro, que es el responsable de interpretarla y elaborar una respuesta a partir de la información recibida. Existen, sin embargo, partes del cuer-

po con más receptores que otras, lo cual las hace más sensibles.

Descripción de la actividad

1. Construcción de un instrumento con pinchos a diferentes distancias
2. Experimentación de la sensibilidad al pinchazo en diferentes zonas del cuerpo
3. Análisis de resultados y establecimiento de conclusiones
4. Representación de los receptores en un mural del cuerpo humano

Orientaciones didácticas

1. Construcción de un instrumento con pinchos a diferentes distancias

Antes de empezar la actividad, explicamos que haremos un experimento con el objetivo de determinar qué partes del cuerpo son más sensibles al tacto. Pedimos que los niños consensúen qué partes del cuerpo quieren investigar. Sugerimos que se investigue la palma de la mano, el reverso de la mano, la frente, el antebrazo y la nuca.

Pedimos que cada grupo clave dos palillos en un tapón de corcho. Los dos palillos tienen que estar separados por unas distancias determinadas utilizando la regla: 60 mm, 30 mm, 15 mm, 8 mm y 4 mm. Rompemos la punta que no está clavada y nos aseguramos de que los dos palillos estén nivelados.

2. Experimentación de la sensibilidad al pinchazo en diferentes zonas del cuerpo

Pedimos que un niño/a del grupo se tape los ojos con una máscara, mientras otro componente del grupo lleva a cabo el experimento y el resto anota los resultados en la libreta. El niño o la niña que haga el experimento debe tocar con los palillos una parte del cuerpo del compañero que tiene los ojos tapados. Este tiene que contestar si nota un pinchazo o si nota dos y así sucesivamente con todas las zonas del cuerpo acordadas.

Antes de empezar el experimento, es muy importante acordar que todo el mundo tiene que responder diciendo la verdad, de modo que la recogida de datos se haga correctamente. Empezamos tocando con el corcho con los palillos que tienen una separación de 60 mm y la niña o el niño que tiene los ojos tapados tiene que decir si nota uno o dos pinchazos de palillo en el punto donde lo están tocando. A continuación se repite lo mismo con el corcho con una separación de 30 mm, después con el corcho con palillos separados 15 mm, y así sucesivamente. Cuando quien tiene los ojos vendados note como si lo tocaran con un solo palillo, los demás miembros del grupo deben anotar en la libreta esta separación entre los palillos (60 mm, 30 mm, 15 mm, 8 mm o 4 mm). En caso de que siempre note dos palillos, anotaremos la separación más pequeña, la de 4 mm. Repetimos el mismo procedimiento con todas las partes del cuerpo que investigamos.

Si nos queremos asegurar de la validez de los datos, podemos tocar a la niña o el niño que tiene los ojos vendados varias veces con el mismo corcho. De esta manera, nos aseguramos de que el niño que lleva los ojos tapados no sabe nunca exactamente con qué corcho lo estamos tocando.

Figura 20

	Reverso de la mano	Palma de la mano	Antebrazo	Nuca	Frente
Niño 1					
Niño 2					
Niño 3					

3. Análisis de resultados y establecimiento de conclusiones

Una vez que los miembros de todos los grupos hayan hecho el experimento, construimos una tabla en la pizarra como la figura 20.

El dato que hay que recoger en la tabla es el dato que se ha anotado en la libreta anteriormente. De esta forma, aquellas zonas del cuerpo que tengan una distancia mayor serán las menos sensibles, ya que el cuerpo no habrá podido discriminar con mucha precisión si lo pinchaban con uno o dos palillos. En cambio, las zonas del cuerpo que tengan una distancia más pequeña serán las más sensibles porque los receptores del tacto habrán podido discriminar con más precisión que lo pinchaban con dos palillos.

Para el análisis de los datos obtenidos, podemos guiar la conversación a través de dos preguntas: ¿todos hemos notado igual la separación de los palillos?, ¿cuáles son las partes más sensibles? Hacemos hincapié en que no todos los niños o las niñas lo han notado de igual manera, pero que, en general, sí que las zonas más sensibles son compartidas por todas las niñas y los niños del grupo.

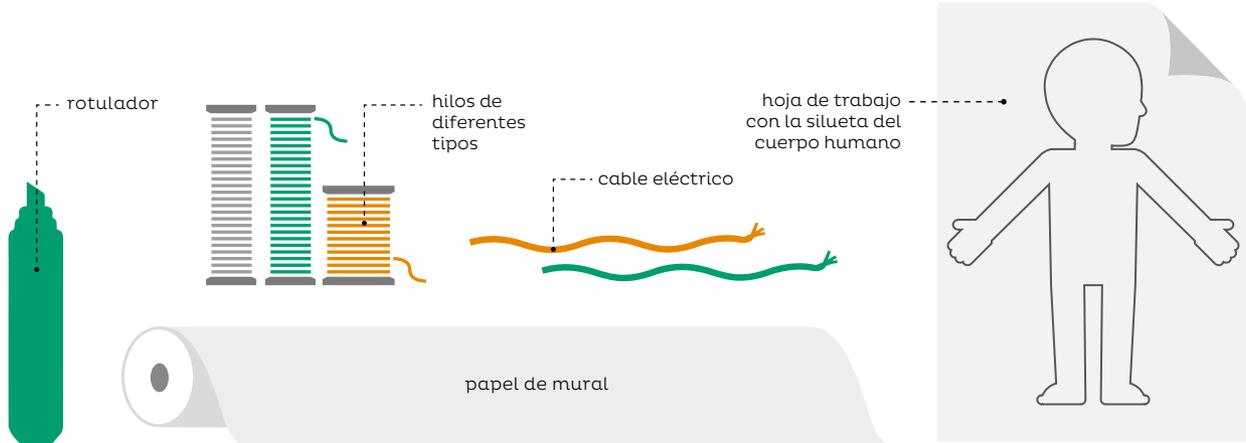
4., Representación de los receptores en un mural del cuerpo humano

Un miembro de cada grupo se tumba encima del mural, mientras los otros componentes del grupo repasan su silueta sobre el papel con un rotulador.

Introducimos la idea de receptor de la siguiente manera: *“Para detectar la presión sobre la piel, tenemos muchísimos receptores repartidos por el cuerpo. Los receptores son unas estructuras microscópicas capaces de notar que algo está pinchando la piel y capaces de enviar un mensaje al cerebro”*. Pedimos a cada grupo que se imagine que las pegatinas son los receptores de nuestro cuerpo. Después les solicitamos que, utilizando los datos que han obtenido en la observación anterior, fijen las 30 pegatinas por el cuerpo. Una vez que los grupos hayan pegado los adhesivos, el maestro regulará las propuestas del alumnado subrayando que lo que han pegado en el mural debe ser parecido a los datos obtenidos durante la observación. Por lo tanto, en las zonas más sensibles deberá haber una mayor densidad de pegatinas que en las zonas menos sensibles.

Actividad 3

EL CAMINO DESDE LOS RECEPTORES HASTA EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL



Material para un grupo de cuatro personas:

Papel de mural, rotulador, hoja de trabajo con la silueta del cuerpo humano, cable eléctrico de dos colores y hilos de varios tipos

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos.

Idea 2. La información se transmite desde los receptores hacia el sistema nervioso central a través de los nervios sensitivos, mientras que la respuesta se envía a través de los nervios motores.

Idea 3. El sistema nervioso central es el responsable de procesar la información.

Las ideas de los niños y las niñas

Como ya se ha indicado, las niñas y los niños no siempre tienen en cuenta el papel de los nervios y del sistema

neruioso central (médula espinal y encéfalo) a la hora de explicar las sensaciones que el cuerpo capta. Más bien usan el término *neruios* para referirse a estados emocionales, y no a las estructuras corporales que permiten a la información viajar de un sitio a otro a través de lo que denominamos *impulso neruioso*. Así pues, no siempre relacionan los receptores que forman los órganos de los sentidos con los neruios y con el sistema neruioso central.

Algunos estudios han mostrado que los niños y niñas no tienen una idea clara en relación con la estructura del sistema neruioso. Sin embargo, la investigación también ha revelado que son capaces de implicarse activa y productivamente en el intento de explicar por qué el cuerpo capta determinada información y qué órganos están implicados en este proceso.

La explicación científica

La información que captan los receptores del ambiente se traduce en una señal eléctrica, que denominamos *impulso neruioso*. El impulso neruioso recorre los neruios sensitivos desde los neruios hasta el sistema neruioso central. El sistema neruioso central está formado por dos partes: la médula espinal y el encéfalo. La médula espinal es un cordón de neruios que conecta con el encéfalo. La respuesta que produce el cuerpo humano al estímulo externo se elabora en el sistema neruioso central y se envía al ejecutor, un músculo por ejemplo, a través del neruio motor.

En general, se puede decir que existen dos tipos de movimientos: los movimientos voluntarios y el movimiento reflejo. Los movimientos voluntarios, que son lentos y conscientes, son coordinados por el encéfalo. La información es enviada al encéfalo a través de

neruios sensitivos que recorren la médula espinal y es el encéfalo quien da la orden para la respuesta. Por el contrario, los movimientos reflejos, que son movimientos rápidos e inconscientes y con cierta relación con la respuesta ante el dolor, son coordinados por la médula espinal. En este caso, es la médula espinal quien recibe la información, a través de los neruios sensitivos, y quien da la orden para la respuesta, a través de los neruios motores.

Descripción de la actividad

1. Construcción de un mural del cuerpo humano con todos los elementos conocidos del sistema neruioso
2. Reelaboración del mural del cuerpo humano
3. Exposición oral del mural

Orientaciones didácticas

1. Construcción de un mural del cuerpo humano con todos los elementos conocidos del sistema neruioso

A partir del mural realizado en la actividad 2, “El camino desde el medio hasta los receptores del tacto” y de los dibujos de la actividad 1 “Exploración de las ideas de las niñas y los niños sobre el camino de la información” se pide que cada grupo consensúe en el mural cuáles son las estructuras necesarias para que el cuerpo sepa que se está pinchando y aparte la mano como respuesta. Dejamos que las niñas y los niños dibujen y utilicen material diverso y puedan explicar delante de todo el grupo clase el funcionamiento del mural, a través del portavoz de su grupo.

2. Reelaboración del mural del cuerpo humano a través de la conversación

Es importante que los niños vean que, aunque haya cosas que no podamos observar directamente, podemos hacer lo mismo que hacen los científicos e intentar imaginarnos cómo son y cómo funcionan las cosas por dentro. Igualmente, es importante señalar que lo que imaginamos tiene que ser coherente con las observaciones reales que hayamos realizado.

Para empezar, anotamos lo que los murales comparan y que las niñas y los niños saben a ciencia cierta. Probablemente, la mayoría sabía que el cerebro es el órgano central del sistema nervioso, algunos sabían que hay nervios y es posible que apareciera la idea de los receptores si los hemos trabajado anteriormente. Puede ser que entre los murales haya diferencias y que surjan dudas e incertidumbres. A través de preguntas y de la charla que tengamos con los niños, hay que hacer emerger nueva información que nos sirva para repensar de nuevo el mural. Es importante que esta información que vaya apareciendo quede escrita, por ejemplo, en la pizarra.

En primer lugar, puede ser que las niñas y los niños hayan conectado los receptores con hilos o hayan dibujado un cordón con el rotulador. Podemos dar la información que cuando recibimos un calambre con la electricidad notamos que los músculos se contraen, podemos explicar que este hecho se debe a que la información de los nervios pasa a través de un impulso eléctrico.

En segundo lugar, en la primera versión del mural probablemente conecten la mayoría de receptores con un cable directo al cerebro. Podemos hacer aparecer la médula espinal a través de preguntas que pongan el

énfasis en las lesiones medulares: ¿todos sabemos que si nos damos un golpe muy fuerte en la columna vertebral podemos tener problemas para sentir y mover las piernas?, ¿una persona que haya tenido una lesión en la columna vertebral notará un pinchazo o calor en las piernas? Las respuestas a estas preguntas pueden ser contrastadas a través de búsquedas de internet, pero es importante estimular la conversación y su reflexión antes de buscar imágenes completas del sistema nervioso por internet. La charla tiene que ir dirigida a conseguir que los niños y las niñas se imaginen que los nervios no pasan directamente al cerebro, sino que se agrupan por dentro de la columna vertebral. Por lo tanto, cuando se produce una rotura en la columna, se interrumpe el camino de la información.

En tercer lugar, las niñas y los niños pueden haber considerado que los nervios que reciben la información de los receptores son los mismos que elaboran la respuesta. Por lo tanto, hace falta que a través de la conversación se pueda discutir esta idea, y llegar a conocer que existen dos tipos de nervios: los sensitivos y los motores. Podemos hacer entrar en crisis la representación de un solo nervio para hacer pasar tanto la información proveniente de los receptores como la del sistema nervioso central, a través de preguntas como: si el nervio que envía la información y el nervio que envía la respuesta fueran el mismo, ¿qué pasaría si, mientras el cerebro envía la orden al músculo de moverse, el receptor envía una orden diciendo que se está pinchando?

En cuarto lugar, podemos hacer notar al alumnado que en el cuerpo hay dos respuestas ante el tacto. Si cerramos los ojos y pasamos la mano por una superficie, la respuesta es mucho más lenta. En cambio, si sentimos dolor, involuntariamente la mano se apartará rápida-

mente de la fuente de dolor. Podemos introducir aquí los dos circuitos: el movimiento reflejo, que es rápido e involuntario y se procesa en la médula espinal, y el movimiento voluntario, que es lento y se procesa en el cerebro.

Resumimos, finalmente, algunas de las informaciones adicionales que conviene anotar en la pizarra después de la conversación.

- Sabemos que la información pasa por los nervios a través de un impulso eléctrico.
- Sabemos que si recibimos un fuerte impacto en la columna dejamos de tener sensibilidad en las piernas y tampoco las podemos mover.
- Pensamos que si toda la información pasara por el mismo nervio sería poco efectivo y, por lo tanto, es necesario que haya dos nervios.
- Si la sensación es dolorosa el cuerpo responde con un movimiento reflejo, que hace apartar la mano rápidamente. En este movimiento, solo interviene la médula espinal. En cambio, cuando la sensación no es dolorosa, la información es procesada por el cerebro.

Podemos añadir, también, información de la actividad 2 “El camino desde el medio hasta los receptores del tacto”:

- Sabemos que no tenemos la misma sensibilidad en todo el cuerpo. Hay zonas más sensibles que otras.

Una vez acabada la charla, encargamos a las niñas y los niños que rehagan el mural a través de todo lo que

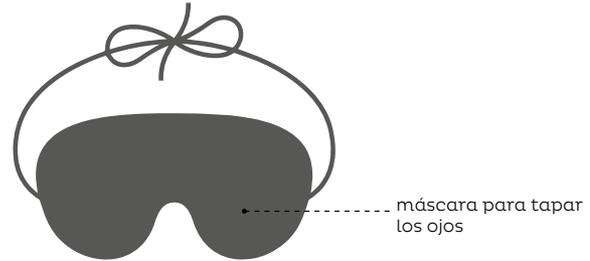
saben o piensan sobre el sistema nervioso y que está anotado en la pizarra.

3. Exposición oral del mural

Una vez reelaborado el mural pedimos al alumnado que hagan una exposición oral. Utilizando la información pactada anteriormente como criterios de evaluación, podemos solicitar a los niños y las niñas que evalúen entre ellos los nuevos murales y las exposiciones orales. De esta forma, nos aseguramos de que las versiones finales del mural incorporan las nuevas ideas introducidas a clase.

Actividad 4

EL CAMINO DESDE EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL HASTA EL MÚSCULO



Material para un grupo de cuatro personas:

Regla de unos 30 cm, 1 máscara para tapar los ojos

Las ideas científicas

Idea 1. El cuerpo recibe información del exterior a través de receptores, que pueden ser de diferentes tipos.

Idea 2. La información se transmite desde los receptores hacia el sistema nervioso central a través de los nervios sensitivos, mientras que la respuesta se envía a través de los nervios motores.

Idea 3. El sistema nervioso central es el responsable de procesar la información.

Idea 4. Los actos reflejos y los movimientos voluntarios se producen en diferentes puntos del sistema nervioso central y conducen a respuestas diferentes.

Las ideas de los niños y las niñas

No siempre los niños y las niñas actúan con rigor cuando recogen y analizan datos, ni tampoco valoran, de forma espontánea, la importancia de la repetición en la recogida de datos. Igualmente, algunos estudios muestran que son poco propensos a anotar los resultados de una manera ordenada, y a usar instrumentos matemáticos de representación de datos.

También se ha observado que las conclusiones que elaboran por escrito u oralmente suelen ser cortas y muy simples, por eso es importante conseguir que se den

cuenta de que una buena conclusión empírica sigue una estructura lingüística determinada, que es el de una afirmación que responde a la pregunta que se haya formulado al inicio, acompañada de las evidencias que la justifican que proceden de los datos que se habrán obtenido en la observación o el experimento.

La explicación científica

Tanto los receptores del sentido de la vista como los del sentido del oído envían la información al encéfalo, en concreto al cerebro, a través de nervios sensitivos, el nervio ocular y auditivo, respectivamente. En cambio, los receptores del sentido del tacto suelen enviar la información al encéfalo a través de nervios sensitivos pasando por la médula espinal. La respuesta de reacción suele ser más rápida ante estímulos táctiles y sonoros.

Descripción de la actividad

Presentación y realización de la experiencia.
Análisis y establecimiento de conclusiones.
Representación del funcionamiento de los sentidos de la vista, el olfato y el oído a través de un mural.

Orientaciones didácticas

1. Presentación y realización de la experiencia.

Explicamos al grupo clase que vamos a hacer unas observaciones para ver cómo el cerebro reacciona ante varios estímulos. En concreto, pondremos a prueba los estímulos visuales, auditivos y táctiles.

Un miembro de cada grupo se debe sentar encima de la mesa, colocado de tal manera que su mano dominante

esté apoyada sobre la mesa justo en el borde. Uno de los demás miembros del grupo se encarga de sostener la regla, mientras los otros dos anotan los resultados en la libreta de ciencias.

Se trata de soltar la regla, y que la niña o el niño que está con la mano apoyada sobre la mesa la coja lo más rápido posible. El miembro del grupo que sostiene la regla la tiene que aguantar por un extremo procurando que la línea del otro extremo que marca 0 cm esté a la misma altura que el dedo índice del niño o la niña que debe cogerla.



Figura 1. Funcionamiento de la experiencia: el dedo índice tiene que estar alineado con la regla.

En primer lugar, se pone a prueba la respuesta de la mano utilizando únicamente el sentido de la vista. Es importante que el miembro del grupo que sostiene la

regla no dé ninguna pista (ni haga ningún gesto ni ningún ruido) de que está a punto de soltarla. Así, quien la tiene que coger solo reaccionará ante el estímulo visual. El dato que anotar es la cantidad de centímetros que se ha movido la regla cuando la niña o el niño la haya atrapado. Pedimos que repitan el experimento tres veces y que solamente anoten en la libreta de ciencias el valor más pequeño que hayan obtenido.

En segundo lugar, se pone a prueba la respuesta de la mano utilizando solo el sentido del oído. Repetimos el mismo procedimiento, pero esta vez se tapan los ojos de la persona que tiene que atrapar la regla. El miembro del grupo que sostiene la regla dice “ya” cuando lo suelta.

Finalmente, se pone a prueba la reacción utilizando solo el sentido del tacto. Como en el caso anterior se tapan los ojos de quien debe atrapar la regla y se le avisa con un toque en el hombro cuando la otra niña o niño la suelta.

2. Análisis y establecimiento de conclusiones

Una vez todos los niños y las niñas han hecho las observaciones, comprobando la reacción ante los estímulos visuales, acústicos y táctiles, ponemos en común los resultados en una tabla en la pizarra. Podemos sugerir o presentar el uso de herramientas matemáticas para que los resultados sean más analizables. Una posibilidad es calcular la media de los datos obtenidos por cada uno de los estímulos.

Promovemos el análisis de los resultados a través de preguntas como: ¿todos hemos reaccionado igual ante el mismo estímulo?, ¿ante qué estímulo hemos reaccionado más rápido? Escribimos las conclusiones obtenidas

en la pizarra, haciendo una afirmación: “La respuesta más rápida ha sido ...porque por término medio la regla solo ha recorrido ...”. Anotamos las conclusiones en la pizarra, usando como estructura lingüística una afirmación acompañada de los datos obtenidos que consideramos más relevantes e ilustrativos. Por ejemplo: “La respuesta más rápida ha sido... porque por término medio la regla solo ha recorrido...”.

3. Representación del funcionamiento de los sentidos de la vista, el olfato y el oído a través de un mural.

A partir del mural elaborado en la actividad 3, “El camino desde los receptores hasta el sistema nervioso central”, o haciendo un mural nuevo con la silueta del cuerpo humano, iniciamos una charla en la que se integren los resultados de las observaciones hechas anteriormente en el mural para construir una explicación.

En el caso de la vista y del oído, hay que dirigir la conversación a través de preguntas para conectar el ojo y el oído con el cerebro. Podemos bautizar los nervios sensitivos que hacen la conexión como nervio ocular y auditivo, respectivamente. Hay que contrastar que estos dos sentidos se conectan directamente con el cerebro, mientras que para el estímulo táctil, como se ha explicado en la actividad 2, la información llega al cerebro pasando por la médula espinal.

También es necesario destacar que sea cual sea la vía de entrada de la información y sea cual sea el nervio sensitivo que envía la información al cerebro, la respuesta se da siempre por el mismo nervio motor que hace reaccionar los músculos de la mano para que atrapen la regla. De esta manera, podemos separar mejor la función de los nervios sensitivos de la de los nervios motores.

La experiencia de la escuela Arenal de Llevant en el curso de formación de Pequeños talentos científicos

María José Poblador fue maestra de la escuela Arenal de Llevant el curso 2016-17 y con el grupo de 5.º de educación primaria llevó a cabo una investigación sobre el sentido del tacto y el camino de la información.

A continuación nos explica qué supuso la experiencia para ella y su alumnado.

“¿Cómo es que tenemos cosquillas en algunas partes del cuerpo?” fue una de las preguntas que se hicieron los niños de 5.º B de la escuela para incluir la dentro del proyecto sobre los cinco sentidos que habían empezado a trabajar al inicio del curso. Mi duda, como maestra, era si serviría como “pregunta investigable”, como generadora de conocimiento científico.

A partir de ahí iniciamos juntos todo un proceso que exactamente no sabíamos adónde nos llevaría pero que nos entusiasmó y nos condujo, entre juegos, debates y reflexiones, a construir aprendizaje de una forma muy estimulante. ¡Se había convertido en un reto que nos demandaba tiempo y energía! Debo indicar que son alumnos acostumbrados a trabajar por proyectos y en grupos cooperativos. Por lo tanto, no tuvimos ninguna dificultad, ni ellos ni yo, para adaptar horarios y otros aspectos del currículum.

Para empezar, en pequeños grupos dibujaron en una silueta humana sus ideas previas en torno al tema y las presentaron y justificaron ante el resto de la clase. Fue muy enriquecedor ver que entre ellos mismos debatían y discutían sus argumentos sobre cómo era el cuerpo humano por dentro, y cómo se dieron cuenta de que sus dibujos no solo dejaban sin una respuesta clara la pregunta investigable sino que, además, les generaban nuevas dudas sobre el

tema: ¿cómo detecta la piel lo que pasa fuera de ella?, ¿todas las partes del cuerpo humano son igual de sensibles al tacto?, ¿qué otras partes del cuerpo, que no podemos ver, se activan cuando alguien nos hace cosquillas?

En ese momento, para evitar que se desanimaran, les propuse que podían seguir investigando con el experimento científico del Homúnculo Mapper (<https://www.maxplanckflorida.org/fitzpatricklab/homunculus>). Les gustó la idea y se pusieron a elaborar las tarjetas de pinchos y de palillos. Una vez terminadas se midieron unos a otros la sensibilidad en diferentes partes del cuerpo, anotaron en tablas los resultados obtenidos, elaboraron gráficas y sacaron resultados significativos. Los palillos de la escuela parecían los de un hospital y me sorprendió el rigor y la seriedad con los que se tomaban lo que estaban haciendo.

A continuación todo el grupo decidió que también sería conveniente realizar una experiencia muy sencilla: la de hacerse cosquillas a sí mismos y unos a otros. Esta actividad resultó divertidísima e incluso emocionante porque significó un rato de relación interpersonal e “íntima” (de confianza y de contacto respetuoso con compañeros y compañeras) que otras situaciones de la escuela no permiten.

Con las observaciones y los datos de estas prácticas ya iban sacando conclusiones que les permitían empezar a poder formular una respuesta más adecuada a la pregunta inicial. Para dar “nombre científico” a todo lo que habían experimentado, buscaron información en internet y en varios libros de la biblioteca. Incorporaron vocabulario específico como receptor táctil, sensor y conceptos como que

las zonas más sensibles del cuerpo son las que tienen más receptores táctiles porque estos no están repartidos de manera uniforme por toda la piel, y que estos sensores actúan como alarmas que “avisan” al cerebro de lo que pasa fuera del cuerpo (en nuestro caso, las cosquillas).

El paso siguiente fue construir una maqueta/modelo para rectificar sus dibujos iniciales y para incorporar a la misma las conclusiones de su investigación.

Finalmente ordenaron todo lo que habían aprendido y comprobado sobre las cosquillas en un esquema con tres cuestiones básicas: ¿Qué entra en el cuerpo? / ¿Qué pasa dentro del cuerpo? / ¿Qué sale del cuerpo? Ya se sentían capaces y satisfechos de poder dar una respuesta a la pregunta investigable: Cuando un estímulo externo (la mano de otra persona) nos toca, los receptores táctiles de la piel lo captan y los nervios que están cerca envían la información al cerebro. Este la identifica como “cosquillas” y da la orden, también a través de los nervios, de reaccionar a los músculos y al esqueleto. Casi siempre reaccionamos moviéndonos y riendo y eso hace que intervengan también la respiración (que se acelera) y la circulación de la sangre (el corazón bombea más rápido).

Cuando les expliqué en qué consistiría su exposición en el CosmoCaixa, la motivación ya fue total y absoluta. Se pusieron de acuerdo entre ellos y surgió un grupo cooperativo voluntario para elaborar el Power Point de todo el proceso y otro para hacer la presentación como representantes de todo el grupo. El resto de la clase se ofreció para confeccionar el mural y como público crítico durante los ensayos.

Mi papel en esta fase fue básicamente de espectadora, porque se les veía muy ilusionados y sabían organizarse y animarse unos a otros para que todo saliera bien.

Por último, tengo que decir que para mí, como maestra, ha sido una experiencia muy gratificante acompañar a estas niñas y niños a adentrarse en el mundo de la ciencia de una forma tan lúdica. Como algunos docentes, siempre me había sentido un poco perdida e insegura en este ámbito. Por otra parte, me ha resultado una tarea relativamente fácil porque la dinámica de nuestra escuela ya es la de ayudar a los niños y niñas desde pequeños a aprender de forma significativa resolviendo retos y trabajando en grupos cooperativos.

Referencias bibliográficas

Amat, A.; Martí, J.; Grau, V. , *Investiguem la matèria*, Barcelona, Ayuntamiento de Barcelona, 2016.

Au, T.; Romo, L. , “Mechanical causality in children’s folk-biology”, in D. L. Medin & S. Atran (Eds.), *Folkbiology*, 1999, p. 355-401, Cambridge MA, MIT Press.

Carey, S. , *Conceptual change in childhood*, Cambridge, Mass. [etc.] : MIT Press.

Carvalho, G. S.; Silva, R.; Lima, N.; Coqueto, E.; Clément, P. , “Portuguese primary school children’s conception about digestion: identification of learning obstacles”, *International Journal of Science Education*, 2004, 26 (9), 1111-1130.

Driver, R. , *Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños*, Madrid, Visor, 1999.

Inagaki, K., & Hatano, G. , *Young children’s naive thinking about the biological world*, New York, Psychology Press, 2002.

Márquez, C.; Roca, M.; Gómez, A.; Sardá, A.; Colina, R. M. , “La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras”, *Investigación en la escuela*, 2004, **53**, 71-81.

Martí, J. , *Aprender ciencias a la educación primaria*, Barcelona, Graó, 2012.

Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I.; McGuillicuddy, K. , *Formas de explicar: la enseñanza de las ciencias en secundaria*, Madrid, Santillana, 1998.

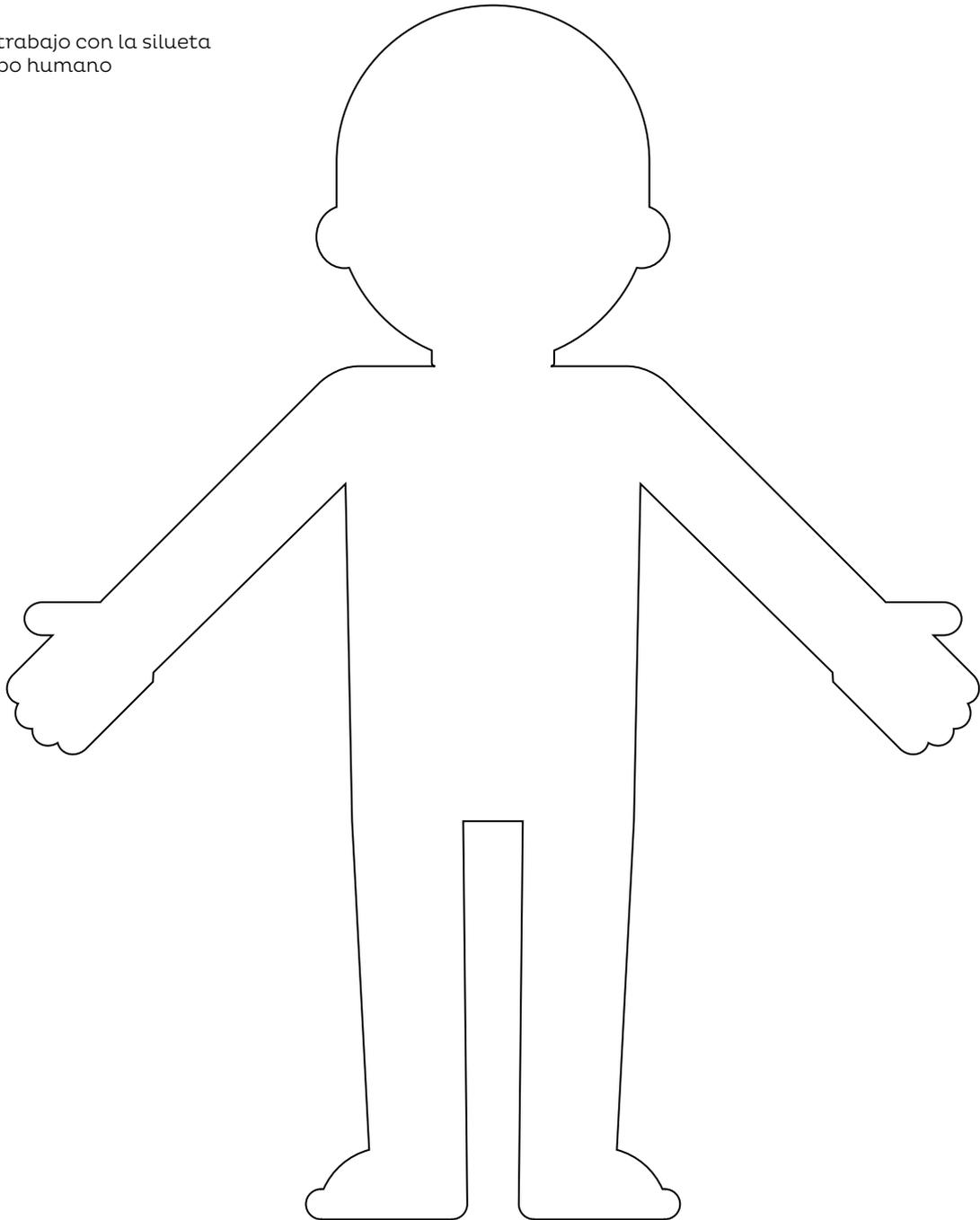
Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children’s conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.

Toyama, N. (2000). “What are food and air like inside our bodies?”: Children’s thinking about digestion and respiration. *International Journal of Behavioral Development*, 24(2), 222-230.

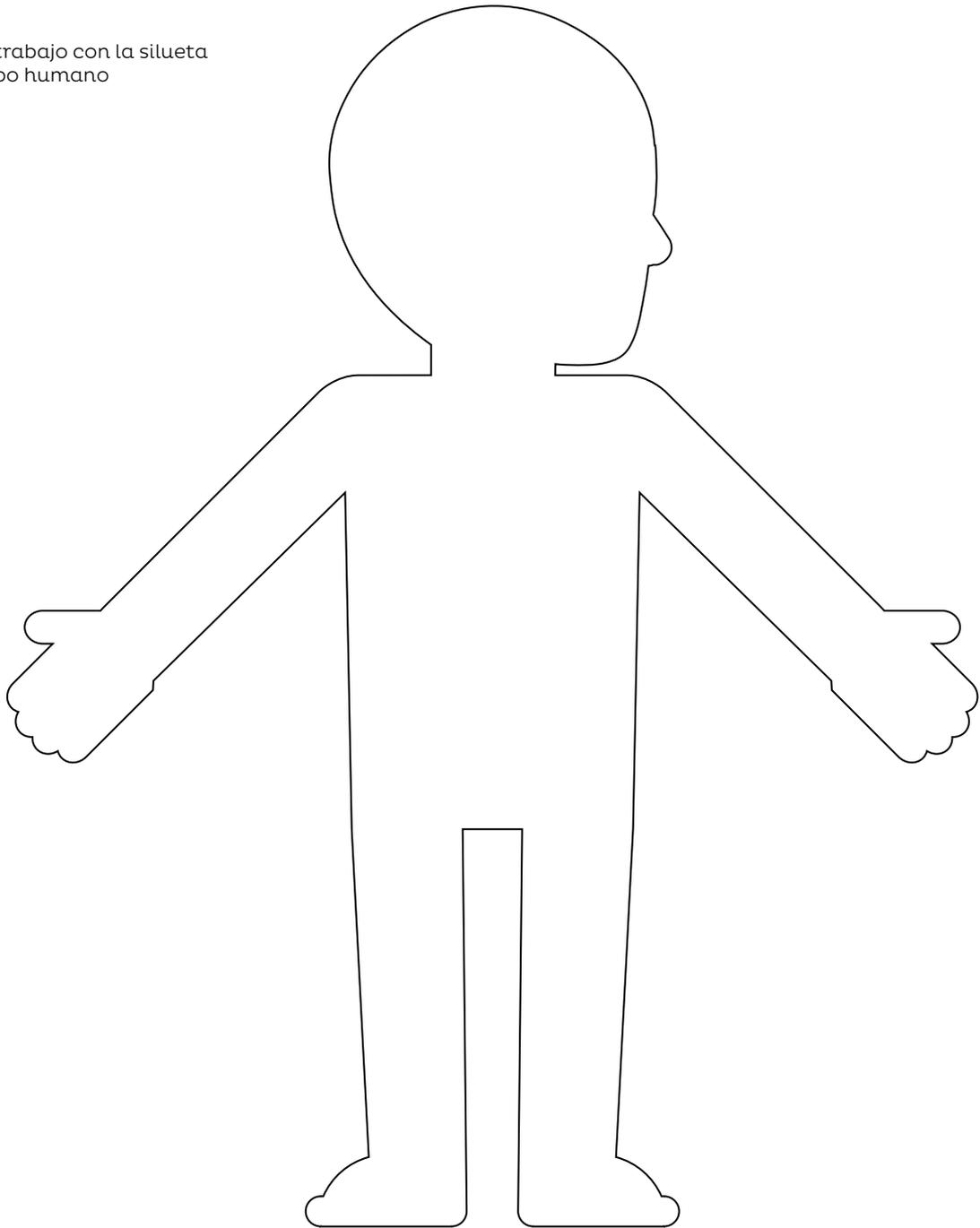
Índice

- 3 Presentación
- 4 Introducción
- 5 Investigar para comprender el funcionamiento del cuerpo humano
- 11 **El camino de los nutrientes: cuando el problema es cómo utilizamos los nutrientes para sobrevivir**
- 21 Actividad 1. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de los nutrientes
- 23 Actividad 2. El camino de la boca al estómago
- 26 Actividad 3. El camino del estómago a los intestinos
- 30 Actividad 4. El camino de los intestinos a la sangre
- 33 La experiencia de la escuela SEAT en el curso de formación de “Pequeños talentos científicos”
- 34 **El camino de los gases: cuando el problema es la respiración y los latidos del corazón**
- 40 Actividad 1. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de los gases
- 42 Actividad 2. El camino del aire hasta los pulmones
- 45 Actividad 3. Cómo entra el aire hasta los pulmones
- 48 Actividad 4. El camino de los gases por la sangre
- 52 La experiencia de la escuela Cervantes en el curso de formación de “Pequeños talentos científicos”
- 53 **El camino de la información: cuando el problema es cómo lo que captan los sentidos nos hace reaccionar**
- 59 Actividad 1. Exploración de las ideas de los niños y las niñas sobre el camino de la información en el sentido del tacto
- 61 Actividad 2. El camino desde el medio hasta los receptores del sentido del tacto
- 64 Actividad 3. El camino desde los receptores hasta el sistema nervioso central
- 68 Actividad 4. El camino desde el sistema nervioso central hasta el músculo
- 71 La experiencia de la escuela Arenal de Llevant en el curso de formación de Pequeños talentos científicos
- 73 Referencias bibliográficas

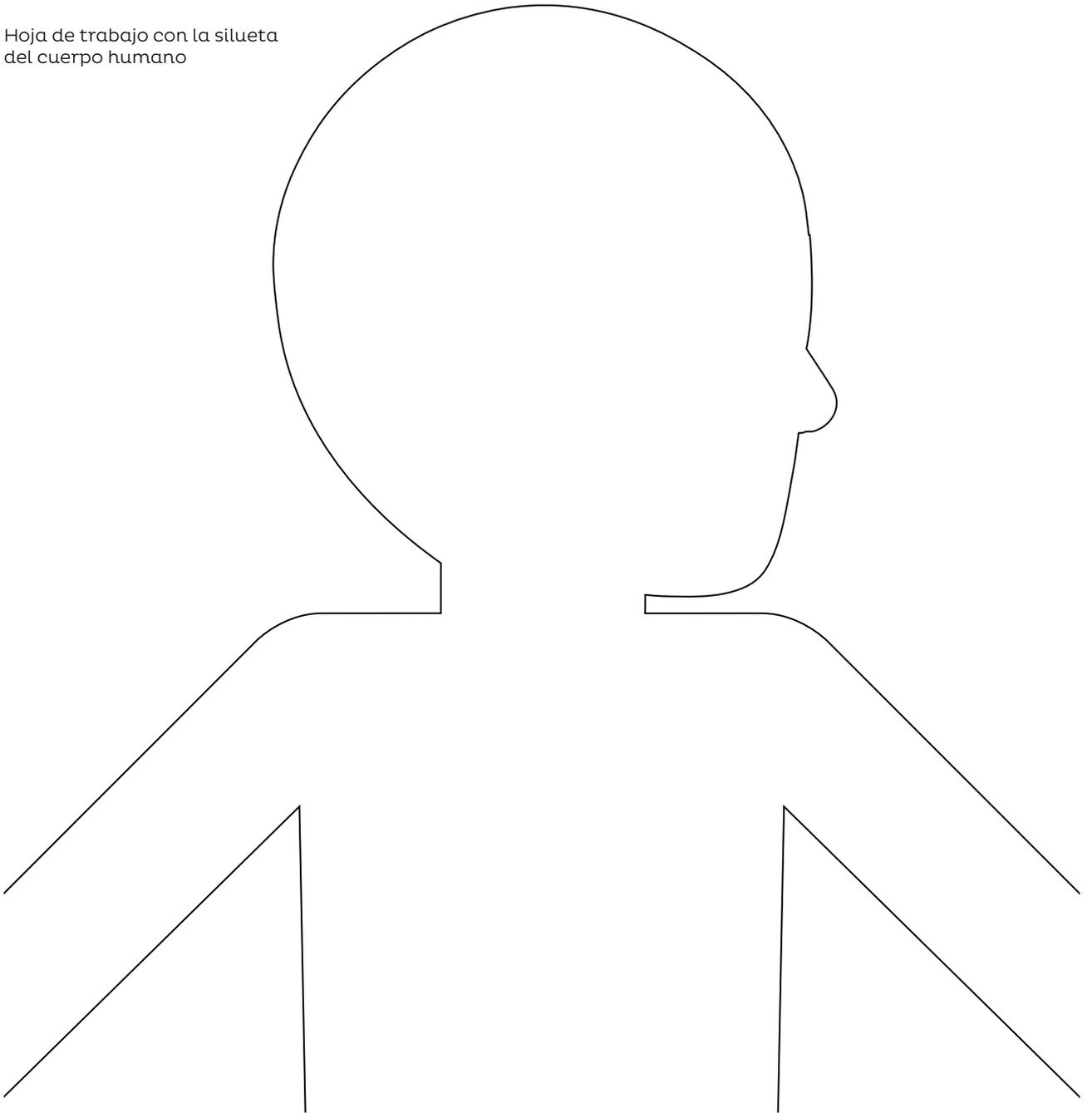
Hoja de trabajo con la silueta
del cuerpo humano



Hoja de trabajo con la silueta
del cuerpo humano



Hoja de trabajo con la silueta del cuerpo humano



Edita:

Ayuntamiento de Barcelona. Instituto Municipal de Educación de Barcelona
Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación (FCRI)
EduCaixa de la Obra Social "la Caixa"

Texto:

Arnau Amat, Jordi Martí y Irma Darné, miembros del grupo de investigación
CoDi (Conocimiento y Didáctica) de la Universidad de Vic-Universidad
Central de Catalunya

Coordinación:

Dirección de Promoción Educativa del Instituto Municipal de Educación
de Barcelona.

Colaboración:

Antoni Trilla (médico, jefe del servicio de Medicina Preventiva y
Epidemiología del Hospital Clínico y Provincial de Barcelona); Marcel Costa
(biólogo y profesor de secundaria del Institut Obert de Catalunya); Alejandro
Montesinos, maestro de la escuela Seat; María José Poblador, maestra de la
escuela L'Arenal de Llevant; Laura Prats Lucas, maestra de
la escuela Cervantes.

Agradecimientos:

A todos los docentes que han participado en el curso ¿Cómo funciona
el cuerpo humano? y a su alumnado. Sus preguntas, sus proyectos y sus
presentaciones nos han ayudado a escribir éste libro.

Diseño gráfico, maquetación e ilustraciones:

Jordi Salvany

Barcelona, junio de 2018

© de la edición: Ayuntamiento de Barcelona

© de los textos y las imágenes: los autores nombrados

Ésta publicación se puede consultar en:

www.barcelona.cat/educacio

www.fundaciorecerca.cat

www.educaixa.com

