



Estado Plurinacional de Bolivia
Ministerio de Educación
Moromboerendañesiroa Arakuarupi
Yachay Kamachia
Yaticha Kamani



Esta imagen, de procedencia chiquitana, alude a las estrategias simbólicas de obtención de recursos mediante el **saber**, el conocimiento, que se desarrolla en la cultura de un grupo.



La imagen, de origen quechua, representa una lógica cuatridimensional de organización espacial, política y social que, al mismo tiempo, deja ver el principio de la dualidad en busca del **equilibrio** de los opuestos.



Esta imagen guaraní está relacionada con el trabajo femenino y, sobre todo, con la **creatividad** y con el arte de las tejedoras para inventar nuevos diseños. Simboliza, entonces, la habilidad de crear, de inventar, de construir...



Esta figura aimara representa la dualidad andina correspondiente a una cosmovisión de equilibrio entre arriba y abajo, hombre y mujer, espacios sociopolíticos definidos, por ejemplo. Esta idea de dualidad pretende, a su vez, un **diálogo** entre pares.

FISIOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO, MOTRIZ, SENSORIAL Y DEL LENGUAJE

MINISTERIO DE
educación
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

VICEMINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE FORMACIÓN PROFESIONAL
VICEMINISTERIO DE EDUCACIÓN ALTERNATIVA Y ESPECIAL

COMPRENSIÓN DE LA DISCAPACIDAD II

Para el proceso formativo de
las y los estudiantes de las ESFM



FISIOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO, MOTRIZ, SENSORIAL Y DEL LENGUAJE

DOCUMENTO DE TRABAJO

PROYECTO FORMACIÓN DE MAESTROS/AS EN EDUCACIÓN
INCLUSIVA EN LA DIVERSIDAD-APRENDEMOS EN LA DIVERSIDAD

Dirección General de Formación de Maestros



© De la presente edición

Fisiología del sistema nervioso, motriz, sensorial y del lenguaje

Primera edición

Noviembre de 2013

Coordinación general

Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad

Ministerio de Educación-Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Aprobación de contenido y de publicación: Comisión de Validación

Ministerio de Educación: Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional/Dirección General de Formación de Maestros, Viceministerio de Educación Alternativa y Especial/Dirección General de Educación Especial

Escuelas Superiores de Formación de Maestros (ESFM)

Depósito legal

4-1-281-13 P.O.

Cómo citar este documento

Ministerio de Educación (2013). *Fisiología del sistema nervioso, motriz, sensorial y del lenguaje, Comprensión de la discapacidad II*. Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional/Dirección General de Formación de Maestros. La Paz-Bolivia.

Esta publicación puede ser reproducida parcialmente y citada en conjunto o en parte siempre y cuando se respete y se especifique en detalle la fuente.

Prohibida la venta.

Texto producido e impreso en el Estado Plurinacional de Bolivia.

Elaboración de contenido - Grupo Meta del Proyecto

Edith Chacón, María Luisa Cusicanqui, María Consuelo Dávila, Juan Gutiérrez,

María Elena Martínez/ESFM Simón Bolívar

Lily Ortuño, Mercedes Guzmán, Mirtha Álvarez, Ruthy Robles, Victoria Morón/ESFM

Enrique Finot

Revisión especializada de contenido

Erwin Durán

Revisión de contenido y de estructura

Takako Kamijo

Reescritura, edición, corrección de estilo y seguimiento editorial

Claudia Dorado Sánchez

Elaboración de ilustraciones

Ximena Ayala

Diseño de plantilla

Franklin Nina

Adecuación de diseño, diagramación e impresión

Impresiones Quality s.r.l.



COMPRENSIÓN DE LA DISCAPACIDAD II

Para el proceso formativo de
las y los estudiantes de las ESFM



FISIOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO, MOTRIZ, SENSORIAL Y DEL LENGUAJE

DOCUMENTO DE TRABAJO

PROYECTO FORMACIÓN DE MAESTROS/AS EN EDUCACIÓN
INCLUSIVA EN LA DIVERSIDAD-APRENDEMOS EN LA DIVERSIDAD





Índice

Presentación	7
Resumen ejecutivo: Lineamientos curriculares y metodológicos de la educación inclusiva en Bolivia	9
Introducción	21
El sistema orgánico	21
Los órganos	22
Los tejidos	22
Las células	22
La homeostasis	23
Objetivo holístico de las unidades de formación	24
Unidad temática 1: Anatomía y función del sistema nervioso	27
Resumen/presentación del tema	27
1. Componentes del sistema nervioso	27
1.1. Estructura de una neurona	27
1.2. Sinapsis: transmisión sináptica	28
2. Estructura y función del sistema nervioso central	29
2.1. Generalidades del sistema nervioso central	29
2.2. El cerebro	31
2.2.1. La corteza cerebral	34
2.2.2. Los ganglios basales	40
2.2.3. El diencéfalo	41
2.2.4. El tronco cerebral	45
2.3. El cerebelo	48
2.4. La médula espinal	49
2.5. Los reflejos	51
3. Funciones cerebrales superiores	52
4. El sistema motor del sistema nervioso	54
5. El sistema sensorial	55
6. El sistema nervioso autónomo	58
6.1. Organización del sistema nervioso autónomo	60
6.2. Fisiología del sistema nervioso autónomo	60
7. Nervios que constituyen el sistema nervioso	61
7.1. Tipos de nervios y sus cualidades	61



7.2.	Componentes de los nervios	64
7.3.	Funciones y propiedades de los nervios	66
	Bibliografía	69

Unidad temática 2: Anatomía y funciones de los órganos motores 71

	Resumen/presentación del tema	71
1.	Los huesos humanos	71
1.1.	Funciones principales de los huesos	72
1.2.	Componentes orgánicos e inorgánicos de los huesos	72
1.3.	Componentes celulares de los huesos	73
1.4.	Macroestructura de los huesos largos	73
1.5.	Microestructura de los huesos	73
1.6.	Metabolismo de los huesos y de las hormonas relacionadas con ellos	74
2.	El músculo esquelético	75
2.1.	Generalidades	75
2.2.	Estructura organizada del músculo esquelético	75
2.3.	Microestructura del músculo esquelético y del sarcómero	77
2.4.	Funciones del músculo esquelético	78
2.5.	Mecanismos de la contracción muscular y de la relajación muscular	78
2.5.1.	Mecanismo y energía de la contracción muscular	78
2.5.2.	Mecanismo de la relajación muscular	79
2.6.	Lesiones del músculo esquelético	79
3.	Control del movimiento por el sistema nervioso central (tracto piramidal y tracto extrapiramidal)	79
	Bibliografía	81

Unidad temática 3: Anatomía y función de los órganos sensoriales 83

	Resumen/presentación del tema	83
1.	El sentido de la vista	83
1.1.	Órgano visual: estructura del ojo	83
1.2.	Estructura de la retina	84
1.3.	El campo visual	85
1.4.	La agudeza visual	85
1.5.	La función visual: transmisión visual	86
1.6.	Patologías comunes del sentido de la vista	87
1.6.1.	Cataratas	87
1.6.2.	Glaucoma	87
1.6.3.	Miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia	87
2.	El sentido auditivo y el sentido del equilibrio	90
2.1.	Órgano auditivo: estructura del oído	90
2.1.1.	Estructura del oído externo	91
2.1.2.	Estructura del oído medio	92
2.1.3.	Estructura del oído interno	93
2.2.	Estructura de la cóclea	94
2.3.	Función auditiva: transmisión auditiva	95

2.4.	Función del equilibrio	96
2.5.	Patologías del sistema auditivo	98
2.5.1.	Patologías del oído externo	98
2.5.2.	Patologías del oído medio	101
2.5.3.	Patologías del oído interno	102
3.	Otros sentidos	106
3.1.	El sentido del gusto	106
3.1.1.	Características generales	106
3.1.2.	Clasificación del gusto	106
3.1.3.	Función del gusto: transmisión gustativa	107
3.1.4.	Patologías del sentido del gusto	107
3.2.	El sentido del olfato	108
3.2.1.	Características generales	108
3.2.2.	Los receptores olfativos	109
3.2.3.	Función del olfato: transmisión olfativa	110
3.2.4.	Patologías del sentido del olfato	110
3.3.	El sentido del tacto	112
	Bibliografía	113

Unidad temática 4: Anatomía y función de los órganos del habla 115

	Resumen/presentación del tema	115
1.	Comprensión y expresión del lenguaje	115
2.	Consideraciones fonológicas	117
3.	El sistema fonador	117
4.	Procesamiento del lenguaje	118
5.	Patologías del habla	120
	Bibliografía	123

Índice de tablas

Tabla N° 1:	Disfunciones cerebrales superiores	53
Tabla N° 2:	Descripción de las patologías del habla	120

Índice de cuadros

Cuadro N° 1:	Cualidades de los nervios craneales	62
Cuadro N° 2:	Descripción de las patologías del oído externo	98
Cuadro N° 3:	Descripción de las patologías del oído medio	101

Índice de esquemas

Esquema N° 1:	Características de los hemisferios cerebrales	33
Esquema N° 2:	Capas de la estructura interna de la corteza cerebral	35
Esquema N° 3:	Consecuencias de las lesiones en el lóbulo parietal	38
Esquema N° 4:	Alteraciones en el lóbulo temporal	39
Esquema N° 5:	Niveles de organización de la médula espinal	51
Esquema N° 6:	Niveles del lenguaje	116
Esquema N° 7:	Aspectos del habla	116

Índice de imágenes

Imagen N° 1:	Estructura celular y descripción de funciones	23
Imagen N° 2:	Estructura de una neurona	28
Imagen N° 3:	Transmisión neuronal	29
Imagen N° 4:	Cortes transversales del sistema nervioso	30
Imagen N° 5:	Estructura del cerebro	31
Imagen N° 6:	Hemisferios cerebrales derecho e izquierdo	32
Imagen N° 7:	Cisuras de la corteza cerebral	35
Imagen N° 8:	Áreas de la corteza cerebral (áreas de Brodmann)	36
Imagen N° 9:	Partes de los ganglios basales	40
Imagen N° 10:	Partes del diencefalo	42
Imagen N° 11:	Partes del sistema límbico	44
Imagen N° 12:	Partes del tronco cerebral	46
Imagen N° 13:	Partes del cerebelo	48
Imagen N° 14:	Partes de la médula espinal	50
Imagen N° 15:	Secuencia de un movimiento de tipo reflejo	54
Imagen N° 16:	Corpúsculos/receptores	56
Imagen N° 17:	Receptores sensoriales	57
Imagen N° 18:	Sistemas que integran el sistema nervioso autónomo y su relación con los órganos del cuerpo	59
Imagen N° 19:	Ubicación de los nervios espinales o raquídeos	64
Imagen N° 20:	Conformación de las fibras nerviosas	65
Imagen N° 21:	Vista en detalle de una fibra nerviosa	66
Imagen N° 22:	Vista general de los huesos humanos	72
Imagen N° 23:	Estructura del músculo esquelético	75
Imagen N° 24:	Estructura de la miosina	77
Imagen N° 25:	Anatomía del ojo	84
Imagen N° 26:	Estructura de las neuronas retinales	85
Imagen N° 27:	Mecanismo de la visión	86
Imagen N° 28:	Problemas refractarios	88
Imagen N° 29:	Partes del oído	91
Imagen N° 30:	Partes del oído externo	92
Imagen N° 31:	Partes del oído medio	93
Imagen N° 32:	Partes del oído interno	94
Imagen N° 33:	Vista interior de la cóclea	95
Imagen N° 34:	Fisiología del oído	96
Imagen N° 35:	Áreas de percepción de los sabores en la lengua	107
Imagen N° 36:	Estructura neurosensorial del olfato	109
Imagen N° 37:	Receptores olfativos	109
Imagen N° 38:	Fisiología del olfato	110
Imagen N° 39:	Receptores de la piel	113
Imagen N° 40:	División del aparato fonador	118
Imagen N° 41:	Áreas del lenguaje en el cerebro	119
Imagen N° 42:	Vía auditiva en el cerebro	119
Imagen N° 43:	Proceso respiratorio	120

Presentación

El proceso de transformación integral del país está en marcha. En ese contexto, el sector educativo está aportando dinámica, participativa y creativamente en la consolidación del Estado Plurinacional, haciendo énfasis en la construcción de un sistema formativo descolonizado y descolonizador, comunitario, productivo, intracultural, intercultural y plurilingüe. Teniendo como base legal la Ley de Educación 070 “Avelino Siñani-Elizardo Pérez”, esta labor pasa, además, por la consolidación de un currículo acorde al Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo que permee todos los componentes de los procesos formativos.

Dentro del Sistema Educativo Plurinacional (SEP), la formación de maestros/as es fundamental porque busca la formación de profesionales gestores de políticas públicas que respondan a las diversas y complejas necesidades sociales, económicas, políticas y culturales del país. En otras palabras, maestros/as críticos/as, creativos/as y propositivos/as que generen estrategias educativo-productivas que articulen la escuela con la comunidad/entorno, a partir de la identificación y de la solución de problemáticas, así como de la atención de demandas y de intereses.

Como política prioritaria, el Ministerio de Educación está atendiendo 1) la Formación Inicial, 2) la Formación Continua y 3) la Formación Postgradual de maestros/as desde la superación de la condición neocolonial, dependiente, cognitivista y desarraigada del *viejo* sistema educativo que desvalorizó los saberes y los conocimientos de los pueblos originarios y la exclusión de personas con discapacidad, y de la aplicación del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo que además de académico implica también toda una transformación de la vida administrativa-institucional y normativa de las Escuelas Superiores de Formación de Maestros (ESFM).

La nueva política educativa, con la implementación del Modelo Educativo Sociocomunitario Productivo, requiere de un sistema de lineamientos y de instrumentos legales y de gestión educativa que regulen los procesos institucionales-administrativos y académico-curriculares en los centros de formación de maestras/os. En el marco de la transformación de la formación docente, con el Decreto Supremo N° 0156 (de 6 de junio de 2009) y con la Resolución Ministerial 0013/2010, a partir de la gestión 2010, se oferta la especialidad en Educación Inclusiva para Personas con Discapacidad en tres ESFM.



Por lo anterior, en las tres últimas gestiones, la Dirección General de Formación de Maestros (DGFM) ha realizado eventos participativos para la producción, la sistematización y la revisión crítico propositiva de un compendio de documentos, en procura de constituir a las ESFM en centros de excelencia académica, donde el trabajo comunitario sea organizado, responsable, compartido, con profunda vocación de servicio sociocomunitario. Esos textos, bajo el encabezado “Comprensión de la discapacidad” y fruto del aporte de quienes están comprometidos con la mejora de las ESFM, **se constituirán en una referencia básica para mejorar la labor de las maestras y de los maestros, con un enfoque inclusivo de la educación especial.** Tal resultado se alcanzó con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en educación en necesidades educativas especiales, por medio de un Proyecto de Cooperación Técnica.

Los textos nos permiten apreciar la situación de la discapacidad en Bolivia, con una mirada intra-intercultural y con el mundo, y comprender las diferentes discapacidades a partir de la aplicación metodológica práctica-teoría-valoración-producción en los centros de educación especial del país, de manera contextualizada y orientada hacia el desarrollo y/o el fortalecimiento de la crítica, la reflexión, la autocrítica, la capacidad propositiva e innovadora, la ética, el trabajo en equipo, las actitudes de reciprocidad y la equidad, que posibiliten a las y los estudiantes aprender a conocer y a comprender la realidad, la identidad cultural y el proceso socio-histórico del Estado Plurinacional, aportando en su consolidación. Para ello, es importante el papel que juegan todos los actores de la educación para que, comprendiendo la realidad socioeducativa comunitaria, se promuevan acciones de transformación de la misma, sintiendo y comprendiendo que todo proceso educativo debe trascender a la comunidad.

Lic. Roberto Aguilar Gómez
Ministro de Educación

Resumen ejecutivo

Lineamientos curriculares y metodológicos de la educación inclusiva en Bolivia

1. Propósito de los lineamientos curriculares y metodológicos de la educación inclusiva en el Sistema Educativo Plurinacional

El nuevo enfoque de educación inclusiva en el Sistema Educativo Plurinacional tiene por propósito atender la diversidad y responder a las necesidades educativas de todas las personas y de todas y todos los estudiantes de una comunidad, con respeto y reconocimiento de sus necesidades, sus potencialidades, sus características, sus ritmos, sus estilos y sus expectativas de aprendizaje, sin discriminación.

1.1. Definición de educación inclusiva

La educación inclusiva es un enfoque integral fundamentado en el ejercicio del derecho a la educación para todas y todos, en igualdad de oportunidades y en equiparación de condiciones, que atiende de forma holística a la diversidad de personas y de estudiantes, en comunidad y sin discriminación.

1.2. Principios de la educación inclusiva

Atención a la diversidad

La diversidad no es un obstáculo para el aprendizaje, todo lo contrario, es una fuente de enriquecimiento de los procesos educativos y de las relaciones sociocomunitarias, dado que permite un proceso amplio y dinámico de construcción y de reconstrucción de los conocimientos, que surge a partir de la convivencia entre personas con distintos valores, cosmovisiones, ideas, percepciones, **necesidades educativas**, intereses, motivaciones, potencialidades y **estilos y ritmos de aprendizaje** que favorecen la construcción de su identidad y de su pensamiento con relación a su contexto.

Igualdad de oportunidades

La igualdad de oportunidades es el cumplimiento del acceso a la educación con calidad y en iguales condiciones para todas y todos, dentro de los subsistemas del Sistema Educativo



Plurinacional, eliminando toda forma de discriminación y de exclusión que obstaculicen su acceso y su permanencia. Se trata de recibir los servicios de educación que las familias y las personas consideren pertinentes para su formación y su realización personal respecto su contexto sociocomunitario.

Equiparación de condiciones

La equiparación de condiciones consiste en brindar a las instituciones educativas de los diferentes subsistemas ciertas condiciones, tales como materiales educativos, mobiliario y equipamiento pertinentes, que respondan a las características individuales y comunitarias de las y los estudiantes, con corresponsabilidad de los actores educativos, para atenderlas y atenderlos en condiciones adecuadas.

Educación oportuna y pertinente

La educación es oportuna porque se constituye de respuestas educativas que en tiempo, espacio y procedimientos favorecen los procesos de aprendizaje. Es pertinente porque considera las características sociopersonales individuales (respetando el desarrollo integral del ser) y del contexto para realizar la planificación educativa y dar respuestas a las necesidades, a las expectativas y a los intereses de todas y todos los estudiantes en el Sistema Educativo Plurinacional.

1.3. Características de la educación inclusiva

Necesidades educativas, ritmos y estilos de aprendizaje

Las necesidades educativas son características personales y/o colectivas que requieren el uso de recursos metodológicos, didácticos y comunicacionales adecuados y diferenciados a los comunes en los procesos educativos, a fin de mejorar los procesos educativos.

Intereses y expectativas

Se refiere al desarrollo de los aspectos centrales del ser, considerando sus aptitudes y sus habilidades, para alcanzar propósitos personales, sociales y comunitarios, fortaleciendo su identidad y su cosmovisión como producto de la interrelación con su contexto e incidiendo en la mejora de los procesos y de los espacios educativos.

Estrategias y metodologías accesibles

Hablar de accesibilidad es dar un paso hacia la igualdad de oportunidades y la equiparación de condiciones para superar las barreras existentes. Los actores educativos y las instituciones educativas deben dar respuestas oportunas y pertinentes, acceso al currículo con innovación metodológica, adaptaciones, modificaciones y enriquecimiento curricular, así como recursos didácticos, comunicacionales y tecnológicos, en función de las necesidades y del contexto sociocultural de cada grupo y de cada estudiante.

Autodeterminación

La aplicación del modelo sociocomunitario promueve la capacidad de tomar decisiones individuales y comunitarias en función de criterios político ideológicos y de prácticas colectivas, contribuyendo a la descolonización en los sistemas de pensamiento y de comportamiento, y orientando el desarrollo de la capacidad de autodeterminación y de libre determinación personal con relación a la comunidad.

1.4. Componentes del enfoque de educación inclusiva

Desarrollo de políticas inclusivas

Implica establecer líneas de acción que garanticen la presencia del enfoque de educación inclusiva en los procesos educativos. Es uno de los principales pilares del desarrollo de las instituciones educativas que permite un conjunto de acciones educativas para la eliminación de toda forma de discriminación y de exclusión. Desde este punto de vista, las instituciones educativas fundamentan sus acciones pedagógicas en la atención a la diversidad, que deben ser desarrolladas en un marco de:

- Pluralismo democrático.
- Oportunidades y apoyos para todos y todas.
- Sistemas educativos abiertos y flexibles.
- Toma de decisiones comunitarias.
- Cooperación e interacción para la construcción del conocimiento.
- Coevaluación y autocrítica respecto a procesos individuales y comunitarios.

Desarrollo de prácticas inclusivas

Las prácticas inclusivas son procedimientos, experiencias y proyectos que permiten consolidar y fortalecer los valores sociocomunitarios en convivencia con todas y todos los actores educativos, creando un clima motivador desde la planificación educativa y la elaboración y el desarrollo de contenidos, de metodologías y de evaluación, para asegurar el cambio paulatino de la organización institucional, teniendo en cuenta los conocimientos y las experiencias adquiridos.

Desarrollo de culturas inclusivas

Es el desarrollo de comunidades educativas seguras, acogedoras, colaboradoras y motivadoras en las que cada persona es valorada con todas sus características, sus necesidades y sus intereses. La base fundamental es que todas y todos los estudiantes logren los mayores niveles de desarrollo integral. Así mismo, los principios inclusivos orientan los procesos en espacios educativos sociocomunitarios.



Desarrollo de ambientes educativos accesibles

Es la orientación y la implementación de indicadores para la eliminación de barreras arquitectónicas en infraestructuras educativas, garantizando la accesibilidad y la permanencia de las y los actores educativos en el Sistema Educativo Plurinacional.

1.5. Objetivo de la educación inclusiva

El objetivo de la educación inclusiva es democratizar, pluralizar, el acceso y la permanencia de estudiantes con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario, según sus características, sus necesidades, sus expectativas y sus intereses, mediante políticas, procesos y metodologías educativas oportunas y pertinentes para el desarrollo integral de todos y todas en el Sistema Educativo Plurinacional y para el logro de la inclusión social.

2. Educación especial con enfoque inclusivo

2.1. Definición de educación especial

La educación especial es el ámbito encargado de brindar servicios, programas y recursos educativos, puestos a disposición de las personas con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario, que promueve su desarrollo integral en el Sistema Educativo Plurinacional.

2.2. Objetivo general de la educación especial

El objetivo central de la educación especial es promover, desarrollar e implementar acciones educativas con calidad, respondiendo de manera oportuna y pertinente a las necesidades, a las expectativas y a los intereses de las personas con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario, en coordinación con los Subsistemas de Educación Regular, de Educación Alternativa y de Educación Superior de Formación Profesional, para la consolidación de la educación inclusiva en el Sistema Educativo Plurinacional.

2.3. Objetivos específicos de educación especial

De manera específica, la educación especial busca:

- Crear condiciones adecuadas para el acceso y la permanencia de las y los estudiantes con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario en el Sistema Educativo Plurinacional.
- Impulsar la investigación, la elaboración, la producción y la difusión de metodologías y de materiales educativos oportunos y pertinentes para la atención educativa en igualdad de oportunidades, con equiparación de condiciones.
- Promover el desarrollo de la educación técnica productiva en el ámbito de la educación especial, con calidad, pertinencia y equiparación de condiciones, para la inclusión laboral.

- Desarrollar e implementar normas en el marco de la Ley N° 070 (Ley de Educación “Avelino Siñani-Elizardo Pérez”), garantizando la práctica de la educación inclusiva en el Sistema Educativo Plurinacional.
- Generar y fortalecer procesos de reorganización y de transformación de la gestión educativa e institucional de la educación especial.

2.4. Población beneficiaria de la educación especial

Las personas y las y los estudiantes que requieren apoyos educativos por presentar necesidades educativas propias en su desarrollo son:

Características de la población de educación especial

Estudiantes con discapacidad	Estudiantes que por sus características propias requieren apoyo educativo permanente o temporal para desarrollar procesos educativos en las modalidades directa e indirecta.
Estudiantes con dificultades en el aprendizaje	Estudiantes que presentan dificultades generales y específicas en los procesos de aprendizaje en las áreas curriculares del contexto educativo.
Estudiantes con talento extraordinario	Estudiantes que presentan potencialidades superiores a las esperadas en su desarrollo integral, de acuerdo con las dimensiones vivenciales del ser en la educación comunitaria.

Fuente: Ministerio de Educación.

2.5. Instituciones educativas del ámbito de la educación especial

Para operativizar los procesos educativos, el ámbito de educación especial se organiza en las siguientes instituciones educativas.

Centros Integrales Multisectoriales

Son instituciones educativas que ofrecen programas de valoración, de detección, de asesoramiento y de atención en las modalidades directa e indirecta a estudiantes con necesidades educativas por discapacidad, dificultades en el aprendizaje y talento extraordinario¹.

Sus tareas principales están dirigidas a:

- La orientación y el seguimiento de la educación inclusiva en el Sistema Educativo Plurinacional.

1. Artículo 27 de la Ley N° 070 de Educación “Avelino Siñani-Elizardo Pérez”.

- La atención educativa adecuada a las características, a las potencialidades y a las habilidades de las personas con discapacidad.
- La prevención y la atención de estudiantes con dificultades en el aprendizaje.
- La aplicación de estrategias que permitan el fortalecimiento y el desarrollo de estudiantes con talento extraordinario.
- La investigación de metodologías pertinentes y la elaboración y la innovación de materiales educativos, didácticos y otros.
- La formación continua de maestras y maestros.
- La organización y la funcionalidad de redes educativas que coadyuven a consolidar la educación inclusiva.

Centros de Educación Especial

Son instituciones que brindan atención educativa, desarrollan programas y ofrecen servicios adecuados según el área de atención y las características y las necesidades de la población, mediante las modalidades directa e indirecta.

Unidades Educativas Especiales

Son instituciones que brindan atención educativa aplicando el currículo de la educación regular, de la educación alternativa, de la alfabetización y de la postalfabetización, con adaptaciones curriculares y metodológicas según corresponda. Además, ofrecen programas específicos a través de las modalidades directa e indirecta.

Instituciones Educativas Inclusivas

Son instituciones educativas de otro ámbito o subsistema que adquieren este carácter por promover procesos educativos inclusivos de las personas con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario, previa acreditación.

2.6. Modalidades de atención

La educación especial, complementariamente a la organización educativa del Sistema Educativo Plurinacional, atiende de forma integral a estudiantes con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario, mediante las siguientes dos modalidades de atención.

Modalidad directa de atención

La modalidad directa es la atención educativa mediante programas y servicios que involucren directamente a estudiantes con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario (detección, evaluación y derivación) para su desarrollo integral, preparándolos para la vida adulta independiente, enfatizando una formación sociocomunitaria productiva que les permita desarrollar habilidades y destrezas laborales, posibilitando su inclusión social en igualdad de oportunidades y en equiparación de condiciones.

Educación inicial familia comunitaria

Campos de saberes y conocimientos	Grado de independencia personal y social			
	No escolarizado	Escolarizado		
	Áreas	Áreas	1°	2°
Cosmos y pensamiento	Identidad cultural de la familia	Desarrollo sociocultural, afectivo y espiritual (desarrollo de la identidad corporal, personal, familiar y comunitaria, educación musical, plástica y expresiva, independencia personal, autonomía, autoconcepto, autoestima, desarrollo psicomotor, ciencias de la vida social, interacción social)	80	80
Comunidad y sociedad	Desarrollo integral de la niña y del niño en la familia	Desarrollo de la comunicación, de lenguajes y de artes (desarrollo de la comunicación verbal con medios aumentativos y alternativos)		
Vida, tierra y territorio	Nutrición y salud	Desarrollo biopsicomotor (actividades de la vida diaria básicas e instrumentales, desarrollo psicomotor, educación física)		
Ciencia, tecnología y producción	Actividades lúdicas y productivas de la familia	Desarrollo del conocimiento y de la producción (conocimientos en matemática, ciencias de la vida natural)		
TOTAL (horas)	80		80	80

Fuente: Ministerio de Educación.

Educación primaria vocacional

Campos de saberes y conocimientos	Áreas/disciplinas curriculares	Grado de independencia personal y social					
		Grados					
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
Cosmos y pensamiento	Valores, espiritualidad y religiones (identidad, desarrollo emocional)						
Comunidad y sociedad	Comunicación y lenguajes, computación						
	Lengua materna						
	Lengua de Señas Boliviana, Braille, lenguaje alternativo						
	Educación física y deportiva (desarrollo psicomotor, organización perceptiva)						
	Educación musical						
	Ciencias sociales						
Vida, tierra y territorio	Ciencias naturales						
Ciencia, tecnología y producción	Matemática						
	Orientación vocacional y educación plástica						
TOTAL (horas)		104	104	120	120	120	120

Fuente: Ministerio de Educación.

Educación secundaria comunitaria productiva

Campos de saberes y conocimientos	Áreas/ disciplinas curriculares	Grado de independencia personal y social					
		Formación vocacional	Preeducación técnica	Educación técnica		Práctica preprofesional	Pasantía
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
Cosmos y pensamiento	Cosmovisiones, filosofía y psicología	Autoestima	Autoestima	Autoestima	Autoestima		
	Valores, espiritualidad y religiones	Ética y moral	Ética y moral	Ética y moral	Ética y moral		
Vida, tierra y territorio	Ciencias naturales	Sexualidad	Sexualidad	Sexualidad	Sexualidad		
Comunidad y sociedad	Comunicación y lenguaje	Lenguaje y comunicación	Lenguaje y comunicación	Lenguaje y comunicación	Lenguaje y comunicación		
	Ciencias sociales						
Ciencia, tecnología y producción	Matemática	Manejo del dinero	Manejo del dinero	Manejo del dinero	Manejo del dinero		
	Técnica productiva	Módulo de formación vocacional	Módulo de preeducación técnica	Módulo de especialidad	Módulo de especialidad	Práctica	Práctica
	Computación	Informática básica	Informática básica	Informática básica	Informática básica		
TOTAL (horas anual)	800	800	800	800	800	800	800

Fuente: Ministerio de Educación.

En la educación secundaria comunitaria productiva, los grados certificables son:

- Operario calificado.
- Técnico básico.
- Técnico auxiliar.

Cada Centro de Educación Especial o cada Institución Educativa Inclusiva que oferta una formación productiva específica de acuerdo con las necesidades y con el contexto socioeconómico, así como con el desarrollo curricular, certifica los grados alcanzados por las y los estudiantes, según corresponda, garantizando su formación integral, su transitable por los Subsistemas del Sistema Educativo Plurinacional y, finalmente, su inclusión social.

La certificación de las y los estudiantes que desarrollan sus acciones educativas bajo la modalidad directa se realiza en función de su desarrollo integral y personal mediante

procesos educativos productivos, con evaluaciones correspondientes que permiten su transitabilidad hacia los otros subsistemas.

Los Centros Integrales Multisectoriales, los Centros de Educación Especial y las Unidades Educativas Especiales, de acuerdo con los programas, los servicios y los niveles bajo la modalidad directa, son los responsables de otorgar a las y los estudiantes certificación o libretas, según corresponda, para su inclusión laboral y social.

En síntesis, la educación debe hacer los ajustes razonables en función de las necesidades educativas de cada estudiante y del conjunto de estudiantes, y debe prestar los apoyos necesarios y facilitar las medidas personalizadas y efectivas en espacios educativos que fomenten el máximo desarrollo integral, educativo y social, empleando materiales, técnicas, medios educativos y formatos de comunicación alternativos y aumentativos.

Modalidad indirecta de atención

La modalidad indirecta de atención consiste en programas y servicios de apoyo a los procesos educativos inclusivos que se desarrollan en el Sistema Educativo Plurinacional para brindar una educación con calidad a personas y/o a estudiantes con discapacidad, con dificultades en el aprendizaje y con talento extraordinario. Estos servicios se complementan con procesos de sensibilización comunitaria, de formación y de capacitación continua de maestras, de maestros y de especialistas involucrados y de trabajo con la familia, así como con la elaboración y la distribución de materiales educativos de acuerdo a requerimiento.

2.7. Modalidades de aprendizaje

La educación especial desarrolla procesos educativos en función de las necesidades, de las expectativas, de los intereses y del contexto social de las poblaciones en las que se desenvuelve.

Modalidad de aprendizajes “escuela en casa”

Es una alternativa educativa para estudiantes que por patología crónica o de alto riesgo, por grado severo de discapacidad y por trastorno de hiperactividad con déficit de atención severa no pueden tolerar o adaptarse a la modalidad escolarizada presencial.

Desarrolla programas educativos bajo la directa responsabilidad de los padres de familias y/o de los tutores, quienes se hacen cargo de desarrollar los contenidos correspondientes al Currículo Base del Sistema Educativo Plurinacional, con metodologías y procesos educativos adecuados.

Esta modalidad se aplica previa evaluación, orientación, seguimiento y acreditación de la institución educativa correspondiente.



Modalidad de aprendizaje “maestros itinerantes”

Es una alternativa educativa para estudiantes con discapacidad y con dificultades en el aprendizaje que están en lugares fronterizos, en las riberas de los ríos o que por razones de accesibilidad y de movilidad (patología crónica o de alto riesgo) necesitan apoyo especializado.

2.8. Evaluación en educación especial

La evaluación de los procesos y de los resultados educativos debe hacerse según las necesidades y los procesos educativos aplicados en cada institución.

No se trata de una evaluación del comportamiento y del aprendizaje por dominio de contenidos con propósitos instruccionales, sino de una evaluación en función del desempeño, del grado de involucramiento y del tipo de respuestas que se requieren de las y los estudiantes, en las dimensiones del ser y en correspondencia con las asignaturas, los contenidos y los procesos educativos aplicados.

La evaluación se constituye en la base para la toma de decisiones acerca de lo que las y los estudiantes pueden y deben hacer para proseguir su educación, puntualizando el proceso evaluativo como parte de la educación. Debe adaptarse a las características personales de las y los estudiantes; esto es, debe llegar al fondo de la persona, destacar lo que la persona es, con relación a sus necesidades, a sus sentimientos, a sus emociones, a sus acciones, a sus aptitudes, a sus capacidades, a sus intereses y a sus expectativas.

La educación es entendida como un proceso sistemático destinado a lograr cambios duraderos y positivos en las conductas de los sujetos sometidos a una influencia educativa, en este caso sociocomunitaria, en base a objetivos definidos de modo concreto y preciso, social e individualmente aceptables, dignos de ser sufridos por los individuos en crecimiento y promovidos por los responsables de su formación, en cumplimiento de sus derechos.

2.9. Acreditación y certificación por conclusión de programas

Las y los estudiantes que alcancen sus objetivos educativos por grado y nivel reciben libretas correspondientes a cada gestión educativa anual.

Currículo específico

Niveles	Educación inicial familia comunitaria		Educación primaria vocacional					
Grado anual	1º	2º	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Grado	Independencia social y desarrollo vocacional					Independencia personal		
Lenguaje								
Matemática								
Ciencias sociales								
Ciencias naturales								
Educación física								
Educación musical								
Educación plástica								

Fuente: Ministerio de Educación.

Al finalizar el primer nivel, se certifica el grado de independencia personal. Al finalizar el segundo nivel, se certifica el grado de independencia social. Para ello, se utilizan parámetros como: satisfactorio, bueno y requiere más apoyo.

2.10. Estrategias de educación especial para promover la educación inclusiva

Estrategias de sensibilización y de formación

- Programas de sensibilización y concienciación sociocomunitaria.
- Redes educativas inclusivas
- Programas de formación continua para maestras y maestros del Sistema Educativo Plurinacional.

Estrategias de accesibilidad y de permanencia

- Adaptaciones de acceso.
- Adaptaciones de los elementos humanos y de su organización.
- Adaptaciones en el espacio físico.
- Adaptaciones de materiales, de mobiliario y de equipamiento
- Adaptación del tiempo.
- Adaptaciones de los elementos básicos del currículo.
- Adaptaciones metodológicas.
- Adaptación del tipo de actividades.

- Adaptaciones en la evaluación.
- Adaptaciones de comunicación.
- Lenguajes educativos aumentativos.

Estrategias de seguimiento, evaluación e investigación

Mediante el Sistema de Seguimiento, Alerta y Evaluación de Procesos de Educación Inclusiva en los subsistemas del Sistema Educativo Plurinacional, la investigación permitirá crear, desarrollar y mejorar las metodologías educativas, las evaluaciones pedagógicas, los diseños y la elaboración de materiales educativos adecuados y pertinentes por área de atención, el impacto de los procesos educativos inclusivos en la familia y en la comunidad para la consolidación de la inclusión social.

Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional
Viceministerio de Educación Alternativa y Especial

Introducción

El cuerpo humano (un organismo vivo) está estructurado por varios órganos: cerebro, corazón, pulmón, hígado y otros. Cada órgano tiene un papel importante en el mantenimiento de la función corporal. Así, por ejemplo, el corazón trabaja como una bomba para hacer circular la sangre oxigenada por todo el cuerpo y el cerebro trabaja para pensar, memorizar, razonar y sentir, entre otras acciones.

Biológicamente, cualquier organismo vivo tiene correspondencia entre su estructura y su función, y el punto de vista comparativo entre la función y la estructura es muy importante.

El organismo humano se estructura jerárquicamente como sigue:



El cuerpo humano se compone de varios sistemas de órganos, como una multicapa. El sistema tegumentario, el sistema esquelético y el sistema orgánico, por ejemplo, se presentan superpuestos en nuestro cuerpo. Por su parte, el sistema orgánico está estructurado por varios órganos. De ahí que el sistema esquelético, que parece ser simple, está compuesto por el tejido óseo, el tejido cartilaginoso y el sistema vascular. En cuanto a la unidad final celular del tejido óseo que compone el sistema óseo, ésta es el osteocito.

El sistema orgánico

El sistema orgánico del cuerpo humano está integrado por los siguientes sistemas:

- Sistema tegumentario.
- Sistema esquelético.
- Sistema muscular.
- Sistema digestivo.
- Sistema circulatorio.
- Sistema respiratorio.
- Sistema urinario.



- Sistema nervioso.
- Sistema endocrino.
- Sistema reproductivo.

¿Qué función tendrá cada sistema? Imaginemos la función de cada sistema sólo con leer su nombre. Observemos nuestros cuerpos y pensemos en cada sistema orgánico y en cada órgano. ¿Dónde se ubican y cómo funcionan?

Los órganos

Cada sistema del cuerpo está integrado por diferentes órganos. Por ejemplo, el sistema digestivo se compone del estómago, del intestino delgado, del intestino grueso, del hígado y del páncreas. El intestino delgado, a su vez, está compuesto por el duodeno, el yeyuno y el ileon, en tanto que el intestino grueso agrupa al apéndice vermiforme, al intestino ciego, al colon y al recto.

Otro de los sistemas del cuerpo humano es el sistema urinario, que está constituido por el riñón, el uréter, la vejiga y la uretra.

En cada sistema orgánico, cada órgano tiene una función propia y compleja en su integridad.

Los tejidos

Cada órgano del cuerpo tiene en su composición una serie de tejidos básicos. Los tejidos básicos son los cuatro siguientes:

- Tejido epitelial.
- Tejido conjuntivo.
- Tejido muscular.
- Tejido nervioso.

A su vez, cada tejido del cuerpo se compone de células distintivas, de acuerdo con las características de cada tejido.

Las células

El cuerpo humano tiene un total de más de 100 billones de células. Tales células, según el programa genético de cada persona, proliferan (aumentan en número) y se diferencian (pasan a tener una función especial).

Las células humanas tienen una variedad de formas que les permiten lograr una función determinada. Si bien las células tienen diferentes formas y funciones, sus estructuras básicas son comunes, así como sus funciones.

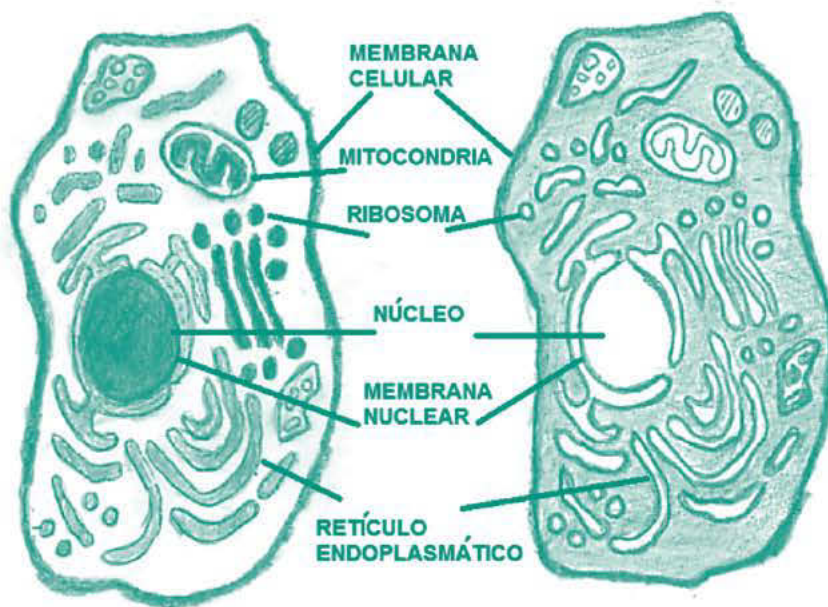
Las siguientes son algunas de las características comunes de las funciones de las células:

- Absorber los nutrientes y transformarlos a una forma conveniente para utilizarlos en el cuerpo (trifosfato de adenosina - TDA).
- Seguir el plan o la información genética para dirigir la creación de células y el trabajo celular (ácido desoxirribonucleico - ADN).
- Las proteínas, que son importantes en la estructura celular, actúan como enzimas.
- El ácido ribonucleico (ARN) es la mediación entre la información genética y la síntesis de las proteínas.
- El ADN se duplica y pasa a la siguiente generación celular.
- Las células están envueltas por una membrana especial: la membrana celular.

Una célula es la unidad básica de un organismo vivo y tiene funciones comunes al resto de las células.

Las células tienen varias funciones específicas como resultado de su diferenciación. Mediante la combinación de las diversas células del cuerpo humano se forman tejidos, órganos y sistemas orgánicos.

Imagen N° 1: Estructura celular y descripción de funciones



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

La homeostasis

La homeostasis es un proceso que permite mantener siempre la constancia de la condición interna del cuerpo. Esto significa que el cuerpo se mantiene constante mediante el

trabajo colaborativo de los órganos y de los tejidos. Por ejemplo, la hormona insulina, que es secretada por el páncreas, mantiene un nivel constante de azúcar en la sangre, en tanto que los riñones conservan un cierto nivel de metabolitos y eliminan materiales innecesarios por medio del filtrado de la sangre. Si la homeostasis no se mantiene, tampoco lo hará la función corporal, dando como resultado una persona enferma.

Si la estructura corporal se daña o tiene alguna disfunción, o si algún órgano presenta una anomalía funcional, ¿qué le pasaría a nuestro cuerpo? Para responder a esa interrogante, es preciso aprender sobre el cuerpo humano dividiéndolo en las siguientes cuatro unidades fundamentales, como unidades de formación:

- Anatomía y función del sistema nervioso.
- Anatomía y función de los órganos motores.
- Anatomía y función de los órganos sensoriales.
- Anatomía y función del lenguaje.

Con frecuencia, escuchamos decir que el ser humano es la única especie inteligente. Esa afirmación es el resultado de algunas reflexiones sobre las funciones superiores tanto de hombres como de mujeres.

Objetivo holístico de las unidades de formación

Este texto fue concebido pensando en sus lectores/as: los/as futuros/as maestro/as que trabajarán con infantes, niños/as y adolescentes bolivianos/as.

El contexto para crear este documento estuvo delimitado por el marco general del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad, con el fin de contar con un sumario que aporte a la preparación para el ejercicio docente. Esa finalidad llevó a identificar ciertos elementos importantes a ser considerados al momento de desarrollar los contenidos, cuyo abordaje incluye las siguientes cuatro dimensiones:

SER:	Valoración de la interacción de la teoría y de la práctica en la acción educativa.
SABER:	Conocimiento y comprensión de la secuencia del desarrollo y de los procesos subyacentes a él como una combinación compleja de la anatomía y de la fisiología de cuerpo humano, desde una perspectiva holística.
HACER:	Apreciación del efecto del contexto y de la cultura para cuidar su cuerpo mismo.
DECIDIR:	Explicación, enriquecimiento y contribución a la prevención del desarrollo normal del cuerpo, manteniendo la función normal por medio de la comprensión de las funciones básicas de cuerpo humano más importantes.

Alcanzar las cuatro dimensiones arriba mencionadas y consideradas en el Proyecto nos llevó a identificar objetivos de aprendizaje puntuales para cada unidad de formación, así como el siguiente objetivo holístico para este texto en su conjunto:

Comprendemos la función del cuerpo humano, mediante los saberes y los conocimientos de sus estructuras, de sus funciones y de sus características anatómicas y fisiológicas (sistema nervioso, órganos motores, órganos sensoriales y órganos del lenguaje), aplicando y emitiendo criterios para responder adecuadamente a las necesidades educativas y a la diversidad de cada niña/o, joven y adolescente, a fin de brindarles un aprendizaje significativo acorde con las necesidades del/la maestro/a y adaptando el contenido para una fácil y mejor comprensión en cuanto a para qué sirve y no así a cuál es función, dado que ésta no es nuestra tarea.



Unidad temática 1

Anatomía y función del sistema nervioso



Resumen/presentación del tema

El sistema nervioso es una red de tejidos cuya unidad básica es la neurona. Su principal función es captar y procesar rápidamente las señales ejerciendo control y coordinación sobre los demás órganos, para lograr una oportuna, adecuada y eficaz interacción con el medio ambiente cambiante.

1. Componentes del sistema nervioso

1.1. Estructura de una neurona

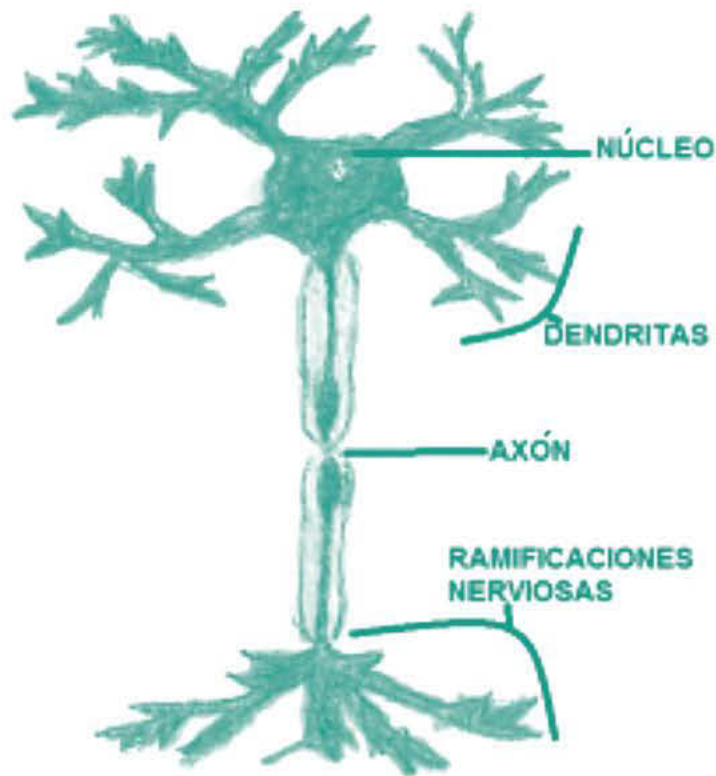
El sistema nervioso humano está compuesto por más de 100 mil millones de células nerviosas (neuronas). Una neurona tiene, como todas las células, un núcleo celular, además de varias dendritas y de un axón. Aunque la mayoría de las neuronas muestran esos tres componentes, existe una gran variedad morfológica entre las diversas neuronas del cerebro.

A través de las dendritas, una neurona recibe los estímulos (señales) de otras neuronas y el núcleo celular amplifica las señales a la siguiente neurona. El axón, por su parte, se encarga de transmitir las señales de salida con frecuencias localizadas.

La neurona es la unidad morfológica funcional y estructural del sistema nervioso especializada en recibir estímulos y conducir el impulso nervioso. Las neuronas están localizadas en el encéfalo y en la médula espinal; poseen dos tipos de transporte del impulso nervioso.



Imagen N° 2: Estructura de una neurona



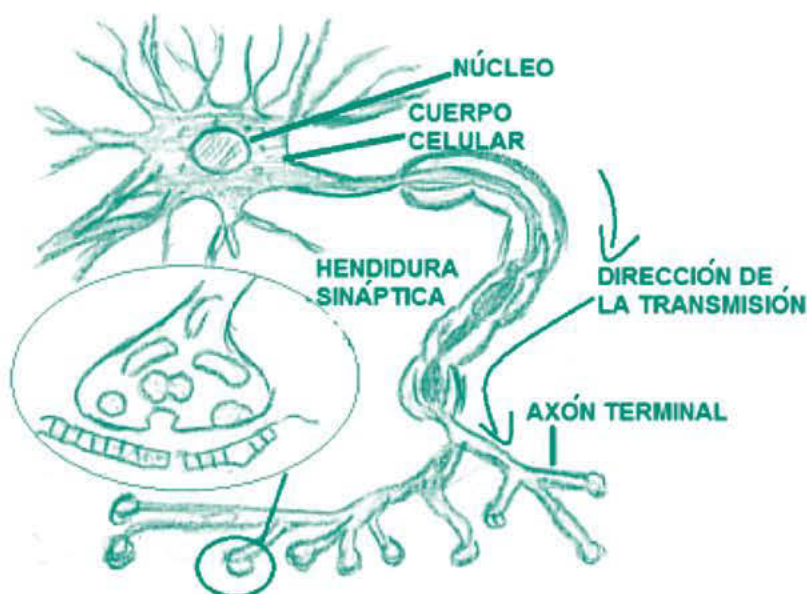
Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

1.2. Sinapsis: transmisión sináptica

La sinapsis es el punto de conexión del axón de una neurona con otra neurona. A ese nivel, la información se transfiere de forma eléctrica y/o de manera química. La sinapsis sólo deja pasar las señales en una dirección, con una función de válvula, dando por resultado la transmisión ordenada de la información.

La transmisión de señales neuronales puede ser modificada mediante otras neuronas. El axón y la otra neurona nunca se tocan, siempre hay un pequeño vacío llamado hendidura sináptica. Cuando las señales llegan a un terminal nervioso, hacen que el nervio libere neurotransmisores. Éstos son agentes químicos que viajan una corta distancia hasta las dendritas más próximas. La neurona que libera el neurotransmisor se le llama neurona presináptica, en tanto que a la neurona receptora de la señal se la conoce por neurona postsináptica. Dependiendo del tipo de neurotransmisor, las neuronas postsinápticas son estimuladas (excitadas) o desestimuladas (inhibidas). Entre una neurona y otra neurona existen miles de sinapsis y cada neurona se comunica con muchas otras al mismo tiempo. Puesto que una neurona puede enviar un estímulo, su comportamiento siempre se basa en el equilibrio. Las neuronas son capaces de enviar estímulos varias veces por milésimas de segundo.

Imagen N° 3: Transmisión neuronal



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

Responda a las siguientes preguntas. Para hacerlo, adjunte esquemas de elaboración propia.

1. ¿Qué es una célula? ¿Para qué sirve?
2. ¿Qué es un neurotransmisor? ¿Para qué sirve?

2. Estructura y función del sistema nervioso central

2.1. Generalidades del sistema nervioso central

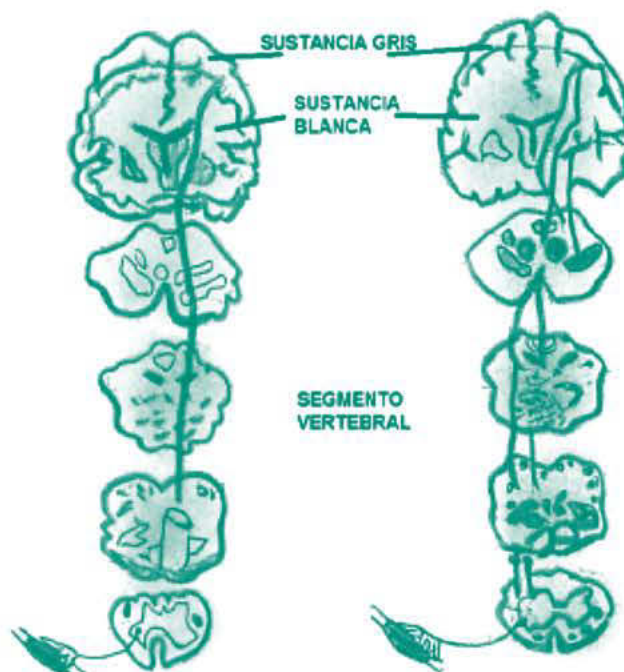
El sistema nervioso central está constituido por el encéfalo y la médula espinal. Ambos están cubiertos por tres membranas que les sirven tanto para la nutrición como de protección. De esas membranas, la más externa es denominada duramadre o paquimeninge, la intermedia es la aracnoides y la más interna es llamada piamadre. La aracnoides y la piamadre, juntas, son conocidas como leptomeninges. Las características de las tres capas son las siguientes:

- **La duramadre** es una capa fuerte y densa.
- **La aracnoides** es una capa delgada y sin vasos sanguíneos.
- **La piamadre** es una capa muy fina que se adhiere estrechamente a la superficie del encéfalo y de la médula espinal, con muchos vasos sanguíneos.

Entre las tres membranas también existen tres espacios:

- **El epidural:** Está comprendido entre el periostio del hueso del conducto vertebral y la superficie externa de la duramadre. Contiene venas y nervios.
- **El subdural:** Está comprendido entre la superficie interna de la duramadre y la superficie externa de la aracnoides. Es un espacio potencial en el que está contenido el líquido seroso.
- **El subaracnoideo:** Está comprendido entre una serie de trabéculas conectivas que se desprenden de la membrana aracnoides y se insertan en la membrana piamadre. Contiene el líquido cefalorraquídeo, cuya función es actuar como una especie de amortiguador hidráulico.

Imagen N° 4: Cortes transversales del sistema nervioso central



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

La médula espinal se divide en segmentos que se corresponden con las vértebras. Aunque es más corta que la columna vertebral, los nervios raquídeos abandonan el canal medular a la altura de la vértebra correspondiente. De ahí que las vértebras reciben los nombres de cervicales, dorsales, lumbares y sacras.

El nervio raquídeo está formado por las fibras de la raíz posterior que se dirigen al sistema nervioso central (aférentes) y por las fibras de la raíz anterior que se dirigen a la periferia (eferentes). Un nervio es, por tanto, un conjunto de fibras nerviosas con funciones y direcciones diferentes.

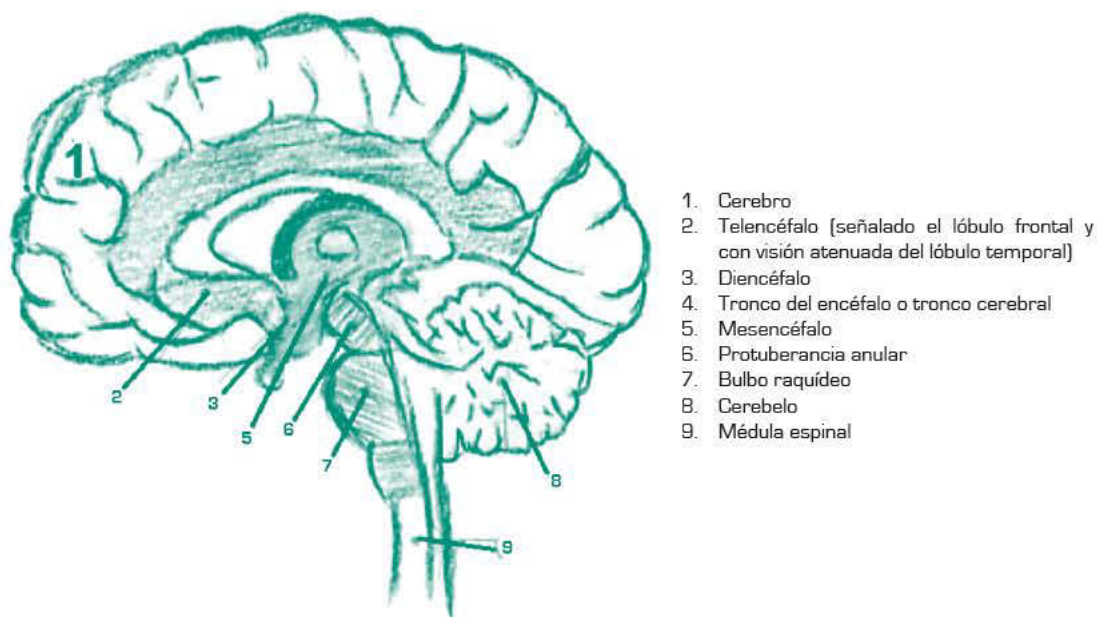
La estructura interna del sistema nervioso central se divide en sustancia gris y en sustancia blanca. La sustancia gris está constituida, principalmente, por los cuerpos celulares, que son un conjunto de neuroglías carentes de mielina y de abundantes vasos sanguíneos. La sustancia blanca, en cambio, está formada por los axones, las fibras nerviosas neuroglías y los vasos sanguíneos.

El sistema nervioso central se compone, además, por dos tipos de células básicas: las neuronas y las células gliales (neuroglías). Estas últimas tienen la función central de soporte del sistema nervioso central (pegamento neural), son de cinco a 10 veces más que las propias neuronas y no relacionan la transmisión neuronal en directo. Las células gliales son el origen más común de tumores cerebrales [gliomas].

2.2. El cerebro

El cerebro corresponde a la porción más desarrollada del encéfalo. Éste consta de las siguientes partes: la prolongación de la médula espinal como bulbo raquídeo, la protuberancia, el mesencéfalo (cerebro medio), el cerebelo, el diencefalo (cerebro intermedio) y el telencéfalo (cerebro anterior secundario). Entre el mesencéfalo, la protuberancia y el bulbo raquídeo forman el tronco del encéfalo, cuya estructura es similar a la de la médula. El telencéfalo contiene la mayor parte de los dos hemisferios cerebrales, que están cubiertos por la corteza cerebral, los ganglios basales y el sistema límbico. Los ganglios basales y el sistema límbico se ubican en las regiones subcorticales, por debajo de la corteza cerebral, es decir, en la zona más profunda del cerebro.

Imagen N° 5: Estructura del cerebro



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad- Aprendemos en la Diversidad.

El cerebro se divide en dos partes relativamente iguales: el hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho. Investigaciones recientes dan cuenta de una visible asimetría entre ambos hemisferios, que están conectados en la parte media por el cuerpo caloso, cuya tarea es mantener la comunicación entre las dos secciones del cerebro.

Si bien los hemisferios derecho e izquierdo participan en las funciones cerebrales superiores, éstos procesan información diferente. Por tanto, la dominancia del uno frente al otro está en duda y cada mitad tendría su propia forma de percibir y de procesar la realidad. Los hemisferios del cerebro se conectan mediante fibras nerviosas que parecen formar dos cerebros altamente desarrollados en tareas específicas. De hecho, ambos hemisferios cerebelosos trabajan de modo cruzado: el derecho controla las funciones motrices del lado izquierdo del cuerpo y el izquierdo controla el lado derecho de los movimientos del cuerpo.

Imagen N° 6: Hemisferios cerebrales derecho e izquierdo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

El cerebro izquierdo es considerado verbal, dominante, articulado y con una acción de control del lenguaje. Funciona en base al pensamiento convergente, lógico, analítico y simbólico. Favorece el desarrollo de las capacidades de abstracción y de razonamiento hipotético deductivo, que se encarga de plantear y de resolver problemas partiendo de premisas, de razones y de argumentaciones organizadas de manera lineal.

El cerebro derecho, en cambio, es considerado no verbal y especializado en la percepción global. Procesa información compleja de manera rápida, intuitiva y holística. Es hábil para resolver problemas espaciales. Permite entender metáforas, soñar y crear nuevas combinaciones de ideas. Por medio de este cerebro, imaginamos, inventamos y creamos arte y música, entre otras formas de expresión.

Esquema N° 1: Características de los hemisferios cerebrales



Fuente: Elaboración propia.

El cerebro como tal ha sido descuidado por los sistemas educativos vigentes, cuya priorización está puesta en el desarrollo de las habilidades verbales, racionales y lógicas que ocurren en el hemisferio izquierdo, en desmedro de las otras habilidades prácticas, como la percepción espacial, la creatividad, la inventiva, la intuición y la imaginación, que suceden en el hemisferio derecho.

En cuanto a las lesiones cerebrales, si éstas se producen en el cerebro derecho, pueden ocasionar disfunciones cognitivas a nivel de la memoria, de la comunicación, de la atención o del razonamiento, como las que se mencionan seguidamente:

- **Negligencia unilateral del lado izquierdo:** Consiste en la alteración de la atención que dificulta el reconocimiento de la existencia del lado izquierdo del cuerpo. En consecuencia, las personas ignoran tanto el espacio físico como la otra parte de su cuerpo, no terminan de vestirse, comen sólo la mitad de la comida del plato, leen solamente el lado derecho de la página.
- **Negligencia en la resolución de problemas:** Implica la falta de iniciativa para resolver problemas sencillos, como el hecho de arreglar un grifo de agua averiado.
- **Sentido de la orientación:** Es el desorden que se manifiesta en la evocación de fechas, de experiencias, de horas, de lugares y de apellidos, entre otros aspectos.

A su vez, las lesiones en el cuerpo calloso ocasionan trastornos mentales, dificultades en la organización de las ideas, trastornos de la conducta y fallas en la memoria.

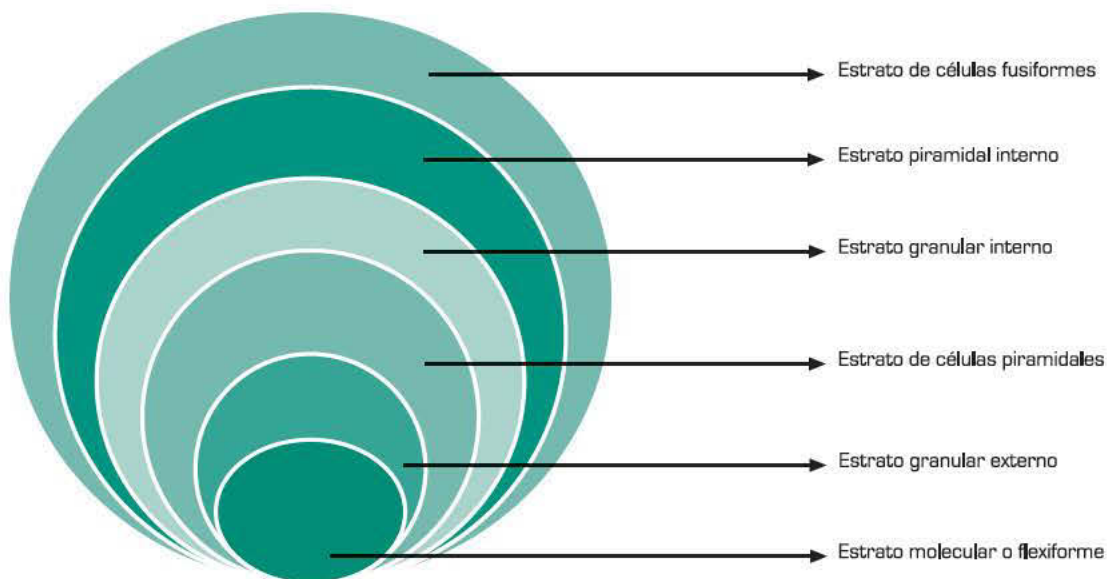
2.2.1. La corteza cerebral

En el telencéfalo, se encuentran los núcleos subtalámicos o corticales y las regiones corticales. Entre los primeros figura la corteza cerebral, que es la estructura más grande del encéfalo y ocupa el 80% del peso total del cerebro. La corteza cerebral consta de un conjunto de células nerviosas, de fibras, de neuroglia y de vasos sanguíneos que se presentan en una capa delgada de sustancia gris, con tres milímetros de espesor, 10 mil millones de neuronas y 50 trillones de sinapsis, aproximadamente. Sus principales funciones son:

- Ser la receptora de las sensaciones propioceptivas e interoceptivas de los estímulos.
- Ser la efectora o ejecutora de respuestas a los estímulos recibidos para provocar movimiento.
- Ser la procesadora de las funciones psíquicas y cognitivas superiores.

La estructura interna de la corteza cerebral está formada por seis capas:

- **Estrato molecular o flexiforme:** Presenta neuronas piramidales y algunas horizontales que forman una red de fibras nerviosas asociativas derivadas de las dendritas con gran cantidad de sinapsis, las cuales reciben señales difusas de los centros encefálicos inferiores.
- **Estrato granular externo:** Es un conjunto de células piramidales pequeñas y estrelladas que reciben información e intervienen en los circuitos intracorticales.
- **Estrato de células piramidales medianas:** Se trata de un grupo de células piramidales de tamaño mediano y grande, y de fibras horizontales que envían mensajes a otras estructuras subcorticales e intracorticales.
- **Estrato granular interno:** Agrupa células estrelladas y fibras horizontales que reciben mensajes aferentes talámicos.
- **Estrato piramidal interno:** Contiene células piramidales grandes, algunas células estrelladas, pirámides de neuronas de Martinotti y neuronas gigantes de Betz que envían órdenes a las formaciones grises subcorticales, proyectándose hacia las astas de la médula espinal.
- **Estrato de células fusiformes o polimorfas:** Contiene células de variadas formas, entre ellas las de Martinotti, las fusiformes y las piramidales, cuya función es llevar información.

Esquema N° 2: Capas de la estructura interna de la corteza cerebral

Fuente: Elaboración propia.

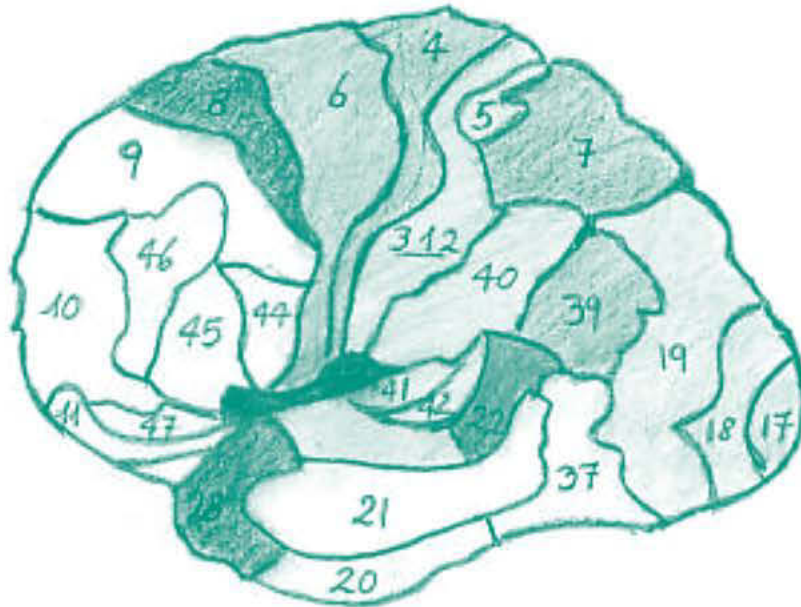
La corteza cerebral es el origen tanto de todas las acciones conscientes como de muchas de las acciones inconscientes. Así mismo, es el asiento de la memoria, de la percepción, del pensamiento, de la imaginación y de la decisión, entre otras. Se divide en cuatro lóbulos separados entre sí por cisuras, como la cisura central y la cisura lateral.

Imagen N° 7: Cisuras de la corteza cerebral

Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

El neurólogo alemán Korbinian Brodmann [1868-1918] dividió la corteza cerebral en 52 áreas distintas, de acuerdo con las características histológicas y, en general, considerando las diferentes funciones de cada área.

Imagen N° 8: Áreas de la corteza cerebral (áreas de Brodmann)



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Las características de cada lóbulo de la corteza cerebral son:

- **Lóbulo frontal - Área 4 de Brodmann y Área 44 (Broca) de Brodmann:** El lóbulo frontal está ubicado en la región anterior y superior del cerebro, delante de la cisura central y encima de la cisura lateral. Este lóbulo es más moderno en filogenética que otros lóbulos y está más desarrollado en los animales más complejos, como los vertebrados y, especialmente, los homínidos. Comprende dos áreas importantes:
 - **Área 4 de Brodmann:** Está situada en la parte superior y anterior del lobulillo paracentral. Su función efectora o ejecutora permite controlar movimientos delicados, finos y complejos de mucha precisión, como la coordinación oculomotriz, la percepción y la síntesis de la información visual. Es el centro de los movimientos voluntarios individuales específicos combinados de las manos, los brazos, las piernas, los dedos, el cuello y el rostro.
 - **Área 44 (Broca) de Brodmann o área motriz del lenguaje:** Se ubica en la parte frontal inferior, por delante del surco central. Ocupa la mitad posterior del lóbulo frontal y mantiene la conexión con las áreas motrices adyacentes y con los músculos de la laringe, de la boca y de la lengua, así como con los respiratorios. Controla los músculos

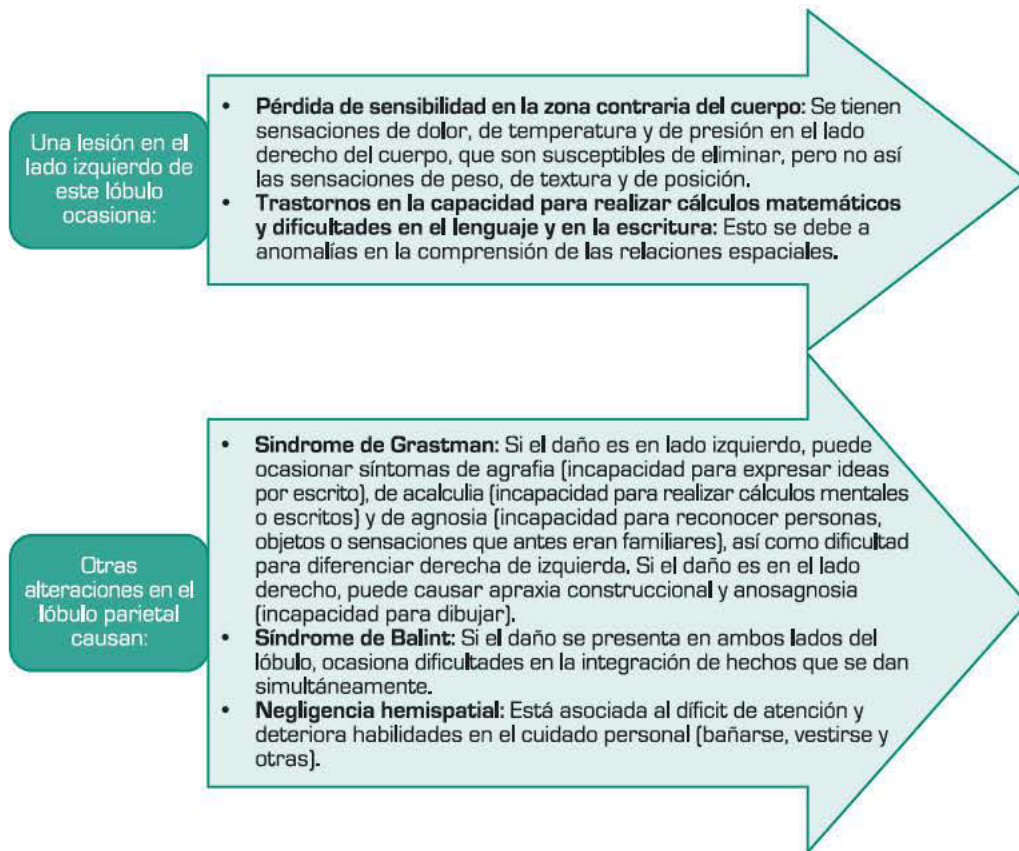
encargados de los movimientos finos de los dedos y de la boca, específicamente para hablar y comer. Ocupa los dos tercios del giro frontal inferior izquierdo, por donde se conecta con el área 45 de Brodmann para, en conjunto, encargarse de la expresión del lenguaje. Una lesión a nivel del área 44 de Broca origina:

- **Afasia de expresión:** Se trata de un trastorno del lenguaje oral, con pérdida de la capacidad para producir o articular palabras, pero no así de las capacidades de pensar, de escribir y de comprender significados.
 - **Afasis de Broca:** Son trastornos en los procesos complejos del lenguaje y se manifiestan en el uso restringido de la sintaxis, es decir, como incapacidad para crear oraciones gramaticales complejas y como dificultad en la habilidad para usar de manera oral los verbos.
 - **Disartria:** Es la dificultad para mover los órganos fonoarticuladores, por lo que implica una defectuosa articulación de las palabras (omisión, sustitución, adición o distorsión de fonemas que modifican el discurso normal).
- **Lóbulo parietal - Áreas 1, 2 y 3 de Brodmann:** El lóbulo parietal está localizado, por delante, entre la cisura central y el lóbulo frontal, y, por detrás, entre la cisura parietooccipital lateral. Cumple un rol importante en el procesamiento de la información sensorial procedente de diferentes partes del cuerpo mediante los receptores sensoriales. Presenta cuatro límites anatómicos divididos en surcos: el central, el parietooccipital, el lateral y la grieta longitudinal intermedia. Además, tiene tres partes que están divididas en circunvoluciones: la ascendente (áreas 1, 2 y 3 de Brodmann), la superior y la inferior.

La parte ascendente del lóbulo parietal (áreas 1, 2 y 3 de Brodmann) o área de la sensibilidad general (somato-sensitiva) está ubicada en la circunvolución ascendente, en el giro poscentral y en la parte posterior del lobulillo paracentral. Su función aferente proviene del núcleo ventral del tálamo, en tanto que la eferente se dirige a la corteza somato-sensorial de la parte posterior del lóbulo parietal. Si bien esta área es la encargada de captar sensaciones conscientes táctiles, de presión, de temperatura, de textura, de postura, de vibración y de tacto discriminado que se originan en el cuerpo y en las vísceras, no distingue la causa ni la calidad de las sensaciones. Según el homúnculo sensitivo o proyección de las áreas sensoriales de la piel sobre una sección del cerebro, las manos y la región peribucal, que ocupan una gran superficie, son zonas de fina sensibilidad táctil y gustativa.



Esquema N° 3: Consecuencias de las lesiones en el lóbulo parietal

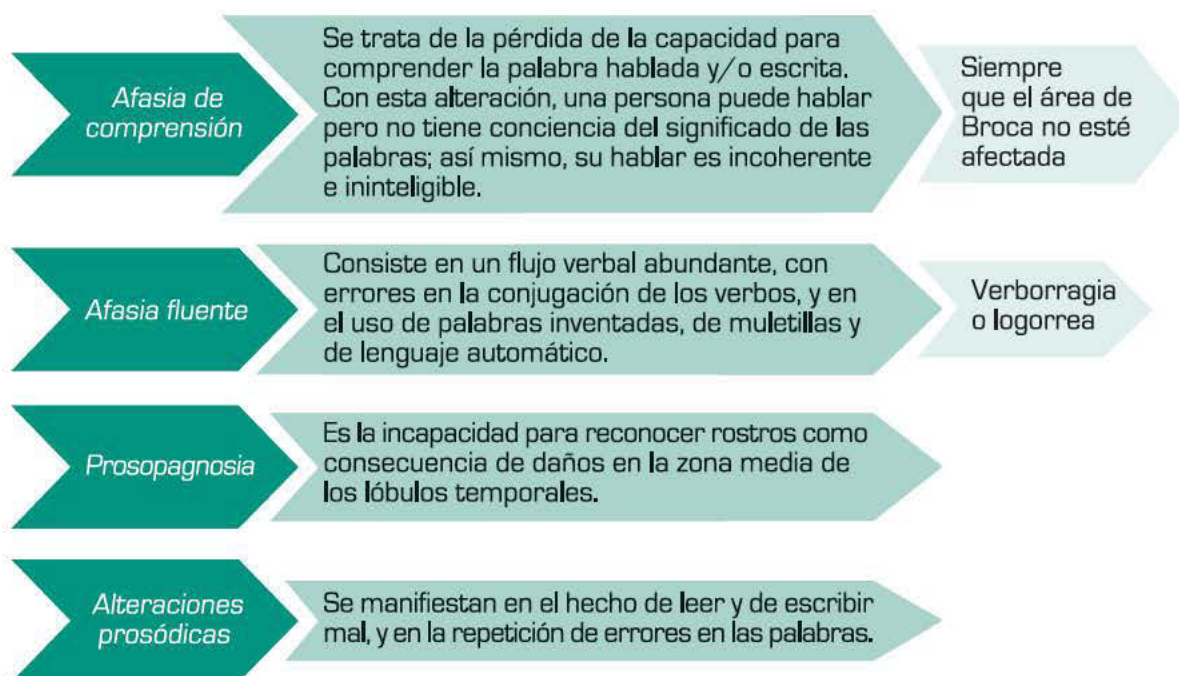


Fuente: Elaboración propia.

- **Lóbulo temporal - Áreas 41 y 42 de Brodmann, y Área 22 (Wernicke) de Brodmann:** El lóbulo temporal se encuentra al frente del lóbulo occipital. Cumple funciones principales en la memoria visual, como en el reconocimiento de rostros, y es el encargado de la audición, del equilibrio y de la coordinación. Sus áreas importantes son:
 - **Áreas 41 y 42 de Brodmann o áreas primarias de la audición:** Están ubicadas entre la primera circunvolución temporal, la circunvolución transversa de Heschl y la cisura lateral, en la pared inferior del surco lateral. Mientras que la parte anterior de estas áreas reciben los sonidos de baja frecuencia, su parte posterior reciben sonidos de alta frecuencia. Al estar junto al área suplementaria 22, en conjunto, se encargan de interpretar la naturaleza de los estímulos auditivos provenientes de los oídos y su tarea es discriminar sonidos y comprender el significado de las palabras. Una lesión en estas secciones del lóbulo temporal puede provocar pérdida parcial de la audición (sobre todo en el lado contrario a la lesión), así como falta de la capacidad para localizar de dónde proviene un sonido.
 - **Área 22 (Wernicke) de Brodmann o área sensitiva del lenguaje:** Dado que el origen del lenguaje está en la parte posterior y superior del lóbulo temporal (donde se unen

los lóbulos parietal, occipital y temporal], esta área tiene conexión con el área de Broca por medio del fascículo arcuato. El área 22 (Wernicke) de Brodmann es 50% más grande en el hemisferio izquierdo que en el derecho, por tanto, forma parte del hemisferio dominante izquierdo. Se la conoce como área interpretativa y del lenguaje articulado. Cumple la función intelectual o cognitiva más alta del ser humano. Su actividad es reconocer, interpretar y asociar los sonidos del lenguaje y ordenarlos como pensamientos lógicos (proceso de cerebración). Es el área de la comprensión del lenguaje hablado y escrito.

Esquema N° 4: Alteraciones en el lóbulo temporal



Fuente: Elaboración propia.

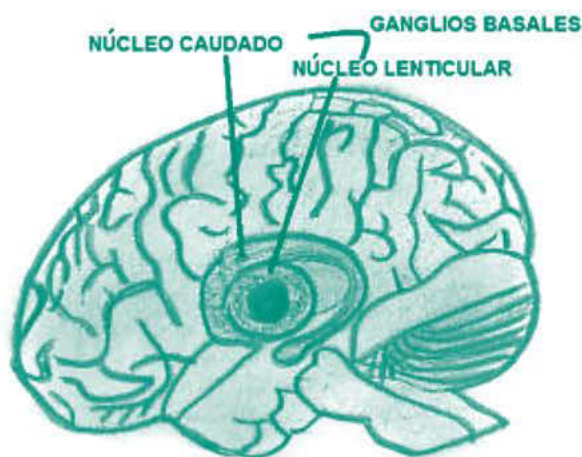
- **Lóbulo occipital:** Su función principal es la percepción visual del color, del movimiento y de la dirección de los objetos, originando información que es enviada a la retina en forma de impulsos eléctricos. Tal función consiste en recibir y en procesar información visual, así como en decodificar señales visuales, para luego analizar la forma, el color y el movimiento de los objetos y de los símbolos lingüísticos. Cuando en las áreas visuales de la corteza cerebral se producen lesiones, éstas pueden ocasionar alucinaciones e ilusiones visuales.
- **Área 17 de Brodmann:** El lóbulo occipital es el centro del sistema de percepción visual. Está situado por detrás de la cisura perpendicular externa, en la zona posterior e inferior del cerebro. Presenta tres cisuras: la callosa-marginal, la calcarina y la perpendicular.

- **Área 18 de Brodmann o área visual asociativa:** Está formada por una corteza parastriada que se encuentra fuera del área 17 y se conecta a los núcleos pulvinar, lateral, dorsal y posterior del tálamo. Junto con el área 19 de Brodmann (área de asociación), se encarga de reconocer los estímulos visuales, de nombrarlos, de apreciar su función y de asegurar tanto la fijación como la fusión de las imágenes. Está relacionada con la percepción de los reflejos provocados por los movimientos oculares. Las lesiones en esta zona pueden distorsionar el campo visual y/o la agudeza visual, ocasionando:
 - **Acromatopsia:** Pérdida de la capacidad para reconocer, identificar, clasificar y ordenar los colores debido al daño en la corteza visual estriada.
 - **Ambliopía:** Pérdida parcial de la visión en uno de los dos ojos. Se la conoce también como ojo perezoso.
 - **Prosopagnosia:** Pérdida de la capacidad para reconocer los rostros de personas que anteriormente sí se reconocían, incluyendo incluso el propio rostro, como consecuencia de un daño temporooccipital.
 - **Dismorfopsias o visión distorsionada:** Visión torcida de las líneas de los objetos.
 - **Metamorfopsia:** Percepción alterada del tamaño de los objetos.
 - **Hemianopsia:** Visión de solamente la mitad del campo visual.
 - **Alexia agnósica:** Alteración de la capacidad para reconocer palabras durante la lectura, sin que existe afasia, por una lesión en el cuerpo calloso.

2.2.2. Los ganglios basales

Los ganglios basales son núcleos grises del telencéfalo. Se trata de unas estructuras de masa gris de forma ovoide y de naturaleza motriz que están ubicadas en el sector inferior interno de los hemisferios cerebrales, de los ventrículos laterales y de la corteza del lóbulo de la ínsula, proyectadas en la cisura de Silvio. Están compuestos por el núcleo caudado, el putamen y el globo pálido, que en conjunto constituyen el cuerpo estriado.

Imagen N° 9: Partes de los ganglios basales



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Los ganglios basales trabajan junto con la corteza cerebral en el control de las actividades sensitivas y motrices. Ciertamente, la función principal de estos ganglios es la iniciación de la mayor parte de las actividades y de los movimientos motores voluntarios del cuerpo, al igual que el aprendizaje de conductas motrices. También cumplen las funciones de motivación y de planificación de la acción a largo plazo, del trabajo mental, valorando la información sensorial y la adaptación del comportamiento al contexto emocional.

La destrucción de sólo una parte del núcleo caudado o la destrucción de la totalidad de los ganglios basales provoca la parálisis de gran parte del lado opuesto del cuerpo y/o se produce rigidez muscular total (función inhibitoria). En cuanto a las lesiones en los ganglios basales, éstas pueden ocasionar los siguientes síndromes:

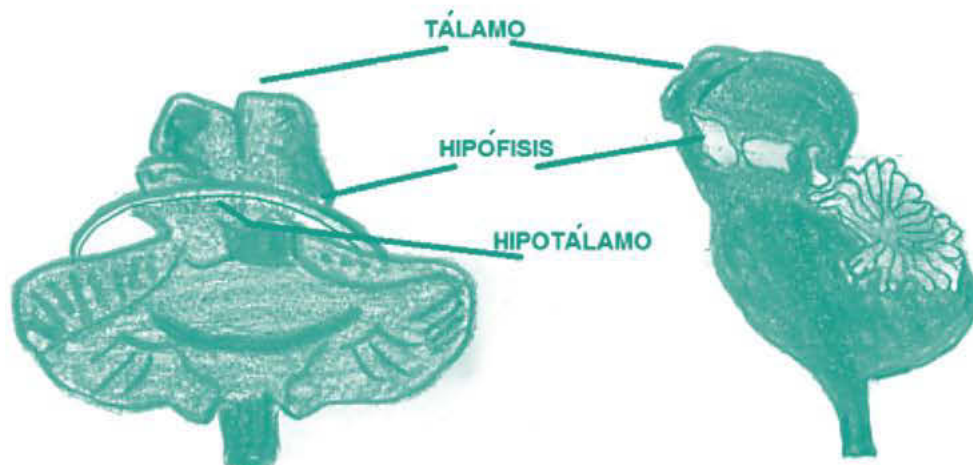
- **Síndrome de emibulismo:** Se caracteriza por la presencia de movimientos violentos incontrolables que se dan en sucesión y de modo repetido e intermitente. Se trata de movimientos de gran fuerza, a manera de flexiones, de tracciones y de torsiones bruscas que sacuden todo el cuerpo, cuya fuerza anormal puede provocar caídas.
- **Síndrome de Parkinson o parálisis agitante:** Se trata de una lesión extrapiramidal por daño en el globo pálido, pérdida de secreción de dopamina y de otros componentes en el putamen y en el núcleo caudado, y destrucción extensa de la sustancia negra. En consecuencia, se produce la inhibición de la producción de acetilcolina y de otros neurotransmisores. Este síndrome se caracteriza por la rigidez de la musculatura, por la presencia de temblores y por la incapacidad para iniciar movimientos rápidos y suaves, por lo que la persona debe realizar un gran esfuerzo mental de concentración para ejecutar un movimiento simple. Una vez que lo logra, sus movimientos son espasmódicos, poco uniformes y precisos.
- **Síndrome de Corea o enfermedad de Huntington:** Su origen puede ser hereditario. Se manifiesta entre los 30 y los 40 años. Se caracteriza por movimientos espasmódicos, al principio, que luego se tornan violentos e incontrolables, uno después de otro, distorsionando severamente el cuerpo.

2.2.3. El diencefalo

El diencefalo es otra de las estructuras importantes del cerebro. Está ubicado en la parte central de los hemisferios cerebrales y sirve de conexión entre el cerebro y el cerebro medio (mesencéfalo). Resulta difícil marcar sus límites porque está unido estrechamente con la porción basal del cerebro. A través de él pasan la mayoría de las fibras nerviosas que se dirigen hacia la corteza cerebral. El diencefalo está compuesto por el tálamo, el hipotálamo, el subtálamo y el epitálamo.



Imagen N° 10: Partes del diencefalo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad- Aprendemos en la Diversidad.

Las características del tálamo, de la glándula pituitaria y del hipotálamo son las siguientes:

- **Tálamo:** Es la estructura gris más voluminosa del diencefalo. Está formado por dos cuerpos ovoides de tres centímetros de largo y aproximadamente un centímetro y medio de espesor que se asientan en la profundidad de cada hemisferio cerebral. Actúa como una seleccionadora y repetidora de impulsos, puesto que analiza y envía señales sensoriales al cerebro o los recibe del él. También se dice que es una estación de relevo sensitivo, debido a que los impulsos nerviosos hacen una escala a nivel talámico, estableciendo sinapsis antes de proseguir su recorrido hacia el córtex cerebral. Por sus múltiples conexiones, es considerada la estructura más importante del diencefalo o el órgano de integración encefálica; es el centro de asociación intradiencefálica y córtico-diencefálica. Se encarga de convertir, de integrar, de direccionar, de analizar y de procesar los diferentes estímulos que llegan desde los sentidos y desde otras partes del cerebro. Es un centro de control del sueño y de la vigilia. Está relacionado con la inhibición del dolor. Participa en la coordinación y en la regulación de las actividades motrices, así como en dos grandes grupos de sensaciones:
 - En las **sensaciones discriminativas** participan los sentidos especiales, como la visión, la audición, el tacto, la propiocepción y el dolor. Por tanto, es una experiencia sensorial y emocional.
 - En las **sensaciones afectivas** participan los núcleos dorso, mediano, anterior y reticulares.
- **Glándula pituitaria o hipófisis:** Está situada sobre la base del cráneo, específicamente en la silla turca del hueso esfenoides que es una base ósea constituida por un fondo y dos vertientes, una anterior y otra posterior. Está directamente comunicada con el hipotálamo por medio de cordones de materia blanca que se unen a la masa llamada

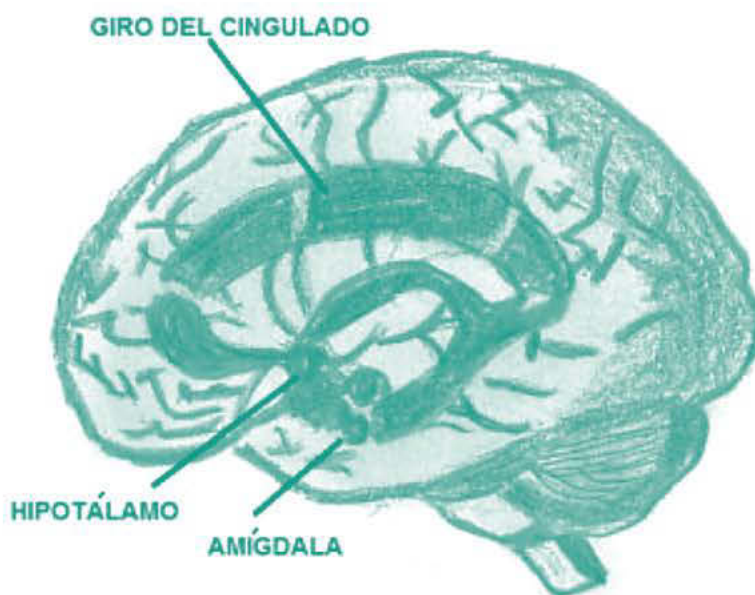
hipofisario. En su estructura, consta de dos partes completamente distintas una de otra: el lóbulo anterior, formado por varias capas de tejidos que se unen entre sí para formar láminas que conforman un tejido estructurado que recibe el nombre de epitelio, es independiente del sistema nervioso y tiene una estructura típicamente glandular denominada adenohipófisis; y el lóbulo posterior, formado por tejido nervioso que se denomina neurohipófisis. Entre ambos lóbulos, existe otro lóbulo pequeño, el intermedio, que está ausente en los humanos. La hipófisis es la glándula endocrina más importante: regula la mayor parte de los procesos biológicos del organismo y es el centro por el cual gira buena parte del metabolismo, a pesar de no ser más que un pequeño órgano que pesa poco más de medio gramo y mide medio centímetro de altura, un centímetro de longitud y un centímetro y medio de ancho [Guyton, 1989].

- **Hipotálamo:** Es una estructura nerviosa que comunica la médula espinal con los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo. Al igual que el tálamo, está compuesto por los núcleos paraventricular, preóptico, supraóptico, ventromedial, dorsomedial, laterales, del tuber, posterior y del cuerpo mamilar, los que mediante fibras nerviosas aferentes o eferentes se conectan con la corteza cerebral, la hipófisis, el tálamo, el tronco encefálico y, quizá, con la médula espinal. El hipotálamo es considerado como un importante centro regulador de las funciones vegetativas del cuerpo, por medio de hormonas liberadoras o inhibidoras que permiten un funcionamiento corporal normal en todas sus diferentes áreas y tareas. Al ser un centro regulador, se encarga de:
 - Regular el sistema cardiovascular, particularmente el corazón, aumentando o disminuyendo la tensión arterial y la frecuencia cardiaca según las necesidades del organismo.
 - Regular el agua corporal, por medio de la sensación de sed, que nos obliga a beber, y supervisando la pérdida de agua a través de los riñones.
 - Regular el metabolismo de los hidratos de carbono, de las grasas y de las proteínas, provocando la sensación de hambre. La lesión en ciertas partes del hipotálamo conduce a la pérdida completa del apetito, mientras que la lesión de otras zonas acentúa la sensación de hambre, induciendo al adelgazamiento o al engorde del cuerpo.
 - Regular la temperatura corporal. Una lesión hipotalámica puede ocasionar la imposibilidad de producir calor o un exceso de sudoración o de frecuencia respiratoria [hiperpnea] que, a su vez, llevan a una excesiva difusión del calor.
 - Regular la contractibilidad uterina y la eyección de leche por las mamas, mediante la segregación de la hormona llamada oxitocina, cuya función es estimular tanto la producción de leche como la expulsión del/la bebé al término del embarazo.
 - Regular la eliminación de orina, por medio de la producción de hormonas antidiuréticas. La falta de estímulo por parte del hipotálamo para la secreción de esas hormonas hipofisarias provoca diabetes insípida, una enfermedad caracterizada por el exceso de eliminación de orina.
 - Regular algunas funciones psíquicas y psicomotrices, por lo que ciertos estados de hiperexcitabilidad o de depresión podrían deberse a trastornos funcionales de los centros hipotalámicos, como también algunos efectos colaterales manifestados en palpitaciones, lagrimeo, exceso de salivación, vómitos y rubores, entre otros, que acompañan a estados emotivos particulares.



- Regular el sueño. La falta de control hipotalámico en este aspecto produce un estado de gran apatía y de somnolencia o de insomnio.
- Regular y controlar la producción de hormonas desde la parte del lóbulo anterior de la hipófisis, influyendo así en el crecimiento corporal y en las funciones sexuales, entre otras
- Producir y regular las emociones y las sensaciones de dolor y de placer

Imagen N° 11: Partes del sistema límbico



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Entre las partes más relevantes del sistema límbico figuran:

- **La amígdala cerebral:** Es una de las principales estructuras del sistema límbico. Tiene forma de almendra. Está ubicada a ambos lados del tálamo, una en cada lóbulo temporal, en la porción anterior del hipocampo. Está formada por varios núcleos (basolateral, centromedial, cortical y otros), encargados de la segregación de hormonas para el procesamiento y el almacenamiento de reacciones emocionales como la defensa, el miedo, las penas, las angustias y las alegrías, entre otras. Lesiones en su estructura, principalmente en épocas tempranas de la vida de los seres humanos, generan un déficit en las expresiones faciales relacionadas con el miedo y, en menor medida, en las de enfado.
- **El hipocampo:** Es un conjunto de células nerviosas parecido a un tubo curvado en forma de 'S' o a un caballito de mar. Se encarga de recibir información a través del córtex y de enviar señales neuronales al hipotálamo, por medio del fórnix. Su principal función es controlar la memoria reciente, especialmente la episódica, la declarativa y la autobiográfica (mnemónicas), y las motivaciones de tipo fisiológico o netamente mnemónico

y conductual [defensa, ataque y furia]. Los daños en su estructura impiden la construcción de memorias recientes.

- **El giro cingulado:** Tiene forma de arco y está situado en el centro del cerebro, sobre la cara medial del hemisferio cerebral. Es conocido también como corteza cingulada o circunvolución del cuerpo caloso. Su nombre se debe a la presencia de un importante haz longitudinal de sustancia blanca en la profundidad del cíngulo, a manera de cinturón. Es largo y rodea el sistema comisural (cuerpo caloso, trígono o fórnix). Forma parte del sistema cerebral que indica el peligro. Actúa como regulador del sufrimiento y de la tristeza. Por sus conexiones con el tálamo, está implicado en el trastorno bipolar (de tipo I, II o no especificado) y en las alteraciones amnésicas.

2.2.4. El tronco cerebral

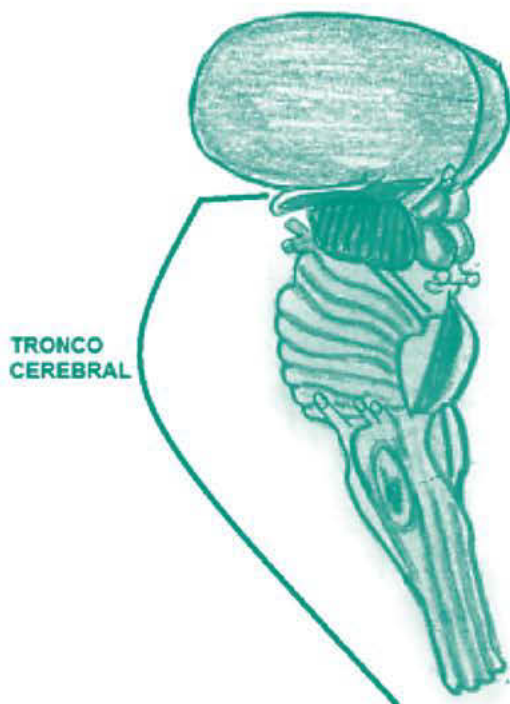
El tronco cerebral también es conocido como tronco del encéfalo o tallo cerebral. Es la parte del encéfalo que está conectada al diencéfalo, entre el cerebro y la médula espinal. Mide aproximadamente entre ocho y 10 centímetros, y está formado por sustancia gris y por sustancia blanca. Esta última está constituida por fibras nerviosas que dan lugar a los centros segmentarios desde donde emergen los nervios craneales.

La función principal del tronco cerebral es controlar la actividad de los músculos involuntarios que funcionan automáticamente y nos mantienen vivos, como el corazón y el estómago, principalmente, para luego enviar mensajes (información) a los órganos, a la piel, a los músculos y a todo el cuerpo. Sirve también de conducto tanto para las fibras ascendentes que salen de la médula espinal como para las fibras descendentes que llegan hasta ella y están relacionadas con el funcionamiento de los reflejos. Está constituido por centros reflejos vitales que regulan la respiración, la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la digestión, la circulación sanguínea, la tos, el hipo, la succión, la deglución y el estornudo. También regula funciones vegetativas como el sueño y el descanso.

El tronco cerebral tiene tres partes: el mesencéfalo, la protuberancia anular (puente de Varolio) y el bulbo raquídeo.



Imagen N° 12: Partes del tronco cerebral



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

El mesencéfalo [cerebro medio] es la parte superior del tronco cerebral. Tiene una longitud de entre 15 y 18 milímetros. Está situado entre el diencéfalo y la protuberancia anular, por encima del puente de Varolio y por debajo del diencéfalo. Debido a que conecta el cerebro anterior con el cerebro posterior, desempeña funciones importantes relacionadas con la visión y con la audición, al igual que con el control del movimiento de la cabeza, del direccionamiento de la mirada de acuerdo con los movimientos del globo ocular, que son movimientos reflejos del ojo y de la fijación de la mirada. Su función responde al trabajo de los pares craneales motor ocular común y troclear. El mesencéfalo también regula los estados de vigilia y de sueño, porque contiene formación reticular. Algunas de sus patologías son:

- **Síndrome de Parinaud:** Se presenta por una lesión en los tubérculos cuadrigéminos superiores, ocasionando que la persona quede paralizada con la mirada hacia arriba, debido a una parálisis ocular conjugada en el plano vertical.
- **Síndrome de Weber:** Ocurre debido a una interrupción en el nervio motor ocular común, a nivel del núcleo del tercer par craneal, provocando la caída del párpado, la dilatación de la pupila y la paresia o la hemiparesia lateral ocasionada también por aneurisma o tumoraciones.
- **Síndrome de Benedikt:** Se produce por una lesión en el segmento del mesencéfalo que afecta o destruye el nervio ocular a nivel del núcleo del tercer par craneal, ocasionando temblores, atetosis y movimientos tanto involuntarios sin ninguna finalidad consciente

[corea] como bruscos y torpes sin control [balismo] en los miembros contralaterales a la lesión.

- **Infartos a nivel del tercer par craneal:** Esto provoca alteraciones cuyos síntomas pueden ser: ptosis [caída] del párpado, pupilas dilatadas, parálisis de la mirada hacia el lado opuesto o hacia el mismo lado de la lesión, hemianopsia, trastornos de convergencia, somnolencia, desviación lateral de ambos ojos, deterioro bilateral de la mirada hacia abajo, cuadriplejía, mutismo y comunicación mediante movimientos oculares verticales y parpadeo.

La protuberancia anular, también llamada puente de Varolio, está situada entre el bulbo raquídeo y el mesencéfalo. Corresponde a la parte más abultada del tronco cerebral, donde se sitúan los pedúnculos cerebelosos. Delante de ella, se encuentran la saliente del nervio trigémino o V par craneal y los núcleos para el V, VI, VII Y VIII par de nervios craneales. Su función principal es servir de estación de transmisión de las vías sensitivas y de las vías motrices desde la médula hacia el cerebro y viceversa. Todas las fibras de la protuberancia anular se relacionan con el lado opuesto del cuerpo. Se trata de un centro de asociación y puente que comunica la médula espinal y el bulbo raquídeo con las partes superiores del encéfalo, ayudando a regular la respiración, a controlar las emociones y a activar las áreas de control de fenómenos fisiológicos como la aceleración del pulso, la inspiración y la espiración. La formación reticular que presenta le permite regular el sueño y el estado de vigilia. Las siguientes son las posibles consecuencias de las lesiones en esta estructura:

- **Hemiplejía:** Parálisis del brazo y de la pierna del lado opuesto a la lesión.
- **Parálisis facial:** Parálisis de un lado del rostro por lesión de la parte anterior de la protuberancia anular que compromete el haz piramidal.
- **Síndrome de Foville protuberancial:** Desviación de la mirada en sentido opuesto a la lesión peduncular, por una la lesión a nivel del nervio facial y del fascículo longitudinal medio.

El bulbo raquídeo es la continuación de la médula espinal. También es conocido como médula oblonga. Tiene forma redondeada y mide entre dos y medio y tres centímetros de alto. En su parte inferior, presenta un cuello con el que se conecta a la médula espinal y desde donde emerge el primer nervio espinal hasta la protuberancia anular. Su anatomía es similar a la de la médula. Forma pirámides bulbares y cordones laterales que constituyen los centros de neuronas llamados oliva bulbar, por donde pasa la vía auditiva, y los tubérculos acústicos, que contienen los núcleos cocleares y forman las estaciones de relevo de la vía acústica. El interior del bulbo está integrado por núcleos grises encargados de regular algunos reflejos, como la salivación, el estornudo, la succión, la deglución, la masticación, la tos y los vómitos. Su función principal es transmitir los impulsos de la médula espinal hacia el encéfalo para regular la respiración, la temperatura corporal, el funcionamiento gastrointestinal y la frecuencia cardíaca, respondiendo automáticamente a ciertos estímulos. Es un órgano delicado y representa el centro más importante de la vida vegetativa; es el lugar donde se sitúan las conexiones centrales de la respiración, del ritmo cardíaco

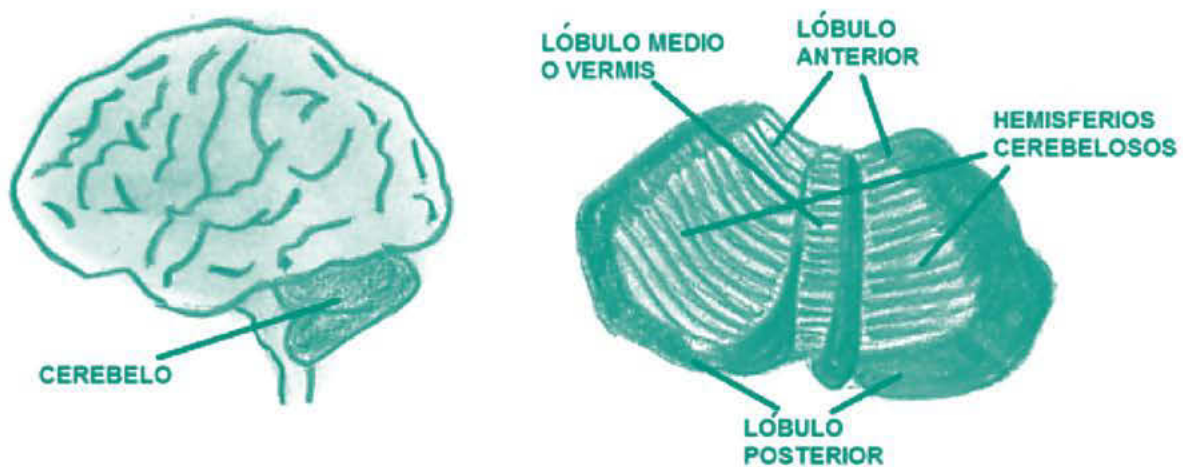


y de la presión arterial. Por tanto, cualquier lesión en su estructura podría provocar paro cardíaco o respiratorio irreversibles, ocasionando la muerte instantánea.

2.3. El cerebelo

El cerebelo tiene más de la mitad de la cantidad de neuronas en comparación con el cerebro. Pesa un promedio de 140 gramos, equivalentes a un décimo del peso del cerebro. Está situado en la parte posterior e inferior del cerebro. Presenta dos hemisferios cerebelosos unidos por el vermis (parte media). Los hemisferios cerebelosos se dividen en lóbulo medio (posterior) y en lóbulo anterior. Actúa principalmente en la sinergia muscular, en el tono muscular y en el equilibrio.

Imagen N° 13: Partes del cerebelo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Un corte transversal del cerebelo permite observar una gruesa capa cortical o corteza (sustancia gris) y una capa medular en forma arborescente (sustancia blanca). La corteza se compone de tres capas: la más externa es la capa molecular, la media es la capa de las células de Purkinje y la interna corresponde al nivel de células granulares. Las células de Purkinje están dispuestas en una línea y los procesos axonales de estas células envían información mediante los nervios eferentes hasta la corteza cerebral y el tronco cerebral.

Mientras que el cerebro es el encargado de enviar órdenes globales de movimiento, el cerebelo se ocupa de regular y de detallar esas órdenes para luego mandarlas a todo el cuerpo. En consecuencia, la función principal del cerebelo es coordinar la función motriz, actuando como centro regulador tanto de los movimientos como de la memoria de esos movimientos. Además, actúa en el equilibrio del cuerpo (balanceo) y regula y coordina los movimientos musculares involuntarios para mover las manos y los pies con fluidez, así como para dar tensión a los músculos. Por su parte, después de mover los músculos por orden del cerebro, las células de Purkinje se encargan de comparar la información de

movimientos enviada por los receptores musculares y de analizar si los movimientos se ejecutaron según las órdenes del cerebro. Cuando existe una diferencia entre las órdenes recibidas y los movimientos ejecutados, las células de Purkinje envían una señal a la corteza cerebral o al tronco cerebral para corregir los movimientos.

Las lesiones en el cerebelo le impiden cumplir su función de coordinar el movimiento y el sentido del equilibrio; también le imposibilitan intervenir en la ejecución de movimientos complejos. En consecuencia, las personas caminan como si estuvieran ebrias, no pueden pararse rectas, no logran sostenerse sobre un solo pie, no pueden balancear su cuerpo y sienten vértigo. Una lesión en el cerebelo también podría provocar que no se hable con fluidez y que se presente una disartria.

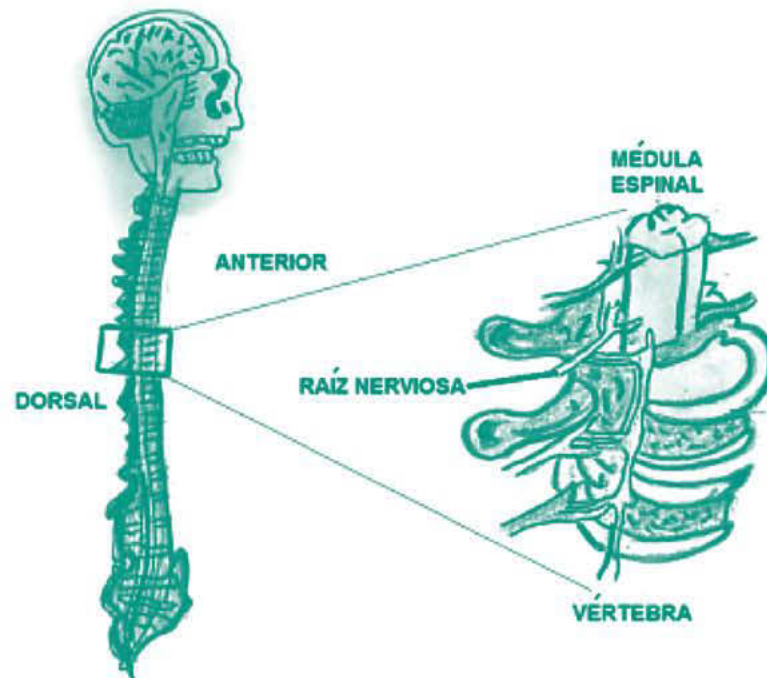
Entre las enfermedades comunes del cerebelo figuran el infarto cerebral, la hemorragia cerebral y la degeneración espinocerebelosa. Esta última se presenta porque el cerebelo o la médula espinal, que está conectada al cerebelo, se rompen. Según se sabe, la mitad de los casos de degeneración espinocerebelosa son causados por factores hereditarios; el resto no tiene un origen claro, por lo que aún no se cuenta con un tratamiento radical, aunque sí se aplican tratamientos para mejorar los síntomas.

2.4. La médula espinal

La médula espinal tiene forma cilíndrica. Se extiende desde el agujero occipital y continúa por el bulbo raquídeo hasta la región lumbar. Está protegida por las membranas nerviosas meníngeas (piamadre, aracnoides y duramadre) y por el líquido cefalorraquídeo. Su parte externa es de color blanquecino, debido a que está compuesta por células nerviosas mielinizadas (neuronas). Mide un promedio de 40 a 45 centímetros de longitud, en tanto que su ancho va cambiando en función de la cantidad de fibras nerviosas que contienen sus tractos. Está compuesta por una sustancia gris, formada por cuerpos neuronales, y por una sustancia blanca, formada por fibras mielinizadas ascendentes y descendentes, de las que salen 31 pares de nervios que le dan un aspecto segmentado: ocho cervicales, 12 torácicos, cinco lumbares, cinco sacros y un coccígeo.



Imagen N° 14: Partes de la médula espinal

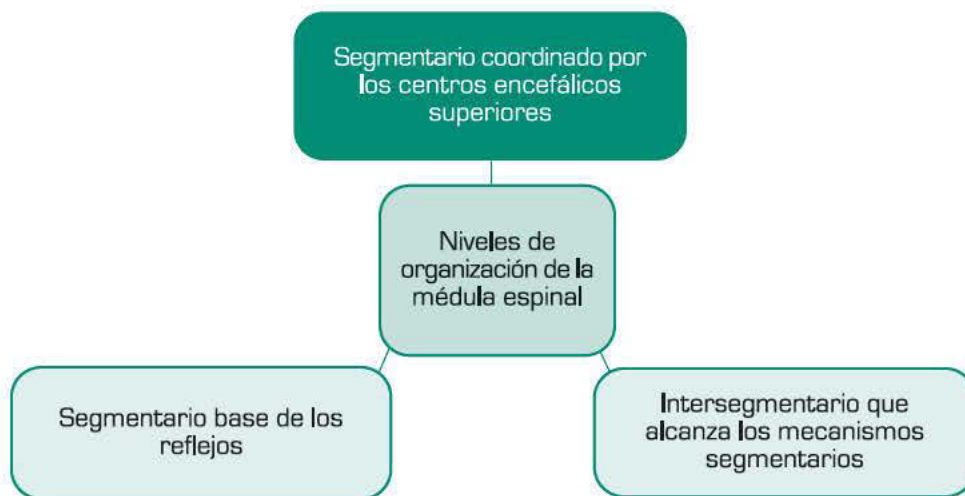


Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

La médula espinal es de forma cilíndrica. Su parte externa es de color blanquecino, debido a su composición por células nerviosas mielinizadas (neuronas). Mide un promedio de 40 a 45 centímetros de longitud, en tanto que su ancho va cambiando de acuerdo con la cantidad de fibras nerviosas que llevan sus tractos. Se extiende desde el agujero occipital y continúa por el bulbo raquídeo, hasta la región lumbar. Está protegida por las membranas nerviosas menínges pi madre, aracnoides y duramadre, y por el líquido cefalorraquídeo.

La composición de la médula espinal consiste en una sustancia gris, formada por cuerpos neuronales, y en una sustancia blanca, formada por fibras mielinizadas ascendentes y descendentes de las que salen 31 pares de nervios que le dan un aspecto segmentado: ocho cervicales, 12 torácicos, cinco lumbares, cinco sacros y un coccígeo.

La función de la médula espinal es transmitir sensaciones sensitivas y motrices. También es un centro asociativo gracias al cual se realizan actos reflejos. Para su mejor estudio, está organizada en los siguientes niveles.

Esquema N° 5: Niveles de organización de la médula espinal

Fuente: Elaboración propia.

Las lesiones en la médula espinal provocan un estado de depresión funcional de toda la región corporal, ocasionando parálisis flácida, hipotensión arterial, incontinencia urinaria y fecal, y ausencia de reflejos [arreflexia]. Un corte incompleto en la médula espinal que involucre todos los tractos, excepto el vestibuloespinal, produce un dominio marcado del incremento del tono en los músculos extensores más que en los flexores [paraplejía en extensión]. La sección de todos los tractos, en cambio, produce una flexión como respuesta a reflejos y una disminución del tono de los músculos extensores [paraplejía en flexión].

2.5. Los reflejos

Los reflejos son la unidad funcional del sistema nervioso. Se trata de respuestas motrices a un estímulo dado de forma consciente e inconsciente, con un fin determinado.

Los componentes anatómicos del arco reflejo, cuya base es el reflejo, son el órgano receptor, la neurona aferente, la neurona eferente y el órgano efector. Los arcos reflejos se encargan de mantener el tono muscular y, por ende, la postura corporal. De hecho, el movimiento puede considerarse como una expresión motriz de un conjunto de respuestas reflejas influenciadas por el encéfalo. Los reflejos siempre dan una respuesta que ocurre en el mismo sitio, gracias a los axones de la neurona aferente que hace el papel de interneuronas y vuelve a realizar la sinapsis con la neurona eferente, produciendo una descarga prolongada después del impulso inicial.

Los reflejos pueden ser de inervación recíproca o de extensión cruzada. En los primeros, los reflejos extensores y flexores no pueden ser realizados al mismo tiempo, ya que la información de la neurona aferente que llega al músculo flexor envía señales a las neuronas que controlan el músculo extensor para inhibirlo. En los segundos, la flexión del miembro inferior de un lado del cuerpo provoca la hiperextensión del miembro inferior del

lado opuesto. Así, por ejemplo, si se estimula la planta de un pie, en el otro se produce un movimiento de pedaleo. Tales respuestas también han sido observadas en el miembro superior, pero son menos frecuentes.

3. Funciones cerebrales superiores

Las funciones cerebrales superiores son aquellas que hacen al ser humano diferente de las otras especies, en el sentido de novedad de función en el proceso evolutivo. Son capacidades exclusivamente humanas, adquiridas en el curso de la vida individual por medio del aprendizaje natural o fisiológico. No son indispensables en todo proceso de aprendizaje, a diferencia de los dispositivos básicos del aprendizaje.

La corteza cerebral no funciona aisladamente, sino de manera integrada a un grupo de regiones que forman una red cerebral basada en interconexiones neuronales. Tiene varias funciones localizadas que, en el caso del ser humano, que es diferente a las otras especies, se caracterizan por ser de tipo superior. Entre las más relevantes podemos citar las siguientes:

- **La atención:** Es la capacidad de focalizar la conciencia en un estímulo o en un objeto, discriminándolos de otros que también son percibidos.
- **La memoria:** Es la capacidad de almacenar y de utilizar información previa.
- **El lenguaje y el habla:** Corresponden a las capacidades de usar y de ordenar adecuadamente el lenguaje, empleando para ello un código de sonidos o de signos o gráficos que sirven para la comunicación.
- **El razonamiento:** Es el conjunto de actividades mentales que justificarán una idea y permitirán resolver problemas. Consiste en la conexión de ideas formadas a partir de un estímulo y de acuerdo con ciertas reglas.
- **El juicio:** Es una de las funciones mentales que permite crear ideas globales, con características fuera de y distintas de las realidades concretas. También permite crear objetivos en casos específicos.
- **La praxia:** Es la capacidad de realizar actos motores previamente aprendidos mediante la boca, el tronco o las extremidades.
- **La gnosia:** Es la capacidad de formar un concepto a los estímulos sensoriales percibidos, del medio ambiente

Las anteriores, entre otras, son capacidades adquiridas exclusivamente por los seres humanos, como resultado de su interacción social. De hecho, a mayor interacción social, mayor conocimiento, mayor posibilidad de actuar y mayor solidez de las funciones mentales complejas.

El daño cerebral por accidentes o por enfermedades, entre otras posibles causas, provoca disfunciones cerebrales superiores. Dependiendo de la parte en la que se produce el daño, las disfunciones y sus síntomas podrían ser las siguientes:

Tabla 1: Disfunciones cerebrales superiores

Nombre de la disfunción	Parte de la lesión	Tipos y características
Afasia	Lóbulos frontal y temporal (hemisferio izquierdo)	Asimbolia del lenguaje. Los tipos más frecuentes son: <ul style="list-style-type: none"> - Afasia total o global: la persona no habla ni comprende lo que le hablan. - Afasia de expresión tipo Broca: se dificulta el lenguaje espontáneo y el lenguaje oral fluido. - Afasia de comprensión o de Wernicke: se dificulta la lectoescritura. - Afasia nominativa: se dificulta la nominación de los objetos.
Agnosia auditiva	Lóbulo temporal (hemisferio izquierdo)	Incapacidad para reconocer ruidos, palabras o música.
Apraxia	Lóbulo parietal (hemisferio izquierdo)	Incapacidad para realizar movimientos aprendidos simples o complejos, en respuesta a estímulos apropiados en ausencia de parálisis motriz. Trastorno del tono o de la postura. Déficit sensitivo.
Agnosia visual	Lóbulo occipital	Falla o defectos en el conocimiento de objetos o de imágenes. Las más frecuentes son: <ul style="list-style-type: none"> - Agnosia visual aperceptiva: la persona puede distinguir tonos, luces o movimientos, pero se comporta como un ciego, aunque puede evitar los obstáculos al trasladarse. - Agnosia visual asociativa: la persona no reconoce los objetos, pero puede dibujarlos o describirlos.
Prosopagnosia	Lóbulo occipital	Incapacidad para reconocer rostros, solamente, como una forma específica de agnosia visual.
Amnesia	Lóbulos temporales medios y especialmente el hipocampo	Incapacidad para conservar o recuperar información almacenada en la memoria con anterioridad. Cronológicamente, se clasifica como sigue: <ul style="list-style-type: none"> - Amnesia anterógrada: la persona no puede transmitir las nuevas experiencias a la memoria de largo plazo. - Amnesia retrógrada: la persona no recuerda hechos pasados.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, veremos un ejemplo de cómo ocurren las funciones cerebrales superiores:

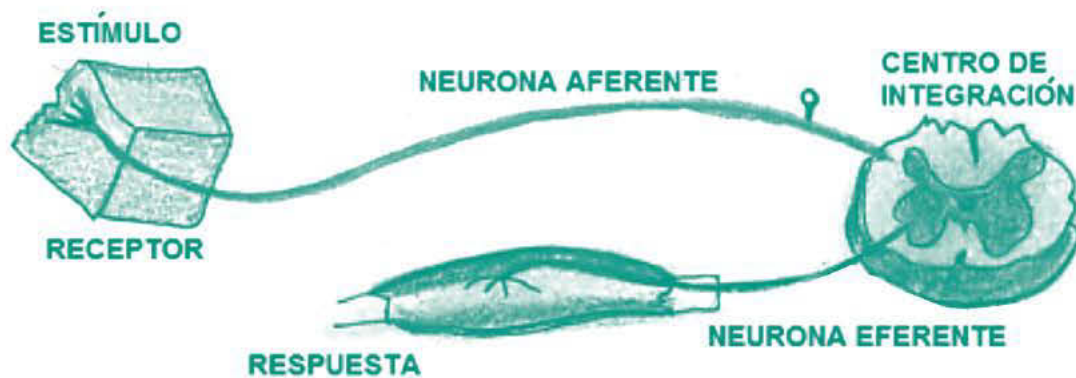
Imagine que usted es un famoso arquero del equipo A de fútbol y está jugando un partido de campeonato. En este momento, un delantero del otro equipo está pateando la pelota hacia su arco. A través de sus ojos (sentido visual), usted logra ver el movimiento de pie que hace el delantero al patear la pelota. Con ello, está enviando información visual al lóbulo occipital de su corteza cerebral y su cerebro está percibiendo la posición de la pelota. Igualmente, por medio de sus oídos (sentido auditivo), usted está oyendo el sonido provocado por el delantero al momento de patear la pelota. Esa información auditiva fue enviada al lóbulo temporal y su cerebro está percibiendo la intensidad del sonido.

El reconocimiento de esas informaciones visuales y auditivas es una función mental primaria del cerebro. Sin embargo, seguidamente, la percepción de la posición de la pelota y el sonido de la patada dada a la pelota llegan a su corteza somatosensorial (lóbulo parietal), integrando la información y permitiéndole reconocer la velocidad de la pelota que en este momento está en movimiento. Ésa es una función mental secundaria del cerebro. A continuación, además de la información sobre la posición y la velocidad de la pelota, llega a su corteza somatosensorial la memoria [información] referida a los movimientos de pelota que ha experimentado muchas otras veces en el pasado. En ese momento, su cerebro integra las informaciones recientes y pasadas, y pronostica hacia dónde vendrá la pelota. Ésa es una función mental terciaria del cerebro. Cuando la información acumulada de manera gradual y la información avanzada que complementa esa información acumulada llegan finalmente al lóbulo frontal, el cerebro comienza a integrar toda la información recibida. Todas esas funciones cerebrales son denominadas funciones cerebrales superiores.

4. El sistema motor del sistema nervioso

El sistema motor del sistema nervioso es la parte relacionada con todos los movimientos del cuerpo, como caminar, comer, patear una pelota, presionar las teclas de una computadora, entre otros. Los movimientos se clasifican en tres categorías: los reflejos, los movimientos voluntarios y los movimientos automáticos. Los más comunes son los voluntarios, que son movimientos transformados a partir de una imagen motriz realizada, registrada previamente en la corteza cerebral. Los reflejos, en cambio, son la manera más simple de control del sistema motor y siguen la siguiente secuencia:

Imagen N° 15: Secuencia de un movimiento de tipo reflejo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

El sistema motor del sistema nervioso está dividido en dos vías, cuyo centro se sitúa en la corteza cerebral, por lo que las neuronas que inician un movimiento de acción directa son las células del asta anterior (excepto el nervio craneal). Dichas vías son: el tracto piramidal, que es el responsable de los movimientos voluntarios, y el tracto extrapiramidal, que es el encargado de los movimientos reflejos y automáticos.

- **Tracto piramidal o tracto corticoespinal:** Es un conjunto de axones motores que viajan desde la corteza cerebral donde se encuentra la motoneurona superior hasta las astas anteriores de la médula espinal. Allí hace contacto con la motoneurona inferior. La orden de los movimientos voluntarios puede ser transmitida por medio de la motoneurona de la corteza cerebral o desde la motoneurona del asta anterior de la médula espinal o del tronco cerebral. En consecuencia, la primera transmisión corresponde al movimiento de la neurona superior, en tanto que la segunda es la del movimiento de la neurona inferior.

¿Pero cómo se origina un movimiento voluntario? Primero, el impulso nervioso o potencial de acción es transmitido a través del axón de la correspondiente motoneurona a los músculos. Cuando éste llega al final de la motoneurona, provoca que la acetilcolina contenida en las vesículas sinápticas se vierta al espacio sináptico. Luego, la acetilcolina, que “flota” en la sustancia del espacio sináptico, llega hasta el sarcolema de la fibra del músculo, donde existen receptores que al unirse con la acetilcolina provocan la despolarización de la membrana, transmitiendo los impulsos hasta el sarcoplasma, a través del retículo sarcoplasmático. Los movimientos voluntarios, en realidad, no solamente ocurren bajo la orden voluntaria de la corteza cerebral, por lo que la regulación del cerebelo y del tracto extrapiramidal es esencial para los movimientos suaves y rítmicos.

- **Tracto extrapiramidal:** Está formado por los ganglios basales, el núcleo subtalámico y el mesencéfalo. Los movimientos reflejos y automáticos no reciben la orden desde la corteza cerebral, sino que el tronco cerebral y la médula espinal, como partes del sistema motor de nivel inferior, son los encargados de conducir esos movimientos.

El sistema motor del sistema nervioso cuenta con tres niveles jerárquicos en serie:

- **Área de la corteza motriz primaria y áreas premotrices:** Corresponde al nivel superior y es el encargado de controlar los otros dos niveles. Sus funciones son seleccionar los programas motrices necesarios para alcanzar un objetivo, controlar el curso del movimiento en general y culminar la acción. Las áreas premotrices resultan importantes para coordinar y planificar las secuencias de los movimientos complejos.
- **Tronco cerebral:** Es el nivel intermedio. Se ocupa de controlar la postura y los movimientos particularmente del brazo y de la mano dirigidos a objetos (por ejemplo, levantar la cuchara), así como los movimientos de los ojos y de la cabeza.
- **Médula espinal:** Es el nivel inferior. Involucra todos los circuitos neurales que median los reflejos y los automatismos rítmicos, como la locomoción y el acto de rascar.

5. El sistema sensorial

El sistema sensorial es un conjunto de órganos sensoriales cuya característica es presentar receptores sensoriales que transforman diversos estímulos externos e internos en impulsos nerviosos. Los órganos sensoriales altamente especializados permiten a los organismos captar una amplia gama de señales (información) provenientes del medio

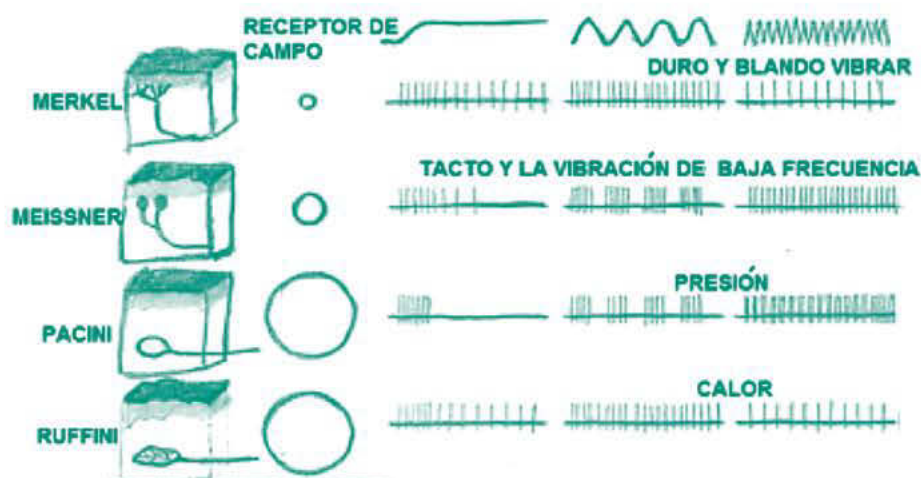


ambiente y del medio interno. Tal información, posteriormente, llega al centro nervioso mediante la vía nerviosa aferente. Esto es fundamental para que dichos organismos puedan adaptarse a ese medio.

Los grupos de receptores son capaces de traducir las señales o los estímulos [información] en un lenguaje que pueda ser manejado por los organismos. Según el tipo de estímulo que excita las células sensoriales, los receptores pueden ser de tipo mecánico, químico, térmico o luminoso. Así, por ejemplo, tenemos los siguientes receptores:

- **Propioceptores:** Son los que median el sentido de la posición del cuerpo y nos permiten conocer la posición de nuestros miembros cuando tenemos los ojos cerrados. El sentido de la posición depende, principalmente, de los husos musculares, que son los encargados de detectar la longitud de cada músculo y, por tanto, el ángulo de flexión o de extensión de las articulaciones. En esa acción, también participan los receptores existentes en las articulaciones, pero los husos musculares parecen ser más importantes para el sentido de la posición. Por su parte, los receptores tendinosos de Golgi proporcionan información sobre la fuerza de contracción de los músculos.
- **Mecanorreceptores cutáneos:** Se estimulan por la presión que se ejerce sobre la piel. Dicha presión deforma la piel y estira las terminaciones nerviosas que están incluidas en ella. Ese estiramiento es el encargado de abrir canales iónicos en la membrana de las terminaciones, que luego se despolarizan y envían potenciales de acción al sistema nervioso central. Estos receptores también se estimulan por una vibración, que consiste en una presión de variación rápida. En la piel, tal como se muestra en la imagen inferior, existen los siguientes cuatro tipos de mecanorreceptores, que tienen distintos tamaños de campo y distinta velocidad de adaptación: de Merkel, de Meissner, de Pacini y de Ruffini.

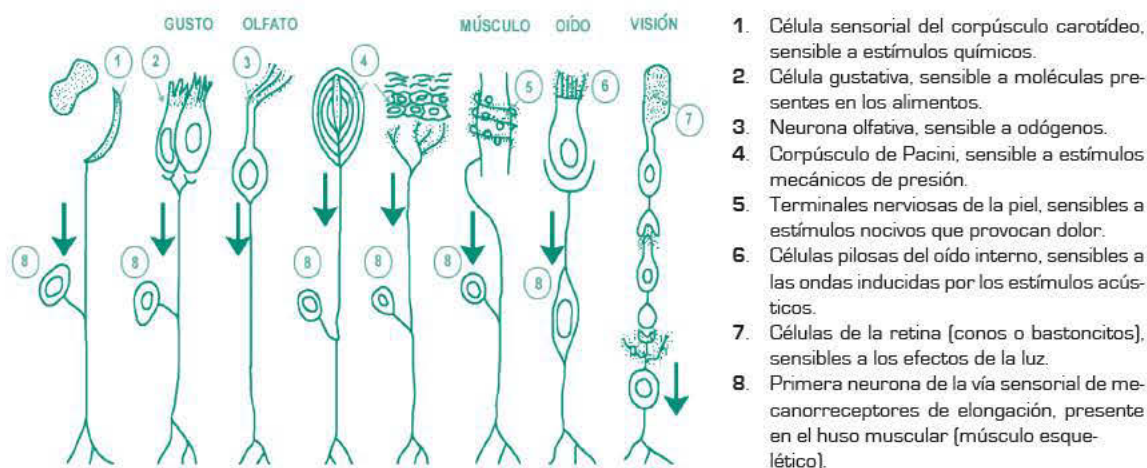
Imagen N° 16: Corpúsculos/receptores



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

- **Nociceptores polimodales:** Se estimulan indistintamente por estímulos nociceptivos mecánicos (presión intensa), térmicos (temperaturas extremas) y químicos (sustancias químicas que se liberan en la piel cuando se produce una lesión, entre ellos el potasio, los ácidos o los mediadores de la inflamación, como la bradikina). Estos receptores son terminaciones de fibras amielínicas (tipo C). También existen nociceptores en las vísceras, que son principalmente fibras de tipo C. Estos últimos responden a distintos tipos de estímulo según la víscera de la que se trate, así, por ejemplo, en las vísceras huecas (intestino, uréteres), el dolor se produce fundamentalmente por distensión de la pared. Algunas vísceras, como el cerebro o el parénquima hepático, no tienen nociceptores; por tanto, no son sensibles al dolor, aunque la sensibilidad dolorosa la llevan en la cápsula que las envuelve.

Imagen N° 17: Receptores sensoriales



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

En cuanto a las sensaciones, éstas son clasificadas en:

- **Sensaciones somáticas:** Pueden ser de tipo cutáneo o sensaciones de profundidad. Las sensaciones cutáneas son sensaciones en la piel, en las mucosas y en las membranas. Se trata de sensaciones en puntos sensitivos muy pequeños que sienten los estímulos externos al organismo, como el calor, el frío, el dolor, el tacto o la presión. Las de profundidad, en cambio, son sensaciones motrices, principalmente en los husos musculares y en el eje de los tendones como órganos receptores de la contracción del músculo y del propio tendón, y sensaciones profundas que se manifiestan centralmente en el dolor de los músculos, de los tendones, de las articulaciones y del periostio.
- **Sensaciones viscerales:** Entre ellas figuran las sensaciones de hambre, de sed y de fatiga, que tienen su origen en órganos internos, y los dolores en las vísceras.
- **Sensaciones especiales:** Se producen en los receptores de las estructuras derivadas del mesodermo. Esas señales son transportadas por vías nerviosas específicas (haces de axones) para cada modalidad sensorial hasta los centros nerviosos. En esos

centros, la llegada de la información provoca la sensación como tal, en tanto que el posterior análisis de la información en esos centros nerviosos lleva a la percepción en sí misma. La sensación y la percepción son, entonces, procesos íntimamente ligados a la función de los receptores.

6. El sistema nervioso autónomo

Una de las principales características del sistema nervioso autónomo es su autonomía respecto al sistema nervioso central. Un ejemplo es que la digestión y la motilidad intestinal continúan después de una sección medular o de una anestesia raquídea.

Este sistema se encarga de controlar los movimientos musculares involuntarios, es decir, aquellos movimientos que se realizan sin que nosotros los programemos, como los del corazón, del intestino y de otros órganos internos. Cumple dos funciones importantes y complementarias: una consiste en acelerar y la otra en frenar las actividades internas del cuerpo. Sin ellas, el cuerpo podría perder el control. Así, por ejemplo, cuando hacemos ejercicio, el corazón se acelera para llevar más oxígeno a la sangre y nutrientes hacia los músculos. Sin embargo, dado que el corazón no puede sostener ese ritmo todo el tiempo, porque colapsaría, el sistema nervioso autónomo también se encarga de frenar su ritmo para que cuando dejemos de hacer ejercicios recupere su ritmo normal.

El funcionamiento de todo el organismo depende del sistema nervioso en su conjunto y ninguno de los órganos y de los sistemas trabaja de modo aislado. En consecuencia, si uno falla, fallan los demás.

Las funciones involuntarias del organismo son coordinadas por el sistema nervioso autónomo que, a su vez, está dividido anatómicamente y funcionalmente en dos sistemas: el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático. Ambos realizan acciones opuestas que derivan en una misma función general. La mayor parte de los órganos reciben fibras de las dos divisiones del sistema nervioso autónomo; las glándulas sudoríparas son una excepción, ya que sólo están inervadas por fibras del sistema nervioso simpático.

El sistema nervioso simpático juega un papel fundamental en la preservación del organismo, puesto que provoca de forma rápida y muy efectiva una respuesta a los estímulos exteriores que amenazan la integridad del individuo. De hecho, actúa en casos de urgencia y de estrés, provocando diversas reacciones, como el aceleramiento del pulso y de la respiración, el freno de la digestión y el aumento de la presión arterial. De igual modo, tiene la misión de activar el funcionamiento de los órganos del cuerpo y de estimular diversas reacciones en casos de emergencia o de gasto energético. También favorece el metabolismo, incrementa el riego sanguíneo al cerebro, a los brazos y a las piernas, dilata los bronquios y las pupilas, aumenta la sudoración y el ritmo cardíaco, eleva la presión sanguínea mediante la constricción de las arterias, estimula las glándulas suprarrenales e inhiben las excesivas secreciones gastrointestinales. Así mismo, incrementa el nivel de azúcar en la sangre. Todo esto ocurre para preparar al organismo de cada persona a utilizar al máximo su energía, a fin de que pueda actuar en situaciones especiales. Los efectos más importantes del sistema nervioso simpático, entonces, están relacionados

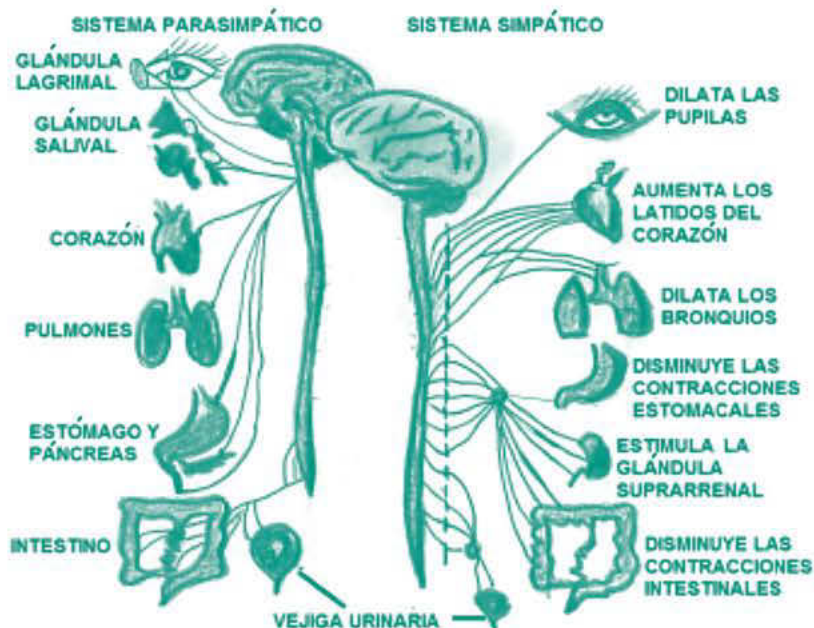
con la circulación y con la respiración. De hecho, la estimulación adrenérgica produce un aumento del gasto cardíaco, así como una broncodilatación.

El sistema nervioso parasimpático tiene una función retardadora, opuesta a la del sistema nervioso simpático. Dado que se trata de un sistema que almacena, conserva y ahorra la energía, el organismo se favorece de sus funciones en situaciones de reposo y de relajación. Este sistema interviene en la digestión, de ahí surge la sensación de somnolencia después de comer. Igualmente, mantiene el ritmo normal de los órganos y de las glándulas del cuerpo. De ese modo, después de un susto, de un trauma, de dolor intenso o de cualquier situación especial en el cuerpo, este sistema se encarga de que todas las funciones vuelvan a la calma y a la normalidad.

De ambos sistemas, el parasimpático es el más importante para sobrevivir, ya que si las funciones orgánicas no se normalizan, el cuerpo no podría soportarlas. Entre algunas de las funciones complementarias que realizan estos dos sistemas figuran las siguientes:

- El sistema nervioso simpático abre la pupila del ojo y el parasimpático la cierra.
- El sistema nervioso simpático estimula la producción de saliva y el parasimpático la inhibe.
- El sistema nervioso simpático hace que el corazón lata muy de prisa y fuerte, y el parasimpático disminuye los latidos y su intensidad.
- El sistema nervioso simpático relaja los músculos para que podamos orinar o defecar y el parasimpático los contrae para que se cierren.

Imagen N° 18: Sistemas que integran el sistema nervioso autónomo y su relación con los órganos del cuerpo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

6.1. Organización del sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo, en su organización, consta del sistema nervioso periférico y del sistema nervioso entérico.

El sistema nervioso periférico es el componente motor eferente del sistema nervioso autónomo y está constituido por el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático, que fueron descritos en el punto anterior.

Por su parte, el sistema nervioso entérico es el que ejerce una acción de control directo sobre el aparato digestivo, controlando su movimiento y las secreciones gastrointestinales. Las neuronas entéricas pueden ser sensoriales, asociativas (actuando como interneuronas) o motrices. El modo de organización de dichas neuronas es prácticamente imposible de establecer, ya que además de su complejidad anatómica contienen más de una docena de neurotransmisores. Según algunos autores, el sistema nervioso entérico contiene más neuronas que la propia médula espinal.

El sistema nervioso entérico está formado por los siguientes dos plexos:

- **Plexo mientérico o de Auerbach:** Controla todo los movimientos gastrointestinales.
- **Plexo submucoso o de Meissner:** Controla fundamentalmente las secreciones gastrointestinales y el flujo sanguíneo local.

6.2. Fisiología del sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo es la parte del sistema nervioso que controla gran diversidad de funciones viscerales del organismo, regulando actividades internas como la circulación de la sangre, la respiración o la digestión. Se ocupa de mantener la compleja homeostasia del organismo, en respuesta tanto a las alteraciones del medio interno como a los estímulos exteriores. Su funcionamiento llega a todas las partes del organismo, afectando directa o indirectamente todos los órganos y todos los sistemas. Es involuntario porque su acción no depende de nuestra voluntad, pero actúa coordinadamente con el sistema nervioso cerebroespinal o voluntario.

Las funciones básicas que cumple el sistema nervioso autónomo pueden ser agrupadas en tres grupos:

- **Funciones sensoriales:** Gran parte de las actividades del sistema nervioso se inician por la experiencia sensorial que llega de los receptores sensoriales, entre ellos los visuales, los auditivos, los táctiles y otros.
- **Funciones integradoras:** Consisten en la capacidad del sistema nervioso central de procesar información sensorial, analizándola primero y luego almacenando parte de

ella, acción que va seguida de la toma de decisiones para tener una respuesta apropiada ante determinada situación.

- **Funciones motrices:** Son las que permiten responder a las decisiones de la función integradora, para regular diversas actividades corporales, entre ellas, la contracción de los músculos esqueléticos de todo el cuerpo, la contracción del músculo liso en los órganos internos y la secreción de las glándulas exocrinas y endocrinas, en algunas partes del cuerpo.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

Nombre y describa qué tipos de corpúsculos conoce.

Actividad práctica 2

Para el criterio HACER

¿Cómo explicaría en la práctica diaria qué tipos de receptores usamos?

Actividad práctica 3

Para el criterio SER

Cuando tenemos lesiones en la piel (quemaduras, cicatrices u otras), ¿funcionarán nuestros receptores?

Actividad práctica 4

Para el criterio DECIDIR

Aporte con una serie de cuidados para los distintos tipos de piel.







7. Nervios que constituyen el sistema nervioso







7.1. Tipos de nervios y sus cualidades

Los nervios pueden ser craneales o espinales, en función de su ubicación. De los nervios craneales, el sistema nervioso cuenta con 12 pares, mientras que de los nervios espinales existen 31 pares.

El siguiente cuadro nos ofrece una breve descripción de los 12 pares craneales:

Cuadro N° 1: Cualidades de los nervios craneales

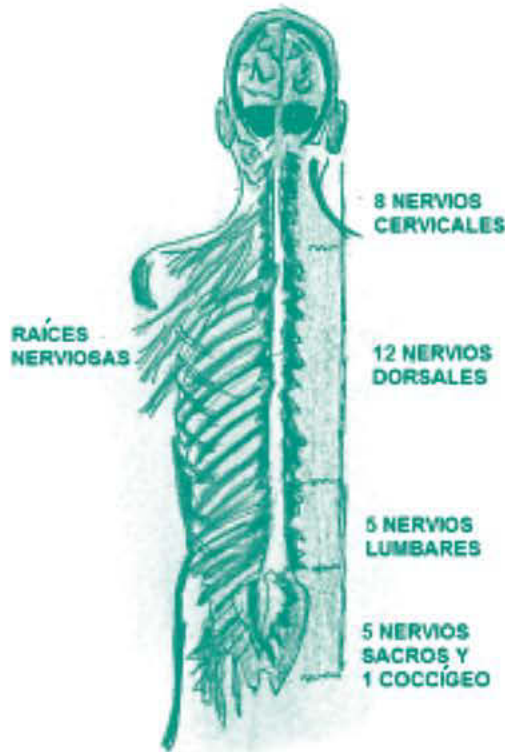
Par I	Nervio olfatorio: Transmite al cerebro los impulsos olfativos.	
Par II	Nervio óptico: Transmite información visual al cerebro.	
Par III	Nervio motor ocular interno: Inerva los diferentes músculos oculares, entre ellos, el elevador palpebral superior, el recto superior, el recto medial, el recto inferior (movimientos oculares) y el esfínter pupilar (dilatación de la pupila).	
Par IV	Nervio patético troclear: Inerva el músculo oblicuo superior (movimientos oculares alrededor del ojo óptico).	
Par V	Nervio trigémino: Percibe información somatosensitiva (tacto, dolor) del rostro y de la cabeza. Inerva los músculos de la masticación.	
Par VI	Nervio motor ocular externo abducens: Inerva el músculo recto lateral del ojo, que abduce el globo ocular (lleva el ojo hacia fuera).	

Par VII	Nervio facial: Lleva inervación motriz a los músculos encargados de la expresión facial. Recibe los impulsos gustativos de los dos tercios anteriores de la lengua. Inerva las glándulas salivales y lacrimales. Lleva información somatosensitiva de las orejas. Controla los músculos de la expresión facial.	
Par VIII	Nervio auditivo (vestíbulo coclear): Actúa en la percepción de los sonidos. La rama vestibular también coordina el equilibrio.	
Par IX	Nervio glossofaríngeo: Recibe los impulsos gustativos del tercio posterior de la lengua. También inerva la glándula parótida (glándula salival). Proporciona información somatosensitiva de la lengua, de las amígdalas y de la faringe. Controla algunos músculos de la deglución.	
Par X	Nervio vago: Inerva la mayoría de los músculos laríngeos y todos los músculos faríngeos. También lleva fibras a todas las vísceras abdominales. Cumple funciones sensitivas, motrices y autónomo-visceroales (glándulas, digestión, tasa cardíaca).	
Par XI	Nervio accesorio o espinal: Controla e inerva los músculos del hombro (esternocleidomastoideo y trapecio). Controla los músculos usados en el movimiento de la cabeza.	
Par XII	Nervio hipogloso: Inerva los músculos de la lengua. Es importante en la deglución y en la articulación de sonidos.	

Fuente: Elaboración propia y archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Los 31 pares de nervios espinales o raquídeos tienen correspondencia con la división de la columna vertebral. De ese modo, existen ocho pares de nervios cervicales, 12 pares de nervios torácicos, cinco pares de nervios lumbares, cinco pares de nervios sacros y un par de nervios coccígeos.

Imagen N° 19: Ubicación de los nervios espinales o raquídeos



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Cada uno de los 31 pares de nervios espinales sale de un segmento de la médula espinal en forma de una raíz motriz anterior (ventral) y de una raíz sensitiva posterior (dorsal). Ambas raíces se unen para constituir un solo nervio que emerge por el orificio intervertebral.

Los nervios raquídeos o espinales, al anastomosarse, forman los siguientes tres plexos: cervical (cuello), braquial (hombro y brazo) y lumbosacro (pelvis). Por medio de los plexos, todos los pares espinales proporcionan inervación motriz y sensitiva a la piel de los miembros superiores e inferiores, del tronco y del abdomen.

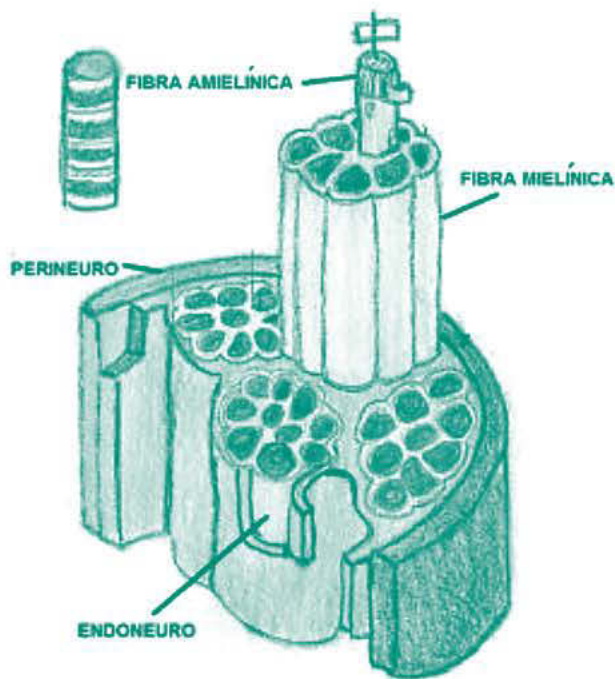
7.2. Componentes de los nervios

Los nervios están conformados por fibras nerviosas. Éstas son un subsistema generado por el axón y por las proyecciones periféricas de las neuronas sensitivas y de sus membranas. Se trata, además, de prolongaciones periféricas de las neuronas.

En el sistema periférico, la mayor parte de fibras nerviosas tiene una cubierta de mielina y un neurilema. Este último componente no está presente en las fibras del sistema nervioso central, puesto que las vainas que envuelven a los axones de dicho sistema están formadas por prolongaciones de los oligodendrocitos. La mielina es un aislante que aumenta la velocidad de conducción. Está formada por las células de Schwann, que rodea toda la fibra, a excepción de estrechamientos periódicos, llamados nudos de Ranvier. Las fibras que no contienen mielina se llaman amielínicas. El neurilema, por otra parte, es una membrana que rodea las fibras nerviosas del sistema nervioso periférico. Actúa en la regeneración celular.

Una fibra nerviosa clásica consta de: un cilindroeje, un axolema o membrana celular del axón, mielina [que rodea al axón] y neurilema [que rodea a la fibra]. Varios haces de fibras nerviosas forman paquetes que corren juntos, a manera de cable, integrando varios nervios. Cada fibra nerviosa, a su vez, está cubierta por un tejido fibroso o endoneurio, que une las fibras en un haz o fascículo. Por su parte, el haz o fascículo está cubierto por una membrana llamada perineurio, en tanto que un grupo (paquete) de haces nervioso está cubiertos por una membrana denominada epineurio.

Imagen N° 20: Conformación de las fibras nerviosas



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Imagen N° 21: Vista en detalle de una fibra nerviosa



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

7.3. Funciones y propiedades de los nervios

Las funciones esenciales de los nervios pueden reducirse a dos:

- **La excitabilidad:** Hace que los nervios reaccionen ante la acción de un excitante o estímulo. Los estímulos capaces de lograr la excitación de un nervio pueden ser:
 - Mecánicos: golpes, pinchazos o presión.
 - Físicos: frío, calor o corriente eléctrica.
 - Químicos: alcaloides, sales o ácidos.
 - Fisiológicos: estímulo nervioso, hormonas y secreciones glandulares, entre otros.

Veamos un ejemplo con una rana:

- Se excita un nervio con un estímulo mecánico cuando se provoca la contracción de sus patas, pinchándolas en el nervio crural.
 - Se determina una excitación térmica [física], seguida de una contracción muscular, tocando el extremo del nervio con una aguja caliente.
 - Se produce una excitación por un medio químico al aplicar sobre un nervio un trocito de cloruro de sodio.
 - La electricidad [estímulo fisiológico] es un excitante nervioso frecuentemente empleado; no lesiona el nervio y es fácil de graduar y de medir.
- **La conductibilidad:** Consiste en la transmisión del influjo nervioso de una parte a otra del organismo. Es la propiedad que tiene un nervio de asegurar esa propagación, permitiendo a una dendrita transmitir hacia un centro nervioso la excitación que proviene de un pinchazo periférico, por ejemplo, y posibilitando a un cilindro eje llevar a otra neurona o a un músculo la excitación procedente de un centro nervioso.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

A partir de la lectura realizada sobre el sistema nervioso periférico, en las casillas en blanco, coloque la letra correspondiente de acuerdo con la función que cumple cada par de nervios craneales. Concluido el ejercicio, compare las respuestas con uno/a de sus compañeros/as.

Función	Par de nervios craneales
Importante en la deglución y en la articulación de sonidos.	Nervio glosofaríngeo A
Controla los músculos usados en el movimiento de la cabeza.	Nervio facial B
Proporciona inervación a la mayoría de los músculos laríngeos y a todos los faríngeos.	Nervio hipogloso C
Proporciona información somatosensitiva de la lengua, de las amígdalas y de la faringe.	Nervio patético troclear D
Importante en la percepción de los sonidos. La rama vestibular también coordina el equilibrio.	Nervio olfatorio E
Inerva el músculo recto lateral del ojo.	Nervio vago F
Inerva las glándulas salivales y lacrimales. Proporciona información somatosensitiva de las orejas.	Nervio motor ocular externo <i>abducens</i> G
Percibe información somatosensitiva (tacto, dolor).	Nervio óptico H
Inerva el músculo oblicuo superior.	Nervio facial I
Elevador palpebral superior, del recto superior, del recto medial, del recto inferior.	Nervio auditivo (vestibulococlear) J
Transmite información visual al cerebro.	Nervio trigémino K
Inerva el músculo recto lateral del ojo.	Nervio motor ocular interno L

Actividad práctica 2

Para el criterio SABER

Pruebe sus nervios craneales: Ahora que sabe los nombres y las funciones de los nervios craneales, pruébelos. Las siguientes pruebas le ayudarán a entender cómo funcionan. Tenga en cuenta

que tales pruebas no tienen un valor clínico. Necesitará un/a compañero/a; ambos podrán actuar como examinador/a y examinado/a. Registre lo que su compañero hace y dice.

Nervio olfativo (par craneal I)

Junte varios objetos con diversos olores (clavos, limón, chocolate o café). Haga que su compañero/a los huela uno por uno, usando ambas fosas nasales. Su compañero/a debe registrar cada objeto y la fuerza de su olor. Luego, con los ojos vendados, empiece usted a oler cada objeto.

Nervio óptico (par craneal II)

Haga una carta ocular (tipo tabla de Snellen), como la que se muestra en la figura de la derecha. No tiene que quedar perfecta. Haga que su compañero/a trate de leer las líneas a diferentes distancias, hasta alcanzar una distancia de seis metros. Registre los resultados.



Nervios motor ocular interno (par craneal III), troclear (par craneal IV) y motor ocular externo (par craneal VI)

Recuerde: Estos tres nervios controlan el movimiento ocular y el diámetro de la pupila. Ponga un dedo frente a su compañero/a, a la altura de sus ojos y a una distancia de 40 centímetros. Dígale que mantenga la cabeza fija y que siga el dedo con los ojos. Mueva el dedo de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Registre si los ojos de su compañero/a siguen el dedo. Revise su respuesta pupilar (nervio motor ocular interno): Mire el diámetro de la pupila de su compañero/a tanto con luces bajas como con luces altas. Note las diferencias de tamaño de ambas pupilas.

Nervio trigémino (par craneal V)

Este nervio es sensitivo y motor. Para examinar la parte motriz, pídale a su compañero/a que cierre su mandíbula como si masticara un chicle. Para evaluar la parte sensitiva, utilice un trozo de algodón u otro material suave para rozar el rostro de su compañero/a. Tenga cuidado de no tocar los ojos. Aunque buena parte de la boca y de los dientes son inervados por el trigémino, recuerde que no debe introducir nada en la boca de su compañero/a.

Nervio facial (par craneal VII)

La parte motriz puede ser evaluada pidiéndole a su compañero/a que sonría y haga caras graciosas. La parte sensitiva es responsable del sabor en la parte anterior (delantera) de la lengua. Puede poner unas gotas de agua con azúcar o con sal en esa parte de la lengua y hacer que su compañero/a identifique el sabor (dulce o salado).

Nervio vestíbulo coclear (par craneal VIII)

Aunque este nervio es responsable de la audición y del equilibrio, sólo probaremos la función auditiva. Pídale a su compañero/a que cierre los ojos e identifique a qué distancia puede escuchar el tic-tac de un reloj.

Nervios glossofaríngeo (par craneal IX) y vago (par craneal X)

Pídale a su compañero/a que beba un poco de agua y observe los reflejos de la deglución (tragar). El nervio glossofaríngeo también es responsable del gusto en la parte posterior de la lengua. Ponga unas gotas de agua salada y de agua azucarada, y haga que su compañero/a identifique el sabor.

Nervio accesorio espinal (par craneal XI)

Para evaluar la fuerza de los músculos que mueven la cabeza, ponga sus manos a cada lado de la cabeza de su compañero/a. Pídale que la mueva de lado a lado. Emplee poca presión en contra del movimiento de la cabeza, cuando se mueva.

Nervio hipogloso (par craneal XII)

Pídale a su compañero que saque la lengua y que la mueva de lado a lado.

Fuente: <http://neurociencias.udea.edu.co/neurokids/cranial%20nerves.htm>

Actividad práctica 3

Para el criterio SER

Al concluir este tema, nuestra propuesta es hacer una evaluación final de algunos aspectos del proceso de estudio y de aprendizaje vividos. Para ello, le sugerimos responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué funciones específicas cumplen los nervios de los pares craneales?
2. ¿Cuáles son las funciones específicas de los nervios de los pares espinales o raquídeos?
3. ¿A qué se llama fibra nerviosa?
4. ¿Cuáles son las funciones de los nervios?
5. ¿Cómo se llama la propiedad del nervio que asegura la propagación del influjo nervioso de un punto a otro?
6. ¿Cómo podría aplicar este tema con sus estudiantes?

Bibliografía

- Aguilar, J. (2011). *La estructura del sistema nervioso*. México.
- Arene, E. y Melgarejo, J. (1980). *Neuroanatomía*. La Paz.
- Berkow, R., Beers M.H. y Flertecher, A., editores (2006). *Manual de Merck*. España.
- Carlson, N. (1996). *Fundamentos de la psicología fisiológica*. México.
- Corr, P.J. (2008). *Psicología y biología*. México.
- Durán, J.C. (2010). "Tronco cerebral-médula espinal y raíces espinales", presentación para el Primer Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad. La Paz.
- Durán, J.C. (2010). Presentaciones y apuntes de neurofisiología del Segundo Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad. La Paz.
- Downie, P. (1997). *Neurología para fisioterapeutas*. Buenos Aires.
- Gartner, L.P. e Hiatt, J.L. (1987). *Histología, Texto y Atlas*. México.
- Gil, R. (2006). *Manual de neuropsicología*. París.
- González, S.O. (2010). *Neuroanatomía con aplicación clínica*. Cochabamba.
- Guyton, A.C. (1987). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. Neurociencia básica. Buenos Aires.

- Guyton, A.C. [1989]. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. Buenos Aires.
- Guyton, A.C. [2006]. *Tratado de fisiología médica*. Madrid.
- Keegan, J.J. y Garret, F.D. [1999]. *Anatomical Record. School is situated in the north-west corner of the grounds*. Canadá.
- Ruoviere, H. y Delmas, A. [2005]. *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional*. Barcelona.
- Vidal, J. [1984]. *Anatomía, fisiología e higiene*. Buenos Aires.
- Snell, R.S. [2010]. *Neuroanatomía clínica*. Barcelona.
- www.semes.org/revista/vol12_3/192-207.pdf
- www.anestesiologia-hc.info/areas/.../Hipotermia_Perioperatoria.pdf
- www.biblioteca.org.ar/libros/88608.pdf, www.psicologia-online.com
- www.monografiaslistas.info/tag/diencefalo-2/
- www.medicoblastos.wikispaces.com/*3.+Características+fisiológicas
- Extractos con traducción propia de los siguientes sitios:
 - www.bunseiri.michikusa.jp/index.html
 - www.brain-studymeeeting.com/str/shono/
 - www.akatan.cool.ne.jp/brain.htm
 - www.s3wam.net/mental-health/brain/br_xcont04a2.html
- www.ecociencia.fateback.com/sistemanervioso/sistnervioso.htm
- www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neurobioquimica/MEDULA.htm
- www.neurociencias.udea.edu.co/revista/PDF/REVNEURO_vol8_num1_7.pdf
- www.salonhogar.net/Diversos_Temas/diccionario_de_medicina.htm
- www.zonagratis.com/curiosidades/DicOftalmologia/A.htm
- www.eugeniousbi.tripod.com/cap_004.html#arriba

Unidad temática 2

Anatomía y funciones de los órganos motores

Resumen/presentación del tema

Los huesos y los músculos constituyen los llamados órganos motores. Los órganos motores responden a la parte motriz del sistema nervioso; están relacionados con todos los movimientos del cuerpo. De hecho, se conoce que el sistema motor de las fibras nerviosas de mayor calibre es el responsable de la movilización de los músculos a través de arcos reflejo. Un arco reflejo es la respuesta a un estímulo y se encarga de mantener el tono muscular y, por ende, la postura corporal.

En una sinapsis neuromuscular, interviene la acetilcolina, que es indispensable para la contracción muscular. Su incremento ocasiona hipercontractilidad o exceso de contracciones, en tanto que su disminución o bloqueo causa relajación muscular.

1. Los huesos humanos

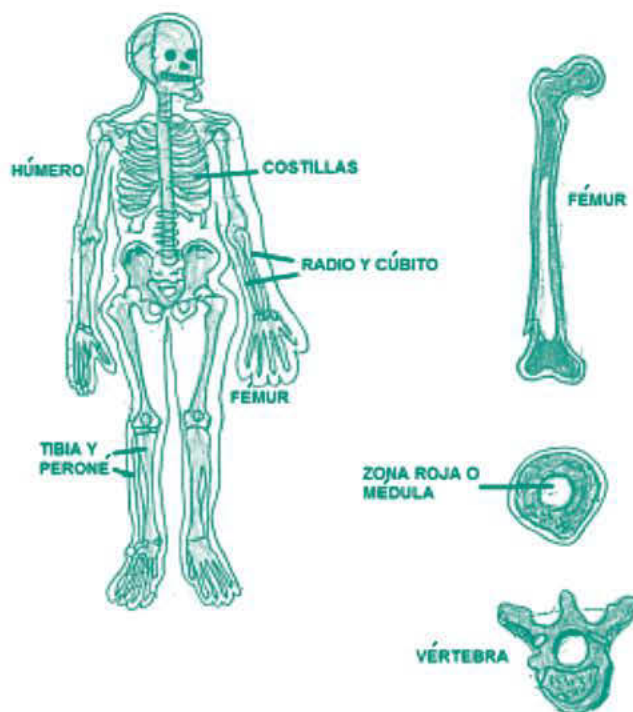
El esqueleto de una persona adulta está integrado por 206 huesos. La mayor parte de ellos son pares. Entre los huesos impares figuran: las vértebras, el esternón, el frontal, el occipital, la mandíbula, el esfenoides, el etmoides, el vómer y el hioides.

El vocablo 'hueso' se refiere a una estructura compuesta por varios tejidos, con predominancia del tejido óseo. Recordemos que el esqueleto humano está formado por huesos y por cartílagos. Los huesos, por sus características, se clasifican en huesos largos, cortos, planos e irregulares.

La ciencia que estudia el sistema óseo, en particular los huesos, es la osteología.



Imagen N° 22: Vista general de los huesos humanos



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

1.1. Funciones principales de los huesos

Los huesos cumplen diferentes funciones. La primera es sostener o soportar la estructura del cuerpo, permitiendo determinar el tamaño y la contextura de una persona. La segunda está referida a proteger, como si fuera un estuche, los órganos importantes, entre ellos el corazón, los pulmones, el encéfalo, los globos oculares, la vejiga y los órganos reproductores de la mujer. La tercera, conocida como función hematopoyética, consiste en la fabricación de glóbulos rojos y de células blancas al interior de la médula espinal (tuétano) o en la zona roja de los huesos largos. La cuarta y última es la función metabólica, que interviene en el almacenaje o depósito de calcio y de fósforo al interior de los huesos, y en el suministro de esos nutrientes según el requerimiento del organismo.

1.2. Componentes orgánicos e inorgánicos de los huesos

La composición orgánica de los huesos es la siguiente:

- 90% de colágeno, que aparece en forma de fibras.
- 10% de un componente que contiene agua, proteoglicanos y minerales.

Entre los componentes inorgánicos de los huesos destacan el calcio, que es el mineral más abundante en el cuerpo humano, y el fósforo. Ambos proporcionan firmeza, resis-

tencia y tensión a los huesos. Lo hacen por medio de un intercambio constante de iones. Cuando ese intercambio es deficiente, provoca dos enfermedades: el raquitismo [en los/as lactantes] y la osteomalacia [en las personas adultas].

1.3. Componentes celulares de los huesos

Los osteoblastos y los osteoclastos son los componentes celulares de los huesos.

Los osteoblastos son células indivisibles de gran tamaño. Presentan una forma redondeada y poligonal. Cumplen la función de sintetizar la mayor cantidad de proteínas y de componentes macrocelulares orgánicos presentes en la matriz ósea, para formar conductillos, entre ellos: el colágeno, la osteocalcina, la osteonectina y la osteopontina.

Los osteoclastos son células multinucleadas que no se reproducen y que se movilizan por las superficies óseas. Tienen la función de reabsorber los huesos viejos, mediante una activa digestión proteolítica.

1.4. Macroestructura de los huesos largos

Los huesos largos se caracterizan por tener una longitud que predomina con relación al ancho y al grosor. A este grupo pertenecen la clavícula, los huesos de las extremidades superiores (húmero, radio, cúbito, metacarpianos y falanges de las manos) y los huesos de los miembros inferiores (fémur, tibia, peroné, metatarsianos y falanges de los pies).

En los huesos largos, se pueden distinguir tres partes: un cuerpo central (epífisis), dos partes extremas (diáfisis) y una porción central (metáfisis).

Los huesos largos están recubiertos por una membrana fibrosa blanquecina (periostio) que envuelve toda su estructura, excepto las áreas articulares. Su función primordial es favorecer el desarrollo y la vascularización de los huesos.

1.5. Microestructura de los huesos

Los huesos se diferencian de los cartílagos por la manera particular en que nutren los osteocitos. Esto puede ser observado microscópicamente en cortes de hueso molido, donde se puede apreciar que los osteocitos están ubicados a una distancia no mayor a 0,2 milímetros de un capilar sanguíneo.

Los osteocitos son mucho más pequeños que los osteoblastos. Esto permite que las numerosas terminaciones citoplasmáticas del retículo endoplasmático rugoso y una región de Golgi sean capaces de reparar la matriz ósea. En efecto, una de las funciones de los osteocitos es mantener y conservar la matriz ósea. Su segunda función es liberar iones de calcio cuando existe un incremento de las necesidades corporales.



1.6. Metabolismo de los huesos y de las hormonas relacionadas con ellos

En la asimilación de calcio en los huesos intervienen las hormonas paratiroidea (PTH) y calcitonina (CT). Ambas tienen el objetivo de regular la concentración del ión calcio. En particular, la hormona paratiroidea “provoca una combinación de respuestas fisiológicas que aumentan la calcemia, mientras que la calcitonina causa respuestas que contrarrestan dicha acción, o sea que disminuye la calcemia” (Cormack, 1987:362).

Una de las enfermedades más comunes que ataca a los huesos es la osteoporosis. Es más frecuente en mujeres mayores de 50 años. Si bien está asociada al proceso de envejecimiento, también se presenta en personas jóvenes por una deficiencia de calcio desde temprana edad. Una dieta adecuada, con alto contenido de calcio desde las etapas iniciales del desarrollo y a lo largo de toda la vida, evita o retarda la disminución de ese mineral en el organismo y, por tanto, impide la presencia de osteoporosis en sus diversos grados.

Actividad práctica 1

Para el criterio DECIDIR

Investigue qué alimentos naturales de su región (Altiplano, valles y llanos) contienen un alto grado de calcio y de fósforo.

Actividad práctica 2

Para el criterio HACER

Entreviste a un/a curandero/a para indagar cómo cura las enfermedades de los huesos. Luego, comparta su investigación por medio de un resumen escrito.

Actividad práctica 3

Para el criterio SABER

¿Cuánto de calcio necesitan sus estudiantes en el periodo escolar?

Actividad práctica 4

Para el criterio SER

¿En qué podría aplicar el contenido de este acápite y cómo lo haría con sus estudiantes, para beneficio comunitario.

2. El músculo esquelético

2.1. Generalidades

Las actitudes, el comportamiento, la personalidad, los procesos psíquicos como la memoria, la afectividad, el pensamiento, la inteligencia y la percepción, así como la coordinación de los movimientos voluntarios e involuntarios, están controlados por el sistema nervioso. Éste se constituye en un conjunto de estructuras morfofuncionales especializadas en recibir diferentes estímulos (información) por intermedio de receptores distribuidos en todo el cuerpo, para luego procesarlos y, finalmente, expresarlos en actos de efectores como las glándulas, el músculo liso, el miocardio y el músculo esquelético. De ese modo, cumple tres funciones básicas: la sensitiva, la motriz y la integradora.

2.2. Estructura organizada del músculo esquelético

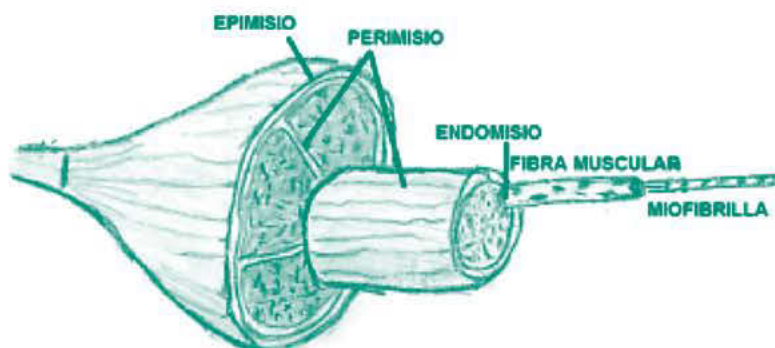
El músculo esquelético está compuesto por fibras musculares esqueléticas unidas por tejido conjuntivo.

Las fibras musculares están formadas por haces de células cilíndricas muy largas y plurinucleares que presentan estriaciones longitudinales y transversales. Su contracción es rápida y está sujeta al control voluntario.

El tejido conectivo es el que rodea a cada una de las fibras musculares. Es esencial para la transducción de fuerza. A través de él pasan abundantes vasos sanguíneos, así como una rica inervación. Al relacionarse con las fibras musculares, el tejido conectivo presenta las siguientes envolturas conectivas:

- **El epimisio:** Es la cubierta externa de las fibras musculares. Recubre el músculo entero.
- **El perimisio:** Es una capa de tejido conjuntivo gruesa que une las fibras musculares. Contiene vasos sanguíneos y nervios también grandes.
- **El endomisio:** Es la envoltura de cada una de las fibras o células musculares.

Imagen N° 23: Estructura del músculo esquelético



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Las fibras musculares esqueléticas pueden ser de los siguientes tres tipos:

- **Fibras rojas:** Son fibras pequeñas con gran cantidad de mioglobina (proteína fijadora de oxígeno) y de un complejo de citocromos. Presentan muchas mitocondrias caracterizadas por tener concentraciones altas de enzimas oxidativas que forman unidades motrices de contracción lenta. Se constituyen en las principales fibras de los músculos largos del dorso, por ser necesarias para mantener la posición erecta del cuerpo.
- **Fibras blancas:** Son fibras de estructura grande, con menos mioglobina que las fibras blancas, así como con menor cantidad de mitocondrias y de citocromos. Están adaptadas para la contracción rápida y los movimientos finos y precisos. Son parte de los músculos extrínsecos del ojo y de los músculos que controlan los movimientos de los dedos.
- **Fibras intermedias:** Son fibras que están localizadas entre las fibras rojas y las fibras blancas. La cantidad de mioglobina y mitocondrias que poseen es intermedia entre las fibras rojas y blancas.

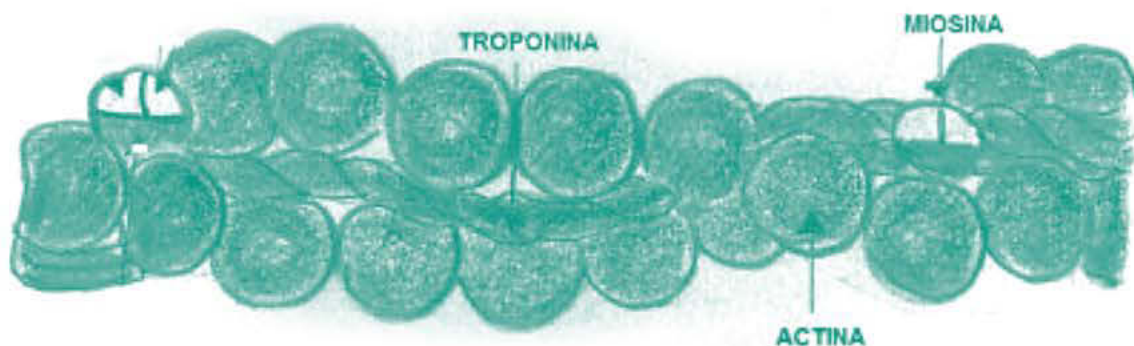
Entre las principales características de los músculos esqueléticos podemos citar las siguientes:

- Constituyen aproximadamente el 40% del cuerpo, en tanto que el músculo liso y el músculo cardíaco representan otro 10%.
- Controlan su propio movimiento, por lo que reciben el nombre de músculos voluntarios.
- Están adheridos al hueso.
- Se ubican principalmente en las piernas, en los brazos, en el abdomen y en el pecho.
- Se diferencian en músculos responsables de la motricidad gruesa y músculos responsables de la motricidad fina, tanto de las extremidades superiores y de las inferiores, como de los propios dedos.
- Actúan en el mantenimiento de la posición y de la postura corporal.
- Se componen de fibras de músculo estriado, unidas por tejido conectivo.
- Cada una de sus fibras contiene centenares y hasta miles de miofibrillas de estructura cilíndrica alargada que, a su vez, tienen ubicados, lado a lado, alrededor de mil 500 filamentos gruesos de miosina y tres mil filamentos delgados de actina, que son grandes moléculas oligomerizadas de proteína responsables de la contracción muscular.

Un filamento de miosina está constituido por alrededor de 200 moléculas individuales y consta de las siguientes partes (Guyton y Hall, 2001):

- **Dos cabezas:** Están ubicadas una junto a la otra. Son cadenas pasadas que se enrollan una con otra para formar una doble hélice. Se cree que las cabezas articuladas participan en el verdadero proceso de contracción.
- **Dos brazos articulados:** Permiten que las dos cabezas se extiendan hacia afuera del cuerpo del filamento de miosina o, por el contrario, que se retraigan cerca de él.
- **Una cola:** Constituye el otro extremo de la hélice enrollada. Se une a la función de transporte específico de cada tipo de miosina.

Imagen N° 24: Estructura de la miosina



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.3. Microestructura del músculo esquelético y del sarcómero

El músculo esquelético está constituido por numerosas fibras que se extienden generalmente por toda la longitud del músculo. Cada fibra está inervada sólo por una terminación nerviosa que se localiza cerca de su centro.

Siguiendo a A.C. Guyton y J.E. Hall (2001), la microestructura del músculo esquelético está integrada por los siguientes componentes:

- **El sarcolema:** También es conocido como membrana plasmática. Es una porción celular de la fibra muscular. Cuenta con una capa delgada de material polisacárido (hidratos de carbono) que contiene numerosas fibrillas finas de colágeno y recorre toda la fibra muscular. Por el extremo, se une al tendón y éste, a su vez, se fusiona con el hueso.
- **El sarcoplasma:** Es un líquido gelatinoso que contiene grandes cantidades de potasio, de magnesio, de fósforo y de enzimas. Así mismo, agrupa grandes cantidades de mitocondrias ubicadas entre las miofibrillas y paralelas a éstas.
- **El retículo sarcoplásmico y los túbulos T:** La organización del retículo sarcoplásmico, que sirve como depósito de calcio, es extremadamente importante para el control de la contracción muscular. Conforman un sistema de túbulos fundamental para el trabajo muscular y de cisternas terminales contenedoras de grandes cantidades de calcio.
- **Las miofibrillas:** Centenares y hasta miles de miofibrillas integran cada fibra muscular. Están compuestas por filamentos gruesos de miosina y por filamentos delgados de actina, ubicados lado a lado, que son estructuras que al interdigitarse parcialmente hacen que las miofibrillas tengan bandas alternas claras y oscuras.

Por otra parte, el **sarcómero** es una unidad contráctil básica del músculo estriado. Se constituye en la unidad funcional de una miofibrilla comprendida entre dos líneas Z con-

tiguas. En ese sentido, también representa la unidad funcional del músculo. Contiene filamentos de actina y de miosina, componentes que sirven de vía para la transmisión nerviosa recibida por el sarcolema y dirigida hacia las miofibrillas.

2.4. Funciones del músculo esquelético

Las funciones del músculo esquelético tienen que ver con:

- **El movimiento:** Las contracciones de un músculo esquelético producen movimientos del cuerpo como una unidad global, así como de sus partes.
- **La producción de calor:** Las contracciones de un músculo esquelético son fundamentales en el mecanismo para conservar la homeostasia de la temperatura corporal. Esto se debe a que los músculos agrupan un gran número de las células del cuerpo, por lo que se constituyen en la principal fuente de producción de calor.
- **La postura y el soporte del cuerpo:** La contracción parcial continua de muchos músculos hace posible levantarse, sentarse y adoptar otras posiciones sostenidas, permitiendo también soportar la estructura y el peso del cuerpo, así como mantener la postura erguida.

2.5. Mecanismos de la contracción muscular y de la relajación muscular

2.5.1. Mecanismo y energía de la contracción muscular

Para la activación del músculo esquelético, se requiere una estimulación nerviosa. Ésta comienza en la corteza cerebral y luego desciende por el sistema piramidal hasta llegar al nivel medular correspondiente al músculo que se quiere contraer. En ese proceso, se realiza la primera sinapsis entre las neuronas. Seguidamente, la estimulación nerviosa continúa y sale por el asta anterior medular, a través de los nervios periféricos, hasta llegar a las placas motrices donde inerva un solo nervio o incluso de una decena a cientos de fibras musculares esqueléticas.

¿Pero cómo ocurre ese mecanismo? En principio, recordemos que los músculos esqueléticos son inervados por grandes fibras nerviosas mielinizadas que se originan en las grandes motoneuronas de las astas anteriores de la médula espinal. Esa inervación dependerá del número de unidades motrices reclutadas o activas en cada músculo (Gonzales y otros, 2010). Para ser más precisos, la contracción muscular en el músculo esquelético se inicia con potenciales de acción en las fibras musculares. Tales potenciales de acción, por su parte, desencadenan corrientes eléctricas o impulsos nerviosos que son difundidos al interior de la fibra, causando una liberación de iones de calcio a partir del retículo sarcoplásmico. A su vez, los iones de calcio son los que inician los fenómenos químicos del proceso contráctil, que además necesita energía para completar el proceso. Dicha energía, siguiendo a Guyton y Hall (2001), deriva de la alta energía del adenosintrifosfato (ATP), que está formado por mitocondrias y es degradado a adenosindifosfato (ADP).

El proceso global recién descrito para el control de la contracción muscular es denominado acoplamiento, excitación o contracción (Guyton y Hall, 2001). Se trata de un movimiento muscular voluntario que es controlado en su origen desde la corteza cerebral y va sufriendo variaciones a lo largo de su trayecto, haciéndose más preciso y adecuando la fuerza, la precisión, el equilibrio, la coordinación y la durabilidad del movimiento como tal.

2.5.2. Mecanismo de la relajación muscular

Las contracciones musculares se dan a partir de la interacción entre el filamento de actina y los puentes cruzados de los filamentos de miosina. En el caso del mecanismo de relajación muscular, es preciso conocer con mayor profundidad las acciones ejecutadas por la actina. Veamos.

La actina se une a dos componentes diferentes: la tropomiosina y la troponina. Se cree que cada cadena de tropomiosina está unida laxamente a una cadena de F-actina y que, en estado de reposo, cubre físicamente los sitios activos de las cadenas de actina, impidiendo la interacción de la actina con la miosina y, por tanto, evitando que se produzca la contracción muscular. En otras palabras, la inhibición de los filamentos de actina por parte del complejo troponina-tropomiosina es agregada al filamento de actina, imposibilitando su unión. Este hecho, además de frenar la interacción con los filamentos de miosina, reprime la producción de la contracción muscular (Guyton y Hall, 2001).

2.6. Lesiones del músculo esquelético

Entre las lesiones que afectan el músculo esquelético figuran las siguientes dos (Guyton y Hall, 2001):

- **Hipertrofia muscular:** Se produce por una elevada actividad energética que provoca el aumento del tamaño muscular. Ese incremento es la consecuencia del incremento del número de filamentos de actina y de miosina de cada fibra muscular. Cuando el músculo es sobrecargado de manera simultánea, en el proceso contráctil se produce un grado de hipertrofia mucho mayor.
- **Atrofia muscular:** Es una lesión inversa a la hipertrofia muscular. Se produce cuando un músculo no es utilizado o incluso cuando se lo usa solamente para contracciones muy débiles. La atrofia muscular también suele presentarse cuando los miembros inferiores o superiores de una persona están enyesados.

3. Control del movimiento por el sistema nervioso central (tracto piramidal y tracto extrapiramidal)

En la región de los tractos piramidal y extrapiramidal se llevan a cabo el control y el ajuste del tono muscular, la regulación de la postura y el mantenimiento del equilibrio. En ella, también se sitúan los núcleos motores que desarrollan programas motrices estereotipados conocidos como generadores centrales de pautas o de secuencias motrices, entre



ellos los respiratorios, los de la masticación o los de la marcha. Desde esos núcleos, se originan las vías supraespinales que se dirigen hacia la médula espinal y regulan las funciones motrices relacionadas con el mantenimiento del tono, de la postura y del equilibrio.

Según la posición del ser humano (postura y equilibrio), podemos citar dos sistemas:

- **El sistema motor dorsolateral medular:** También es conocido como sistema descendente lateral. Está formado por el haz nervioso rubroespinal, que sale del núcleo rojo mesencefálico. Participa en el control de la musculatura distal de las extremidades superiores e inferiores.
- **El sistema ventromedial:** También es denominado sistema descendente medial. Controla la musculatura axial y la musculatura proximal de las extremidades superiores e inferiores. Está constituido por:
 - Los haces vestibuloespinales medial y lateral, procedentes de los núcleos vestibulares bulbares.
 - Los haces retículoespinales medial y lateral, que salen de la formación reticular situada a lo largo del tronco.
 - El haz tectoespinal, cuyo origen está en el tubérculo cuadrigémino superior y su terminación, en la médula cervical.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

Escriba las características esenciales del músculo esquelético.

Actividad práctica 2

Para el criterio HACER

Mis estudiantes están cansados después de una actividad física. ¿Esto se debe a que usaron más actina/miosina? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?

Actividad práctica 3

Para el criterio DECIDIR

¿La "makurka" muscular se produce por la acumulación de qué? Analice y explique este tema a los/as estudiantes.

Actividad práctica 4

Para el criterio SER

Para consolidar el andamiaje en su aprendizaje, sugerimos:

1. Investigar sobre las siguientes enfermedades:
 - Hipertrofia muscular.
 - Atrofia muscular.
 - Enfermedad de Parkinson.
2. Socializar el resultado de la investigación en su curso, incluyendo un análisis, una síntesis y las conclusiones formuladas a partir de los hallazgos.

Bibliografía

- Cormack, D.H. (1988). *Histología de Ham*. México.
- Dihigo, M. (1974). *Biología humana, anatomía, fisiología e higiene*. España.
- Durán, J.C. (2010). "Tronco cerebral-médula espinal y raíces espinales", presentación para el Primer Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad. La Paz.
- Gardner, E. y otros (1974). *Anatomía, Estudio por regiones del cuerpo humano*. Mallorca, España.
- Gonzales, O. y otros (2010). *Neuroanatomía*. Cochabamba.
- Guyton, A.C. (1989). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso, Neurociencia básica*. Buenos Aires.
- Rouvière, H. (1988). *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional*. México.



Unidad temática 3

Anatomía y función de los órganos sensoriales



Resumen/presentación del tema

Un órgano sensorial es aquel que puede recibir estímulos procedentes del exterior del cuerpo humano (vista, oído, olfato, gusto y tacto) o del interior del cuerpo humano (propioceptores y baroreceptores, por ejemplo), y luego transformarlos en información que se dirige hacia el cerebro para poder ser interpretada.

1. El sentido de la vista

El sentido de la vista es una de las vías sensoriales que permite al ser humano conocer el medio exterior circundante, relacionarse con los demás y, también, adquirir conocimiento e información. Por tanto, es uno de los principales mediadores para el aprendizaje.

A través del órgano del ojo, las imágenes visuales proporcionan al ser humano información referida al color, a la forma, a los reflejos luminosos, a la distancia, a la dirección, a la perspectiva, a la profundidad, a la posición, a la tridimensionalidad y al movimiento de los objetos y de los fenómenos de la realidad.

1.1. Órgano visual: estructura del ojo

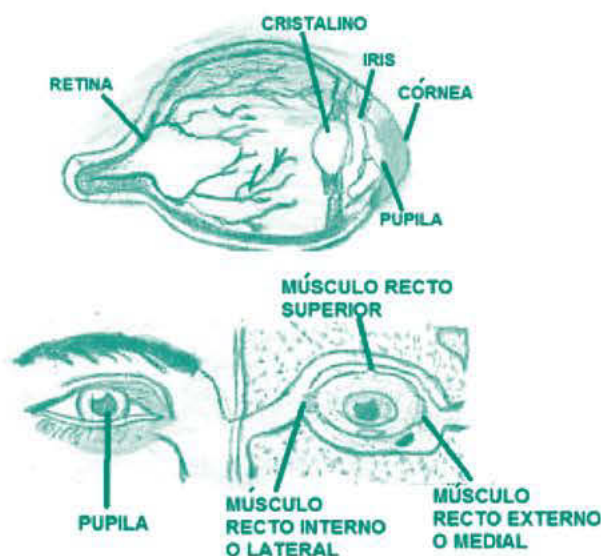
El ojo es un órgano esférico de aproximadamente 24 milímetros de diámetro, siete gramos y medio de peso, y de seis a siete mililitros de volumen. En su estructura, presenta las siguientes tres partes que conforman el sistema visual:

- **El globo ocular:** Consta de tres capas:
 - **Capa exterior:** Está formada por la esclerótica y la córnea. Esta última está integrada por cinco capas: el epitelio, la capa de Bowman, el estroma, la membrana de Descemet y el endotelio.
 - **Capa media o úvea:** Está formada por la coroides, el cuerpo ciliar, el humor acuoso, el iris, el cristalino y el humor vítreo.
 - **Capa interna:** Está formada por la retina.



- **Los anexos oculares:** Se consideran como anexos oculares a los seis músculos que forman parte del sistema óculo-motor, responsable de la movilidad del globo ocular; la órbita ocular, que actúa como sistema de protección; la cavidad ósea o sitio donde se alojan los ojos; las cejas; los párpados; la conjuntiva; y el aparato lacrimal.
- **La vía nerviosa:** Está integrada por los nervios ópticos, el quiasma óptico y la cintilla óptica.
- **La corteza cerebral:** Es, específicamente, el área visual del lóbulo occipital del cerebro.

Imagen N° 25: Anatomía del ojo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

1.2. Estructura de la retina

Por su importancia, realizaremos una descripción detallada de la retina.

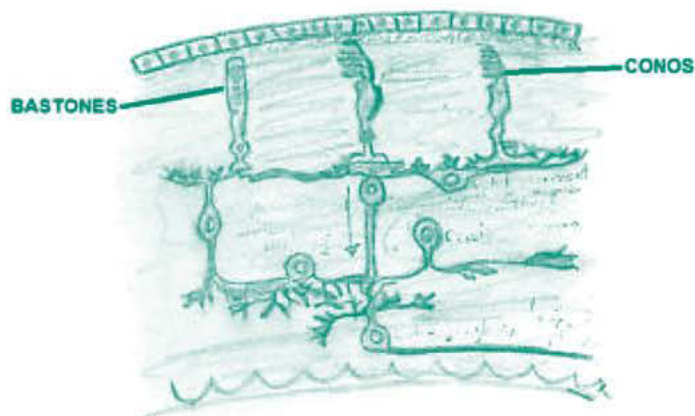
La retina es la capa interna más sensible del ojo. Tiene un espesor que va de 0,4 a 0,5 milímetros. Es un tejido delgado y sensible a la luz que contiene células fotorreceptoras (conos y bastones). Está formada por células nerviosas especializadas en recibir los estímulos luminosos y en transmitirlos por medio del nervio óptico hacia el cerebro.

En su constitución, la retina contiene células receptoras conocidas como conos y bastones. Los conos son de cuatro tipos: los sensibles a los colores azul, rojo y verde; los de nitidez; los de detalle; y los encargados de la visión central. Los bastones, en cambio, son de dos tipos: los sensibles a la luminosidad nocturna y los responsables de la visión periférica.

El punto de mayor concentración en los conos es la mácula. En su centro, la mácula presenta una pequeña depresión central llamada fovea, donde se registra la mayor agudeza visual como resultado de la mayor cantidad de células sensoriales. En la parte posterior de

la mácula, a su vez, se ubica el punto ciego, cuya característica central es la insensibilidad a la luz, debido a que no tiene conos ni bastones.

Imagen N° 26: Estructura de las neuronas retinales



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

1.3. El campo visual

Se conoce como campo visual al espacio que, sin mover los ojos, puede ser percibido por el ser humano. En términos regulares, una persona con un campo visual normal, cuando mira horizontalmente hacia el frente, tiene un campo visual de aproximadamente 150 grados con cada ojo. Esto le permite contar con la capacidad para ver objetos en una amplitud de 180 grados, en el plano horizontal, y de 130 grados, en el plano vertical. A partir de la línea media de la visión frontal, el campo de visión será de 60 grados por encima de la línea horizontal y de 70 grados por debajo.

El campo visual de cada ojo es mono ocular y sin sensación de profundidad. Esta última, denominada también visión tridimensional, se produce en el cerebro como efecto de la superposición y de la interpretación de imágenes monoculares y tridimensionales.

Las patologías que afectan la visión periférica, entre ellas la retinosis pigmentaria y las lesiones del nervio óptico, provocan dificultades para interpretar y seguir escenas en movimiento, para localizar elementos y para llevar a cabo la lectura globalizada.

1.4. La agudeza visual

Entendemos por agudeza visual a la facultad del ojo, en combinación con el cerebro, de percibir la forma de los objetos a una distancia determinada. Se mide considerando la imagen más pequeña que el ojo de una persona puede distinguir.

En la determinación de la agudeza visual, se utilizan de modo estándar los denominados optotipos o láminas que contienen letras o dibujos cuyo tamaño va disminuyendo progresi-

vamente. La prueba se aplica con cada ojo, por separado. La agudeza visual se mide tanto para lejos [AVL] como para cerca [AVC] y se registra, con la mejor corrección óptica, especificando si se trata del ojo derecho [OD] o del ojo izquierdo [OI].

Entre las herramientas que se emplean para medir la agudeza visual figuran el test de Snellen, el test de Landolt y el test de contraste y de frecuencias, entre otros. Con niños/as preescolares o analfabetos/as, se puede utilizar la cartilla de la E.

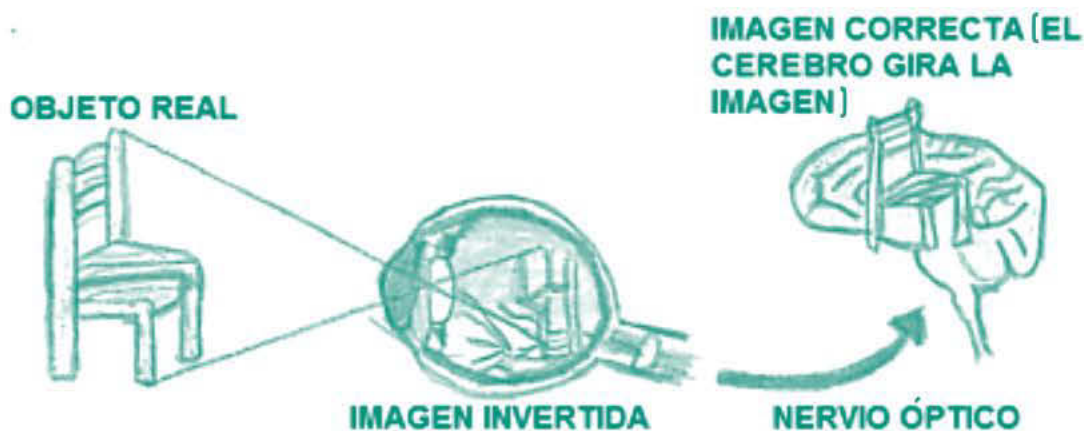
1.5. La función visual: transmisión visual

El proceso de transmisión visual que permite al sistema de la vista cumplir su principal función [posibilitar que veamos] sigue la siguiente secuencia:

- Primero, la luz ingresa por la córnea, que es una lente transparente y elástica.
- Posteriormente, la córnea desvía y refracta la luz.
- Después, la luz atraviesa el humor acuoso, que es un líquido claro e incoloro situado entre la córnea y el cristalino.
- Luego, en su recorrido, la luz cruza el iris, cuya regulación depende de la pupila, que es una abertura que controla la cantidad de luz que ingresa a través del ojo.
- Inmediatamente, la luz ingresa al cristalino, que es una lente biconvexa con una curvatura que varía según el enfoque de la luz.
- A continuación, desde el cristalino, la luz pasa por el humor vítreo, consistente en una masa gelatinosa transparente e incolora, hasta llegar a la retina.
- Seguidamente, la retina convierte la luz en señal eléctrica.
- Por último, las señales eléctricas, vía el nervio óptico, son enviadas a la corteza cerebral del cerebro, lugar donde se produce la fusión de la luz de ambos ojos y se construye la realidad percibida.

De lo anterior, entonces, podemos concluir que “vemos con nuestro cerebro”.

Imagen N° 27: Mecanismo de la visión



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

1.6. Patologías comunes del sentido de la vista

1.6.1. Cataratas

La patología conocida como cataratas se produce por cualquier opacidad en el cristalino, es decir, por la pérdida total o parcial de su transparencia. Como consecuencia, una persona puede presentar disminución de su agudeza visual y visión borrosa.

Entre los tipos de cataratas podemos mencionar los siguientes:

- **Congénita:** Es aquella que está presente al nacer y aparece tres meses después del parto. Se caracteriza por la presencia de una masa blanquecina detrás la pupila en el/la recién nacido/a.
- **Senil:** Se manifiesta después de los 50 años. Tiene una evolución lenta.
- **Diabética:** Se presenta en las personas enfermas con diabetes I y II.
- **Traumática:** Se produce debido a lesiones en el globo ocular o por la presencia de cuerpos extraños en el cristalino.
- **Tóxica:** Se debe al uso prolongado de corticoides, de tópicos y de gotas que provocan opacidad en el cristalino. Su tratamiento requiere de una intervención quirúrgica en la que se sustituye el cristalino opacificado por uno artificial (lente intraocular).

1.6.2. Glaucoma

El glaucoma es una neuropatía crónica producida por el aumento de la presión intraocular como resultado del impedimento del flujo de salida del humor acuoso. Provoca daños en los tejidos del ojo, como la atrofia progresiva del nervio óptico y la pérdida progresiva del campo y de la agudeza visual.

Existen diversos tipos de glaucoma:

- **Glaucoma crónico simple de ángulo iridocorneal abierto:** Es el más frecuente. Afecta a ambos ojos. Su detección es difícil, por tratarse de una patología asintomática.
- **Glaucoma de baja presión:** Se origina por una presión intraocular baja que ocasiona una pérdida gradual del campo visual.
- **Glaucoma agudo de ángulo cerrado:** Ocurre debido al abombamiento del iris. Su aparición es brusca y se manifiesta con un fuerte dolor.
- **Glaucoma congénito:** Es producido por malformaciones congénitas que pueden intervenir quirúrgicamente y cuyo pronóstico depende de la detección precoz. Produce fotofobia, opacidad del cristalino, agudeza visual y campo visual disminuidos.

1.6.3. Miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia

Tanto la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo como la presbicia son patologías del sistema visual por defectos en la refracción que ocasionan la disminución de la agudeza visual. Se corrigen con el uso de lentes o con cirugía.



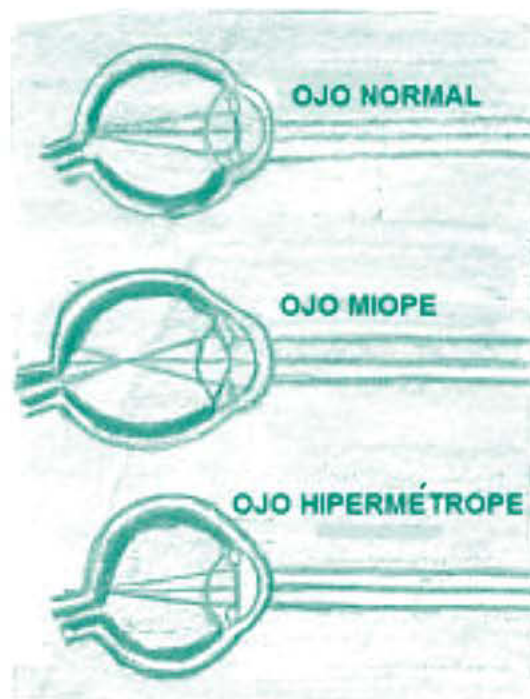
La miopía se produce cuando el diámetro anteroposterior del globo ocular es demasiado grande o cuando la cara anterior del cristalino es demasiado convexa. Las personas que padecen de esta anomalía no ven bien a la distancia y necesitan utilizar lentes biconcavas.

La hipermetropía se presenta cuando el diámetro anteroposterior del globo ocular es corto o cuando la cara anterior del cristalino es casi plana. Una persona hipermetrope no ve bien de cerca y su defecto se corrige con lentes biconvexas.

El astigmatismo es la desigual cobertura en los distintos planos de la córnea, ocasionando una deformación de las imágenes. Se corrige con lentes cilíndricas pulidas de modo disparejo, a fin de compensar los desniveles de la córnea.

La presbicia es una anomalía común en las personas de avanzada edad. Se produce por la pérdida de elasticidad del cristalino, hecho que provoca dificultades para enfocar los objetos a determinadas distancias.

Imagen N° 28: Problemas refractarios



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

Complete en las imágenes siguientes las partes de la anatomía del ojo, con sus correspondientes funciones [fisiología].

1. Anatomía externa del ojo y funciones

- a. Ceja
- b. Pupila
- c. Iris
- d. Párpado superior
- e. Carúncula lagrimal
- f. Esclerótica
- g. Párpado inferior



2. Anatomía interna del ojo y funciones

- a. Córnea: cinco capas
- b. Iris
- c. Pupila
- d. Humor acuoso
- e. Conjuntiva
- f. Esclera
- g. Coroides
- h. Cristalino
- i. Cuerpo vítreo
- j. Retina
- k. Nervio óptico
- l. Punto ciego
- m. Fóvea
- n. Mácula



3. Sistema lagrimal y funciones

- a. Glándula lagrimal principal
- b. Puntos y canaliculos lagrimales
- c. Canaliculo común
- d. Saco lagrimal
- e. Conducto lacrimonasal
- f. Meato inferior



Actividad práctica 2

Para el criterio HACER

En una hoja adicional, describa los pasos que seguimos para ver una carta mental (dibujo y texto).

Actividad práctica 3

Para el criterio DECIDIR

Realice pruebas para medir el campo visual de sus estudiantes.

Actividad práctica 4

Para el criterio HACER

Reflexione y comparta con sus compañeros acerca de los cuidados que debemos tener con el sentido de la vista.

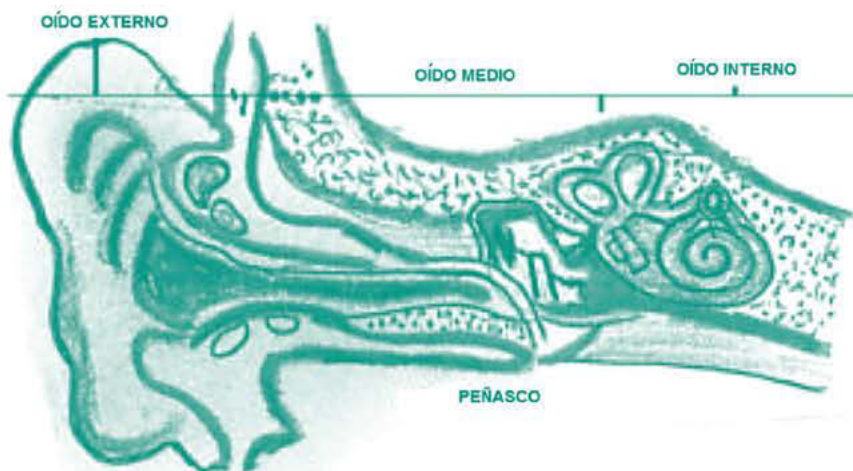
2. El sentido auditivo y el sentido del equilibrio

El oído, como sistema sensorial, es un órgano doble: se encarga de la audición y de la orientación espacial y del equilibrio. La primera función está encomendada al oído externo, al oído medio y al oído interno, en tanto que la segunda es cumplida por el laberinto posterior.

2.1. Órgano auditivo: estructura del oído

El órgano del sentido del oído está localizado en la porción de peñasco del hueso temporal. Desde el punto de vista morfológico, se divide en tres partes: oído externo, medio e interno.

Imagen N° 29: Partes del oído



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.1.1. Estructura del oído externo

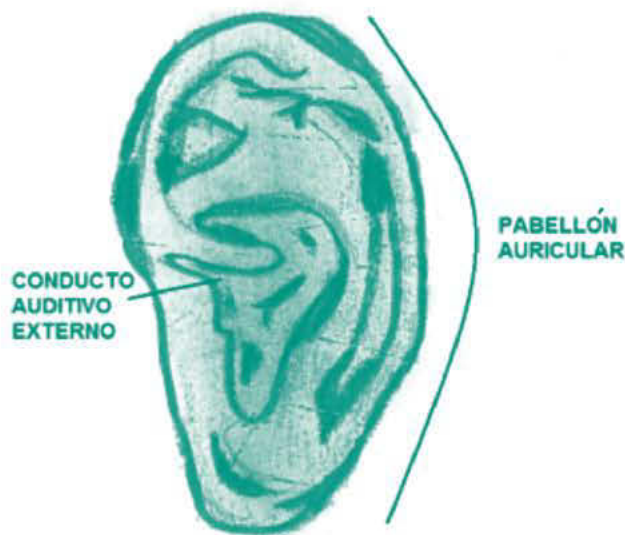
El oído externo cumple la función de captar o recolectar las ondas sonoras [recepción] por medio del pabellón auricular, para luego conducirlos al oído medio y dirigirlos seguidamente por el conducto auditivo externo hacia la membrana del tímpano.

La vascularización del oído externo se produce a expensas de las ramas de la carótida externa, con retorno venoso hacia las yugulares. Su inervación es realizada por el plexo cervical y por los nervios trigémino y facial.

El oído externo está estructurado por las siguientes partes:

- **El pabellón auricular (oreja):** Es la porción externa y cartilaginosa de la oreja. Se trata de una especie de lámina en forma ovalada que está plegada sobre sí misma. En su estructura, además de la porción fibrocartilaginosa, existe otra sección interna de tipo óseo, labrada en el hueso temporal. Las partes del pabellón auricular son: hélix, antihélix, trago, antitrigo y lóbulo. Por su forma, se encarga de dirigir las ondas sonoras hacia el conducto auditivo externo.
- **El conducto auditivo externo:** Mide aproximadamente dos centímetros y medio de longitud. Se dirige de afuera hacia adentro, hacia adelante y ligeramente hacia abajo. Está tapizado por piel. En su porción fibrocartilaginosa, posee folículos pilosebáceos y abundantes glándulas sebáceas y ceruminosas, encargadas de segregar el cerumen, una sustancia cerosa que tapiza y lubrica el conducto. Sus principales funciones son proteger la membrana timpánica en profundidad y mantener cierto equilibrio de temperatura y de humedad, a fin de preservar la elasticidad de dicha membrana.

Imagen N° 30: Partes del oído externo



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.1.2. Estructura del oído medio

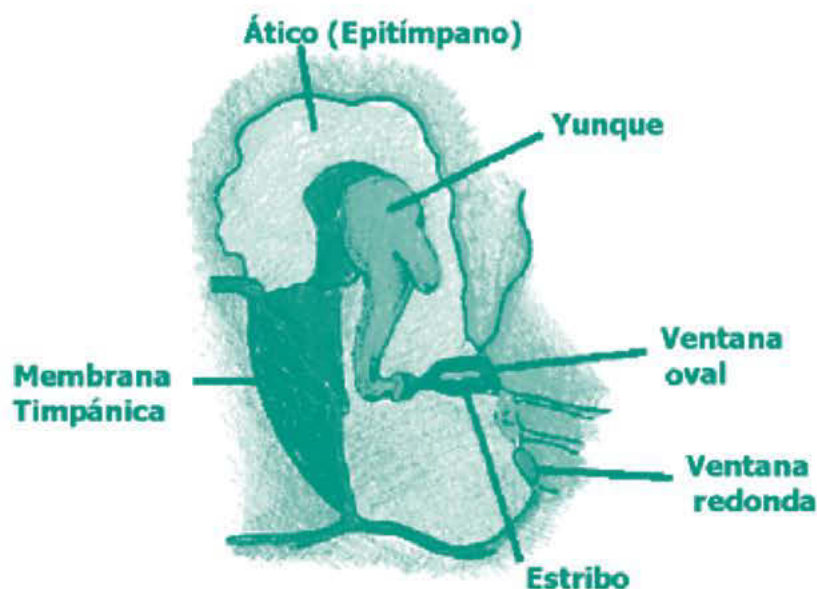
El oído medio es una cavidad casi cuadrada. En la pared que separa el oído medio del oído interno existen dos orificios pequeños conocidos como ventana oval y ventana redonda. En la ventana oval, se asienta la base del estribo, uno de los huesecillos de la caja del tímpano; desde ahí, se transmite el sonido hacia el oído interno. La ventana redonda es la que proporciona una salida a las vibraciones sonoras.

El oído medio está estructurado por las siguientes partes:

- **La membrana timpánica:** Es casi circular. Tiene un diámetro de un centímetro. Separa el oído externo del oído medio. Con el interior de conducto auditivo externo, forma un ángulo de 45 grados. Está compuesta por una lámina delgada de tejido conectivo, cubierta por piel en la parte externa y por mucosa en la superficie interna. Cuando las ondas sonoras alcanzan esta membrana timpánica, hacen que vibre. Luego, tales vibraciones son transferidas a la cadena de huesecillos del tímpano.
- **La caja del tímpano:** Es una cavidad llena de aire. Está formada por una serie de tres huesos muy pequeños: el martillo, el yunque y el estribo. Dichos huesecillos se mantienen en su sitio y se mueven por medio de articulaciones, de músculos y de ligamentos que ayudan a transmitir el sonido hasta el oído interno. Presenta seis paredes revestidas por una mucosa respiratoria o epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado. Se relaciona por la parte anterior con la trompa de Eustaquio, por la posterior con las celdillas mastoideas, por la inferior con el Golfo de la yugular, por la superior con la fosa cerebral media, por la externa con la membrana timpánica y por la interna con el oído interno, a través de las ventanas oval y redonda.

- **La trompa de Eustaquio:** Es un tubo fibrocartilaginoso de aproximadamente un milímetro de ancho y 35 milímetros de largo. Conecta el oído medio con la nasofaringe. Se encarga de nivelar la presión del oído medio con la presión de la atmósfera. Por su cara anterior, se abre hacia el compás de la deglución.
- **Las celdillas mastoideas:** Son cavidades aéreas excavadas en la mastoides. Cumplen la función de airear el oído medio.

Imagen N° 31: Partes del oído medio



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.1.3. Estructura del oído interno

El oído interno tiene como función central transformar la energía mecánica del sonido en energía eléctrica y transmitirla al nervio auditivo para que, en forma de impulso nervioso, alcance los centros de la audición. El oído interno se divide en laberinto óseo y en laberinto membranoso. En el espacio comprendido entre ambos laberintos, existe un líquido llamado perilinfa, rico en sodio, en tanto que por dentro del laberinto membranoso se puede encontrar otro líquido denominado endolinfa, rico en potasio.

El oído interno está estructurado por las siguientes partes:

- **El vestíbulo:** Se encuentra en la región media del oído interno. Se comunica por sus extremos con el caracol y con los conductos semicirculares.
- **Los conductos semicirculares:** Se trata de tres canales de un centímetro y medio de largo y de un milímetro de diámetro, cuyos extremos se comunican con el vestíbulo. Cada conducto presenta una dilatación o ampolla. Dos de ellos tienen una posición vertical y se fusionan en una de sus extremidades, en tanto que el otro está situado

horizontal y perpendicularmente respecto a la intersección de los dos primeros. La orientación de estos canales tiene correspondencia con las tres direcciones del espacio: tiempo altura y armonía del sonido.

- **El caracol o cóclea:** Es un conducto óseo enrollado alrededor de un eje cónico llamado modiol. En él, las vibraciones se convierten en impulsos nerviosos que luego el cerebro transforma en sensaciones auditivas. Está ubicado profundamente en el hueso temporal. Mide aproximadamente un centímetro de longitud y cinco milímetros de diámetro.

Imagen N° 32: Partes del oído interno



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.2. Estructura de la cóclea

Por su importancia, seguidamente presentamos un detalle descriptivo del caracol o cóclea.

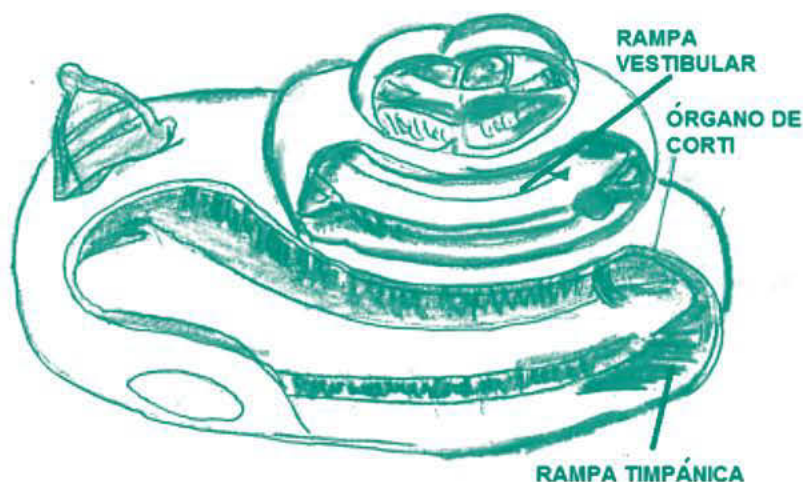
Las partes de la cóclea son:

- **El conducto espiral de la cóclea:** Es un tubo óseo que se desprende de la parte anterior e inferior del vestíbulo. Se enrolla alrededor del modiol, describiendo un poco más de dos vueltas y media en espiral, y termina en una extremidad cerrada denominada cúpula de la cóclea. Está parcialmente dividido por la lámina espiral ósea en dos partes, la basilar y la de Reissner, formando así tres rampas: la vestibular, la media o coclear y la timpánica.
- **Órgano de Corti:** Está situado sobre la superficie de la membrana basilar. Su función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Contiene 3.500 células ciliadas

internas, en su lado medial, situadas en una única fila a lo largo de la membrana basilar y cubiertas por estereocilios, además de 12.000 células ciliadas externas, localizadas al lado del ligamento espiral, dispuestas en tres a cinco filas, a lo largo de la membrana basilar, recubiertas por la cutícula de la que salen estereocilios similares a los de las células internas, que forman seis o siete filas paralelas. Ambos tipos de células forman sinapsis con las dendritas de las neuronas cuyos axones llevan la información auditiva hasta el cerebro.

- **El nervio coclear:** Se dirige hacia los centros auditivos del tronco encefálico, junto con el nervio vestibular, formando el VIII par craneal o nervio auditivo. Ambos tipos de receptores auditivos, conjuntamente con las células ciliadas externas y con las células ciliadas internas, descansan en el interior y en el exterior de la espiral de la cóclea.

Imagen N° 33: Vista interior de la cóclea



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

2.3. Función auditiva: transmisión auditiva

Siguiendo a Philip Corr (2008), la función de cada órgano de los sentidos del sistema sensorial es:

- Detectar eventos físicos externos por medio de los receptores sensoriales.
- Procesar esa información a medida que es transmitida hacia el cerebro.
- Construir psicológicamente la experiencia perceptual.

Al proceso de traducción de los eventos físicos captados por los receptores en señales eléctricas que el cerebro puede interpretar se conoce como transducción sensorial.

En el caso del sentido del oído, la etapa inicial de la sensación [detección de eventos físicos] se lleva a cabo por medio de los receptores auditivos denominados mecanorreceptores,

que captan ondas de compresión. Una onda de compresión tiene dos características: frecuencia y amplitud. La frecuencia se expresa en número de ciclos por segundo (enunciada en hertzios - Hz); el oído humano es sensible a frecuencias que oscilan entre 30 y 20 mil hertzios. La amplitud, por su parte, se refiere a la fuerza de la onda. Las tres dimensiones perceptuales del sonido son: la altura tonal, la intensidad y el timbre.

La función auditiva es importante en la adquisición del lenguaje. Éste, a su vez, permite el desarrollo del pensamiento y del conocimiento en el ser humano.

Una manera didáctica de comprender cómo funciona el sentido del oído es por medio de la siguiente imagen. Analicémosla en detalle.

Imagen N° 34: Fisiología del oído



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad- Aprendemos en la Diversidad.

2.4. Función del equilibrio

La función del equilibrio del sentido auditivo es menos considerada en su investigación y estudio. Por tanto, muy poco se conoce acerca de sus alteraciones.

Como mencionamos al inicio de este tema, una de las dos funciones del oído está referida al conocimiento que adquirimos respecto a nuestra posición. Dicha conciencia espacial se logra gracias a los estímulos que la sensibilidad profunda, la visión y el laberinto envían a los centros nerviosos.

La estimulación de los conductos semicirculares envía información sobre los movimientos corporales o los de la cabeza. Durante el giro, se produce movimiento de la endolinfa, que desplaza la cúpula, la cual tuerce los cilios de las células sensoriales. El sáculo y el utrículo, por su parte, informan sobre los movimientos lineales y acerca de la acción de la gravedad.

Un texto interesante que como maestros/as debemos tener en cuenta está referido a la función de equilibrio del sentido auditivo, ya que se pone en práctica cuando realizamos diferentes juegos con nuestros/as estudiantes con discapacidad o con alteración auditiva. Veamos un extracto de ese texto:

Las alteraciones del equilibrio en los niños (y en las niñas)

Los problemas vestibulares en la infancia son debidos a alteraciones funcionales secundarias a la inmadurez del sistema. El niño y el adulto sufren repercusiones por las alteraciones vestibulares en su vida diaria, con alteración a nivel cognitivo y un aislamiento social que influye en su desarrollo.

La anamnesis es fundamental en el diagnóstico de las vestibulopatías en la infancia, y es soberana en la presencia de exámenes vestibulares normales.

El sistema vestibular se encarga, a través de conexiones periféricas y centrales del equilibrio estático y dinámico del cuerpo, de la orientación de la cabeza y la estabilización de la mirada.

La función sensorial y la acción reflexiva del sistema vestibular están íntimamente unidas con las modalidades sensoriales de la visión tridimensional y la propiocepción de las articulaciones mayores y los sensores de presión de los pies para dar información continua al cerebro sobre la orientación de la cabeza y del cuerpo durante el movimiento o el reposo.

El conflicto entre la información sensorial anormal suplida por las vías vestibulares desbalanceadas y la correcta información producida por la propiocepción y la vista produce la ilusión de movimiento (vértigo), desorientación, síntomas vegetativos, fatiga y desbalance dinámico. La compensación central que mitiga esos signos y síntomas procede de la estimulación repetitiva del sistema del equilibrio y a una reorganización central de las aferencias vestibulares a nivel del tallo cerebral.

Historia y examen físico del niño mareado: la historia debe ser enfocada en la calidad, duración y factores de provocación o mitigación de los síntomas. Una historia previa de enfermedad otológica, neurológica o sistémica debe ser explorada. Es necesario evaluar cualquier historia de cefalea o de trauma craneal.

El examen físico incluye evaluación completa de cabeza y cuello y otológica. El examen neurológico debe ser completo e incluir los pares craneales, examen para localización, evaluación de la fuerza y de los reflejos adecuados para la edad.

En el lactante, la aceleración en una silla rotatoria mientras el niño fija la mirada en un punto de interés en el examinador provee información sobre el estado de los reflejos vestibulo-oculares.

La evaluación objetiva del niño con mareo se puede dividir de la siguiente manera: audiometría, examen con silla rotacional, vídeo electronistagmografía (VNG), posturografía computarizada, evaluación motriz general y análisis de la marcha.

Las alteraciones vestibulares y del equilibrio en niños representan una causa significativa de morbilidad en este grupo de edad. A través de una evaluación clínica y objetiva de la función del equilibrio, se puede realizar el diagnóstico y tratamiento virtualmente en cualquier niño.





Fuente: O'Reilly, R.C. y Mezzalana, R., en Sih, T., 2009.


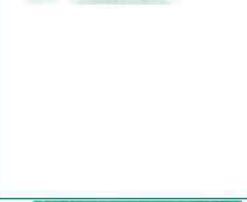




2.5. Patologías del sistema auditivo






2.5.1. Patologías del oído externo




En el cuadro siguiente, desarrollamos las patologías y las lesiones que suelen afectar las distintas partes del oído externo.

Cuadro N° 2: Descripción de las patologías del oído externo

Nombre	Imagen	Características
Microtia		Se trata de una agenesia o disgenesia del pabellón auricular, con compromiso o no del conducto auditivo externo y con resto del oído. Produce malformación severa del pabellón auricular, con atresia del conducto auditivo externo.
Anotia		Es la ausencia, generalmente unilateral, del pabellón auricular. Suele estar asociada a la atresia del conducto auditivo externo y a la malformación del oído medio. Se manifiesta con alteración estética y con sordera conductiva.
Poliotia		Son apéndices auriculares supernumerarios.
Fistula auris		Es un pequeño orificio delante del trago. Se presenta de manera unilateral, familiar. Generalmente es asintomática. Puede infectarse en su trayecto interno, provocando el drenaje de pus, rubor local y dolor.

Otitis externa circunscritas (forunculosis)		Es la infección de un folículo piloso en el conducto cartilaginoso. Provoca otalgia intensificada al movilizar el pabellón auricular. En el examen otorrinolaringológico, se advierte un edema y el enrojecimiento de un punto localizado en el revestimiento cutáneo.
Otitis externa difusa		Se produce por el ingreso de agua contaminada (otitis de nadador) o de soluciones de continuidad en la piel del conducto auditivo externo. Causa otalgia intensa, otorrea cerosa o purulenta y, a veces, hipoacusia. Otorrinolaringológicamente, se advierte acumulación de detritus, hiperemia, edema del conducto auditivo externo y, a veces, edema del pabellón y del área periauricular, y de la membrana timpánica indemne o edematosa.
Traumatismo auditivo		Es cualquier lesión del pericondrio, de tipo infeccioso o no. Puede inclusive conducir a necrosis del cartilago. Se produce por accidentes de tráfico y por lesiones durante la práctica de deportes violentos, como el boxeo, la lucha o el rugby, por agresiones con arma blanca y por mordeduras.
Otohematoma		Es el resultado de un golpe tangencial sobre la piel que termina separándola del cartilago de la oreja, formando una colección hemética localizada que impide su correcta nutrición, llevando a la necrosis. Se produce por un hematoma subpericóndrico del pabellón auricular, consecutivo a un traumatismo.
Pericondritis		Es el aumento del volumen del pabellón auricular; provoca deformación, edema, dolor, eritema, absceso, adenopatías cervicales y fiebre. Se produce por las bacterias pseudomona aeruginosa y staphylococcus aureus.
Pabellón en coliflor		Es una secuela de una condritis. Por la desaparición del esqueleto cartilaginoso, confiere al pabellón el aspecto típico de coliflor.

Taponamiento ceroso		Se presenta por el aumento de la secreción de las glándulas ceruminosas del conducto auditivo, predisponiendo a la formación de un tapón. En algunos pacientes, su origen es la estenosis del conducto y la hiperostosis. Produce hipoacusia conductiva y acufenos (sonidos que son percibidos pero que no proceden del exterior).
Lesiones por objetos extraños, animados o inanimados		Se producen por la introducción de objetos al oído, ocasionándole lesiones. Provoca otalgia, otorrea e hipoacusia.
Herpes zoster ótico		Es la infección del pabellón auditivo y del conducto auditivo externo, previa a la afectación del ganglio geniculado del VII par nervioso. Se manifiesta generalmente por el clima cálido y húmedo, con la aparición de vesículas herpéticas múltiples que se agrupan en el pabellón auditivo y en el conducto auditivo externo. Produce otalgia y una sensación de quemazón, junto con síntomas clínicos gripales. También provoca ageusia homolateral, parálisis facial, hipoacusia y vértigos.
Eczema del conducto		Se trata de prurito en el conducto auditivo externo. Se manifiesta como descamación epidérmica. En casos agudos, se presenta con otorrea cerosa. Se origina por reacciones psicósomáticas. Está asociada al uso de distintos alérgenos irritantes (tinturas y matizadores, entre otros) o de medicamentos locales.
Erisipela		Se manifiesta con calor, rubor y dolor. Su origen está en una infección por streptococcus.


Otomycosis		Es la sensación de oído tapado. Produce otodinia, otorrea, prurito y nigricans (placas hiperpigmentadas). Es provocada por la presencia de hongos de tipo <i>aspergillus</i> y <i>albicans</i> .
Miasis		Se produce por falta de higiene y como consecuencia de huevos dejados por la mosca. Provoca otodinia intensa, otorrea, otorragia, sensación de movimientos, hipoacusia y acufenos.
Otitis maligna o necrotizante		Son granulaciones en el conducto auditivo externo. Provoca otorrea purulenta verdosa y otalgia intensa. También puede ocasionar graves infecciones endocraneanas. Su agente es la <i>pseudomona</i> .




Fuente: Elaboración propia basada en información del Tercer Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendamos en la Diversidad, Cochabamba, 2011, y en imágenes tomadas del archivo del Proyecto.

2.5.2. Patologías del oído medio

En el cuadro siguiente, desarrollamos las patologías y las lesiones que suelen afectar las distintas partes del oído medio.

Cuadro N° 3: Descripción de las patologías del oído medio

Nombre	Imagen	Características
Otitis media secretora		Es la presencia de líquido en la cavidad aérea del oído medio. Generalmente, sus síntomas pasan inadvertidos. Produce hipoacusia y otalgia. Sus causas anatómicas son: hipertrofia adenoidea, adenoiditis crónica, cicatrices del ostium tubario rinofaríngeo postadenoidectomía, tumores benignos o malignos de la rinofaringe, fisura palatina, disfunciones del velo del paladar, causas alérgicas o inmunológicas, e infecciones virales o bacterianas.

Otitis media aguda		Es una inflamación aguda de la mucosa del oído medio y de las cavidades vecinas. Su origen es viral o bacteriano.
Otitis media crónica		Es la inflamación crónica de la mucosa del oído medio, con perforación timpánica. Provoca alteraciones de aireación que llevan a derrames crónicos. Se origina por alteraciones de la movilidad de los músculos de la trompa de Eustaquio, como consecuencia de tumores o adenoides hiperplásicos. También se presenta por traumatismos e infecciones agudas no tratados.
Tubotimpanitis		Es la inflamación aguda de la trompa de Eustaquio y, a veces, del protímpano. Provoca la sensación de oído tapado, otalgia e hipoacusia leves, y autofonía. Se origina por un resfrío común.

Fuente: Elaboración propia basada en información del Tercer Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendamos en la Diversidad, Cochabamba, 2011, y en imágenes tomadas del archivo del Proyecto.

2.5.3. Patologías del oído interno

En Bolivia, las definiciones educativas orientadas a la identificación de la persona con discapacidad auditiva son las que siguen (Sabath, 2010):

Una persona sorda es aquella cuya discapacidad auditiva se opone a un tratamiento exitoso de la información lingüística a través de la audición, con o sin audífono.

Una persona hipoacúsica es aquella que con el uso de audífonos tiene una audición residual suficiente para permitir un tratamiento exitoso de la información lingüística a través de la audición.

La principal patología que afecta el oído interno es la sordera, que es la incapacidad total o parcial para escuchar sonidos. Generalmente, se presenta como resultado de la degeneración progresiva de las células ciliadas. Recordemos que si la cóclea o el nervio auditivo se destruyen, la persona puede quedar sorda para siempre.

La sordera puede estar localizada en uno o en ambos oídos y puede ser de los siguientes tipos:

- **Sordera perceptiva:** Se produce por una afectación de la cóclea o del nervio auditivo. En consecuencia, los sonidos alcanzan el oído interno, pero no son transmitidos al cerebro. Su origen puede ser genético o producido por intoxicación, infección (meningitis), alteraciones vasculares y alteraciones de los líquidos linfáticos del oído interno. No sólo afecta en lo relativo a la cantidad de la audición, sino también a su calidad. Suele ser permanente, aunque en la actualidad puede ser remediada con un implante coclear.
- **Sordera conductiva:** Es causada por la afectación de las estructuras anatómicas del oído externo y del oído medio, que son las que transmiten el sonido hasta la cóclea. En esta patología, los sonidos no llegan al oído interno. Esto puede deberse a un tapón de cerumen en el oído externo o a la disminución de la movilidad de los huesos del oído medio. También suele ser causada por cuadros de otitis de diverso tipo, por causas genéticas, por malformaciones congénitas, por la ausencia del pabellón auditivo o por obstrucciones tubáricas. Igualmente, son causas de la sordera conductiva los tumores, la otosclerosis y las perforaciones timpánicas. Normalmente, no es un tipo de sordera grave ni duradera y puede ser tratada médica o quirúrgicamente. Produce alteraciones en la cantidad de audición, pero no en su calidad.
- **Sordera neurosensorial:** Sus causas pueden ser genéticas o por procesos infecciosos (prenatales y posnatales), el uso de fármacos, la prematuridad, la incompatibilidad del factor Rh de la sangre, la anoxia neonatal y traumatismos.

El proceso de audición normal o normoaudición, en cambio, se refiere a oídos que no sufren ningún tipo de pérdida auditiva, por lo que su rango auditivo está en 20 decibeles (dB), que corresponden al tono de una conversación. En contraposición tenemos la cofosis, que es la pérdida total de la audición.

En cuanto a la hipoacusia, ésta puede ser de cuatro tipos, según el grado de pérdida auditiva:

- **Hipoacusia leve:** Es la pérdida auditiva en la que los umbrales están comprendidos entre los 20 y los 40 decibeles. Dificulta la comunicación en ambientes ruidosos. Sin embargo, existe desarrollo lingüístico normal.
- **Hipoacusia media:** Es la pérdida auditiva situada entre los 40 y los 70 decibeles. Si aparece en la niñez, irá acompañada de problemas para adquirir el lenguaje. Requiere de una prótesis y de intervención logopédica.
- **Hipoacusia severa:** Es la pérdida auditiva que presenta un umbral entre los 70 y los 90 decibeles. Dificulta la comunicación hablada y la adquisición del lenguaje oral. Impide que se escuche una voz en tono bajo. Las personas necesitan apoyarse en la lectura labial, usar audífono e intervención logopédica para el desarrollo del lenguaje.
- **Hipoacusia profunda:** Es la pérdida auditiva mayor a los 90 decibeles. En la niñez, provoca alteraciones importantes en el desarrollo global del/la niño/a. Afecta las funciones de alerta y de orientación, y de estructuración espacio-temporal, así como al desarrollo



intelectual como tal. De modo imprescindible, implica el uso de audífonos o la aplicación de un implante coclear. También requiere procesos de enseñanza intencional y sistemática del lenguaje.

La etiología (origen) de la hipoacusia infantil puede deberse a:

- **Patologías neonatales:** Entre ellas la prematurez, la hipoxia, la hiperbilirrubinemia, los ototóxicos, el trauma sonoro, la sepsis neonatal y el bajo peso al nacer.
- **Infecciones maternas:** Como la toxoplasmosis, la rubéola materna, el citomegalovirus, el herpes simple o la sífilis, que infectan al feto a través de la placenta o afectan al/la recién nacido/a por el contacto con el cérvix uterino y con canal vaginal.
- **Infecciones bacterianas:** Meningitis.
- **Infecciones virales:** Paperas.

Según la causa de la hipoacusia, ésta puede ser congénita o adquirida.

Como en otras patologías, las del oído interno deben ser detectadas tempranamente, tanto para prevenir complicaciones como para realizar oportunamente el tratamiento y la rehabilitación de la capacidad del órgano de la audición.

Actividad práctica 1 (Grupal)

Para el criterio DECIDIR

Con un grupo de tres o de cuatro integrantes, elabore modelos anatómicos tridimensionales de las tres partes del oído, por separado. Tenga en cuenta que dichas partes deben ser desmontables, a fin de que su estructura pueda ser armada y desarmada didácticamente. Puede utilizar porcelana fría, tallado en madera o parafina. Pinte cada elemento que compone la estructura diferenciándolo por color.

Para el criterio HACER

Con el mismo grupo, para luego poder evaluar de modo oral a sus estudiantes utilizando el material anterior, elabore o construya tarjetas adhesivas con los nombres de las partes de cada componente de la estructura y también flechas para que sea posible señalar o indicar las partes.

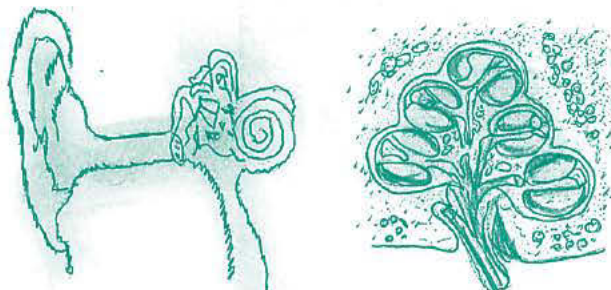
Para el criterio SABER

Investigue grupalmente los otros tipos de sordera y promueva temas para trabajar en mesas de discusión con los otros grupos de trabajo.

Actividad práctica 2 (Individual)

Para los criterios SABER y SER

1. Elabore un mapa conceptual de la función auditiva y otros para las patologías de cada parte del oído.
2. Delimite en el siguiente dibujo las tres partes del oído y constrúyalas por separado. Colóquelas en recuadros diferentes y añada flechas y nombres de los elementos que componen cada estructura.
3. Haga lo mismo con la cóclea.



Actividad práctica 3 (Individual)

Para el criterio HACER

Realice las siguientes pruebas con sus estudiantes y registre los resultados.

Pruebas con diapasón para diferenciar sordera nerviosa y de conducción			
	WEBER	RINNE	SCHWABACH
MÉTODO	La base del diapasón vibrante se coloca en el vértice del cráneo.	La base del diapasón vibrante se coloca en la apófisis mastoides hasta que el sujeto no lo oye más, y luego se sostiene en el aire cerca del oído.	La conducción ósea del paciente se compara con la del sujeto normal.
NORMAL	Se oye igual en ambos lados.	Se oye vibración en el aire después de que cesa la conducción ósea.	
Sordera de conducción (1 oído)	Suena más fuerte en el oído enfermo porque el efecto enmascarador del ruido ambiental falta en el lado enfermo.	No se oyen las vibraciones en el aire después de que cesa la conducción ósea.	La conducción ósea es mejor que la normal (el defecto de conducción excluye al ruido enmascarador).
Sordera Nerviosa (1 oído)	Suena más fuerte en el oído normal.	Se oye la vibración en el aire después de que cesa la conducción ósea, ya que la sordera nerviosa es parcial.	La conducción ósea es menor que la normal.

Fuente: http://www.slideshare.net/rociol_2011/fisiologa-audicion-y-equilibrio-presentation#btnNext

3. Otros sentidos

3.1. El sentido del gusto

3.1.1. Características generales

El sentido del gusto es el encargado de captar los sabores de todo aquello que ingerimos, de convertir esos sabores en impulsos nerviosos y de transmitirlos al cerebro para que los interprete. Se trata de un sentido débil. Necesita complementarse con el sentido del olfato para lograr una mejor sensación. Por tal razón, cuando estamos resfriados y no podemos respirar por la nariz, apenas distinguimos el sabor de las comidas.

En la boca, la saliva se mezcla y disuelve lo que comemos o lo que bebemos, en tanto que los sabores son captados en distintas regiones de la lengua.

3.1.2. Clasificación del gusto

El sentido del gusto depende de la estimulación de los llamados botones gustativos, más conocidos como papilas, que se sitúan preferentemente en la lengua, aunque también ocupan el paladar. El grado de sensibilidad de estos botones gustativos es variable.

Los fisiólogos han identificado cuatro tipos de sabores elementales, o sensaciones sápidas primarias, y los han codificado en los siguientes términos:

- Sensación dulce.
- Sensación ácida.
- Sensación salada.
- Sensación amarga.

Si bien existen cuatro sensaciones sápidas primarias, una persona puede percibir cientos o miles de sabores diferentes. Esto se debe a las combinaciones de esas cuatro sensaciones primarias, de la misma manera que todos los colores del espectro son el resultado de combinaciones de los colores primarios.

Sobre la lengua, las zonas de percepción de los sabores elementales están bien definidas. Así, los bordes laterales derecho e izquierdo de la lengua reconocen el sabor salado; la zona situada en el extremo o punta de la lengua reconoce el sabor dulce; el fondo de la lengua reconoce el sabor amargo; y las papilas gustativas situadas a los costados de la lengua, por debajo de las secciones del sabor salado y en una porción más extendida, reconocen el sabor ácido.

Imagen N° 35: Áreas de percepción de los sabores en la lengua



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

3.1.3. Función del gusto: transmisión gustativa

Todas las sensaciones gustativas se proyectan por medio de los procesos centrales de las neuronas. En el proceso, los nervios conectados con las papilas gustativas transmiten impulsos al centro nervioso situado en el bulbo raquídeo, localizado a continuación de la médula espinal, donde empieza la columna vertebral. De ahí, esos impulsos son transmitidos a las caras superior e interna del lóbulo temporal, estrechamente relacionado con el área del cerebro donde se sitúa el sentido del olfato.

Por otra parte, las secciones de la lengua, donde se reconocen las sensaciones del gusto, se vinculan de la siguiente manera con las ramificaciones nerviosas:

- Las sensaciones gustativas de los dos tercios anteriores de la lengua son recogidas por la rama cuerda del tímpano del nervio facial, cuyo cuerpo neuronal reside en el ganglio geniculado.
- Las sensaciones del tercio posterior de la lengua pasan por el nervio glossofaríngeo, cuyo ganglio es el petroso.
- Las sensaciones de la epiglotis y de la parte inferior de la faringe se transmiten por medio del nervio vago, hasta llegar al ganglio nodoso.

3.1.4. Patologías del sentido del gusto

Entre las patologías asociadas con el sentido del gusto tenemos:

- **La estomatitis aftosa recidivante:** Sus características clínicas son de importancia esencial, dado que no existe ningún método de diagnóstico de laboratorio fiable. Se manifiesta con la recurrencia de una o de varias úlceras orales dolorosas, superficiales y redondeadas, en intervalos que van de pocos días a pocos meses. A esas ulceraciones se la conoce también como aftas menores.
- **Las úlceras herpetiformes:** Son aftas de aparición múltiple. A veces, incluso se presentan de manera conjunta más de 100 úlceras. Tienen un diámetro aproximado de

uno a dos milímetros. El tiempo de cicatrización de las lesiones individuales oscila entre siete y 10 días, aunque en ocasiones las aftas tienden a agruparse, hecho que alarga el tiempo de curación. Afectan a las mujeres más que a los hombres. Aparecen a una edad posterior que los otros tipos de ulceraciones.

- **Glositis:** Es la inflamación de la lengua. Existen de diversos tipos, la mayoría de los cuales provoca alteraciones en el sentido del gusto. Entre las más comunes figuran:
 - **La glositis atrófica:** Se observa en casos de anemias. Es dolorosa. Hace que la lengua se torne roja, brillante y lisa.
 - **La glositis de Hunter:** Aparece con la anemia perniciosa. En este caso, se acompaña de la pérdida parcial del sentido del gusto y presenta la sensación de quemazón en la lengua.
 - **La glositis exfoliativa marginada:** Es la inflamación del dorso de la lengua. Provoca la aparición de brotes de manchas rojas depapiladas (sin papilas), rodeadas de un borde blanco.
 - **La glosifitia:** Es una infección ocasionada por hongos, en la que los micelios forman filamentos que se asemejan a pelos. Se caracteriza porque la lengua adquiere un color negrusco, debido a que en ella aparece una neoformación neoparadusca de las papilas filiformes.

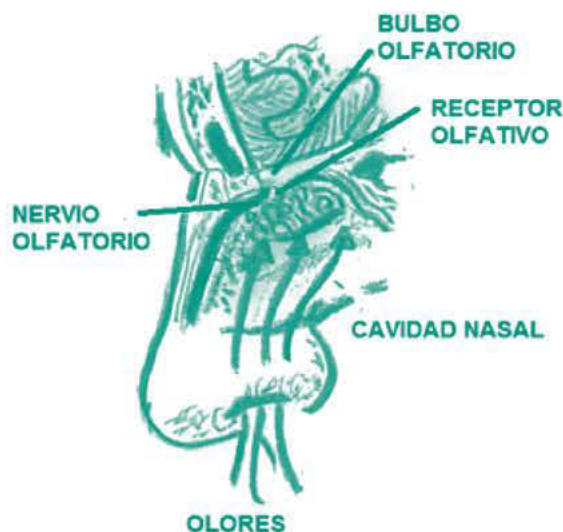
3.2. El sentido del olfato

3.2.1. Características generales

El sentido del olfato es el sentido menos comprendido porque implica un fenómeno subjetivo y muy rudimentario. Está situado en el epitelio olfatorio que cubre el techo de las fosas nasales. Se extiende hasta el cornete superior y la porción adyacente del septum nasal.

Su estructura se caracteriza por estar pseudoestratificada. Cuenta con células olfatorias, de sostén y basales. Así mismo, están presentes las glándulas de Bowman, que son las encargadas de segregar una sustancia lipídica que se disgrega por todo el epitelio olfatorio y hace que se disuelvan las sustancias odorantes que estimulan las células olfatorias.

Imagen N° 36: Estructura neurosensorial del olfato



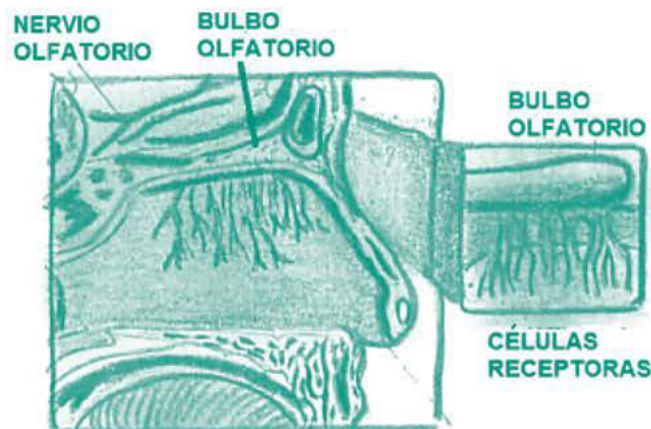
Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

3.2.2. Los receptores olfativos

Existen alrededor de 50 millones de receptores del sentido del olfato. Cada uno está especializado para una cualidad olfativa específica. En conjunto, operan bajo un principio de llave cerradura. Son sensibles a la forma de ciertas moléculas químicas.

Los receptores olfativos transducen la información química y generan potenciales de acción que luego son comunicados al lóbulo frontal del cerebro para su correspondiente procesamiento.

Imagen N° 37: Receptores olfativos



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

3.2.3. Función del olfato: transmisión olfativa

El sistema olfatorio es el único que tiene una conexión directa con la corteza cerebral. El proceso de transmisión olfativa es sintético y combina distintas calidades de moléculas para generar la experiencia del olor.

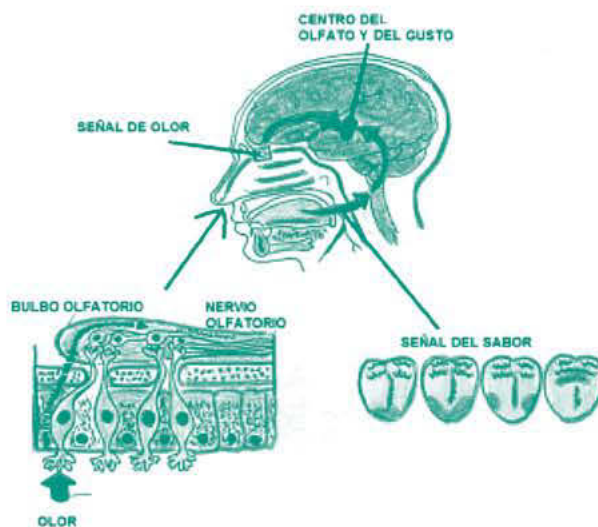
Durante el proceso olfativo, aumenta el flujo de aire hacia el interior de la cavidad nasal, así como el número de moléculas aerotransportadas. También ocurre que desde el bulbo olfatorio las neuronas transmiten información a diversas regiones del cerebro.

Por otra parte, las proyecciones olfativas hacia la amígdala proporcionan información veloz acerca del significado emocional potencial de las moléculas que se detectan en el ambiente. Las proyecciones hacia el hipotálamo, en cambio, se asocian con la motivación, mientras que las proyecciones hacia la corteza orbitofrontal son las responsables de la asociación de los olores con la conciencia activa.

A su vez, los axones del tracto olfatorio viajan de manera directa a otras dos regiones de la corteza límbica: la corteza piriforme y la corteza entorrinal. La primera envía información al hipotálamo y a la corteza orbitofrontal, en tanto que la segunda lo hace hacia el hipocampo.

A diferencia de lo que ocurre en los otros sentidos, en el sentido del olfato, el modo en que el cerebro procesa esos patrones complejos de información aún no ha sido resuelto.

Imagen N° 38: Fisiología del olfato



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

3.2.4. Patologías del sentido del olfato

La disfunción olfatoria se debe a la vulnerabilidad y a particularidades anatómicas del propio sistema olfatorio.

Las patologías más comunes del sistema del olfato, que producen percepciones alteradas o inexistentes de los olores, son las siguientes:

- **La anosmia:** Se refiere a la ausencia total del olfato, es decir, a la pérdida completa de la capacidad para detectar olores.
- **La hiposmia:** Es la disminución de la sensibilidad para captar olores.
- **La disosmia:** Es un trastorno en la percepción olfativa. Puede ser de dos tipos:
 - **La fantosmia:** Es la percepción distinta de olores familiares o de olores que no existen en realidad.
 - **La parosmia o troposmia:** Es la percepción alterada de un olor, con o sin estímulo presente.
- **La cacosmia:** Es la percepción de un olor desagradable ocasionado por estímulos originados en el organismo, sin existencia de moléculas olorosas en el ambiente.

En general, la etiología (origen) de esas alteraciones se debe a:

- Infecciones de las vías respiratorias.
- Sinusitis.
- Depresión.
- Hipotiroidismo.
- Daño de los nervios intracerebrales o periféricos nasales.
- Exposición a ciertos productos químicos, como insecticidas y disolventes.
- Consumo de algunos medicamentos.
- Trauma craneal, que es una de las primeras causas de las alteraciones del olfato.

Actividad práctica 1 (Grupal)

Para el criterio HACER

Con un grupo de tres o de cuatro integrantes, elabore modelos anatómicos tridimensionales del sentido del olfato. Estos modelos deben ser desarmables. Puede utilizar, entre otros materiales, porcelana fría.

Para el criterio SER

Con el mismo grupo, para luego poder evaluar de modo oral a sus estudiantes utilizando el material anterior, elabore mapas de conceptos incompletos, con el propósito de que sus estudiantes sean quienes los completen.

Para el criterio DECIDIR

También grupalmente, investigue qué clases de olores existen. Luego, elabore un cuadro sinóptico que incluya el nombre del olor y la sustancia que lo produce. Seguidamente, indague sobre cuáles son los olores prohibidos y por qué.

Actividad práctica 2 (Individual)

Para el criterio HACER

Elabore un cuadro sinóptico sobre la fisiología y otro cuadro con las patologías del sentido del olfato.

Actividad práctica 3 (Individual)

Para el criterio SABER

1. Delimite en la siguiente imagen las zonas de la mucosa olfativa.
2. Elabórelas por separado y colóquelas en recuadros diferentes.
3. Añada flechas y los nombres de los elementos que componen cada estructura.



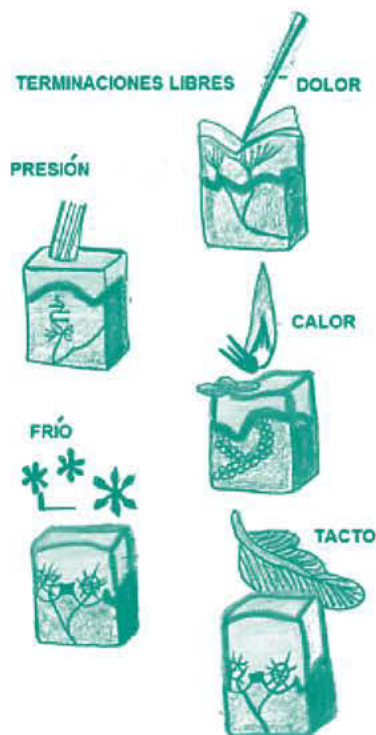
3.3. El sentido del tacto

El sentido del tacto, denominado también sentido mecanorreceptor, es el que nos permite percibir las cualidades de los objetos por medio de la presión, de la temperatura, de la aspereza, de la suavidad y de la dureza, entre otros. Es uno de los cinco sentidos básicos de los seres humanos.

La piel es el órgano que está principalmente ubicado en el sentido del tacto, aunque también lo encontramos en las terminaciones nerviosas internas del organismo, razón por la que podemos percibir los altos cambios de temperatura o el dolor, así como los riesgos internos y externos para nuestra salud.

En la piel existen diferentes clases de receptores nerviosos táctiles o corpúsculos que se encargan de transformar los distintos tipos de estímulos del exterior en información susceptible de ser interpretada por el cerebro.

Imagen N° 39: Receptores de la piel



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

La estructura de la piel se divide en dos capas:

- **La epidermis:** Es la capa superficial. Está constituida por tejido epitelial y por células muertas plegadas, al igual que por melanina, que es el pigmento que le da color.
- **La dermis:** Es la capa más profunda. Está formada por tejido conjuntivo y por dos tipos de glándulas: las sebáceas y las sudoríparas.

Bibliografía

- Burgos, R. (2010). *Anatomía y fisiología del ojo y la función de la visión*. Cochabamba.
- Corr, P.J. (2008). *Psicología biológica*. México.
- Delgado, J.M. (2007). *Deficiencia sensorial visual*. Managua.
- Guyton, A.C. (1989). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso, Neurociencia básica*. Buenos Aires.
- Guyton, A.C. y Hall, J.E. (2001). *Tratado de fisiología médica*. Madrid.
- Ministerio de Educación de España y Organización ONCE (2007). "Educación inclusiva. Discapacidad visual. Módulo 2: Intervención educativa". España.
- Ramírez, R. (2007). *Manual de otorrinolaringología*. Madrid.
- Riordan, P. y Whitcher, J. (2009). *Oftalmología general de Vaughan y Asbury*. Bogotá.
- Rouvière, H. y Delmas, A. (1999). *Anatomía humana. Tomo I: Cabeza y cuello*. Barcelona.

- Sabath, A. [2010]. "Anatomía y fisiología del oído-Función de la audición", presentación para el Tercer Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad. Cochabamba.
- Sih, T. [2009]. *VII Manual de otorrinolaringología pediátrica de la IAPO* [Organización Interamericana de Otorrinolaringología Pediátrica]. Brasil.
- Velayos, J.L. [1998]. *Anatomía de la cabeza*. Madrid.
- Vidal, J. [1977]. *Anatomía, fisiología e higiene*. Buenos Aires.
- <http://m.medlineplus.gov/spanish/topic/tasteandsmelldisorders>
- <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/olfato>, <http://insn.die.upm.es/docs/INSN0506-TemaEIolfatoYEIGusto-JMG-v29.pdf>
- <http://www.seorl.net/gestor/upload/61clv.pdf>
- <http://www.explored.com.ec/guia/fas862>

Unidad temática 4

Anatomía y función de los órganos del habla



Resumen/presentación del tema

Como todo órgano, los órganos del habla son herramientas que cumplen una función determinada en la vida de los seres humanos, específicamente en los procesos de comunicación, de pensamiento y de expresión. De ahí que su importancia sea fundamental para la interacción de las personas con el mundo que las circunda.

Por sus características complejas, los órganos del habla están considerados en un nivel de organización biológica superior.

1. Comprensión y expresión del lenguaje

El lenguaje es un componente básico para la comunicación, para la estructuración del pensamiento, para la transmisión de saberes y para lograr la comprensión y la expresión lingüística. Como tal, requiere que el ser humano desarrolle en principio destrezas básicas, como hablar, escuchar, leer y escribir, lo que a su vez implica el conocimiento, el manejo y el dominio lingüístico en los niveles fonológico, morfológico, sintáctico, semántico y pragmático. Cuando alcanzamos ese desarrollo, recién podemos decir que hemos logrado nuestra competencia lingüística y comunicativa.



Esquema N° 6: Niveles del lenguaje



Elaboración propia.

¿Pero qué son los niveles fonológico, morfológico, sintáctico, semántico y pragmático del lenguaje? Veamos:

- **Nivel fonológico:** Está conformado por el fonema, que es la unidad básica, indivisible y distintiva del lenguaje. Sobre la base de los fonemas se forman las palabras.
- **Nivel morfológico:** Está constituido por morfemas, que representan a la unidad más pequeña de un idioma.
- **Nivel sintáctico:** Se refiere a la coherencia que existe en una oración.
- **Nivel semántico:** Tiene que ver con la comprensión del significado.
- **Nivel pragmático:** Corresponde al uso del lenguaje como medio para expresar el pensamiento.

Por otra parte, en el acto de hablar, se consideran aspectos relativos a la articulación fonológica, al ritmo y a la fluidez del habla, y a la propia voz.

Esquema N° 7: Aspectos del habla



Elaboración propia.

2. Consideraciones fonológicas

La fonología es una disciplina lingüística que estudia los sonidos del lenguaje humano desde el punto de vista de su función en una determinada lengua. Por tanto, en una lengua, resulta importante definir los fonemas que conforman su sistema fonológico. Recordemos que cada idioma “tiene su propio conjunto de sonidos importantes que son, de hecho, categorías de sonidos que incluyen una serie de variaciones” (Berko, 2010:20).

Cada lengua tiene un número limitado de fonemas comunes entre los/as hablantes en un momento dado. En el idioma castellano, existen 24 fonemas: cinco vocálicos y 19 consonánticos. Los sonidos vocálicos pueden aparecer solos, como palabras independientes (a, o, etcétera) o combinados con las consonantes para formar sílabas (‘a-cer-ti-jo’).

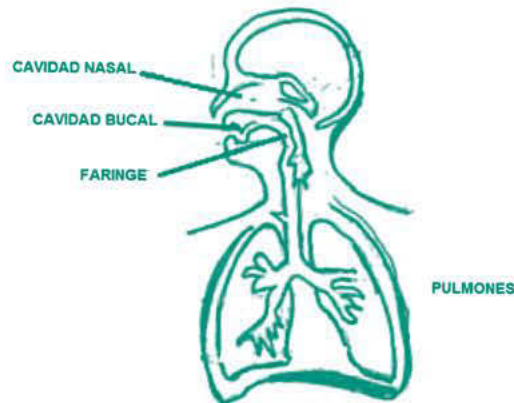
3. El sistema fonador

El ser humano, para hablar, utiliza algunos de los órganos del aparato respiratorio y del aparato digestivo. Todos esos órganos, en conjunto, conforman el aparato fonador, cuya función central es permitir la producción de la voz.

El aparato fonador está dividido en tres cavidades:

- **La cavidad infraglotica:** También es denominada cavidad subglótica. Está compuesta por la tráquea, los bronquios, los pulmones y el diafragma. En consecuencia, es el órgano respiratorio del aparato fonador.
- **La cavidad glótica:** Es el órgano fonador como tal. Está integrada por los cartílagos de la laringe (cricoides, tiroides y aritenoides) y por las cuerdas vocales que se sitúan en la región laríngea.
- **La cavidad supraglótica:** Es el órgano de la articulación del aparato fonador. Las partes que la integran son:
 - **La faringe:** Es un tubo membranoso formado por paredes musculares flexibles. Está situada entre la laringe y el velo del paladar. Su función es conectar la laringe con la cavidad nasal y bucal.
 - **La cavidad nasal:** Está formada por las fosas nasales. Se conecta con la faringe por la parte posterior y permite la salida de aire a través de las ventanas.
 - **La cavidad bucal:** Es la parte que produce la mayoría de los sonidos durante el habla, debido a que el velo del paladar está normalmente levantado, pegado a la cavidad faríngea, impidiendo el paso del aire hacia esta cavidad. Se extiende desde la faringe hasta los labios. En su interior, se sitúa la lengua, que es el órgano articulatorio por excelencia, ya que gracias a sus diferentes formas y posiciones permite la formación de los fonemas o unidades básicas del lenguaje.

Imagen N° 40: División del aparato fonador



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

4. Procesamiento del lenguaje

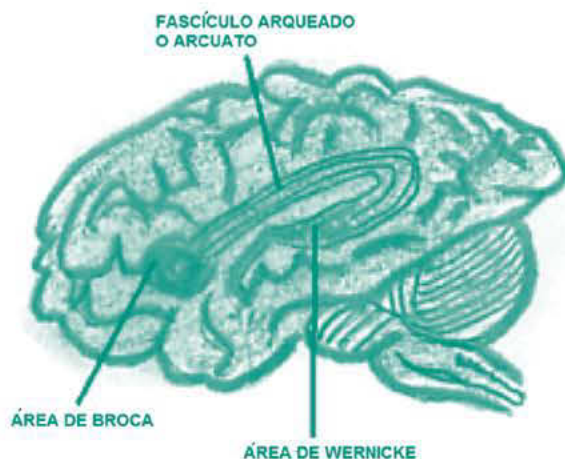
En el complejo desarrollo del procesamiento del lenguaje, intervienen los siguientes tipos de factores:

- **Factores auditivos:** Su importancia radica en que es indispensable una buena audición para lograr una buena recepción del mensaje hablado. Por tanto, la ausencia del balbuceo y del lenguaje a una edad temprana del desarrollo humano deberá necesariamente hacernos presumir la presencia de una dificultad auditiva considerable.
- **Factores visuales:** Su importancia se debe a que el hecho de ver bien es fundamental para la organización de la comunicación. De hecho, las miradas recíprocas desencadenan y mantienen la comunicación, en tanto que las expresiones del rostro y los gestos son los que acompañan de modo natural el procesamiento del lenguaje.
- **Factores neurológicos y cognitivos:** Su importancia se circunscribe a que tanto la integridad neurológica como las suficientes capacidades intelectuales son imprescindibles para el normal desarrollo del lenguaje. Por otra parte, las habilidades cognitivas y las competencias lingüísticas están estrechamente ligadas entre sí y con el procesamiento del lenguaje como tal.

Los mecanismos que ocurren en el cerebro para el procesamiento del lenguaje siguen dos vías:

- **La vía auditiva:** El cerebro, en su sección primaria, detecta el tono específico, la sonoridad y otras cualidades del sonido, mientras que en su porción secundaria interpreta el significado de las palabras habladas. Así mismo, el área de Broca es importante para la expresión del lenguaje y el área de Wernike es fundamental para la comprensión de los significados. Recordemos que ambas áreas están conectadas por el fascículo arqueado o fascículo arcuato y son centrales en el procesamiento del lenguaje, así como en los procesos de codificación y de decodificación.

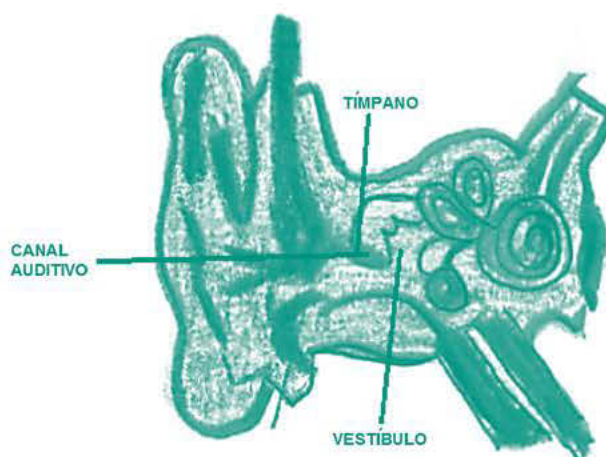
Imagen N° 41: Áreas del lenguaje en el cerebro



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

En su recorrido, el sonido ingresa al oído por el conducto auditivo externo. Luego, atraviesa la membrana del tímpano en forma de energía mecánica. Después, mediante la acción de la palanca de huesecillos ubicados en el oído medio, pasa hacia la ventana oval. Posteriormente, se dirige al oído interno, que es donde se sitúa la cóclea, convirtiéndose en energía eléctrica que viaja por el nervio vestíbulo coclear hacia el sistema nervioso central.

Imagen N° 42: Vía auditiva en el cerebro

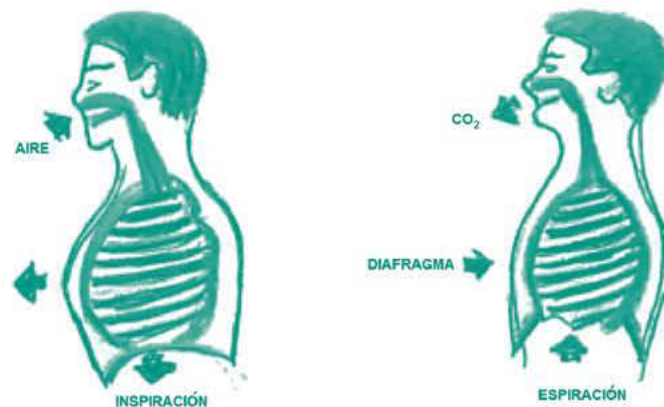


Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

- **La vía respiratoria:** Se ocupa del proceso respiratorio durante el habla, que consiste en captar el oxígeno del aire y en expulsar el dióxido de carbono que se produce en las células. El aire entra y sale de los pulmones mediante dos movimientos respiratorios que son la inspiración y la espiración. La respiración aporta tanto oxígeno a la sangre

como la cantidad de aire suficiente para poder mover los diferentes órganos y así estar en la capacidad de emitir sonidos y de hablar.

Imagen N° 43: Proceso respiratorio



Fuente: Archivo de imágenes del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendemos en la Diversidad.

Al momento del habla, las cuerdas vocales otorgan la posibilidad de vibración, se juntan e impiden el paso del aire respirado por los pulmones; luego, por la propia presión del aire, se abren y vuelven a cerrarse, produciendo así la voz. Cuando las cuerdas vocales están abiertas, el sonido es más fuerte, debido a una mayor presión del aire pulmonar. La glotis también es parte constitutiva de esta cavidad; es el espacio triangular que queda entre las cuerdas vocales.

5. Patologías del habla

Las patologías del habla pueden tener un origen de tipo evolutivo o de desarrollo, funcional, orgánico o audiógeno.

Tabla N° 2: Descripción de las patologías del habla

Nombre	Alteración	Características
Disfonía	En la voz	Es la alteración de la voz en cualquiera de sus cualidades. Su origen puede deberse al trastorno orgánico o funcional de las cuerdas vocales, a incoordinaciones musculares, vocales o respiratorias, o también a lesiones o anomalías de los órganos fonatorios. Se presenta como laringitis, tumores de la laringe, distonías de los músculos de las cuerdas vocales, voz bitonal o parálisis unilateral de las cuerdas vocales.
Afonía	En la voz	Es la pérdida total de la voz como consecuencia de una aguda inflamación de las cuerdas vocales.

Rinofonía	En la voz	Es la resonancia nasal presente en la voz.
Dislalia	En el habla	<p>Es el trastorno que se manifiesta en la articulación de fonemas por medio de sustituciones, de omisiones, de adiciones o de distorsiones.</p> <p>Dificulta, por tanto, la pronunciación o la formación correcta de ciertos fonemas o de grupos de fonemas.</p> <p>Es de tipo persistente, por lo que continúa más allá del periodo evolutivo del fonema implicado.</p> <p>En los/as niños/as, afecta una o varias articulaciones de fonemas, o sólo en la asociación de consonantes, convirtiendo al lenguaje en una jerga ininteligible.</p> <p>Los sonidos en los que se da una mayor incidencia de dislalias son los que requieren una mayor habilidad para su articulación, entre ellos /r/, /s/, /k/, /l/, /ch/ y /d/, así como los sífonos o las sílabas de consonante doble.</p>
Disartria	En el habla	<p>Es la alteración de la palabra.</p> <p>Está relacionada con las lesiones de las vías piramidales y extrapiramidales, con parálisis bulbares y pseudobulbares, y de la miastenia cerebelosa.</p> <p>La debilidad, la lentitud o la incoordinación muscular del aparato fonador pueden afectar todos los procesos básicos del habla, tales como la respiración, la fonación, la resonancia, la articulación y la prosodia.</p> <p>Los errores articulatorios son sus rasgos más comunes, seguidos por la incapacidad de la voz y por dificultades en la resonancia y en la fluidez del habla. Secundariamente, aparecen los trastornos de lectura y de escritura, así como las alteraciones en el desarrollo psíquico y las limitaciones del desarrollo de vocabulario y en el uso y en la comprensión de las estructuras gramaticales.</p> <p>No debemos confundirla con la desintegración fonética de la afasia de Broca.</p>
Tartamudez	En el habla	<p>Es la alteración en el ritmo del habla.</p> <p>Se caracteriza por la presencia de disfluencias y de repeticiones de sonidos, al igual que por bloqueos del habla en situaciones comunicativas.</p> <p>Se manifiesta mediante repeticiones de una sílaba al principio de la palabra o por la presencia de aspiraciones, de prolongación de sonidos o de pausas inadecuadas durante el habla.</p> <p>En su mayoría, este trastorno aparece en la etapa infantil y suele iniciarse en el curso de la instauración del lenguaje.</p> <p>Generalmente, es de tipo transitorio, con un 80% de recuperaciones.</p> <p>Podemos hablar de tres tipos de tartamudez:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La tartamudez o disfemia crónica: Las repeticiones son silábicas y con ligeros espasmos repetitivos. Por ejemplo, "Mamamamamañana". - La tartamudez o disfemia tónica: Los bloqueos son iniciales y con fuertes espasmos. Por ejemplo, "MMMMMañana". - Tartamudez o disfemia mixta: Combina la sintomatología de las dos anteriores. El arranque es costoso, pero una vez logrado el resto es soltado de golpe y sin control. Por ejemplo, "MMMMMañañañañaña".

Afasia	En el lenguaje	Es la incapacidad para la expresión oral o escrita, generalmente debido a una lesión en el hemisferio cerebral correspondiente. Se la debe distinguir de las anomalías debidas al desarrollo o al retraso del lenguaje, como en los casos de déficit mental o de retardo en la aparición del habla, al igual que de las disfasias y de las dislexias.
Disfasia	En el lenguaje	Es la adquisición del lenguaje cronológicamente retrasada, sin progresos y con graves dificultades para la comunicación. Las personas afectadas muestran una alteración persistente en la comprensión, en el procesamiento y en el uso del lenguaje, con dificultades específicas para su estructuración. Se manifiesta con déficits persistentes tanto a nivel comprensivo como a nivel expresivo, sin que exista un trastorno generalizado del desarrollo.
Mutismo	En el lenguaje	Es la desaparición total del lenguaje, de modo repentino o progresivo; se deja de hablar en determinados sitios o con determinadas personas. Puede deberse a un choque afectivo o histórico. En el contexto escolar, dificulta el aprendizaje. Se presenta frecuentemente en niños/as tímidos/as, altamente dependientes de sus padres o sus madres y a los/as que les cuesta ir a la escuela o que han sufrido algún trauma psicosocial. Para contrarrestar la patología, los/as niños/as suelen utilizar mucha mímica y gestualización.
Trastornos de la pragmática	En el discurso	Es la presencia de un discurso incoherente por bloqueo, dificultad de fluencia, digresión de respuestas inconexas, mezcla caótica del pensamiento o delirio. Se produce por trastornos de la comunicación debido a síndromes frontales y a síndromes hemisféricos derechos.

Elaboración propia.

Actividad práctica 1

Para el criterio SABER

Desarrolle definiciones para cada concepto importante de esta unidad temática.

Actividad práctica 2

Para el criterio HACER

Aplique los conceptos aprendidos para explicar a los padres y a las madres de familia sobre las patologías de la fonación.

Actividad práctica 3

Para el criterio SER

Explique las patologías de la fonación.

Actividad práctica 4

Para el criterio DECIDIR

Aprenda la correcta vocalización del lenguaje que enseña.

Bibliografía

- Berko, G.J. (2010). *El desarrollo del lenguaje*. España.
- Galeano, N. (2011). "Comunicación y lenguaje", presentación para el Sexto Taller Nacional de Capacitación del Proyecto Formación de Maestros/as en Educación Inclusiva en la Diversidad-Aprendamos en la Diversidad. La Paz.
- Guyton, A.C. (1989). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso. Neurociencia básica*. Buenos Aires.
- López, L.E. (1993 [1988]). *Lengua* (versión adecuada). Bolivia.
- Moya, O. (2010). *Fonética y fonología*. La Paz.
- http://www.slideshare.net/rociol_2011/fisiologia-audicion-y-equilibrio-presentation#btnNext
- <http://www.alfinal.com/orl/hipoacusia.php>

