



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Psicología

Maestría en Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica

Impacto de la terapia integración sensorial en el niño con trastorno de integración sensorial: Una herramienta para el neuropsicólogo

Tesis para obtener el grado de:
Maestra en Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica

Presenta:

Karina Barrera Morales

Director: Dr. Héctor Juan Pelayo González

Co-director: Dr. Eduardo Salvador Martínez Velázquez

Lectora: Dra. Rocío Frago Luzuriaga

Puebla, Puebla, Junio del 2022

RECONOCIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme otorgado la beca 10323558, y por apoyar a tantos estudiantes como yo a lograr su crecimiento profesional dentro del área de la neuropsicología.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) de la BUAP por el apoyo otorgado para la conclusión del proyecto “Impacto de la terapia de integración sensorial en el niño con trastorno de integración sensorial: Una herramienta para el neuropsicólogo”.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposo, Eduardo Peniche, por acompañarme en esta aventura y ser paciente, amoroso, comprensivo. Todo este proceso es tan mío como tuyo. Gracias por tener las palabras correctas en el momento indicado y ser mi más grande apoyo en momentos de incertidumbre. Te amo.

A nuestras familias, por cuidarnos a la distancia, estar pendientes y darnos palabras de aliento y cariño siempre que lo necesitábamos. Gracias, mamá y papá, por tanto apoyo que jamás lograré compensar.

Al Dr. Héctor Pelayo, la Dra. Rocío Fragoso, el Dr. Eduardo Martínez y el Dr. Alfonso Díaz por apoyarme en la conclusión, estructuración, reestructuración y desarrollo de esta tesis, especialmente en momentos tan inciertos.

Al Dr. Jesús Moo, por despertar mi interés en la neuropsicología y guiarme para encontrar mi camino en esta disciplina.

A la Mtra. Ana Alonzo, por ser un ejemplo, motivación, impulso y ventana de conocimiento sobre la práctica neuropsicológica infantil e introducirme en el conocimiento de la integración sensorial.

A la Mtra. Karina Chowanczak y a su equipo de la Fundación Pasos A.C., por abrir mi panorama sobre la integración sensorial a través de su diplomado en “Neurodesarrollo en Integración Sensorial”, sin duda me permitió comprender mejor muchos conceptos y me abrió el camino para seguir investigando.

A mis compañeros de generación, por ser tan luchones y motivarme a no rendirme antes las adversidades.

Índice

Introducción	7
Planteamiento del Problema.....	7
Objetivos.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos específicos.....	10
Justificación del estudio	10
Consideraciones metodológicas.....	12
Marco Teórico	14
Teoría de integración sensorial	14
Teoría de integración sensorial de Jean Ayres.....	14
Postulados y supuestos de la integración sensorial.....	17
El proceso y los principales componentes de la integración sensorial	18
Perspectiva neuropsicológica histórico-cultural y el desarrollo sensoriomotor en el niño.....	26
Sistemas sensoriales desde la neuroanatomía y la neuropsicología	33
Sistema Visual	38
Sistema Auditivo	41
Sistema Vestibular	43
Sistema Somatosensorial	46
La teoría de la integración sensorial desde la neurociencia	49

Trastorno de integración sensorial	54
Disfunción Integrativa Sensorial según Jean Ayres	55
Nosología del trastorno del procesamiento sensorial de Lucy Miller	59
Impacto del trastorno del procesamiento sensorial en el desarrollo infantil	66
Terapia de integración sensorial.....	69
Perfil y funciones del terapeuta de integración sensorial.....	74
Resultados de la terapia de integración sensorial en niños con trastornos del neurodesarrollo o alguna condición comórbida.....	75
Resultados de la terapia de integración sensorial en niños sin trastornos del neurodesarrollo 	78
Discusión	80
Una mirada desde la neuropsicología histórico-cultural a la teoría, nosología y terapia de integración sensorial.....	80
Trastorno de Modulación Sensorial.....	83
Trastorno de Discriminación Sensorial	87
Trastorno Motor de Origen Sensorial	92
Conclusiones	97
Referencias.....	101

Resumen

Mediante la terapia de integración sensorial propuesta por Jean Ayres, el terapeuta ocupacional busca mejorar la capacidad del sistema nervioso central para modular, organizar e integrar aquella información sensorial que llega para generar respuestas adaptativas en el niño (Serrano, 2019). La presente investigación busca revisar el impacto a nivel psicobiológico y neuropsicológico de una terapia de integración sensorial en niños sin trastornos en el neurodesarrollo, por medio de una revisión bibliográfica de tipo narrativa. Con este objetivo se revisaron 37 libros y 31 artículos desde la neurociencia, la neuropsicología y la teoría de integración sensorial de Jean Ayres. Diversos estudios han demostrado la relación entre el trastorno del procesamiento sensorial y diversos trastornos del neurodesarrollo desde el marco de la terapia ocupacional y han mostrado la efectividad de la terapia de integración sensorial. Del mismo modo, niños que parecen seguir un desarrollo típico pueden experimentar dificultades asociadas al desarrollo de sus habilidades de integración sensorial (Parham & Cosby, 2020) y verse beneficiados de la terapia de integración sensorial. Esto es concordante con lo expresado desde la neuropsicología histórico-cultural, donde se considera lo biológico como condición para que se genere el desarrollo psicológico (Vigotsky, 2000). La conceptualización de Luria es consistente a la presentada por su teoría de integración sensorial, al hablar sobre sistemas cerebrales que funcionan o trabajan de forma conjunta y dinámica para el desarrollo de funciones mentales superiores, y que estos sistemas maduran de forma independiente entre sí de acuerdo con las diversas experiencias del individuo con el ambiente (Ayres, 1992). Por lo tanto, el presente trabajo busca realizar un análisis de los resultados encontrados desde la teoría de integración sensorial para encuadrarla dentro del marco de la neuropsicología histórico-cultural para otorgar una síntesis para uso clínico del neuropsicólogo para el trabajo con niños con trastorno del procesamiento sensorial.

Palabras clave: Integración sensorial, Neuropsicología histórico-cultural, trastorno del procesamiento sensorial, trastorno del neurodesarrollo

Introducción

Planteamiento del Problema

Las sensaciones que llegan a nuestro cuerpo son información dispersa que tiene que ser organizada por el sistema nervioso central para que nuestro cuerpo y mente puedan ser capaces de adaptarse a las exigencias del ambiente (Serrano, 2019). Esto se logra por medio de la integración sensorial (IS), la cual es una capacidad que todos los niños deben ir desarrollando a través de la interacción con el ambiente e ir adaptando su cuerpo y cerebro a los cambios y retos físicos a los que se enfrentará en la infancia (Ayres, 1998). De esta forma la integración sensorial es uno de los factores que moldea la vida de todas las personas.

Este proceso será muy importante para el desarrollo psicológico y neuropsicológico del niño desde edades muy tempranas. Como Vigotsky (2000) señala, las estructuras psicológicas primitivas o primarias, las cuales están determinadas fundamentalmente por las características biológicas de la psique se componen de las reacciones del sujeto a los estímulos y poseen un marcado matiz afectivo. Dichas estructuras primarias se caracterizan por la integración de un complejo de toda la situación y la reacción a esta. Posteriormente, su destrucción y reorganización permitirá el paso al desarrollo de procesos superiores, a estructuras de orden superior.

Siguiendo esta lógica, es fácil entender como diferencias o deficiencias en el proceso de IS pueden afectar a los individuos en diferentes momentos de su desarrollo, desde su nacimiento y prevalecer a lo largo de toda la vida. Estas diferencias en la IS han sido encontradas muy comúnmente en ciertos grupos diagnósticos, como el Trastorno del Espectro Autista, Síndrome de X- Frágil y el Trastorno del Desarrollo de la Coordinación. Sin embargo, incluso individuos que no parecen manifestar una dificultad en el desarrollo pueden presentar dificultades significativas en diversos procesos de su vida cotidiana con relación a su habilidad de IS (Parham & Cosbey, 2020).

Ayres (1998) menciona que los problemas de IS en el niño pueden llevar a dificultades en diversos aspectos del desarrollo temprano del niño. Pueden presentarse dificultades en el desarrollo psicomotor (que permitirá desde la locomoción adecuada, hasta el desarrollo de praxias finas), dificultades para interactuar de forma apropiada en el juego, retrasos en el desarrollo del lenguaje, dificultades en el aprendizaje, alteraciones en la regulación del sueño, en la alimentación, en los procesos atencionales y en el funcionamiento emocional y social (Ayres, 1998; Serrano, 2019). Mediante la terapia de integración sensorial propuesta por Jean Ayres, el terapeuta ocupacional busca mejorar la capacidad del sistema nervioso central para modular, organizar e integrar aquella información sensorial que llega para generar respuestas adaptativas en el niño (Serrano, 2019).

Todos estos procesos y dificultades mencionados anteriormente le incumben al neuropsicológico clínico, específicamente en el área infantil, al ser un especialista que trabaja con niños y adolescentes con alteraciones cognitivas, de la conducta o académicas (Matute & Rosselli, 2010) relacionadas o no con problemas congénitos o con una lesión cerebral. No obstante, dentro del marco de la neuropsicología, no han surgido investigaciones relacionadas específicamente con la teoría, el trastorno y la terapia de integración sensorial bajo los supuestos y postulados planteados por Jean Ayres y sus seguidores.

Dentro de la psicología del desarrollo infantil, constantemente se considera con especial importancia al proceso sensoriomotor que surge en la infancia durante el desarrollo ontogénico. Por ejemplo, Piaget (1961) conceptualiza estos procesos dentro del concepto de inteligencia sensoriomotora, desarrollándola como “la forma de inteligencia que prepara, en el terreno de la acción elemental, aquello que más tarde serán las operaciones del pensamiento reflejo” (p. 7). Desde la psicología infantil, se considera el enfoque multimodal de la percepción que estudia cómo el bebé o el infante integra o coordina la información sensorial recolectada por medio de los sentidos, lo cual se relaciona con la capacidad de relacionar lo aprendido por medio de una canal sensorial con aquello aprendido a través del otro, llegando al desarrollo de una percepción multimodal (Feldman, 2007).

Al ser una esfera tan importante en el desarrollo infantil, en especial en etapas tempranas de desarrollo, uno esperaría que dentro de la neuropsicología infantil se considere con igual importancia dentro del proceso diagnóstico y de intervención. Desde la perspectiva histórico-cultural de la neuropsicología infantil, se reconoce la importancia de que el proceso terapéutico obedezca a las leyes de adquisición de las funciones y procesos cognitivos; al no enfocarse en una sola función sino también en aquellos procesos de orden inferior que sustentan a los procesos superiores y que se integran para la realización de diversas actividades a nivel cognitivo y nervioso (Pérez Mendoza et al., 2014). Desde esta perspectiva, se han realizado varias propuestas sistemáticas para la prevención y corrección de diversos trastornos, especialmente, aquellos relacionados con la atención, el aprendizaje y funciones cerebrales frontales (Taype-Huarca & Fernández-González, 2015). Sin embargo, la mayoría de los programas e intervenciones parecen centrarse en aspectos relacionados con las funciones psicológicas superiores y los mecanismos neuropsicológicos, especialmente aquellos relacionados con el funcionamiento cortical, dejando de lado los componentes de la integración sensorial que subyacen y/o respaldan dichas funciones superiores.

Por lo tanto, a lo largo de la presente investigación bibliográfica se buscará responder a la pregunta ¿Cuál es el impacto a nivel psicobiológico y neuropsicológico de una terapia de integración sensorial en niños sin trastornos en el neurodesarrollo?, con la finalidad de brindarle al neuropsicólogo un conocimiento sobre la utilidad de esta herramienta terapéutica para el tratamiento de niños con trastorno de integración sensorial y poder realizar predicciones sobre su funcionamiento neuropsicológico, el impacto que esté proceso terapéutico tendrá en su desarrollo neuropsicológico y su utilidad para el proceso de intervención neuropsicológica.

Objetivos

Objetivo General

Describir y analizar el impacto a nivel psicobiológico y neuropsicológico de una terapia de integración sensorial en niños sin trastornos en el neurodesarrollo

Objetivos específicos

- Revisar la teoría de integración sensorial propuesta por Jean Ayres incluyendo sus postulados y supuestos, así como la explicación del proceso y los componentes de la integración sensorial
- Revisar de forma general la perspectiva neuropsicológica histórico-cultural especialmente con relación a los procesos relacionados con la esfera sensorial en el desarrollo infantil.
- Describir los sistemas sensoriales (auditivo, visual vestibular y somatosensorial) y hallazgos sobre la integración sensorial desde la neuroanatomía y neuropsicología.
- Analizar los hallazgos desde la neurociencias con relación a los procesos, componentes y postulados principales de la teoría de integración sensorial.
- Explorar el trastorno de integración sensorial, su clasificación y modelos explicativos.
- Analizar el impacto de la terapia de integración sensorial en diversas poblaciones infantiles con y sin trastorno del neurodesarrollo.
- Realizar un análisis desde la neuropsicología histórico-cultural que permita realizar predicciones sobre el trastorno de integración sensorial relacionadas con el impacto de la terapia de integración sensorial en el niño sin trastorno del neurodesarrollo y su utilidad para el neuropsicólogo.

Justificación del estudio

La disfunción o trastorno de integración sensorial significa que “el cerebro no está organizando o procesando el flujo de impulsos sensoriales de manera que proporcione al individuo una información buena y precisa de sí mismo o de su mundo” (Ayres, 1998, p.69). Esto no permitirá al niño la organización y regulación de su comportamiento de forma eficiente, dificultará el aprendizaje y se

reflejará emocionalmente al no sentirse cómodo consigo mismo y con sus capacidades, al no poder cubrir las exigencias impuestas por el medio. De esta forma, el trastorno de integración sensorial tiene un efecto a largo plazo en la vida de las personas que lo padecen (Blanche, 2005)

La terapia de integración sensorial apoya al niño en el desarrollo de un proceso de integración sensorial natural cuando el cerebro no ha sido capaz de organizarse por sí mismo (Del Moral Orro et al., 2013). Este tipo de intervención, al generar cambios en la capacidad del niño y en las demandas ambientales, busca que el niño sea capaz de organizar una respuesta adaptativa de acuerdo con la información sensorial recibida para que se pueda desplegar el desarrollo de forma adecuada y, eventualmente, también tenga un impacto en la capacidad de aprendizaje académico (Ayres, 1992).

Por medio de diversos estudios neurocientíficos se ha observado que la interacción sensorial con el ambiente permite mejorar la estructura química y las funciones cerebrales (Ayres, 1998). Específicamente, estudios realizados en los sistemas sensoriales de animales han permitido observar cómo se generan cambios en los procesos cerebrales a través de la interacción con el ambiente por medio del uso de los sentidos y el movimiento (Ayres, 1992; 1998).

Diversos estudios desde el marco de la terapia ocupacional han permitido demostrar la efectividad de la terapia de integración sensorial en diversas poblaciones infantiles. Por ejemplo, en niños diagnóstico de Trastorno del Espectro Autista ha demostrado eficacia, mejorando su desempeño y comportamiento (Ayres & Tickle, 1980; Silva Costa & Lara Pfeifer, 2016), y en general, una disminución de los síntomas asociados al TEA (Ortiz Huerta, 2014). Sin embargo, la presencia de diversos diagnósticos médicos y de trastornos en el desarrollo en conjunto con el trastorno de integración sensorial crea dificultades al momento de diferenciar aquellos síntomas propios de la dificultad en el procesamiento sensorial de aquellos propios de la condición concomitante. No obstante, niños que parecen seguir un desarrollo típico pueden experimentar dificultades asociadas al desarrollo de sus habilidades de integración sensorial (Parham & Cosbey, 2020) y verse beneficiados de la terapia de

integración sensorial. Con el propósito de evitar en la medida de lo posible dicha confusión, se buscará llegar al análisis del impacto de la terapia de integración sensorial en población infantil con dicha dificultad, pero sin un trastorno del neurodesarrollo asociado.

Por otra parte, existe un gran vacío acerca de la terapia de integración sensorial desde otras disciplinas fuera de la terapia ocupacional. Reynolds y Reynolds (2010) expresan la falta de estudios que se centren en la efectividad de la terapia de integración sensorial para mejorar la función cerebral usando parámetro de evaluación neurológica. El estudio que llevaron a cabo demostró que la estimulación positiva del sistema neurosensorial, por medio de este tipo de terapia, puede mejorar el funcionamiento neurológico. Esto pone en evidencia, desde una perspectiva neurológica, la efectividad de la terapia de integración sensorial. Este vacío en la investigación, también se observa desde la neuropsicología, en la cual, hasta el momento, no hay estudio científicos que busquen analizar y explicar el impacto que la terapia de integración sensorial tiene en los mecanismos neuropsicológicos y el desarrollo de las funciones psicológicas.

Los estudios científicos existentes hasta el momento sobre el impacto y la efectividad de la terapia de integración sensorial en niños con trastorno de integración sensorial, especialmente desde el marco de la terapia ocupacional, servirán como una referencia para el análisis de cómo este impacto podría ser observado desde una perspectiva neuropsicológica histórico-cultural. A lo largo de la presente investigación, el despliegue de dicho análisis se realizará de tal forma que permita al neuropsicólogo clínico en el área infantil realizar predicciones sobre el funcionamiento neuropsicológico de los niños con trastorno de integración sensorial y, sobre cómo la terapia de integración sensorial impactaría en dicho funcionamiento neuropsicológico y en los procesos de intervención del neuropsicólogo.

Consideraciones metodológicas

El presente estudio es una revisión bibliográfica, la cual se define como un estudio detallado, selectivo y crítico que permite la integración de la información esencial desde una perspectiva unitaria

y de conjunto, y cuya finalidad es examinar la bibliografía publicada hasta el momento y situarla en cierta perspectiva (Guirao Goris, 2015). La información recopilada se ha desarrollado dentro del marco de la terapia ocupacional, en su mayoría por terapeutas ocupacionales y para terapeutas ocupacionales. El objetivo de este estudio es el análisis de la teoría, el trastorno y la terapia de integración sensorial con una perspectiva neuropsicológica desde el enfoque histórico-cultural para adentrar a los neuropsicólogos clínicos, especialmente aquellos dentro de esta perspectiva, a la terapia de integración sensorial y su incorporación en el trabajo clínico interdisciplinar.

El uso de la revisión bibliográfica se sustentará bajo el objetivo de la aplicación de la evidencia científica a la práctica y el cuidado (Guirao Goris, 2015). Esto permitirá al neuropsicólogo clínico identificar las evidencias científicas más actuales sobre la terapia de integración sensorial y tomar decisiones acertadas, actualizadas e informadas en su práctica clínica ante la intervención y tratamiento del trastorno de integración sensorial.

La presente revisión bibliográfica es de tipo narrativa, centrándose en la revisión de la literatura publicada, con el objetivo de identificar, analizar, valorar e interpretar el cuerpo teórico propuesto desde la teoría de la integración sensorial en el marco de la terapia ocupacional desde una perspectiva neuropsicológica histórico-cultural, especialmente para encontrar su papel como herramienta terapéutica para el trabajo clínico del neuropsicólogo histórico-cultural. Con este objetivo, se revisaron 37 libros y 31 artículos en formato impreso y digital. Los materiales digitales en su mayoría fueron adquiridos por medio de las plataformas APA PsycNet, EBSCO, PubMed, Web of Science y Scholar Google. Como criterio de inclusión de los libros y artículos relacionados con la terapia de integración sensorial, fue un requisito que la intervención tuviera en enfoque de integración sensorial propuesto por Jean Ayres, excluyendo aquellos que mostraran intervenciones relacionadas con la estimulación sensorial, estimulación multisensorial y/o terapia física u ocupacional sin un enfoque de integración sensorial explícito.

El proceso de la revisión empezó con la búsqueda y lectura de información sobre la teoría de integración sensorial desde Jean Ayres hasta los hallazgos y actualizaciones más recientes de sus seguidores. Por otro lado, también se recopiló información desde la perspectiva neuropsicológica que sirva como sustento teórico del desarrollo sensorial del niño y permitiera un análisis de la información de la integración sensorial recopilada. Al tener una mejor comprensión sobre la integración sensorial y sus aportaciones desde la terapia ocupacional se decidió recopilar información sobre los hallazgos científicos sobre el impacto de la terapia de integración sensorial en población infantil. Una vez recabada toda la información y se procedió al análisis conjunto de las propuestas realizadas por la teoría de integración sensorial como se observarían en el trabajo clínico del neuropsicólogo desde una perspectiva histórico-cultural.

Marco Teórico

Teoría de integración sensorial

Teoría de integración sensorial de Jean Ayres

La teoría de la integración sensorial surge desde la disciplina de la Terapia ocupacional y fue inicialmente desarrollada por la terapeuta ocupacional Jean Ayres, quien empezó a sentar las bases de su teoría a inicios de la década de 1950 con sus múltiples publicaciones científicas sobre el tema. Su teoría proporciona una importante base de conocimientos para los terapeutas ocupacionales, así como estrategias para trabajar los problemas de integración sensorial subyacentes que impactan en el desempeño del individuo en diversas áreas (Smith Roley et al., 2007), especialmente aquellos problemas asociados a la dispraxia y problemas de modulación sensorial (Bundy & Lane, 2020).

A través de su teoría, Ayres buscaba entender los procesos subyacentes al comportamiento y el desempeño ocupacional, especialmente, los procesos que impactaban en dicho desempeño (Del Moral Orro et al., 2013). Fundamentalmente, buscaba explicar la relación entre las dificultades en el

procesamiento de la información sensorial proveniente del ambiente y del propio cuerpo, y su relación con las dificultades en el desarrollo motor y el aprendizaje académico (Bundy & Lane, 2020). Con esta intención, se respaldó de los conocimientos generados por las neurociencias para brindarle una base científica sólida a su teoría y práctica clínica (Del Moral Orro et al., 2013). Por lo tanto, Ayres presenta la propuesta de una teoría neuroconductual, pero recuerda que al ser una teoría no debe ser vista como un hecho o una realidad, sino como una guía para la acción (Ayres, 1992). En este caso para la acción con aquellos niños con dificultades en el procesamiento sensorial.

Uno de los conceptos principales de la Teoría de Integración Sensorial es el de Integración Sensorial. Ayres (1998) define la integración sensorial de una manera sencilla como “la organización de sensaciones para su uso” (p.13). En otras palabras, es un proceso neurológico que permite organizar las sensaciones del propio cuerpo y el medio ambiente, y permite utilizar el cuerpo efectivamente en el entorno, para que el mundo adquiera sentido (Del Moral Orro et al., 2013; Serrano, 2019). Este proceso cerebral de organización de la información sensorial es inconsciente y permite otorgarle un significado a dicha información para actuar o responder a las diversas situaciones a las que se enfrenta el individuo (Serrano, 2019).

Como se menciona en las definiciones anteriores, este proceso de organización de las sensaciones en el sistema nervioso sucede a nivel neurológico de forma inconsciente para el individuo (Ayres, 1998; Del Moral Orro et al., 2013). Cuando información sensorial nueva llega al Sistema Nervioso Central, primero es procesada por las regiones del tallo cerebral y el cerebro medio (mesencéfalo). Sin embargo, el proceso de integración completa ocurre cuando la información sensorial llega a regiones superiores en la corteza cerebral (Reynolds & Reynolds, 2010). La integración es “uno de los principales mecanismos cerebrales que nos permiten generar una representación coherente del mundo y así hacer frente al torrente de información al que estamos sometidos de forma continua” (Velasco et al., 2011, p. 195).

Ayres (1998) describe las sensaciones como “energías que activan y estimulan a las células nerviosas e inician los procesos neurales” (p.13), “el alimento o nutrimento del sistema nervioso” (p. 48) y al cerebro como el encargado de organizar todas las sensaciones que percibe el cuerpo unificándolas o integrándolas para poder comportarse como normalmente, es decir, generar respuestas adaptativas. Las respuestas adaptativas surgen como respuesta a las sensaciones, pero tienen un propósito y una meta, es decir, están dirigidas a un objetivo (Ayres, 1998).

Las respuestas adaptativas solo pueden surgir si se realiza una integración sensorial adecuada (Serrano, 2019). Según Ayres (1998), esta respuesta adaptativa ayuda a la propia organización y al desarrollo del cerebro, señalando que la mayor organización sensoriomotora ocurre mediante una respuesta adaptativa a alguna sensación. Al llevar al cerebro a su estado máximo de organización, permite la maduración de las estructuras cerebrales (Serrano, 2019).

Antes de que se genere una respuesta adaptativa, el cerebro tiene que organizar adecuadamente las sensaciones del propio cuerpo y del medio circundante. Así, en conjunto, cada respuesta adaptativa produce una mayor integración de las sensaciones (Ayres, 1998). De esta forma, la integración sensorial se vuelve en requisito y producto de la generación de respuestas adaptativas.

A pesar de que Ayres (1998) considera importantes para el desarrollo a todos los sistemas sensoriales, realiza especial énfasis en el papel de los sistemas vestibular, propioceptivo y táctil (Serna et al., 2017). Desde la teoría de la integración sensorial, estos sentidos son especialmente importantes al ser los primeros en desarrollarse en el niño y al dominar las interacciones del niño con el mundo en etapas tempranas del desarrollo; mientras que la vista y la audición, gradualmente van adquiriendo dominancia. De esta forma, dichos sentidos proximales son percibidos como una base fundamental para el desarrollo y el aprendizaje infantil (Serrano, 2019).

A lo largo de la evolución de la teoría, los constructos centrales de la teoría de integración sensorial de Jean Ayres que relacionan el procesamiento del cerebro y las conductas observables han permanecido estables en el tiempo. Sin embargo, en su modelo inicial Ayres busca la vinculación de las disfunción integrativa sensorial con los procesos, habilidades y funciones conductuales y cognitivas superiores, señalando como diversas entradas sensoriales (especialmente la información vestibular, propioceptiva y táctil) influyen en las funciones superiores como el aprendizaje o el comportamiento motor planeado y dirigido a un objetivo específico. Actualmente, el término de la integración sensorial se ha ampliado para incluir los procesos de discriminación y modulación sensorial, relacionando la discriminación sensorial con el desarrollo de habilidades oculares, posturales y bilaterales, y las praxias sensoriomotoras y visomotoras; mientras que la modulación es concebida como la base que soporta la conducta, la atención, el nivel de alerta (Lane et al., 2020) y el afecto (Serrano, 2019).

Postulados y supuestos de la integración sensorial

La teoría de integración sensorial comprende 3 postulados bastante amplios que guían diferentes aspectos dentro de la teoría, estos se exponen a continuación (Bundy & Lane, 2020; Beaudry Bellefeuille, 2011 como se cita en Serna et al., 2017):

1. El aprendizaje depende de la habilidad para procesar e integrar las sensaciones y usarlas para la planeación y organización del comportamiento.
2. Un descenso en dicha habilidad puede tener como resultado una dificultad para la producción de acciones apropiadas que, de igual manera, puede interferir en el aprendizaje y el comportamiento, en el aprendizaje conceptual motor.
3. Las sensaciones generadas e integradas en el contexto de un desafío apropiado, es decir, de actividades significativas que conduzcan a la planeación motora y la organización, contribuyen a una mejoría en el procesamiento del sistema nervioso central. Este postulado sirve como base para la terapia de integración sensorial.

De igual forma la teoría de integración sensorial se conceptualiza bajo una serie de supuestos que se basan en relacionan con la base neurológica y comportamental, y que deben ser conocidos para entenderla. Estos supuestos que subyacen a la teoría y la terapia de integración sensorial son resumidos en 4 principales (Bundy & Lane, 2020; Beaudry Bellefeuille, 2011 como se cita en Serna et al., 2017):

1. El Sistema Nervioso Central tiene plasticidad neuronal; por lo tanto, las técnicas implementadas dentro del contexto de la terapia de integración sensorial producen cambios a nivel cerebral.
2. El cerebro funciona como un todo integrado. Este sigue una secuencia determinada de desarrollo y dónde los procesos de una etapa sirven como base para el desarrollo de comportamientos más complejos. De esta forma, el sistema nervioso posee una jerarquía, en la cual las funciones de integración de centros superiores dependen de la integridad de los inferiores y estas de la experiencias sensorio-motrices.
3. Las respuestas/interacciones adaptativas son críticas para el desarrollo de la integración sensorial. El comportamiento adaptado conduce a la integración sensorial.
4. El niño tiene una motivación intrínseca que los conduce al desarrollo de la integración sensorial por medio de la participación en actividades sensoriomotoras.

Bajo estos supuestos es que Ayres (1998) plantea que la terapia de integración sensorial, al buscar el mejoramiento y la maduración de niveles de funciones inferiores y menos complejas que permitan responder al ambiente, el niño se volverá más competente en niveles de funcionamiento superiores y más complejos.

El proceso y los principales componentes de la integración sensorial

Del Moral Orro et al. (2013) describen las 4 fases o subprocesos principales del procesamiento sensorial que conducen a la integración sensorial y a la producción de respuestas adaptativas. La información sensorial llega al sistema nervioso sensorial desencadenando el siguiente proceso:

1. Registro: “Permite tomar conciencia de cada estímulo por separado” (p. 5).
2. Modulación/Regulación: “Permite regular la intensidad con la cual percibimos el estímulo.” (p. 5).
3. Discriminación: “Permite la organización e interpretación del estímulo y distinguir su relevancia, características y cualidades específicas.” (p. 5).
4. Integración: “Une los estímulos significativos de los diferentes sentidos para interpretar las demandas del entorno y las posibilidades de nuestro propio cuerpo, para así poder elaborar una respuesta adecuada.” (p. 5).

Los primeros dos subprocesos, es decir, el registro y la modulación influyen en el nivel de alerta del individuo; mientras que, la discriminación y la integración, influyen estrechamente sobre la planeación motora, es decir, sobre las praxias. Igualmente, se considera que este proceso se da de forma secuencial, un nivel inferior afectando a los siguientes posteriores (Del Morral Orro et al., 2013).

Serrano (2019) describe este mismo proceso desglosándolo en 5 fases o etapas y describiéndolas de la siguiente manera, coincidiendo algunas de ellas con las descritas anteriormente:

1. Registro sensorial: Se refiere a la toma de conciencia de la sensación; sentir algo y darse cuenta de la presencia de la sensación
2. Orientación: Se refiere al proceso de atención y orientación selectiva hacia un estímulo sensorial en particular.
3. Interpretación: Es el proceso en el que se atribuye un significado a las sensaciones y éstas son interpretadas basándose en experiencias previas. También se relaciona con la asociación emocional al estímulo sensorial.
4. Organización de la respuesta: Proceso de selección de la respuesta cognitiva, afectiva y/o motora adecuada para decidir qué hacer y cómo hacerlo.

5. Ejecución de una respuesta: Paso final en el que se ejecuta la respuesta que se ha seleccionado y organizado anteriormente.

Como se puede observar, este proceso se percibe como una secuencia que va aumentando progresivamente en complejidad, e incluye los procesos ejecutorios y los procesos que permiten tomar consciencia sobre las sensaciones, es decir, los procesos perceptivos. Sin embargo, procesos como la modulación y la discriminación son considerados por autores como Schaff y Roley (2006, como se cita en Serrano, 2019) como componentes de la integración sensorial, no necesariamente señalando una secuencialidad u orden secuencial en estos procesos. De esta forma, Serrano (2019) describe los siguientes componentes para el proceso de la integración sensorial que pueden ser observados como parte de la respuesta adecuada y adaptativa que ha surgido a partir de una adecuada integración sensorial con un adecuado funcionamiento en todos los componentes:

- Registro sensorial
- Alerta
- Modulación sensorial
- Discriminación sensorial
- Habilidades motoras
- Praxis
- Organización del comportamiento

A nivel neuronal, la modulación se origina de la activación de entradas específicas de la célula que originan una excitación o inhibición de la información sensorial recibida (Lane, 2020b). A nivel psicofisiológico, la modulación “es el proceso que aumenta o reduce la actividad neural para mantener la actividad en armonía con todas las funciones del sistema nervioso” (Ayres, 1998, p. 91). Este proceso se da a nivel neurológico y comportamental (Serrano, 2019) y permite producir una respuesta adaptativa

eficiente. Hacer referencia a la reactividad que se observa en el niño, su capacidad de recuperación y al tiempo en que puede mantener un nivel de alerta adecuado ante el estímulo o la combinación de estímulos sensoriales (Serrano, 2019). De esta forma, las dificultades en la modulación tienen un impacto en la calidad de vida de las personas (Lane, 2020b).

Serrano (2019) menciona que “cuando la modulación funciona con eficacia, el niño regula su nivel de acción, de atención, de alerta y de afecto. Es decir, la modulación influye en el proceso regulador y es, a su vez, influenciada por él.” (p. 42). La alerta hace referencia a los estados de sueño y vigilia del niño durante el día, es decir, a la capacidad para mantenerse en un estado de sueño o vigilia y realizar una transición eficiente entre ambos. La atención se refiere a la capacidad que tiene el niño para enfocarse en una tarea o estímulo sensorial específico de forma selectiva. El afecto es el componente emocional del comportamiento del niño relacionando la sensación y la emoción. Finalmente, la acción se refiere a la capacidad que tiene el niño para generar un comportamiento adaptativo dirigido hacia un objetivo específico, lo cual implica la organización de la percepción y la cognición, y va más allá del simple movimiento (Serrano, 2019).

El componente de la discriminación sensorial es “la capacidad para interpretar la información sensorial de manera eficaz (Serrano, 2019, p. 44). Es una función neurológica compleja que se refiere a la capacidad para diferenciar entre dos estímulos distintos y contribuye a la habilidad del niño para moverse por el espacio, interactuar de manera eficiente con el ambiente y realizar actividades diarias básicas. La discriminación ocurre antes de la percepción consciente del estímulo sensorial; sin embargo, a pesar de no estar directamente relacionado con el esfuerzo consciente está estrechamente relacionado con la atención, la memoria y la toma de decisiones, influenciando el comportamiento (Lane & Reynolds, 2020).

Las habilidades motoras en realidad hacen referencia a un conjunto de habilidades, en las cuales se incluyen el control postural, las capacidades visomotoras y la coordinación bilateral motora (Serrano,

2019). Las habilidades inicialmente necesitaron de la planeación motora para ser aprendidas, pero posteriormente son realizadas espontáneamente. En el niño dispráxico se observa una escasez para el aprendizaje de estas habilidades motoras teniendo que recurrir a la planeación motora en cada ocasión (Ayres, 1998). El control postural se relaciona estrechamente con la propiocepción para tener una consciencia corporal y el sistema vestibular para tener un equilibrio adecuado para la estabilidad de la postura. La coordinación bilateral hace referencia al uso y coordinación de ambos lados del cuerpo para la realización de tareas motoras (Serrano, 2019).

La praxis es un concepto muy importante dentro de la concepción de la teoría de la integración sensorial. La praxis engloba el proceso de conceptualización y planeación de los actos motores, y requiere conocimiento de objetos y acciones, motivación y voluntad/intención en la acción (Cermak & May-Benson, 2020). Serrano (2019) la define como “la capacidad para concebir, organizar y realizar acciones no cotidianas” (p. 48) y que incluye tres fases: la ideación, la planificación/planeación motora y la ejecución. La integración sensorial es necesario para el adecuado desarrollo de estas fases. Ayres la concibe como un proceso neurológico que permite llegar de la cognición a la acción (Cermak & May-Benson, 2020).

Con organización del comportamiento se hace referencia a “la organización de las acciones de forma secuenciada, para dar origen a actuaciones, y la capacidad de situar estas actuaciones en un conjunto de rutinas de la vida diaria, que suceden en un horizonte de tiempo más amplio” (Serrano, 2019, p. 51). Para esto el niño necesita de la formación de un adecuado mapa espacial, un mapa cognitivo del espacio, y una organización en el tiempo. Ambos procesos surgen a partir de la capacidad de integración sensorial (Serrano, 2019).

Ayres (1992) menciona que los procesos de integración sensorial tienen como resultado la percepción y otros tipos de síntesis de la información sensorial que permiten que el hombre interactúe de manera efectiva con el ambiente. Plantea cuatro niveles del proceso de integración sensorial, los cuales

se desarrollan en conjunto, pero con ciertas funciones conduciendo a otras más complejas (Ayres, 1998). Al avanzar en cada nivel del proceso de integración sensorial, los resultados conductuales en el niño se van volviendo cada vez más complejos, lo cual se relaciona con un procesamiento sensorial eficiente (Bundy & Lane, 2020)

En su propuesta, Ayres (1998) representó esta relación entre integración sensorial y aprendizaje con una esquema más complejo, configurando cuatro niveles del proceso de integración sensorial. Este esquema se muestra en la Figura 1. Es importante señalar las observaciones Ayres (1998) hacia su propio esquema al momento de interpretarlo y analizarlo. Ella menciona que este esquema no representa adecuadamente la fluidez de estos procesos a lo largo de la vida del individuo. Por lo tanto, es importante recordar que, así como todo va desarrollándose en el niño como un conjunto, algunas funciones conducen al desarrollo de otras más complejas.

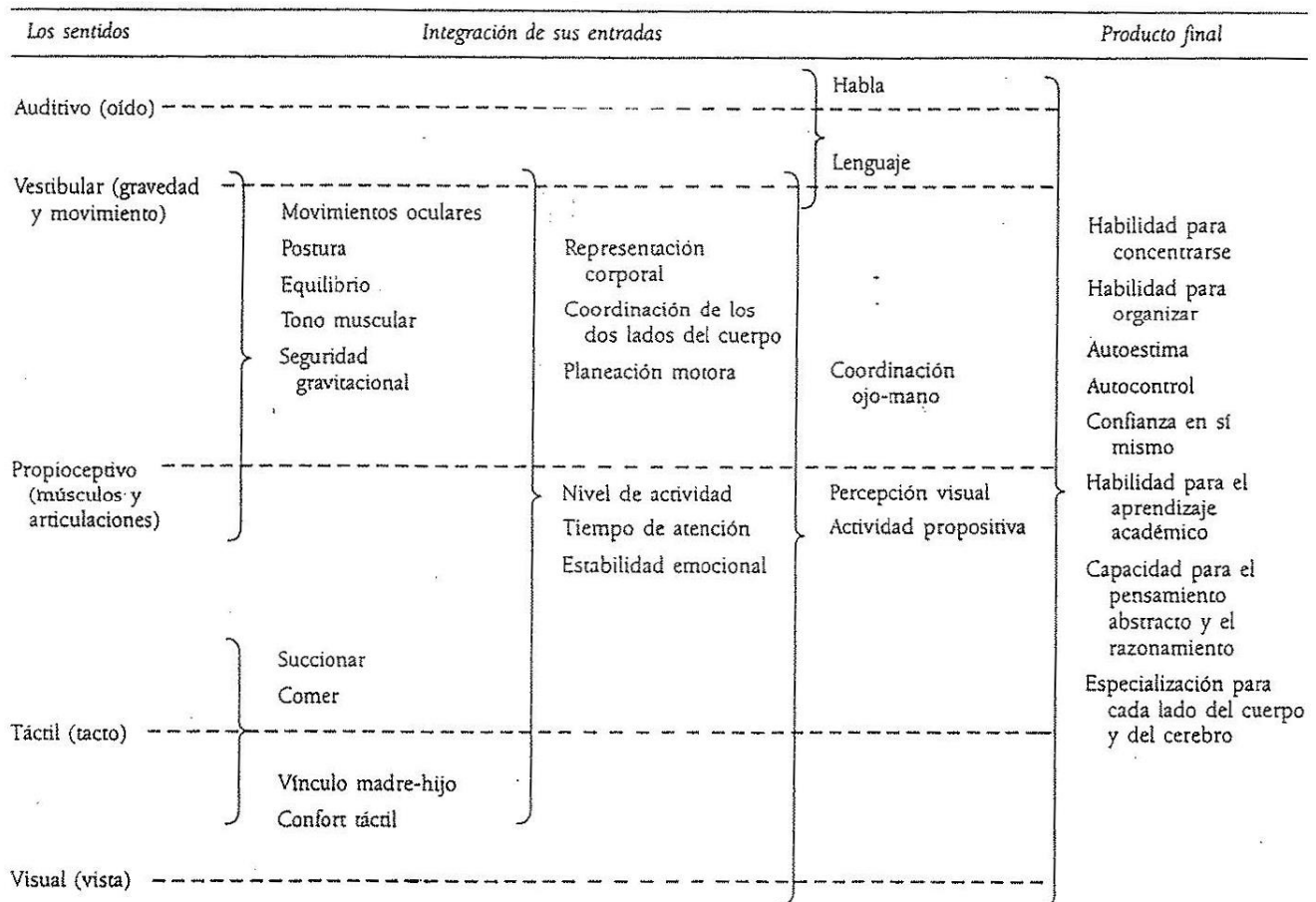


Figura 1. Representación esquemática propuesta por Jean Ayres del proceso de integración sensorial (Ayres, 1998, p.81).

En el primer nivel de integración o nivel primario de integración, la información vestibular y la propioceptiva se integran para el desarrollo y producción de movimientos oculares, la postura, el equilibrio, el tono muscular y la seguridad gravitacional. La información táctil produce la succión, alimentación, y el desarrollo del vínculo madre-hijo y el confort táctil. En el segundo nivel estos tres sentidos se integran para el desarrollo de la representación corporal, la coordinación bilateral, la planeación motora, la atención, el nivel de actividad y la estabilidad emocional. En el tercer nivel se integran las sensaciones auditivas y visuales, generando habilidades como el habla y el desarrollo del lenguaje, la coordinación ojo-mano, una percepción visual detallada y precisa, y la actividad propositiva. Finalmente, en el cuarto nivel, todo se integra para la formación de funciones cerebrales integrales como la organización del comportamiento, la concentración, la autoestima, el autocontrol, el aprendizaje académico, el pensamiento y el razonamiento abstracto, y la lateralización y especialización corporal y hemisférica (Ayres, 1998).

Bundy y Lane (2020) realizan un sencillo esquema que busca explicar la contribución de la integración sensorial al aprendizaje. Este esquema se muestra a continuación en la Figura 2

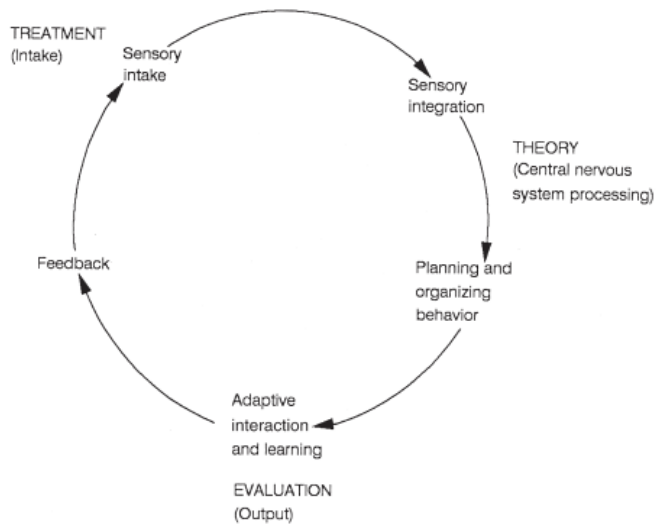


Figura 2. Representación esquemática de la contribución de la integración sensorial al aprendizaje de Bundy y Lane (2020, p. 5)

Este esquema muestra un proceso circular, el cual inicia con la entrada sensorial y culmina con una retroalimentación sensorial, para iniciar nuevamente el proceso con la incorporación de nueva información sensorial acompañada de la información sensorial de retroalimentación (Bundy & Lane, 2020).

Ayres señala que el proceso de integración sensorial es especialmente activo los primeros siete años de vida; etapa en la cual las respuestas adaptativas se caracterizan por ser principalmente motoras, lo que corresponde con la etapa del desarrollo sensoriomotor. Posteriormente, estas respuestas motoras se verán reemplazadas por las respuestas mentales y sociales que tienen como base los procesos sensoriomotores previamente adquiridos por el niño (Ayres, 1998). Por lo tanto, este proceso de integración sensorial sería la base para el posterior desarrollo a nivel emocional, cognitivo, motor y comunicativo (Del Moral Orro et al., 2013). Durante la infancia, crecen grandes cantidades de interconexiones entre las neuronas que se van produciendo a través de los impulsos sensoriales y motores. A través de la estimulación sensorial y la actividad motora estas interconexiones se moldean para formar

la base de los procesos sensoriales y motores que formaran parte de toda la vida de cada individuo (Ayres, 1998).

De esa forma, la integración sensorial será la base para diversas procesos físicos y mentales. Por ejemplo, para que el niño pueda quedarse sentado y quieto, necesita del apoyo de los sistemas vestibular y propioceptivo, así como del sistema neuromotor, para poder mantener un control postural, el cual sería la base fundamental para muchas otras habilidades académicas y procesos motores más complejos. En este mismo sentido, los sistemas táctil, vestibular, propioceptivo y visual proporcionan información sobre el desarrollo de la lectoescritura y que se encuentran comprometidos en niños con dificultades de aprendizaje (Smith Roley et al., 2007). De esta forma, la base para un buen desarrollo cognitivo y perceptivo será un adecuado desarrollo sensoriomotor (Beaudry Bellefeuille, 2006), es decir, que el proceso de integración sensorial es fundamental para el proceso del pensamiento (Kayser, 2007 como se cita en Reynolds & Reynolds, 2010).

Perspectiva neuropsicológica histórico-cultural y el desarrollo sensoriomotor en el niño

Como se ha mencionado anteriormente, desde la neuropsicología histórico-cultural no se ha realizado ningún análisis directo que mencione a la teoría de integración sensorial como tal dentro de su marco teórico. Sin embargo, a continuación, se buscará realizar una recopilación sintética de información proveniente en su mayoría desde esta perspectiva o que concuerde con sus principios teórico-metodológicos para posteriormente realizar un análisis y discusión más integradora de dicha información y de la teoría y terapia de integración sensorial desde la perspectiva neuropsicológica histórico-cultural.

La neuropsicología, en sus inicios, surge bajo las bases teóricas y metodológicas de A. R. Luria y posee sus propias características particulares. Sin embargo, esta solo puede ser comprendida bajo el marco de la psicología histórico-cultural de Lev Vigotsky y sus seguidores (Quintanar & Solovieva, 2008). La teoría neuropsicológica de Vigotsky y Luria es sistémica y dinámica, y enfatiza el papel de la interacción social entre el niño y el adulto para el desarrollo de las funciones psicológica superiores

(Akhutina & Pylaeva, 2012). Los principales principios propuestos dentro de la neuropsicología de Vygotsky-Luria enumerados por Akhutina y Pylaeva (2011) son:

- La socio-génesis de las funciones psicológicas superiores
- La estructura sistémica de las funciones psicológicas superiores
- La organización y localización dinámica de las funciones psicológicas superiores

“Las funciones psíquicas superiores del hombre constituyen complejos procesos autorregulados, sociales por su origen, mediatizados por su estructura, conscientes y voluntarios por el modo de su funcionamiento... las formas superiores de la actividad psíquica del hombre son de origen socio-histórico” (Luria, 2015, p. 34) Vigotsky a lo largo de sus obras, señala la importancia del medio social y como éste participa en el desarrollo del niño. “El medio desempeña el papel no de una condición, sino de la fuente del desarrollo” (Vigotsky, 2016a, p. 49). Igualmente, Vigotsky (2016a) señala que ante la presencia de alguna dificultad que interfiera en esta interacción, entonces, no podrán surgir en el niño las particularidades (propias del desarrollo sociohistórico) en el niño solo por las premisas hereditarias.

La estructura sistémica de las funciones psicológicas superiores hace referencia a que éstas constituyen el trabajo cerebral en forma de sistema funcionales complejo. Por su parte, un sistema funcional complejo “está integrado por diferentes sectores cerebrales, cada uno de los cuales corresponde a los diferentes eslabones o componentes que integran una función psicológica” (Quintanar & Solovieva, 2008, p. 150). Aunado a esto, se encuentra el principio de la localización dinámica que se refiere que está localización va modificándose con la edad y con el proceso de aprendizaje (Quintanar & Solovieva, 2008). “Así, el desarrollo motor humano de los primeros meses implica esencialmente la constelación de trabajo formado por los centros mesencefálicos que producen los refuerzos incondicionados y los integran progresivamente en modelos más diferenciados” (da Fonseca, 1998, p. 51).

Otro de los conceptos básicos que considera la neuropsicología histórico-cultural es el de factor, “entendido como el trabajo que realiza una zona cerebral altamente especializada... constituye el mecanismo psicofisiológico de las acciones y las operaciones y la unidad para el análisis cualitativo” (Quintanar & Solovieva, 2008, p. 161). A través de los trabajos de Luria y sus seguidores dentro de la neuropsicología histórico-cultural, se han descrito diversos factores que permiten realizar un análisis factorial; es decir, analizar los mecanismos psicofisiológicos de la actividad (Quintanar & Solovieva, 2008) y así determinar el factor común que explique las dificultades observada en la actividad del sujeto (Luria, 1979).

A continuación, se realizará un pequeño listado basado en los mecanismos (o factores) neuropsicológicos que se han mencionado y relacionado con dificultades en el proceso del aprendizaje desde la perspectiva histórico-cultural (Solovieva et al., 2008):

- Programación y control
- Organización secuencial de movimientos y acciones
- Oído fonemático
- Análisis y síntesis cinestésica
- Retención audio-verbal
- Retención visual
- Perceptivo analítico
- Perceptivo global
- Fondo general de activación inespecífico (tono cortical)
- Fondo general emocional inespecífico

A pesar de que la perspectiva histórico-cultural se centra y pone su atención principalmente en el análisis e investigación al papel del medio social, y la interacción social entre el niño y el adulto para el desarrollo psicológico infantil, no olvida la importancia del aspecto biológico en su análisis sobre el

desarrollo. Vigotsky (2000) señala la importancia del fondo biológico en el cual transcurre el desarrollo infantil, en la formas y fases en la que este se entrelaza con lo sociocultural. De este modo, debe surgir cierto grado de madurez y estructura biológica, como premisa para el desarrollo de las formas superiores de conducta. “Al ser ante todo un organismo, su desarrollo está supeditado a las leyes biológicas generales” (Liublinskaia, 1965, p. 57).

“Las sensaciones constituyen la fuente principal de nuestros conocimientos acerca del mundo exterior y de nuestro propio cuerpo” (Luria, 1994, p. 9). Las sensaciones tienen un carácter activo y selectivo, que incluyen en su estructura componentes motrices. Estas sensaciones aisladas son transformadas en una percepción integral (Luria, 1994). “La percepción íntegra del sujeto surge como resultado de una compleja labor analítico-sintética, que destaca los rasgos esenciales y mantiene inhibido otros que no lo son” (Luria, 1994, p. 60). Liublinskaia (1965), citando a Rubinstein, menciona que “cualquier estímulo que perciba el sistema nervioso del individuo actúa a través de las condiciones internas” (p. 38), por consiguiente, “todas las relaciones del organismo con el medio se expresan en sus actos de respuesta (reacciones) al sistema de estímulos que provienen tanto del medio externo como del interior del propio organismo” (p. 38).

En etapas tempranas de desarrollo, los procesos sensoriales (considerados relativamente simples) sirven de base para la formación de las funciones psicológicas superiores; por lo tanto, desempeñan un papel decisivo (Luria, 2015). En el proceso de desarrollo de la corteza cerebral esta comienza a cumplir el papel de órgano analizador, es decir, desempeña funciones de integración sensorial extremadamente compleja (Liublinskaia, 1965). Leontiev (1978) describe la actividad, en sus etapas iniciales (es decir, en la infancia temprana) como una actividad sensorial. Esta actividad sensorial permitirá el contacto práctico del niño con los objetos del mundo que lo rodea. La actividad es concebida como el mediador que permite que los objetos puedan adquirir su forma subjetiva en el individuo. Por lo tanto, es mediante la actividad que el niño podrá integrar los estímulos sensoriales del ambiente.

De esta forma, “el sistema de aferencias que determina el acto motor varía en las distintas etapas en la ontogénesis y en las diferentes condiciones de realización del movimiento” (Luria, 2015, p. 204). La estructura psicológica y psicofisiológica de los movimientos voluntarios del niño sufre cambios importantes durante el desarrollo. En etapas prenatales y posnatales del desarrollo, los movimientos se determinan casi exclusivamente por la información interoceptiva y propioceptiva. Posteriormente, durante todo el primer año de vida, en el niño se van formando estos movimientos voluntarios complejos y voluntarios que reciben información aferente (sensorial) y estos empiezan a apoyarse en complejos sistemas de síntesis aferentes (Luria, 2015), es decir, de información sensorial proveniente de diferentes vías sensoriales integradas como un todo. Estos actos motores complejos, voluntarios que tienen como base una aferencia integrada, se integrarán con el lenguaje, el cual tiene un papel decisivo para la formación estructural de los mecanismos internos del movimiento y las acciones voluntarias (Luria, 2015).

El desarrollo de la psicomotricidad es uno de los primeros procesos en surgir en la infancia temprana. Cumple un papel muy importante para su desarrollo el papel de los padres en sus interacciones con el niño al influir en el desarrollo de funciones motoras específicas y en los sistemas vestibular y propioceptivos del niño, así como regular el estado de ánimo para la modulación de los sistemas de control postural conduciendo al desarrollo psicomotor. De esta forma el papel del adulto se vuelve el de guía de aquellas aferencias posturales que conducen las reacciones corporales que construyen el comportamiento motor del niño. Estas acciones posturales y motoras precederán y servirán como base para el surgimiento de las acciones mentales (Trápaga Ortega et al., 2018)

El desarrollo cerebral en la infancia repercute en muchos aspectos del desarrollo como, por ejemplo, en el aumento de las habilidades motoras. El desarrollo de las áreas cerebrales encargadas de los procesos sensoriales y motores permite grandes progresos en las habilidades motoras gruesas y finas durante la infancia, lo cual lleva gradualmente a una mayor independencia en el desplazamiento, el juego

y la capacidad de cuidado personal. Las habilidades motoras desarrolladas por el niño se van combinando entre sí para formar sistemas de acción; es decir, combinaciones de acciones que van aumentando en complejidad y posibilitan movimientos más precisos, complejos y un mayor control de ambiente que lo rodea (Papalia & Feldman, 2012).

En cuanto a las habilidades perceptivas desde edades muy tempranas se relacionan con el hecho de que las conexiones cerebrales que surgen durante esta actividad permiten la integración y organización de la información sensorial en sistemas categoriales que facilitan el reconocimiento de las realidades y experiencias, a través de la formación de una percepción intermodal (coordinación intersensorial). De la misma forma, se asume que muchas dificultades en el aprendizaje surgen a partir de dificultades en esta capacidad de integración perceptiva (Lizaso Elgarresta et al., 2014). Para la formación de una percepción compleja, es necesaria la actividad orientativo-investigativa realizada por medio del movimiento a través de la palpación para la palpación táctil y de los movimientos oculares para la percepción visual, y de la retroalimentación auditiva y propioceptiva que proporciona la articulación activa de los sonidos para la percepción auditiva. Estos componentes motores de la percepción permiten destacar las características más importantes de los estímulos y asociar la información recibida en una imagen íntegra (Luria, 1994)

Numerosos modelos han tratado de establecer la relación entre la maduración cerebral y el desarrollo cognitivo y la más reconocida por el momento es aquella que se basa en el proceso de desarrollo de los sistemas funcionales de A. R. Luria, en la cual se usa su modelo de las 3 unidades funcionales cerebrales (Rosselli & Matute, 2010):

1. Primera unidad funcional: Esta unidad es la encargada de regular el tono cortical, el mantenimiento de la vigilia para el curso adecuado de la actividad mental (Luria, 1979). Se desarrolla entre el nacimiento y el primer año de vida, y está conformada por la formación reticular y sus conexiones con la corteza cerebral y el sistema límbico (Rosselli & Matute, 2010).

2. Segunda unidad funcional: Esta unidad está encargada de la recepción, análisis y almacenaje de la información sensorial (Luria, 1979). Está conformada por las áreas primarias y de asociación de la corteza cerebral (áreas secundarias y terciarias) de los lóbulos occipital, temporal y parietal. Las áreas primarias logran un desarrollo completo para el año de vida, las secundarias alcanzan su desarrollo para los 5 años y las terciarias hacia los 7 y 12 años (Rosselli & Matute, 2010).
3. Tercera unidad funcional: Esta unidad está encargada de la programación, regulación y verificación de la actividad consciente (Luria, 1979). Está conformada por las áreas primarias, secundarias y terciarias de los lóbulos frontales. Las áreas primarias y secundarias (función motora) se desarrollan dentro de los primeros 5 años de vida, mientras que las áreas terciarias alcanzan su madurez funcional hasta la adolescencia o adultes temprana (Rosselli & Matute, 2010)

“Los procesos mentales del hombre en general y su actividad en particular, siempre tienen lugar con la participación de las tres unidades, cada una de las cuáles tiene su papel que ejercer y en los procesos mentales y aporta su contribución a la realización de estos” (Luria, 1979, p. 43). Durante el desarrollo infantil se necesita del funcionamiento de las áreas primarias para el adecuado funcionamiento de las áreas secundarias y el posterior desarrollo de las terciarias. De esta forma la disfunción de las zonas inferiores llevará a una disfunción en las zonas superiores (Luria, 1980 como se cita en Trápaga Ortega, et al., 2018).

Al hablar sobre el desarrollo del sistema nervioso y su relación con el desarrollo de las funciones psicológicas superiores, Vigotsky (2016b) señala varias leyes que se vuelven importantes para entender el papel de zonas cerebrales inferiores (altamente implicados en los procesos de integración sensorial) en el desarrollo de aquellas superiores. En la primera ley, plantea el paso de las funciones hacia arriba, “esto significa que aquellas funciones que en los estadios iniciales del desarrollo se realizan en los centro inferiores, en los sectores inferiores del cerebro, durante el desarrollo comienzan a realizarse en los

centros más altos” (p. 21). En la segunda ley, plantea una aclaración importante sobre dicho traslado señalando que “durante el paso de las funciones hacia arriba, los centros inferiores que antes realizaban esta función, no se separan totalmente de dicha función, sino que se conservan como una instancia subordinada a la actividad de los centros superiores” (p. 24). Aquí se observa nuevamente la idea del funcionamiento cerebral como un sistema funcional analizado anteriormente.

Entonces, como señala Ayres (1998), los procesos corticales dependen de los procesos inferiores, tanto de los procesos inferiores de los mismos hemisferios cerebrales como del tallo cerebral. Por lo tanto, aquellas áreas cerebrales inferiores encargadas de procesos sensoriales, relacionadas con la integración sensorial, que son de gran importancia para el desarrollo psicológico del niño, no desaparecen al subordinarse a áreas cerebrales superiores, sino que prevalecen en el funcionamiento psicológico del individuo a lo largo de su vida y sirven de base para el desarrollo de aquellas funciones psicológicas superiores.

Sistemas sensoriales desde la neuroanatomía y la neuropsicología

El sistema nervioso central (SNC) está compuesto por la columna vertebral y el cerebro (Kolb & Whishaw, 2015); mientras que, el sistema nervioso periférico, formado por los nervios craneales y espinales (Waxman, 2011) se divide en el sistema nervioso somático (SNS) y el sistema nervioso autónomo (SNA) (Kolb & Whishaw, 2015). El sistema nervioso somático se encarga de la inervación de las estructuras periféricas del cuerpo, como los músculos, la piel y las membranas mucosas (Waxman, 2011). Éste transmite la información sensorial entrante al SNC y en respuesta produce los movimientos (Kolb & Whishaw, 2015) por las vías eferentes. El sistema nervioso autónomo se encarga de la actividad de músculos lisos y las glándulas de las vísceras y los vasos sanguíneos; también envía información sensorial al encéfalo (Waxman, 2011). Por medio del sistema nervioso simpático se encarga de la función de excitación (lucha o huida), y por medio del sistema nervioso parasimpático se encarga de la función de inhibición (relajación y digestión) (Kolb & Whishaw, 2015)

Cuando hablamos del funcionamiento del sistema nervioso central, es importante recordar, como su nombre lo dice que este funciona como un sistema. Existen patrones de conexión entre las neuronas los cuales permiten la aparición de comportamientos específicos, hasta las conductas simples necesitan de la actividad conjunta de diversos grupos de neuronas (Kandel et al., 2001). La conducta humana se caracteriza por la respuesta a estímulos del entorno, que, a través de la sensación y la percepción, permiten la elaboración de una respuesta adecuada al contexto.

“El cerebro es una red biológica dinámica” (Zillmer et al., 2008, p. 177) Como señalan Kandel et al., (2001), “el sistema nervioso central consiste en varios sistemas funcionales diferenciados” (p. 323). Luria (2015), utilizando el concepto de Anojin, señala que, cuando hablamos de las funciones corticales, estamos haciendo referencia a sistemas funcionales. “El rasgo sustancial del sistema funcional consiste en que, por lo común, se apoya en una constelación dinámica de eslabones, situados en diferentes niveles del sistema nervioso y que, estos eslabones, pueden cambiar, aunque la propia tarea no se inmute” (Luria, 2015, p. 25). Igualmente, Luria (2015) citando a Bernstein, señala que, en la estructura del sistema funcional, los elementos inicial y final (es decir, la tarea y su consecuencia) siempre permanecen iguales; sin embargo, los componentes o elementos intermedios pueden modificarse o irse modificando.

Kandel et al. (2001) enumeran cinco principios que caracterizan la organización del sistema nervioso:

- “En cada sistema funcional intervienen varias regiones del encéfalo que desempeñan diversas tareas de procesamiento de la información” (p. 323)
- “Los componentes de un sistema funcional están conectados por vías identificables” (p. 323)
- “Cada parte del encéfalo se proyecta de manera ordenada hacia la siguiente, creando así mapas topográficos” (p. 323)

- “Los sistemas funcionales tienen una organización jerárquica” (p. 323)
- “Los sistemas funcionales de un lado del cerebro controlan el lado contrario del cuerpo” (p. 323)

Los sistemas sensoriales hacen referencia a “la organización funcional mediante la cual un organismo procesa información del ambiente externo e interno” (Quintanar Stephano, 2011, p. 67). Estos sistemas están compuestos por un conjunto de estructuras que recogen información de los órganos sensoriales y conducen la información sensorial hacia la corteza cerebral; por este medio, el individuo es capaz de adquirir conocimiento del mundo circundante y también sobre su propio cuerpo. Este proceso es llamado sensopercepción (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

Las sensaciones permiten la vinculación de las personas con el mundo exterior, permiten que perciba las señales y se genera un reflejo de las propiedades y características de las cosas del mundo exterior y de los estados internos del propio individuo. Por lo tanto, las sensaciones son una fuente esencial de conocimiento, lo cual las hace una condición principal para el desarrollo psíquico del ser humano (Luria, 1994). “Las sensaciones unen al hombre con el mundo exterior” (Luria, 1994, p. 11). Sin embargo, los procesos del reflejo del mundo externo rebasan los marcos de las sensaciones aisladas formando imágenes integrales, realizando una síntesis de las sensaciones sueltas en una percepción integral (Luria, 1994).

Los sistemas sensoperceptivos no solo transmiten información sensorial, sino que la transforman. Esta transformación permite la construcción de las representaciones internas o mentales de la realidad y a partir de este conocimiento del mundo y de su propio cuerpo, el ser humano es capaz de elaborar conductas, almacenar información y experimentar emociones (García-Porrero & Hurlé González, 2015). En el proceso sensoperceptivo, no se reciben impresiones aisladas del mundo, sino un conjunto de impresiones que es llamado sensación. Por otro lado, la percepción implica la capacidad de interpretar

conscientemente las sensaciones, y así, poder obtener o crear una imagen interna de los estímulos (Quintanar Stephano, 2011).

Un sistema sensorial es aquel en el cual la información se dirige de la periferia hacia la médula espinal y al cerebro desde receptores periféricos (Barker & Barasi, 2010). La mayoría de los sistemas sensoriales están anatómicamente mapeados en áreas corticales específicas que se encargan de su procesamiento primario, y posteriormente, la información pasa a zonas secundarias que se encargan del proceso de percepción. La información recibida está formada por fragmentos y necesita del procesamiento cerebral para otorgarle un sentido (Zillmer et al., 2008).

Los sistemas sensoperceptivos son el somatosensorial, auditivo, visual, vestibular, gustativo y olfatorio. En general, todos tienen un diseño anatómico común que se caracteriza por tres estructuras, que son los receptores, las vías de información y las áreas receptoras corticales (García-Porrero & Hurlé González, 2015), es decir, siguen una organización jerárquica similar (Kolb & Whishaw, 2015). Todos los sistemas sensoriales con excepción del olfato siguen una vía que pasa a través del tálamo, específicamente en el núcleo ventral, donde realizan sinapsis, posteriormente de ahí, se dirigen a áreas corticales especializadas (Moller, 2003; Zillmer et al., 2008). La organización de estos complejos sistemas de neuronas es la base anatómica del procesamiento jerárquico y paralelo de la información sensorial (Moller, 2003).

La sensación inicia en los receptores con el proceso de transducción (Zillmer et al., 2008). Los receptores son células especializadas que transducen o convierten la energía (física o química) en actividad neuronal (Kolb & Whishaw, 2015), es decir, detectan estímulos sensoriales y los transforman en impulsos nerviosos (García-Porrero & Hurlé González, 2015). El proceso de transducción divide en dos fases: primero, se da la conversión de la energía del estímulo en energía electroquímica y después, ese potencial generador es convertido en impulso nervioso (potencial de acción) (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Los receptores se pueden clasificar por su localización en telerreceptores,

exteroceptores, interoceptores y propioceptores; o por el tipo de estímulo sensorial que detectan en mecanorreceptores, quimiorreceptores, termorreceptores, fotorreceptores y nociceptores (Quintanar Stephano, 2011). Igualmente, pueden ser clasificados por sus características morfológicas en terminaciones libres, terminaciones nerviosas encapsuladas y células especializadas (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

Cada sensación tiene cuatro dimensiones básicas, que son la espacialidad, la temporalidad, la modalidad y la intensidad. La espacialidad y la temporalidad hablan de la posición y la duración del estímulo, relacionando la sensopercepción con el medio externo o interno. La modalidad permite definir el tipo de sensación, es decir, si es visual, auditiva, táctil, etc. Por último, la intensidad hace referencia a la amplitud del potencial receptor o la frecuencia de descarga, es a una expresión cuantitativa de la sensación (Cardinali, 1992).

Los receptores realizan sinapsis con neuronas sensitivas que se encuentran en centros de integración refleja o consciente (Quintanar Stephano, 2011). Como se mencionó anteriormente, las vías sensoriales (con excepción de la olfativa) se forman por cadenas de neuronas que llegan hasta la corteza cerebral. Típicamente, estas cadenas están formadas por tres eslabones que pasan por dos núcleos de relevo antes de llegar a la corteza (García-Porrero & Hurlé González, 2015). En cada sistema sensorial, estos relevos neuronales se encuentran en la columna vertebral, en el tallo cerebral y en el neocórtex (Kolb & Whishaw, 2015)

La primera neurona de esta cadena tiene el cuerpo neuronal por fuera del SNC, en los ganglios sensitivos de los nervios espinales o craneales. Estas neuronas son de tipo monopolar con un axón que se dividen en dos ramas: una rama periférica y una central. Posteriormente, la información sensorial hace relevo en el cuerpo de una segunda neurona que se ubica en los núcleos receptores o sensitivos, cuyos axones viajan para terminar en el tálamo. Estas segundas neuronas se caracterizan por que en alguna parte del trayecto se realiza un cruzamiento llamado decusación sensitiva. Una vez alcanzado el tálamo,

se realiza sinapsis en una tercera neurona en núcleos específicos, como el ventral posterior, el cuerpo geniculados lateral y el geniculado medial. Los axones de estas neuronas se dirigen por medio de la cápsula interna y el centro oval hacia las áreas sensitivas primarias de la corteza cerebral. Sin embargo, algunos axones no van directamente a la corteza, sino que se dirigen a núcleos asociativos del tálamo, donde realizan sinapsis y los axones que salen de estos núcleos se dirigen igualmente por la cápsula interna y el centro oval para terminar en las áreas sensitivas secundarias (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

En las vías visual, auditiva y somestésica se han diferenciado dos vías neuronales ascendentes, la vía clásica y la vía no clásica. Estas difieren en que la vía clásica realiza una interrupción en su transmisión sináptica en el núcleo ventral del tálamo, a partir de donde, las neuronas proyectan a las zonas primarias de la corteza; mientras que la vía no clásica, usan el núcleo dorsal y medial del tálamo, y sus axones transmiten a zonas secundarias y de asociación de la corteza (Moller, 2003).

Sistema Visual

La visión proporciona una vía muy rica para la adquisición de conocimientos sobre el mundo circundante, como por ejemplo la naturaleza de los objetos y su ubicación en el espacio; de esta forma, permite el desenvolvimiento de forma física y socialmente adecuada. El sistema visual permite la elaboración de una interpretación del mundo, la cual permite la supervivencia a partir de la información luminosa que es captada por los ojos (Triviño Mosquera et al., 2019). A partir de esta gran cantidad de información es posible “construir un rico universo interior de imágenes mentales” (García-Porrero & Hurlé González, 2015, p.269).

Esta información visual llega a los ojos en forma de ondas electromagnéticas que provienen de los objetos del mundo externo (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Sin embargo, los ojos solo son capaces de captar y procesar una fracción de información lumínica que se encuentra entre los 400 y 500 nanómetros (Triviño Mosquera et al., 2019). Los objetos reflejan luz con diversos grados de luminosidad

y la visión se construye a partir de la comparación de contrastes (Cardinali, 1992). Esta luz atraviesa de forma secuencial la córnea, el humor acuoso, la pupila, el cristalino, el humor vitreo y la retina neural de adentro hacia afuera hasta alcanzar los conos y bastones (Puelles López et al., 2008). Los conos y los bastones son los fotorreceptores que convierten la luz en impulsos nerviosos (García-Porrero & Hurlé González, 2015), es decir, se genera el proceso de transducción (Triviño Mosquera et al., 2019).

La retina proyecta a regiones subcorticales del encéfalo (Kandel et al., 2001) enviando la información desde las celular ganglionares hacia distintas zonas como el tálamo, el hipotálamo y el mesencéfalo (Barker & Barasi, 2010). La retina se proyecta formando el nervio óptico que está formado por fibras nerviosas conteniendo axones de la capa interna de las células ganglionares de la retina, pasan a través del canal óptico para formar el quiasma óptico, donde las fibras pertenecientes a la parte nasal de la retina cruzan dentro del quiasma óptico y aquellas que provienen de la mitad lateral no se cruzan. Esto permite que el hemisferio izquierdo reciba la información contralateral del lado derecho del campo visual y viceversa (Waxman, 2011).

En las células ganglionares de la retina se pueden identificar 3 tipos de células formando diversos sistemas, enviando información a diferentes regiones cerebrales y ejeciendo funciones diferenciadas. Un tipo son las células X que forman el parvosistema, las cuáles proyectan exclusivamente al cuerpo geniculado lateral y son responsables del análisis visual y fino, y de las selectividad cromática. Otro tipo son las células Y que forman el magnosistema y proyectan al cuerpo geniculado lateral y al área tectal; al tener un tipo de respuesta dinámico participan en el análisis de la forma y el movimiento con una respuesta acromática. Por último, se identifican las células W que se proyectan al área tectal y el núcleo supraquiasmático del hipotálamo, participando en reflejos oculares y oculomotores, y algunos neuroendocrinos (Cardinali, 1992).

La vía visual principal es la geniculo-estriada, la cual pasa a través del núcleo geniculado lateral del tálamo hacia la corteza visual primaria (V1 o área 17 de Brodmann) (Kolb & Whishaw, 2015);

tambipen es llamada corteza calcarina o corteza estriada (Waxman, 2011). Tanto el área V1 como el núcleo geniculado lateral tienen una organización retinotópica (Grondin, 2016). De esta forma, el área V1 contiene un mapa retinotópico que mantiene la misma relación topográfica mapeados en la retina (Zillmer et al., 2008). La corteza visual primaria se proyecta hacia otras regiones corticales secundarias o de asociación (Moller, 2003); también llamadas corteza extraestriada (Waxman, 2011). Se distinguen dos vías cerebrales para el procesamiento de la información visual. Una es llamada la vía magnosparietal o vía dorsal, la cual proporciona información sobre el “dónde” y el “cómo” de la visión; mientras que la vía parvotemporal o vía ventral se relaciona con el “qué” de la información visual (Grondin, 2016).

También coexisten vías visuales consideradas no clásicas, una que proyecta al colículo superior del mesencéfalo y otra que involucra el núcleo pretectal y el núcleo pulvinar del tálamo (Moller, 2003). La vía tecto-pulvinar tiene como función la detección y orientación de la estimulación visual. Esta vía realiza un relevo desde el ojo pasando por el colículo superior en el tectum del mesencéfalo y, por medio del complejo pulvinar-posterolateral del tálamo, se proyecta a zonas temporales y parietales de la corteza (Kolb & Whishaw, 2015).

Otra área que recibe información visual es el núcleo supraquiasmático del hipotálamo recibe aferencias difusas y bilaterales. Estas neuronas tienen un ritmo de descarga cuyos valores máximos y mínimos oscilan en períodos aproximadamente de 24 horas (Puelles López et al., 2008). A través de la recepción de aferencias retinianas directas, ejerce la función de generación y control de los ritmos circadianos (Barker & Barasi, 2010), siendo considerado el principal reloj interior o como un marcapasos neural (Puelles López et al., 2008).

“El sistema visual empieza a relacionarse con los otros sistemas sensoriales desde nuestro nacimiento para verificar, confirmar y construir percepciones multidimensionales de todos los que nos rodea.” (Serrano, 2019, p. 29) Esta capacidad para asociar las informaciones multisensoriales es producto de la integración sensorial (Serrano, 2019).

Sistema Auditivo

El sistema auditivo está especialmente diseñado para permitir escuchar (Waxman, 2011). Esta habilidad para detectar el sonido es el resultado del análisis que ocurre en el oído (especialmente en la cóclea) y el sistema nervioso auditivo (Moller, 2003), es decir, es el conjunto de estructuras anatómicas a lo largo del SNC especialmente organizadas que permiten la sensopercepción de los sonidos (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Este sistema cuenta con un aparato receptor altamente especializado que permite discernir sonidos, incluso aunque estos sean identificados de forma simultánea y determinar características del sonido como su intensidad y su timbre (Puelles López et al., 2008).

Los sonidos son variaciones audibles en la presión del aire (Bear et al., 2016) producidas por vibraciones en sus moléculas que son transmitidas en forma de ondas (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Estas variaciones son detectadas por el oído, el cual se compone por tres partes principales: el oído externo, el oído medio y el oído interno (Grondin, 2016). El oído externo se compone por dos partes principales: el pabellón auricular y el conducto auditivo que conducen las ondas sonoras hacia la membrana timpánica, cuya vibración moviliza el oído medio, compuesto por una cadena de huesecillos, llamados martillo, yunque y estribo (Puelles López et al., 2008). El oído medio tiene como función la transmisión del movimiento del aire del tímpano hacia el oído interno (Grondin, 2016). El estribo se inserta en la ventana oval por medio de un ligamento y su movimiento ocasiona ondas de presión que se extienden por el oído interno (Puelles López et al., 2008). El oído interno está compuesto por la cóclea, la cual contiene los receptores sensoriales de la audición llamados células ciliadas. La cóclea está enrollada en forma de caracol y está rellena de líquido. Flotando en este fluido se encuentra la membrana basilar donde se insertan las células ciliadas formando el órgano de Corti (Kolb & Whishaw, 2015). La disposición característica de la cóclea crea una subdivisión de 3 espacios: la rampa vestibular, la rampa media o conducto coclear (dónde está formado el órgano de Corti) y la rampa timpánica. El paso de la vibración a través de la rampa vestibular y timpánica pone en movimiento la membrana basilar, que tiene

un orden de detección topográfico de los diferentes tonos (Puelles López et al., 2008), creando un mapa tonotópico. Por lo tanto, la membrana basilar funciona como un analizador mecánico de la frecuencia de los sonidos poniendo en movimiento las células ciliadas según los diversos tonos detectados (Kandel et al., 2001). Entonces, las células ciliadas transforman este movimiento en potenciales de acción que pueden ser transmitidas, procesadas e interpretadas por el SNC para dar lugar a la percepción del sonido (Kolb & Whishaw, 2015).

Una vez que los axones de las células ciliadas dejan la cóclea forman el nervio auditivo que forma parte del par craneal VIII, el cual se proyecta al bulbo raquídeo en el núcleo coclear dorsal o ventral, o en el núcleo olivar superior (Kolb & Whishaw, 2015). Algunas fibras se proyectan al colículo inferior opuesto a través del cuerpo trapezoide y el lemnisco lateral. Posteriormente, el brazo del colículo inferior comunica al colículo inferior con el cuerpo geniculado medial en el tálamo, el cual se proyecta a la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal (Fitzgerald et al., 2012). Existen formaciones cocleares accesorias, con axones que llevan información auditiva a la formación olivar superior, cuya función se centra en la comparación de los sonidos (especialmente entre un oído y otro) para determinar la procedencia espacial del sonido (Puelles López et al., 2008).

La corteza auditiva primaria se localiza en el giro de Heschl en la parte posterior del giro temporal superior, el cual tiene una organización tonotópica, donde las frecuencias bajas están representadas de forma más anterior que las frecuencias altas. Las áreas auditivas primarias no muestran una representación estrictamente contralateral del sonido. Debido a las extensas decusaciones e intercambios observados en la vía ascendente del sistema auditivo, ambos hemisferios reciben información de ambos oídos; a pesar de esto, se aprecia una influencia contralateral más fuerte (Mesulam, 2000). Esto tiene como resultado una representación bilateral de los sonidos en ambos hemisferios cerebrales (Zillmer et al., 2008).

Las áreas auditivas secundarias integran los sonidos analizados por las zonas primarias para la comprensión de sonidos más complejos como el lenguaje, estas áreas comúnmente son conocidas como el área de Wernicke en la parte posterior del giro temporal superior. Posteriormente, en las zonas del giro supramarginal y angular del lóbulo parietal inferior, el sonido adquiere su significado correspondiente. Estas áreas integran información visual y espacial con la información auditiva (Zillmer et al., 2008).

El sistema auditivo cuenta con vías descendentes que aparentemente desempeñan una función de filtro auditivo, contribuyendo a la inhibición de ruidos y mayor selectividad sobre los estímulos ascendentes. Se observan conexiones descendentes de la corteza auditiva con el cuerpo geniculado medial y el colículo inferior, del cuerpo geniculado con el colículo inferior, de este con núcleo olivar superior y, de éste con el órgano de Corti (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

Es importante recordar que existen vías ascendentes clasificadas como no clásicas. Estas vías reciben información de núcleos de colículo inferior y se proyectan a los núcleos dorsal y medial del tálamo. Posteriormente, estos núcleos del tálamo proyectan sus axones a zonas auditivas secundarias o de asociación y áreas multimodales de la corteza cerebral. Igualmente, estas vías ascendentes no clásicas reciben información de otros sistemas sensoriales, especialmente del sistema somatosensorial (Moller, 2003).

Sistema Vestibular

El sistema vestibular es el primero en desarrollarse durante el proceso de embriogénesis (Zabolotnyi & Mishchanchuk, 2020) y participa en el mantenimiento de la postura y permite la coordinación del cuerpo, la cabeza y los ojos, así como la fijación visual (Waxman, 2011). Este sistema colabora significativamente al mantenimiento y la percepción del equilibrio por medio de su integración con el sistema visual y el sistema propioceptivo (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Esta integración del sistema vestibular con otros sistemas sensoriales y diversas áreas cerebrales permite la bipedestación y el adecuado movimiento en el espacio o navegación espacial (Binetti, 2015). De esta

forma, el sistema vestibular tiene un papel importante en la orientación espacial (en reposo y en movimiento) (Zabolotnyi & Mishchanchuk, 2020), participando en el equilibrio, los reflejos posturales y los movimientos oculares (Barker & Barasi, 2010). Típicamente estas son las funciones más conocidas y mencionadas del sistema vestibular; sin embargo, también tiene una gran contribución a diversos procesos cognitivos, como la capacidad perceptiva visoespacial, la memoria, la atención y el funcionamiento ejecutivo (Donoso-Troncoso & Novoa, 2019).

El sistema vestibular recibe y procesa información de las aceleraciones lineales y angulares, y también información sobre los movimientos rectilíneos y giratorios, esto es registrado por medio de los laberintos del oído interno; y de esta forma, lleva información al SNC sobre la posición de la cabeza con respecto al resto del cuerpo y sobre la gravedad. Ejerce una doble función al conducir información a la corteza cerebral que permite la percepción consciente de la posición y el movimiento del cuerpo, y una función inconsciente al activar los sistemas motores para la generación de reflejos posturales y de movimientos oculares (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

El laberinto membranoso en el oído interno está compuesto por cinco receptores sensoriales que permiten el equilibrio, los cuales están compuestos por dos máculas y tres crestas ampulares (García-Porrero & Hurlé González, 2015). El laberinto estático que proporciona información sobre la posición de la cabeza por medio de dos receptores sensoriales dentro del sáculo y el utrículo (Waxman, 2011), conocidos como los órganos otolíticos (Cardinali, 1992), componiéndose de una mácula cada uno, las cuales recogen información sobre las aceleraciones lineales ocasionadas por el desplazamiento horizontal y vertical (García-Porrero & Hurlé González, 2015). El laberinto cinético está constituido por tres canales semicirculares (Waxman, 2011), dentro de cada uno de estos canales se encuentran una cresta ampular, las cuales detectan las aceleraciones angulares ocasionadas por los giros de la cabeza (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

La vía vestibular comienza en el ganglio vestibular, también llamado ganglio de Scarpa (García-Porrero & Hurlé González, 2015) que se proyecta por medio del nervio vestibular superior e inferior y se incorpora al VIII par craneal en el conducto auditivo interno (Puelles López et al., 2008) hacia el tallo cerebral donde se encuentran los 4 núcleos vestibulares (superior, lateral, medial y descendente) (Binetti, 2015) y hacia el lóbulo flocculonodular (Cardinali, 1992). Desde los núcleos se proyecta información hacia los núcleos oculomotores y la médula espinal. El tracto vestibular ascendente primario conduce la información hasta llegar al cerebelo en el lóbulo flocculonodular o vestibulocerebelo, y el tracto vestibular descendente primario conduce información hacia la médula espinal al nivel de los cordones posteriores (Puelles López et al., 2008). Estas conexiones permiten mantener el equilibrio y la postura, coordinar los movimientos de cuerpo y cabeza, y poder fijar la mirada en un punto aunque haya movimiento de la cabeza (Cardinali, 1992).

De esta forma, existen cinco vías reflejas que se originan de los núcleos vestibulares que se relacionan con diversos sistemas y órganos del cuerpo. Éstas son el tracto vestibulo-espinal (alcanzando los músculos voluntarios por medio de conexiones con las astas anteriores de la médula espinal), el tracto vestibulo-longitudinal (relacionado con respuestas oculomotoras), el tracto vestibulo-cerebeloso (que lleva información al cerebelo), el tracto vestibulo-reticular (produciendo reflejos en órganos internos) y el tracto vestibulo-temporal (Zabolotnyi & Mishchanchuk, 2020).

Las neuronas de los cuatro núcleos vestibulares se proyectan de forma ascendente incorporándose al lemnisco lateral y realizan sinapsis en el núcleo ventral posterior del tálamo, en el cual igual se recibe información propioceptiva de los sistemas somatoestésicos (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Del tálamo, las neuronas se proyectan a la corteza dentro del surco intraparietal en su extremo anterior (Puelles López et al., 2008), en el área 5 y 40 de Bodmann (García-Porrero & Hurlé González, 2015). Se supone que esta zona contribuye al mapa corporal que se forma en la corteza de asociación parietotemporal (Puelles López et al., 2008). Igualmente se observan proyecciones a neuronas del área

somatosensorial primaria. Otra área cortical receptora se ubica cerca del opérculo parietal, junto al área somatosensorial secundaria la cual se prolonga hacia la ínsula posterior, las cuales parecen estar implicadas en la percepción del espacio extrapersonal y la orientación de los movimientos (García-Porrero & Hurlé González, 2015). También se ha encontrado actividad vestibular en el lóbulo frontal en áreas premotoras y áreas de la corteza visual, recibiendo información convergente de los sistemas visual, somatosensorial y vestibular (Donoso-Troncoso & Novoa, 2019).

A través de diversas conexiones corticales y subcorticales, es como el sistema vestibular contribuye a diversos procesos cognitivos. En cuanto a la capacidad visoespacial, relacionada con la percepción del movimiento y la orientación espacial, el sistema vestibular manda señales al SNC para la organización de la información a nivel del tallo cerebral ponto-mesencefálico y el tálamo, para proyectarse posteriormente a áreas corticales de asociación en regiones temporo-parietales y de la ínsula posterior. Relacionado con la atención se ha observado que las dificultades para mantener el equilibrio y la orientación ocasionan el desvío de la atención durante una tarea cognitiva y también se ha observado una dependencia entre varias operaciones cognitivas y el sistema vestibular. Igualmente se ha demostrado que la falta de información sensorial proveniente del sistema vestibular disminuye el rendimiento en tareas de memoria espacial en roedores y en pacientes con vestibulopatía bilateral, se observan déficits en la memoria visoespacial y la navegación espacial, al igual que atrofia en el hipocampo. Otros estudios sugieren que la información sensorial vestibular influye en la capacidad para calcular representaciones cognitivas abstractas del cuerpo y que estas señales son fundamentales para un mejor control sensoriomotor, influyendo de esta forma en la capacidad de autopercepción del individuo (Donoso-Troncoso & Novoa, 2019).

Sistema Somatosensorial

Los estímulos somatosensoriales indican al individuo acerca de los eventos que tienen una incidencia sobre su cuerpo (Waxman, 2011). Éste incluye en su composición dos tipos de estimulación:

la estimulación externa y la interna (Zillmer et al., 2008). Este sistema es capaz de percibir hasta cuatro tipos de sensaciones que son el tacto, la temperatura, el dolor y la propiocepción (Bear et al., 2016). De esta forma, a este tipo de sensibilidad proveniente del propio cuerpo es llamado sensibilidad somestésica. Esta posteriormente, se puede dividir en aquella que proviene de la piel llamada sensibilidad cutánea o exteroceptiva, aquella capaz de detectar la información proveniente de los músculos y articulaciones llamada sensibilidad propioceptiva y aquella proveniente de los órganos interno llamada sensibilidad interoceptiva (García-Porrero & Hurlé González, 2015). En esta sección nos enfocaremos en analizar el dos aspectos esenciales del sistema somatosensorial y sus respectivas vías: el tacto y la propiocepción. A través de estos, el individuo es capaz de procesar información por medio del tacto que permite el reconocimiento de los objetos y reconocer la posición del cuerpo en el espacio extrapersonal por medio del proceso (Zillmer et al., 2008).

Los receptores del sistema somatosensorial están localizados a lo largo de todo el cuerpo (Bear et al., 2016). La sensibilidad táctil incluye varios subtipos de sensaciones, entre ellas el tacto, la presión, la vibración, la picazón y el cosquilleo. Estas sensaciones recogidas por mecanorreceptores que pertenecen a dos tipos básicos: terminaciones nerviosas libres y terminaciones encapsuladas; entre las encapsuladas se encuentran los corpúsculos de Meissner, los de Ruffini y los de Pacini, y los discos de Merkel (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

Por otro lado la información propioceptiva proviene del aparato locomotor (es decir, de los músculos, las articulaciones y los ligamentos) recolectando información estática y dinámica que permite el adecuado control motor. La información estática permite conocer la posición y orientación de las partes del cuerpo; mientras que la sinformación dinámica permite obtener información acerca del movimiento realizado por el individuo. Esta información sirve como una retroalimentación sobre el movimiento para que este pueda ser más preciso. En combinación con la informaición visual, vestibular y propioceptiva se forma la sensacion llamada cinestésica del cuerpo (Zillmer et al., 2008). Este tipo de sensación también

recolecta información por medio de mecanorreceptores por terminaciones libres y receptores encapsulados especializados que responden al estiramiento de los tejidos. Entre estos se encuentran los husos musculares y los órganos tendinosos de Golgi, ubicados en los músculos (García-Porrero & Hurlé González, 2015); al igual que los corpúsculos de Pacini y receptores articulares (Waxman, 2011).

A través de una cadena conformada por tres neuronas y varias interneuronas, los estímulos son conducidos desde los receptores hasta la corteza somatosensorial. Una de las principales vías, está compuesto por el sistema lemniscal en el cordón dorsal, el cual conduce las sensaciones de tacto, discriminación de dos puntos y la vibración a la corteza cerebral (Quintanar Stephano, 2011), así como la propiocepción consciente (Puelles López et al., 2008). Esta sensación viaja por los cordones posteriores a través del tracto de la columna dorsal lemniscal medial y el sistema rostral trigeminal hasta llegar al tálamo (Moller, 2003; Puelles López et al., 2008). De esta forma, el lemnisco medial se proyecta sobre el tálamo en el núcleo ventral posterior y del tálamo se proyecta hacia la capa IV en la corteza somatosensorial primaria (Barker & Barasi, 2010), área 3, 1 y 2 de Brodmann en el lóbulo parietal (García-Porrero & Hurlé González, 2015), la cual posee una organización somato-tópica formando el homúnculo sensorial (Zillmer et al., 2008). La corteza somatosensorial primera se encuentra conectada a áreas somatosensorial de procesamiento superior como la corteza somatosensorial secundaria, la ínsula y la corteza parietal posterior, donde se desarrolla la percepción sensorial. Estas áreas asociativas poseen conexiones recíprocas con los núcleos lateral posterior y pulvinar del tálamo (García-Porrero & Hurlé González, 2015).

Las vías descendentes del sistema somatosensorial permite modular las señales de los centros subyacentes a través de una conexión corticotálamica y corticoclaustral, una conexión descendente sobre el tálamo por la vías ascendentes, un sistema endorfinérgico central y un sistema de doble puerta medular (Puelles López et al., 2008).

La teoría de la integración sensorial desde la neurociencia

Como se ha mencionado anteriormente, Ayres guiaba sus hipótesis siempre bajo dos principios básicos basándose en sus conocimientos de las neurociencias. La primera es que el cerebro es un sistema que tiende hacia una autoorganización y, la segunda es que la integración sensorial es fundamental para diversas funciones. Igualmente, un concepto clave es el de la neuroplasticidad, siendo este concepto clave para el desarrollo de su propuesta terapéutica (Lane et al., 2019).

Ayres consideraba que los sistemas vestibular, propioceptivo y táctil eran de principal importancia para el proceso de integración sensorial, llegando a considerarlos como los tres sentidos básicos (Ayres, 1998). Esto se basa en observaciones sobre el desarrollo temprano de estos sistemas desde las primeras semanas de desarrollo fetal y en como estos sistemas sensoriales se comunican con diversas áreas cerebrales, y, por tanto, tienen un impacto en diversas funciones cognitivas, emocionales y conductuales (Lane et al., 2019). Estas conexiones y vías de los sistemas sensoriales ya fueron descritas y mencionadas en secciones anteriores por separado, pero es importante para la teoría y terapia de integración sensorial como estos funcionan, se relacionan e impactan en otros sistemas sensoriales y cerebrales, y como esto impacta en el funcionamiento neuropsicológico.

La información proveniente del sistema vestibular se procesa en conjunto con la del sistema propioceptivo, otorgándonos una percepción más completa sobre nuestro cuerpo. Esto permite que los movimientos sean más precisos y controlados. Por otro lado, el sistema vestibular contribuye a la organización de las sensaciones provenientes de otros sistemas sensoriales (Serrano, 2019) y manda mucha información a la formación reticular del tallo cerebral contribuyendo al mantenimiento de un estado de activación adecuado y así tener un nivel general de alerta equilibrado (Ayres, 1998)

Actualmente, se ha podido confirmar la importancia del sistema vestibular propuesto por Ayres sobre su influencia significativa en el cerebro y el comportamiento (Lane et al., 2019). Diversos estudios apoyan esta idea mostrando como el sistema vestibular envía información sensorial a muchas estructuras

cerebrales y cómo la naturaleza de dichas sensaciones tiene un impacto diferenciado en el cerebro. Por un lado, la aceleración rápida e inesperada o impredecible del cuerpo en el espacio se asocia a un aumento en el nivel de alerta y respuestas autonómicas por medio de una activación de la formación reticular en el tallo cerebral. Por otro lado, el movimiento suave y rítmico produce un efecto opuesto ocasionando una disminución en el nivel de alerta (Lane et al., 2019). Igualmente, por medio de sus conexiones con los tractos vestibuloespinal, este sistema se vuelve de gran importancia para el control postural, sirviendo de base para el desarrollo de habilidades motoras más complejas (Lane et al., 2019).

Con esto en mente, ella propone que dificultades en el procesamiento de estas sensaciones se reflejará en dificultades en funciones mentales superiores necesarios para el aprendizaje académico y la autorregulación de las emociones y del comportamiento, en consecuencia, de estas dificultades para la regulación del nivel de alerta (Lane et al., 2019). Al no tener una zona cortical que pueda considerarse como primaria, diversas áreas corticales reciben información del sistema vestibular (Lane, 2020a), como las zonas de asociación temporo-parietales, el lóbulos parietal anterior y posterior, la corteza temporo-medial superior, el giro cingulado, la corteza retrosplenial y las cortezas hipocampales y parahipocampales (Lane et al., 2019). De esta forma, el sistema vestibular es considerado como un sistema de integración multisensorial, por sus múltiples conexiones con otros sistemas sensoriales y motores. (Lane, 2020a).

Por otra parte, se encuentra el sistema somatosensorial, que implica la información sensorial táctil y propioceptiva. Con relación a estos sistemas, Ayres propuso una relación fuerte entre la información somatosensorial apoyándose especialmente en como la información somatosensorial es recibida por zonas parietales, pero posteriormente integrada con la información de otros sistemas sensoriales en zonas parietales posteriores. Diversos estudios han demostrado la integración de información somatosensorial, vestibular y visual en diversas áreas cerebrales, como los núcleos vestibulares, el tálamo y la corteza cerebral. Esta integración multisensorial es la que permite procesos más complejos como la percepción

consciente del propio movimiento, la estabilidad postural y la orientación espacial. De igual manera, diversos sistemas interactúan con el somatosensorial y su alteración tendría un impacto adverso en diversos procesos del SNC al tener un involucramiento importante en las praxias (Lane et al., 2019).

Al poseer receptores esparcidos por todo el cuerpo, este sistema tiene un impacto significativo en diversas actividades de la vida diaria que se relacionan con una pobre discriminación y/o modulación táctil que puede conducir a un bajo rendimiento académico y pobre interacción con otros niños. La información propioceptiva y táctil en conjunto permiten la formación de un mapa somatotópico adecuado en las áreas de la corteza cerebral. Igualmente, la información propioceptiva en sus conexiones con el cerebelo permite el ajuste y monitoreo de los movimientos del cuerpo para la ejecución de movimientos fluidos y coordinados (Lane, 2020a).

Dependiendo de la modalidad de discriminación sensorial a la que se hace referencia, se pueden atribuir diferentes sustratos anatómicos para este proceso. La discriminación táctil y propioceptiva se relaciona con el funcionamiento de proyecciones que envían información sensorial a la corteza somatosensorial primaria y sus proyecciones a zonas de la corteza somatosensorial secundaria. En cuanto a la discriminación vestibular, no hay una sola ubicación en la corteza cerebral a la que se le atribuya la recepción de la información vestibular; por lo tanto, esta información se integra en diversas regiones corticales como la corteza insular posterior (visual y vestibular), la corteza insular anterior (vestibular, visual y somatosensorial) y la corteza somatosensorial primaria (somatosensorial y vestibular). La discriminación sensorial se caracteriza por la llegada de información auditiva inespecífica al área auditiva primaria, de información relacionada con la ubicación del estímulo auditivo a las zonas posteriores no primarias de la corteza auditiva, y el área auditiva secundaria relacionada con los sonidos del lenguaje. Finalmente, la discriminación visual se relaciona con proyecciones del lóbulo occipital hacia el lóbulo temporal relacionada con la habilidad para discriminar el “qué” o la forma visual de los objetos para el reconocimiento e identificación; y con proyecciones del lóbulo occipital hacia el lóbulo parietal

relacionadas con el “dónde” o la ubicación de los objetos en el espacio, relacionándose con la capacidad para planear y controlar el movimiento para alcanzar algo (Lane & Reynolds, 2020).

Otro concepto importante relacionado con la integración sensorial (y que también tiene gran importancia dentro del marco de la neuropsicología) es el de las praxias, el cual se considera está formado por tres componentes esenciales que son la ideación, la planeación motora y la ejecución, y resaltando el esquema corporal y su relación con el sistema somatosensorial como la base para las praxias (Lane et al., 2019). Las praxias dependen del funcionamiento de un sistema funcional complejo que implica tanto estructuras corticales como subcorticales que participan en diferentes fases del aprendizaje motor (Luria, 2015). Por lo tanto, no se puede considerar un lugar o estructura cerebral específica y única en trastornos como la dispraxia del desarrollo (Cermak & May-Benson, 2020).

Con relación al componente de la ideación, se considera la implicación de las regiones parieto-temporales, regiones parietoccipitales del hemisferio izquierdo y ciertas áreas del lóbulo frontal izquierdo, como la corteza prefrontal para la formación de objetivos y el área motora suplementaria, con conexiones indirectas con el sistema límbico, los núcleos basales y el cerebelo. En cuanto a la planeación, el aprendizaje motor y la ejecución, se observa el involucramiento de una red bilateral cortico-subcortical, implicando regiones de la corteza premotora dorsolateral, el área motora suplementaria, la corteza motora y la somatosensorial primarias, el lóbulo parietal superior, el tálamo, el putamen y el cerebelo (Cermak & May-Benson, 2020).

Múltiples investigaciones han confirmado las conexiones entre la sensación, el desempeño motor y las praxias propuestas por Ayres mediante el estudio de niños con trastornos del desarrollo de la coordinación, trastorno del espectro autista y niños con diversos problemas en la coordinación motora (Lane et al., 2019). Así mismo, se concluye que la integración sensorial de la información proveniente de diversos sistemas (visual, táctil, propioceptivo, vestibular y auditivo) es necesaria para la construcción de información sobre la posición del cuerpo en el espacio y, por lo tanto, las praxias, mediante la

utilización de esta información durante los procesos de planeación motora y necesitando de una adecuada discriminación en todos los sistemas sensoriales (Cermak & May-Benson, 2020). Estudios de neuroimagen han permitido identificar diferencias en la activación neural y conexiones de varias estructuras cerebrales en niños con trastorno del desarrollo de la coordinación que sugieren una posible deficiencias somatosensoriales y/o del esquema corporal en esta población (Cermak & May-Benson, 2020).

La discriminación sensorial hace referencia a la capacidad para diferenciar entre dos estímulos y es una la compleja función neurológica que contribuye a la habilidad de una persona para moverse en el espacio, interactuar de forma eficiente con los objetos alrededor y realizar sus ocupaciones de la vida diaria. Este proceso ocurre antes de la percepción consciente de un estímulo, pero a pesar de que no requiera de un esfuerzo consciente, está relacionada con áreas cognitivas relacionadas con la atención, la memoria y la toma de decisiones. La discriminación del sistema somatosensorial se relaciona con los diversos receptores esparcidos por diversas partes del cuerpo y su densidad en ciertas área refleja la importancia de esta función en ciertas áreas corporales. De esta forma, la discriminación somatosensorial impacta en nuestra capacidad para usar nuestras manos y cuerpo para realizar acciones, estando estrechamente vinculado con las praxias (Lane & Reynolds, 2020).

La discriminación propioceptiva proporciona la capacidad para monitorear los propios patrones de movimiento, realizar ajustes para desarrollar mejores planes motores, ejecutar nuevas acciones motoras aprendidas y contribuye al desarrollo del esquema corporal (que es la representación neuronal del cuerpo que permite el desempeño de la actividad motora eficiente). Así mismo, la discriminación vestibular contribuye a la discriminación del movimiento permitiendo la codificación de los movimientos de la cabeza proporcionando información sobre la dirección y la velocidad del movimiento. De esta forma, se relaciona con el control postural, el equilibrio y la coordinación de ojos y cabeza (Lane & Reynolds, 2020).

Por otro lado, la modulación sensorial en comparación con la percepción sensorial se asocia a diferentes procesos dentro del SNC. Por un lado, la percepción sensorial se relaciona con la planeación de las acciones y la cognición, mientras que la modulación sensorial se asocia con funciones de regulación (Lane et al., 2019). Se sugiere que la pobre modulación sensorial observada en personas con hipersensibilidad puede ser el reflejo de un déficit en la habilidad para filtrar estímulos redundantes o innecesarios ocasionando hiperreactividad. También se ha observado potenciales evocados más débiles en esta población ante estímulos somatosensoriales y auditivos ocasionando las conductas características de esta población (Lane et al., 2019).

En el SNC, la modulación se observa en la ampliación o mitigación de la actividad neuronal como respuesta a diversas fuentes de información para poder cumplir con las demandas ambientales. A nivel celular hace referencia al proceso de activación o inhibición de la entrada de información a la célula. La entrada de información excitatoria tiene como resultado en la activación postsináptica y la transmisión de información; mientras que la entrada de información inhibitoria bloquea la transmisión del impulso. A nivel de sistemas y la conducta, la modulación, el SNC procesa la información excitatoria e inhibitoria entrante para generar un comportamiento modulado. Este proceso surge de forma subconsciente, permitiendo responder solo a aquellos estímulos que sean relevantes. Por lo tanto, dificultades en este proceso tendrían un impacto negativo en la calidad de vida de la persona (Lane, 2020b).

Trastorno de integración sensorial

“La integración sensorial perfecta no existe” (Del Moral Orro et al., 2013, p. 5), pero tampoco la ausencia de esta. Cada persona experimentará la información sensorial de distintas formas, lo que conduce a que cada persona tenga un perfil sensorial único (Carrick, 2010). Las personas procesan la información sensorial con mayor o menor eficiencia, lo cual forma parte de las diferencias o características individuales de cada uno (Bialer & Miller, 2011). Sin embargo, cierto grupo de personas presentan una “dificultad para usar la información recibida por los sentidos y así funcionar de manera

eficaz en las actividades del día a día” (Serrano, 2019, p. 56); es decir, existe una dificultad a nivel del sistema nervioso central para el procesamiento de la información sensorial, la cual recibe el nombre de disfunción integrativa sensorial o trastorno del procesamiento sensorial (Serrano, 2019).

A continuación, profundizaremos en los diferentes tipos de disfunciones o trastornos que pueden surgir por dificultades de integración sensorial. Se analizarán las propuestas de clasificación propuestas por Jean Ayres y Lucy Miller. Igualmente, se realizará un análisis del impacto de estas dificultades en el desarrollo infantil.

Disfunción Integrativa Sensorial según Jean Ayres

Existen casos donde “el cerebro no está organizando o procesando el flujo de impulsos sensoriales de manera que proporcione al individuo una información buena y precisa de sí mismo o de su mundo” (Ayres, 1998, p. 69), a esta dificultad en el procesamiento sensorial, Ayres la llama Disfunción Integrativa Sensorial (DIS). Esta dificultad no le permite al niño dirigir y organizar el comportamiento de forma eficaz y le resultará difícil aprender (Ayres, 1998) y conducirá a la manifestación de problemas motrices y comportamentales (Beaudry Bellefeuille, 2006).

La DIS se origina de una actividad irregular en el cerebro (Ayres, 1998). En este caso, el SNC no procesa, organiza o integra la información sensorial que proviene del ambiente o del propio cuerpo (Del Moral Orro et al., 2013). “Frecuentemente, los signos de un desarrollo sensoriomotor inadecuado son sutiles y, debido a ello, mal interpretados.” (Beaudry Bellefeuille, 2006).

La DIS puede darse en relación con la fase del procesamiento sensorial que se encuentra comprometido. Ante un problema relacionado en la etapa de registro o modulación se pueden observar dificultades en el nivel de alerta y nivel de actividad, esta dificultad recibe el nombre de Disfunción de la Modulación Sensorial. Si el estímulo sensorial no es registrado adecuadamente se presenta una hiporreacción/hiposensibilidad sensorial que se caracterizará por la búsqueda del estímulo y/o no habrá

respuesta ante este. Si el problema ocurre por una dificultad en la modulación sensorial se presenta una hiperreacción/hipersensibilidad sensorial que se caracteriza por la evitación o por una respuesta aversiva del estímulo sensorial (Del Moral Orro et al., 2013).

Por otro lado, si el problema se relaciona con la discriminación o con la integración de los estímulos sensoriales, la disfunción recibe el nombre de Dispraxia (Del Moral Orro et al., 2013). Ayres (1998) señala que esto se debe a un déficit en la planeación motora y el niño dispráxico se caracteriza por una lentitud e ineficiencia para planear sus movimientos. Igualmente, señala que es una de las manifestaciones más comunes de la DIS. Ayres (1966,1998) señala que estos niños son capaces de aprender ciertos actos motores con mucho esfuerzo y práctica; sin embargo, al enfrentarse a una tarea motora nueva para ellos, no lograrán llevar a cabo la tarea, manifestarán una torpeza extrema o evitarán realizar la tarea.

Por otro lado, Ayres describió las disfunciones, no solo por la etapa sensorial que se podría encontrar comprometida, sino también por la naturaleza del estímulo sensorial en específico que se encuentra alterado. De esta forma estableció las siguientes descripciones de síndrome específicos, centrándose en los sistemas vestibular, propioceptivo y táctil, pero sin olvidar la importancia de la contribución de otros sistemas sensoriales, como el auditivo y el visual (Ayres, 1998 y Del Moral Orro et al., 2013).

Disfunción o Desorden del Sistema Vestibular.

- Hiposensibilidad al estímulo vestibular: Del Moral Orro et al., (2013) señala que esta disfunción ocurre al nivel del registro del estímulo vestibular. Al presentar un sistema sensorial subactivo o hiposensible, no se logra un suficiente procesamiento de las sensaciones vestibulares; por lo tanto, constantemente pueden estar buscando mayor cantidad de este estímulo que otros niños, por ejemplo, columpiarse o girar más, pedir ir cada vez más rápido (Ayres, 1998); es decir, buscan

activamente el estímulo (Beaudry Bellefeuille,2006). Esta necesidad de estimulación muchas veces interfiere con la capacidad atencional y afecta en aprendizaje académico (Beaudry Bellefeuille, 2006). Los niños con este desorden presentan dificultades para seguir objetos con los ojos, muestran respuestas posturales deficientes (Ayres, 1998).

- Hipersensibilidad al estímulo vestibular: En esta disfunción el niño es capaz de registrar adecuadamente el estímulo, pero presenta dificultades para su modulación (Del Moral Orro et al., 2013). Antes esta situación los niños reaccionan excesivamente al estímulo vestibular. Ayres (1998) divide a este grupo en dos: intolerancia gravitacional e intolerancia al movimiento. Ambos niños se muestran temerosos y extremadamente cautos ante el movimiento y reaccionan excesivamente, constantemente buscan evitarlo (Del Moral Orro et al., 2013). Su estado de alerta constantemente es elevado y sus relaciones sociales se pueden ver afectadas al tratarse de alejar de actividades que otros niños realizar normalmente (Beaudry Bellefeuille, 2006).

Disfunción del Sistema Propioceptivo.

- Hiposensibilidad al estímulo propioceptivo: Hay un registro pobre o inadecuado del estímulo propioceptivo (Del Moral Orro et al., 2013). Este niño mostrará poca fluidez en el movimiento y tardará mucho tiempo en aprender habilidades motoras, al haber una escasa percepción de su propio cuerpo (Beadury Bellefeuille, 2006); igualmente, mostrarán un tono muscular bajo, torpeza y dificultades de coordinación (Del Moral Orro et al., 2013) por errores en la organización postural, intensidad de la fuerza implementada y organización del movimiento (Erazo Santander, 2015).
- Propiocepción como modulador: Estos niños suelen denominarse buscadores, ya que buscan la entrada del estímulo propioceptivo para modular otros sistemas sensoriales a los que son hipersensibles con el fin de calmarse. Los niños con estas características suelen ser descritos como

hiperactivos, agresivos o problemáticos, presentan dificultades para mantenerse atentos y no logran controlar su fuerza (Del Moral Orro et al., 2013).

Disfunción en el Sistema Táctil.

- Hiposensibilidad al tacto: Se debe a una dificultad en el registro de este tipo de estímulos (Del Moral Orro et al., 2013). Estos niños se caracterizan por un estado de alerta bajo, poca sensibilidad al dolor y torpeza en tareas que implican la motricidad fina (Beaudry Bellefeuille, 2006). Igualmente, suelen buscar constantemente el estímulo táctil tocando, acariciando o estando en contacto (Erazo Santander, 2015; Del Moral Orro et al., 2013).
- Hipersensibilidad o Defensividad táctiles: Estos niños muestran respuestas excesivas ante estímulos táctiles, ya que estos son registrados con gran intensidad. Las sensaciones táctiles provocan una alteración en el sistema nervioso del niño que produce emociones y comportamientos negativos. Esta hiperreactividad ocasiona dificultades para llevar a cabo actividades cotidianas, como, bañarse, vestirse, comer, entre otros (Del Moral Orro et al., 2013). Es muy frecuente en niños con problemas de aprendizaje y generalmente son niños hiperactivos y distraídos, al no lograr inhibir adecuadamente el estímulo (Ayes, 1998).
- Trastornos de la discriminación táctil: Estos niños tiene dificultades para identificar, organizar y utilizar la información de la entrada táctil. Esto ocasiona descoordinación motriz fina, pobre esquema corporal y dificultades en la praxias (Del Moral Orro et al., 2013).

Dispraxia del desarrollo. Esta disfunción es ocasionada por una dificultad en la planeación motora con una base sensorial (Del Moral Orro et al., 2013). Ayres (1998) señala que, no se presenta ninguna deficiencia intelectual o muscular, sino en el puente entre el intelecto y los músculos. Ayres la define como “una disfunción cerebral que dificulta la organización de las sensaciones táctiles y en ocasiones también de las señales vestibulares y propioceptivas e interfiere con la habilidad para la

planeación motora” (1998, p. 128). El niño presentará una coordinación motora insuficiente y una representación corporal insuficientemente desarrollada, lo cual se reflejará en torpeza, propensión a accidentes y dificultades para el pensamiento simultáneo. Algunos niños con dispraxia presentan problemas de aprendizaje ya que le cuesta más aprender, aunque no sea el mismo caso para todos (Ayes, 1998).

Aunque los sistemas anteriores hayan sido los más estudiados, analizados e investigados por Ayres, igualmente menciona (aunque de una manera menos desarrollada y con menos profundidad) dificultades que se pueden presentar en los sistemas visuales, auditivos y gustativos.

Nosología del trastorno del procesamiento sensorial de Lucy Miller

Las clasificaciones de síndromes presentados por Ayres han evolucionado a través del tiempo dependiendo de los hallazgos y la información proveniente de sus investigaciones empíricas (Miller et al., 2007). Miller et al. (2007) proponen una estructura nosológica que logra representar las Disfunciones de Integración Sensorial y que se basa en los trabajos previos de diversos autores. En la Figura 1 se presenta la versión traducida al español de dicha clasificación:

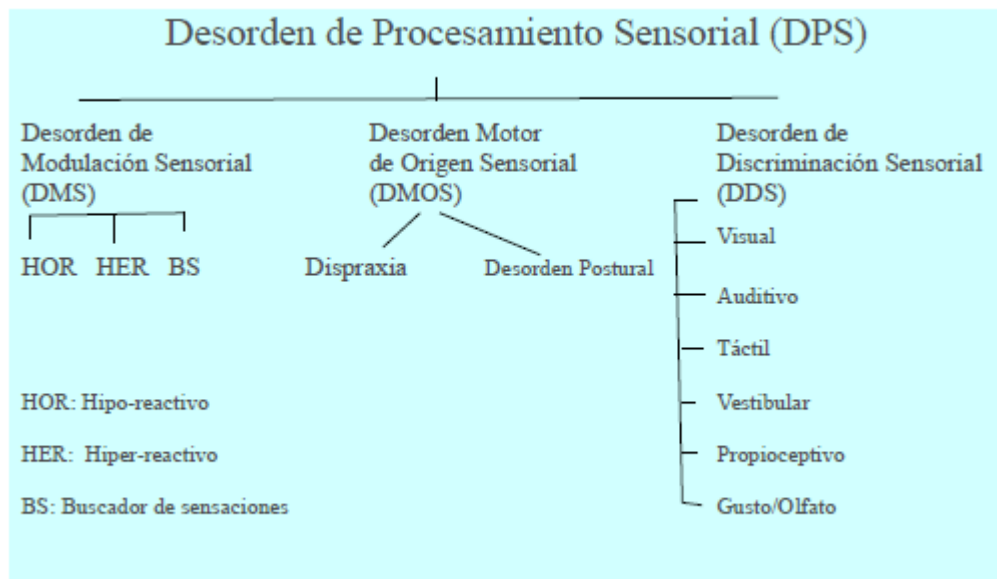


Figura 3. Propuesta de nueva nosología para la disfunción del procesamiento sensorial. (Miller et al., 2007, como se cita en Carrick, 2010)

Esta propuesta tiene como objetivo ser usada por investigadores y clínicos para poder unificar y crear homogeneidad para la selección de muestras para estudios científicos y la discriminación de los subtipos para la planeación de la intervención terapéutica (Miller et al., 2007). En esta propuesta se sustituye el uso del término Disfunción Integrativa Sensorial por el de Trastorno del Procesamiento Sensorial. Sin embargo, los constructos propuestos son muy similares a los propuestos inicialmente por Ayres en su teoría (Bundy & Lane, 2020). La nueva propuesta (Miller et al., 2007) está compuesta por las tres categorías básicas del Trastorno del Procesamiento Sensorial:

Patrón 1: Trastorno de Modulación Sensorial. En correspondencia con los analizado anteriormente, esta disfunción se observa cuando el niño tiene dificultades para responder de forma adecuada al estímulo sensorial; por lo tanto, sus respuestas son inconsistentes con el contexto y las demandas situacionales (Carrick, 2010; Miller et al., 2007). Ante una dificultad de modulación sensorial el niño muestra una reactividad excesiva o insuficiente ante los estímulos sensoriales o presenta muy poca capacidad para mantener un adecuado nivel de alerta. Estos niños tienen dificultades para generar respuestas adecuadas de acuerdo con la intensidad, naturaleza y el grado del estímulo que se ha presentado, teniendo como resultado conductas que no logran adaptarse a las demandas del ambiente de manera que vaya acorde a los esperado para el nivel de desarrollo del niño (Lane, 2020b) lo cual interfiere con la capacidad de autorregulación y en la participación en actividades cotidianas propias de la edad (Serrano, 2019). Esta categoría se divide en tres subtipos: Hiperreactividad Sensorial, Hiporreactividad Sensorial y Buscadores de Sensaciones (Carrick, 2010; Miller et al., 2007).

La hiperreactividad sensorial hace referencia a niños que muestran una gran reactividad a pequeñas cantidad de estimulación sensorial, ya sea interna o externa, y cuyo nivel de alerta se eleva fácilmente. La información sensorial puede ser experimentada con miedo o dolor, y con reacción de

lucha o huida (Bialer & Miller, 2011). Serrano (2019) señala que el comportamiento del niño puede variar. Algunos manifiestan una activación excesiva lo cual conduce al surgimiento de reacciones negativas, impulsivas o incluso agresivas; mientras, otros niños se alejan o evitan las sensaciones displacenteras. Los últimos generalmente logran modular mejor su nivel de alerta por medio de la evitación. Estas características llevan a un estado hipervigilante de la atención, al desarrollo de un estado afectivo receloso y ansioso, y un estilo pasivo de la acción o de naturaleza protectora o defensiva, pareciendo impulsivos o agitados.

La hiporreacción sensorial o “bajo registro sensorial” significa que el niño siente con menos intensidad que la norma las sensaciones, lo que lo lleva a no reaccionar a los estímulos o hacerlo de manera inconsistente. Esto lleva a una falta en la iniciativa exploratoria y social, y parecen niños distraídos, ensimismados, desmotivados y desintegrados (Serrano, 2019). La información sensorial es procesada lentamente; por lo tanto, requieren de una mayor frecuencia o intensidad de exposición al estímulos (Bialer & Miller, 2011). Estos niños manifiestan un nivel de alerta bajo, con dificultad para la fijación de la atención, cuyo afecto puede parecer desinteresado como siempre estuvieran cansados y por lo tanto, con acciones pasivas y lentas, tendiendo hacia un comportamiento sedentario (Serrano, 2019).

Finalmente, ciertos niños con dificultades en la modulación sensorial manifiestan comportamientos de búsqueda sensorial por una excesiva necesidad para recibir información sensorial, por lo tanto, la buscan de forma activa para aumentar su nivel de alerta; sin embargo, tienen dificultad al momento de satisfacerla (Serrano, 2019), se vuelven más desorganizados al recibir más y más información sensorial, a menos que esta sea proporcionada de una forma muy específica, con un objetivo y por un parámetro de tiempo específico (Bialer & Miller, 2011). Estos niños pueden llegar a ser invasivos y no respetar el espacio del otro, presentan problemas de concentración lo cual dificulta el aprendizaje y el desarrollo de actividades de la vida diaria. De esta forma, parecen siempre buscar estímulos para aumentar el nivel de alerta, aunque no lo logran de manera consistente llevando a un

comportamiento desorganizado, antes esta inconsistencia se observa una atención poco modulada, un afecto variable e inconsistente y con una nivel de acción excesivos siendo agitados, llegando a generar a conducta de riesgo e impulsividad (Serrano, 2019).

Dependiendo del sistemas o los sistemas sensoriales con dificultades en los procesos de modulación sensorial serán los comportamientos específicos que se manifiesten en el niño con este trastorno, pero se pueden resumir en que el niño hiperreactivo manifiesta reacciones exageradas, el niño hiporreactivo no responde o manifiesta poca respuesta y el niño con búsqueda sensorial ansía grandes cantidades de información para su activación (Serrano, 2019).

Se han propuesto varias conexiones en el SNC con las dificultades en la modulación sensorial. Ciertos autores (Royeen & Lane, 1991, como se cita en Lane, 2020b) hipotetizan que esta se puede originar de una disfunción en las regiones límbicas y el hipotálamo, al ser el procesamiento sensorial una de las funciones más prominentes de algunas estructuras límbicas. Esto podría explicar las dificultades sociales y emocionales que suelen acompañar las defensividad sensorial, la defensividad o inactividad que se puede presentar en los sistemas sensoriales, y los cambios e inconsistencias que se pueden observar en la reactividad en uno o varios sistemas sensoriales (Lane, 2020b).

De igual forma, también se supone una relación entre la modulación sensorial y la formación reticular, al ser esta área crítica en la activación cortical o el nivel de alerta y por tanto depender de las entrada de información sensorial. Sin embargo, a pesar de la cercana relación entre la alerta y la modulación sensorial, está relación parece ser indirecta. De esta forma, los niños que muestran una hiperreactividad a los estímulos sensoriales tienen una habilidad limitada para la modulación sensorial mostrándose hiperalertas; mientras que los niños que muestran una hiporreactividad, parecen encontrarse en un estado hipoalerta (Lane, 2020b).

Patrón 2: Trastorno de discriminación sensorial. Los niños con esta disfunción tienen dificultad para interpretar las características o cualidades específicas del estímulo sensorial; por lo tanto, no logran diferenciar entre las similitudes y diferencias entre estímulos. Ellos son capaces de percibir el estímulo y desarrollar una respuesta regulada pero no logran percibir qué estímulo es o dónde se encuentra (Miller et al., 2007); es decir, tiene dificultades para interpretar la información de forma eficaz y lograr otorgar un significado correcto a las cualidades específicas de los estímulos sensoriales teniendo un impacto directo en el aprendizaje (Serrano, 2019). La capacidad del niño puede ser diferente dependiendo de la modalidad sensorial (Miller et al., 2007). Al presentar dificultades para interpretar y distinguir la información, ya sea en uno o más sistemas sensoriales, puede conducir a la confusión, frustración y un funcionamiento muy lento en el niño. Estos niños presentan problemas que pueden ser sutiles que son de una naturaleza más cognitiva que motora en sí (Bialer & Miller, 2011).

Patrón 3: Desorden Motor de Origen Sensorial. Como resultado de un problema sensorial, se presentan una mala postura o dificultad para el movimiento voluntario. Este desorden se divide en dos subtipos: Trastorno Postural y Dispraxia.

El trastorno postural se debe a “una dificultad para estabilizar el cuerpo durante el movimiento o durante el descanso para cumplir con las demandas del ambiente o de una determinada tarea motora” (Miller et al., 2007 p.138). Este desorden puede ocurrir acompañado de otros síndromes como trastorno de discriminación sensorial, dispraxia y el trastorno de modulación de tipo hiporreactivo o hiperreactivo (Miller et al., 2007; Serrano, 2019).

El trastorno postural hace referencia a dificultades para el procesamiento sensorial de la estimulación de los sistemas vestibular y propioceptivo (Bialer & Miller, 2011). Estos niños se caracterizan por poseer un bajo tono muscular, poca estabilidad en el equilibrio, dificultades para el mantenimiento de una posición corporal estable durante el movimiento, dificultades para mantener posturas que van en contra de la gravedad, pasar el peso de un miembro al otro, la rotación del tronco y

los movimientos oculares (Bialer & Miller, 2011; Serrano, 2019). Igualmente, se manifiestan problemas de motricidad fina, la cual depende en gran medida de una adecuada estabilidad postural. El niños con un trastorno postural suele asumir posturas pasivas y realizar actividades sedentarias, pierden el equilibrio y tener dificultades para integrar ambos lados del cuerpo (Serrano, 2019).

Ayres (1998) señala que una coordinación insuficiente como resultado de disfunción de integración sensorial se debe a una deficiencia en la capacidad de planeación motora y que este tipo problema en el procesamiento sensorial se denomina dispraxia del desarrollo. La dispraxia es “la dificultad para planear, secuenciar y ejecutar una acción motora no familiar, o una serie de acciones motoras” (Serrano, 2019, p. 70), una “disfunción cerebral que dificultad la organización de las sensaciones táctiles y en ocasiones también de las sensaciones vestibulares y propioceptivas e interfiere con las habilidad para la planeación motora” (Ayres, 1998). Entonces, para considerar que esta dificultad es consecuencia de un problema de integración sensorial, se debe observar alguna deficiencia en el procesamiento sensorial en una o varios sistemas sensoriales (Serrano, 2019). Ayres consideraba que la habilidad de procesamiento e integración sensorial es la base para la elaboración del esquema corporal, el cual sirve como base para el desarrollo de las conceptualizaciones necesarias para la planeación motora.

En algunas ocasiones se utiliza el termino de dispraxia para referirse a los niños trastorno de coordinación motora según la terminología del DSM-5. El término de dispraxia se refiere a varios trastornos práxicos del desarrollo con diversas etiologías; mientras que el término de somatodispraxia, utilizado dentro de la teoría de integración sensorial, hace referencia específicamente a la deficiencia práxica que tienen como base deficiencias en el procesamiento somatosensorial o deficiencias del esquemas corporal relacionadas (Cermak & May-Benson, 2020). Las dificultades que se engloban dentro de la dispraxia incluirían las deficiencias en la ideación, considerado como el componente cognitivo de

las praxias (Bundy & Lane, 2020), la somatodispraxia, la integración secuencial bilateral y las praxias visomotoras (Cermak & May-Benson, 2020).

Varios estudios realizados en niños con dispraxia o trastorno del desarrollo de la coordinación demuestran diferencias en la activación cerebral de varias estructuras, así como diferentes patrones de redes neuronales que reflejan algunas áreas con un aumento o disminución en la conexión presentes en tareas motoras y no motoras. Igualmente se sugieren posibles deficiencias en los modelos internos, propioceptivos o somatosensoriales, o del esquema corporal (Cermak & May-Benson, 2020)

El niño dispráxico presenta lentitud e ineficiencia para la planeación motora a pesar de tener una inteligencia y musculatura normal, ya que el problema se encuentra en la transición entre el intelecto y el aparato motor. Tiene que planear una y otra vez a nivel motor porque no se genera este tipo de aprendizaje. Posee una menor consciencia corporal, su torpeza motora lo hace desordenado y propenso a sufrir accidentes realizar actividades de la vida diaria, generando habilidades postizas aun careciendo de una buena habilidad general para la planeación motora (Ayres, 1998). Esta descoordinación motor se expresa áreas motoras gruesas, finas y orales, y también se observan dificultades cuando las acciones necesitan de la anticipación de movimientos secuenciales. Se asocia con una debilidad en la discriminación táctil, vestibular y propioceptiva, y estar acompañada de dificultades en la modulación. Generalmente, estos niños desarrollan baja autoestima y tolerancia a la frustración (Serrano, 2019).

La nosología propuesta por Lucy Miller y su equipo es considerada como sencilla, pero a la vez elegante en su diseño. Sin embargo, no logra representar las relaciones explícitas que se presentan entre los sistemas sensoriales y los comportamientos observados. Estos aspectos se representan mejor en el modelo propuesto por Ayres (Bundy y Lane, 2020). Por lo tanto, Bundy y Lane (2020) proponen el siguiente esquema que modela las relaciones hipotéticas entre los sistemas sensoriales y sus manifestaciones comportamentales en el trastorno de integración sensorial:

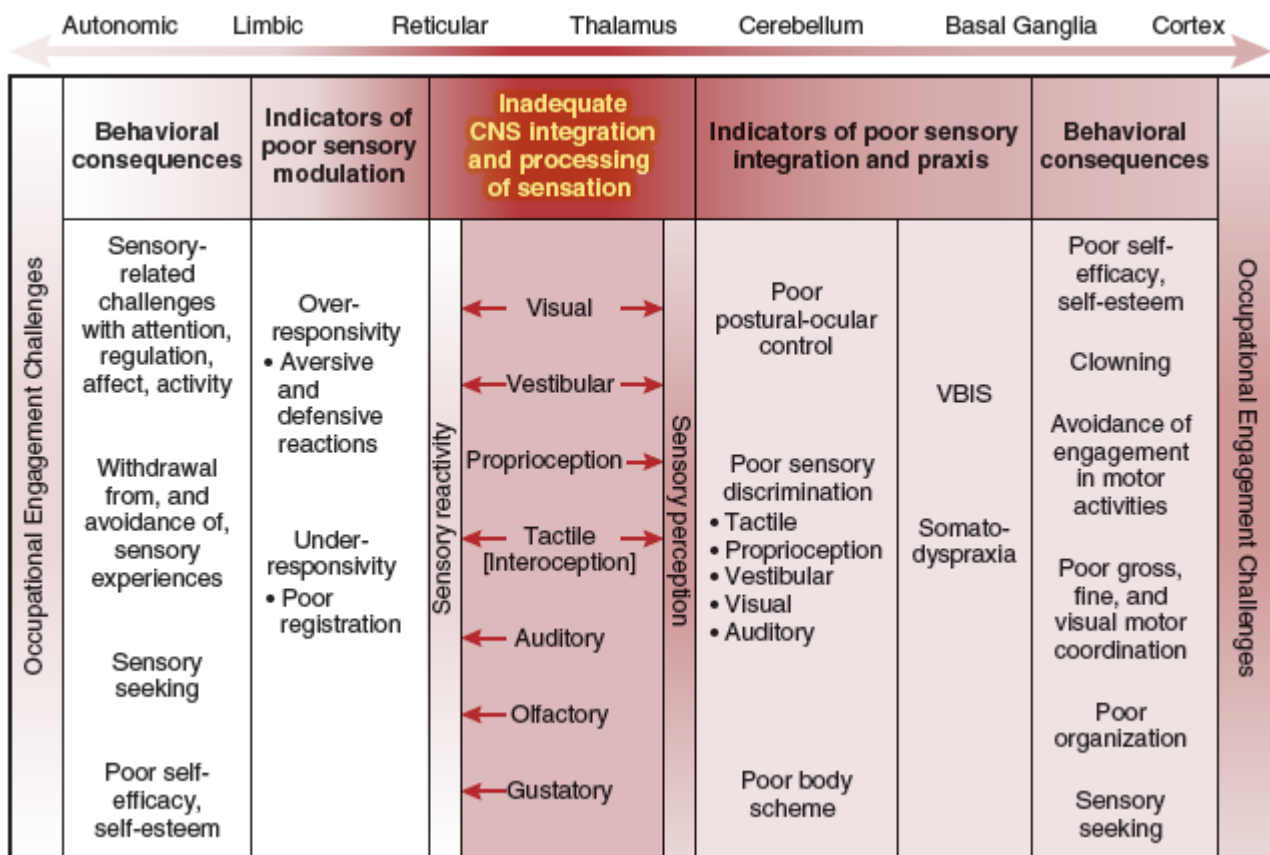


Figura 4. Representación esquemática del trastorno de integración sensorial (Bundy y Lane, 2020, p. 8)

Este esquema permite analizar las dos manifestaciones principales de la disfunción de integración sensorial (el trastorno de modulación sensorial y la dispraxia), y como se relacionan con el procesamiento sensorial compartiendo ciertas características con el modelo del proceso de integración sensorial mostrado anteriormente en la Figura 1 (Bundy & Lane, 2020).

Impacto del trastorno del procesamiento sensorial en el desarrollo infantil

Bialer y Miller (2011) consideran el Trastorno de Procesamiento Sensorial como un espectro, en el cual se pueden ubicar sujetos con una disfunción moderada que logran afrontar con sus dificultades sensoriales en sus actividades diarias, hasta sujetos con una disfunción severa que presentan grandes dificultades para llevar a cabo actividades de su rutina diaria. Esto puede impactar en diversas esferas de su vida como el ámbito escolar, vocacional, recreacional y social, presentando problemas motores y

trastornos conductuales y emocionales como ansiedad, aislamiento, depresión, problemas conductuales y abuso de sustancias. Los síntomas asociados con el trastorno de integración sensorial de forma general varían grandemente de un niño al otro, aunque en general se relaciona con la hiperactividad y dificultades atencionales, problemas conductuales, de coordinación motora, retraso en el desarrollo del habla y el lenguaje, y problemas de aprendizaje académico (Serrano, 2019).

Ayres (1992) menciona como estas dificultades en el proceso de integración sensorial, en algún nivel o subsistema del sistema nervioso central podría manifestarse en trastornos del aprendizaje en diferentes modalidades y en diferentes procesos. De esta forma, los procesos de integración y percepción sensorial son importantes para adquirir diversas habilidades académicas como la lectura. Entonces, se hipotetiza que los sistemas neuronales que reflejan y conducen a una dificultad en el proceso de integración sensorial se observan igualmente alterados en niños con trastornos del aprendizaje, de esta manera, reflejando un trastorno en la integración postural, ocular y bilateral, una dispraxia, un trastorno en la percepción de la forma y el espacio, y defensividad táctil.

Es importante, señalar que cada niño tiene un conjunto de síntomas particular (Ayres, 1998) entre los cuales pueden encontrarse la hiperactividad y la distraibilidad, problemas conductuales, problemas en el desarrollo del habla y lenguaje, un tono muscular bajo, una coordinación motora insuficiente, trastornos en el aprendizaje, entre otros. Igualmente, se pueden observar dificultades en la etapa de la adolescencia como dificultades conductuales y académicas persistentes, para la organización de la propia actividad y en la realización de actividades sociales. Los trastornos del procesamiento sensorial interfieren en la habilidad del niño para interactuar con otras personas y objetos, por lo tanto, también se observan dificultades durante actividades de la vida diaria y de ocio como el juego (Bundy et al., 2007).

Otra consideración al analizar las dificultades de integración sensorial en el desarrollo infantil es su comorbilidad con otros trastornos del neurodesarrollo u otros grupos diagnósticos. Es común encontrar diferencias en los procesos de integración sensorial en individuos con trastorno del espectro autista, y

trastorno de la coordinación motora algunas condiciones genéticas como el síndrome de x-frágil. Sin embargo, a pesar de que se pueden observar frecuentemente estas comorbilidades, las dificultades de integración sensorial se pueden observar en niños cuyo desarrollo se presenta de forma típica o de acuerdo con lo esperado, sin embargo, experimentan dificultades significativas en su participación en diversas actividades de su vida cotidiana. Por lo tanto, los niños sin un diagnóstico médico o discapacidad también muestran dificultades en actividades lúdicas y de ocio, que serían placenteras para niños sin trastorno de integración sensorial (Parham & Cosbey, 2020).

En cuanto a los procesos atencionales, se ha observado que a pesar de que tanto los niños con TEA como los niños con Trastorno del Procesamiento Sensorial comparten ciertas características atípicas en las redes neuronales que respaldan la atención y las habilidades cognitivas, estas dificultades pueden ser consecuencia de procesos neuronales distintos para cada grupo diagnóstico (Crasta et al., 2020). En un estudio comparativo, Crasta et al. (2020) mostraron las diferencias en el perfil sensorial y atencional de niños con TEA y TPS, encontrando que los niños con TPS mostraron mayores dificultades en el procesamiento sensorial que los niños con TEA; mientras que los niños con TEA reflejaron mayores deficiencias en la atención que el grupo con TPS, especialmente en el control atencional.

Por otro lado, diversos autores han encontrado que los niños con TPS presentan diferencias tanto en medidas neurofisiológicas como conductuales en comparación con niños sin dificultades en el procesamiento sensorial (Crasta et al., 2020). Owen et al. (2013) encontraron en niños con trastornos de procesamiento sensorial diferencias anormales en la microestructura de la sustancia blanca siendo los tractos sensoriales de zonas primarias y las vías que conectan regiones sensoriales multimodales las más afectadas, y mostrando correlación con los resultados conductuales reportados a partir del perfil sensorial.

En cuanto a la maduración del proceso cerebral de la filtración/modulación sensorial. Por medio de medidas electroencefalográficas, Davies et al. (2009) reportaron una menor modulación sensorial y mayor variabilidad intragrupo en niños con TPS, en comparación control de niños sin TPS. Lo cual

demuestra que los niños con TPS presentan dificultades para filtrar los estímulos auditivos y regular de forma selectiva su sensibilidad a los estímulos sensoriales.

En consecuencia, las dificultades ocupacionales en los niños con trastorno de procesamiento sensorial se reflejan en todas las áreas de su vida, como en el juego, las actividades de la vida diaria, en el sueño y en actividades escolares y/o laborales, afectando la calidad de su participación y la cantidad de tiempo que se involucran en dichas actividades. Estas dificultades no se presentan solamente en la infancia, sino que pueden permear el desarrollo y estilo de vida de la personas desde su nacimiento hasta la edad adulta, y ser un factor decisivo en el moldeamiento de su estilo de vida y en sus ocupaciones. Igualmente, se ha observado que estos niños suelen ser más irritables y presentar dificultades para la formación de vínculos sociales, en comparación con niños sin trastorno de integración sensorial (Parham & Cosbey, 2020).

Terapia de integración sensorial

La intervención terapéutica desde esta perspectiva “está basada en la ciencia, pero es un verdadero arte” (Del Moral Orro et al., 2013). La intervención deberá ser particular e individualizada basándose en las características del paciente, su edad y las dificultades en el procesamiento sensorial (Del Moral Orro et al., 2013). Ayres describe la terapia integrativa sensorial como un proceso natural; y con esto hacer referencia a que “las interacciones naturales en un ambiente normal proporcionan la estimulación sensorial y las respuestas adaptativas suficientes para desarrollar el cerebro” (1998 p. 164). Con esto en consideración, el objetivo principal de la terapia se basa en proporcionar y controlar la entrada de estímulos sensoriales para que el niño de forma espontánea y natural vaya elaborando las respuestas adaptativas que permitan la integración adecuada de las sensaciones (Ayres, 1972, 1983 como se cita en Lázaro et al., 2010).

Los supuestos que subyacen la terapia integrativa sensorial se relacionan con su base neural y comportamental. Bundy & Lane (2020) enumeran y explican los supuestos de la siguiente forma:

- El SNC tiene neuroplasticidad. Esta plasticidad se refiere a la capacidad que tienen las estructuras cerebrales de cambiar. (Bundy & Lane, 2020). Ayres (1998) hace referencia a como la interacción con el ambiente puede ser capaz de modificar o mejorar la estructura química y, por ende, las funciones del cerebro.
- El cerebro funciona como un todo integral. De esta forma, tanto las estructuras subcorticales como corticales participan en el proceso de integración sensorial (Bundy & Lane, 2020). Por lo tanto, durante el proceso terapéutico, el niño estaría aprendiendo organizar y usar su cerebro de manera más eficiente para que este trabaje mejor (Ayres, 1998).
- Las interacciones o respuestas adaptativas son críticas para el desarrollo de la integración sensorial. Éstas promueven la integración sensorial y la calidad de las acciones del niño reflejan integración sensorial. Los movimientos generan una retroalimentación sensorial que es recibida nuevamente por el SNC y se crean modelos neurales que serán la base de respuestas adaptativas cada vez más complejas (Bundy & Lane, 2020). Por medio de la realización de actividades que proporcionen información sensorial y el niño debe lograr formar un movimiento corporal organizado y adaptativo que se y esa información es enviada al cerebro (Ayres, 1998).
- Los niños tienen una fuerza interna que les permite desarrollar la integración sensorial mediante la participación en actividades sensoriomotoras (Bundy & Lane, 2020). Los niños desarrollan la integración sensorial a través de sus actividades y juegos de la vida diaria. Aunque los niños nazcan con cierta capacidad de la integración sensorial, esta se va logrando a través de la interacción con el mundo al generar respuestas adaptativas. Entonces, para lograr esta integración el niño debe participar activamente en la actividad y el impulso de realizarla debe salir de su interior (Ayres, 1998).

Como se ha mencionada, uno de los conceptos más importantes sobre sus fundamentos neurales es el de neuroplasticidad, entendiéndola como la capacidad del sistema nervioso para cambiar en respuesta

a la experiencia. De esta forma, se hipotetiza que la Terapia de Integración Sensorial de Ayres favorece el desarrollo de las funciones, habilidades y conductas que permiten a los niños participar en las actividades diarias. Desde la neurociencia, este principio se fundamenta en que el aprendizaje dependiente de la experiencia moldea tanto el funcionamiento cerebral como la conducta, concordando con hallazgos expresados en los principios de Donald Hebb. Según esto grupos de neuronas que responden a la estimulación y generan una respuesta adaptativa, llegan a funcionar y activarse como una unidad organizada (Lane et al., 2019).

La terapia de integración sensorial se enfoca principalmente en la integración de sensaciones vestibulares, propioceptivas y táctiles, y en el favorecimiento de una postura, integración bilateral, praxias y modulación sensorial adecuados (Bundy & Lane, 2020). De esta forma, a través de un ambiente sensorialmente enriquecido que busca la generación de respuestas adaptativas, la Terapia de Integración Sensorial favorece la neuroplasticidad (Lane et al., 2019).

Serrano (2019) señala que este proceso terapéutico o de tratamiento debe abarcar 3 aspectos fundamentales. El primero, se centra en apoyar a padres, educadores, profesores y adultos que convivan cotidianamente con el niño para aprender a detectar la influencia de la dificultad de integración sensorial en los comportamientos y en el desarrollo y aprendizaje del niño. Este punto permite que las personas que rodean al niño entiendan su perfil sensorial y cómo esto se relaciona con su comportamiento, entender cuáles se relacionan con el procesamiento sensorial y cuáles no. Esto permitirá que los adultos puedan ser más perceptivos de las necesidades del niño, lo cual facilita la implementación de recomendaciones y sugerencias, así como mejorar la capacidad para realizar cambios en caso de que sea necesario.

En segundo lugar, debe buscar la modificación del ambiente o del entorno de manera que este cubra las necesidades del niños y facilite su desarrollo. Se debe buscar proporcionar al niño en su día a día el desafío adecuado que vaya de acuerdo con su perfil sensorial. Estos cambios o modificaciones

ambientales también son llamados dieta sensorial y para esto es importante considerar la naturaleza calmante o estimulante que puede tener determinado estímulo sensorial y su impacto específico en la situación y en el niño. Este proceso dentro del tratamiento es importante porque permitirá, a través de la interrelaciones de los sentidos en el cerebro, que un estímulo de un determinado sistema sensorial influya en otros sistemas (Serrano, 2019).

Por último, se debe considerar la intervención terapéutica directa, que implica la relación terapeuta-paciente, que se debe centrar en el tratamiento de problemas específicos que se hayan identificado en el niño. Las actividades dentro de este proceso deben pretender que “el sistema nervioso mejore la capacidad para modular, organizar e integrar la información que le llega de lo que le rodea, lo que a su vez es la base para futuras respuestas adaptativas y el aprendizaje a otros niveles” (Serrano, 2019, p. 139).

Frecuentemente, se ve utilizado el término integración sensorial de forma inapropiada a intervenciones que en realidad solamente implican estimulación sensorial (Bundy & Lane, 2020). Parham et al., (2007, como se cita en Serrano, 2019) señalan una serie de principios que deben ser característicos del proceso de intervención sensorial para que este pueda verdaderamente considerada intervención de integración sensorial. A continuación, se realiza un breve recuento de dichos principios:

- La terapia de integración sensorial debe ser implementada por un terapeuta ocupacional calificado con formación de posgrado especializada en integración sensorial.
- La planeación de la intervención debe estar centrada en la familia y debe basarse en los hallazgos obtenidos dentro de la evaluación e interpretación de las dificultades de integración sensorial en el niño. Dicha evaluación debe ser realizada en colaboración con los padres y cuidadores.

- La terapia se debe llevar a cabo en un espacio seguro con equipo específico que permita la generación de sensaciones vestibulares, propioceptivas y táctiles adecuadas, y para el desarrollo de las praxias.
- Las actividades deben ser ricas en sensaciones y se deben brindar oportunidades de integración de otras sensaciones a parte de las mencionadas anteriormente.
- Se debe promover la regulación del afecto y el nivel de alerta
- Se debe promover el desarrollo del control postural, oculomotor, oromotor y de la coordinación bilateral del cuerpo.
- Se debe promover las praxias, así como la organización propia del niño en el espacio y tiempo.
- Las actividades deben implicar cierto reto para el niño en su ejecución.
- Se deben proporcionar oportunidades para la generación de respuestas adaptativas antes las exigencias ambientales, las cuales deberán aumentar en complejidad paulatinamente.
- Se debe utilizar la motivación intrínseca y el impulso interno del niño por las ejecuciones de las actividades por medio de la búsqueda del placer, generando un ambiente de confianza, seguridad y respeto. El terapeuta debe modificar el ambiente en la búsqueda de esta motivación y de acuerdo con las respuestas generadas por el niño.
- La recompensa para el niño se encuentra en la satisfacción al realizar las actividades y cumplir los retos planteados. El terapeuta debe garantizar el éxito del niño dentro de las actividades; siempre que sea necesario se realizarán modificaciones y adaptaciones a la actividad o al ambiente.

Esta Medida de Fidelidad desarrollada por Parham et al. (2011, como se cita en Bundy & Hacker, 2020) proporciona una definición operacional sobre la terapia de integración sensorial refleja hasta cierto punto arte, en el aspecto que implica la colaboración para la elección de las actividades, la adaptación de la actividad para otorgar el desafío adecuado para cada ocasión al niño, asegurarse que las actividades

sean realizadas con éxito por el niño, apoyar la motivación intrínseca y el establecimiento de una alianza terapéutica. Por lo tanto, el terapeuta debe tener cierta capacidad “artística” que le permita responder a la complejidad de la situación sensorial de formas sencillas y sin interrumpir el flujo de la propia actividad natural del niño.

Perfil y funciones del terapeuta de integración sensorial

El terapeuta debe crear sesiones terapéuticas que tengan una estructura de base, pero al mismo tiempo cierta libertad que lleve al niño a la exploración. “El terapeuta controla el ambiente, mientras que el niño controla sus propias acciones.” (Ayres, 1998 p. 183) La Terapia Integrativa Sensorial permitirá la utilización del cuerpo de una forma más eficaz por medio de la organización de las sensaciones propioceptivas, vestibulares y táctiles (Beaudry Bellefeuille, 2013). Por lo tanto, el trabajo del terapeuta será proporcionar desafíos adecuados que vayan aumentando en complejidad pero que sigan siendo alcanzables para el niño, y siempre será a través del juego (Serrano, 2019).

El terapeuta debe poseer conocimientos de neurofisiología y sobre la evaluación de los sistemas sensoriales que le permitan determinar el cómo comenzar el proceso de intervención y cómo integrar los sistemas sensoriales como parte de las actividades propuestas (Serrano, 2019). Igualmente, es importante considerar las particularidades de cada familia, sus recursos, sus preferencias y estilos ocupacionales, al igual que los recursos de la comunidad en la que se desarrolla el niño al momento de proponer las opciones del tratamiento (Parham & Cosbey, 2020).

Considerando las características artísticas de la terapia de integración sensorial, Bundy y Hacker (2020) mencionan tres características del terapeuta como un buen participante dentro del juego:

- Debe ser capaz de leer las señales proporcionadas por el niño y responder o reaccionar adecuadamente ante estas.

- Debe ser capaz de otorgar señales directas y apropiadas al niño sobre cómo debe estar actuando dentro del juego.
- Tanto niño como terapeuta deben jugar y estar involucrados en la actividad en constante interacción, sin que las acciones de uno dominen más en el juego que las del otro.

Resultados de la terapia de integración sensorial en niños con trastornos del neurodesarrollo o alguna condición comórbida

Como ya se ha mencionado anteriormente, el trastorno de procesamiento o de integración sensorial se ha observado en individuos pertenecientes a varios grupos diagnósticos infantiles específicos como Trastorno del Espectro Autista (TEA), algunas condiciones genéticas como el Síndrome de X-frágil, el Trastorno del Desarrollo de la Coordinación (TDC) (Parham & Cosbey, 2020), el Trastorno por Déficit de Atención/Hiperactividad (TDAH) y Síndrome de Alcoholismo Fetal (Benevides et al., 2020). Por lo tanto, es de esperarse que los niños pertenecientes a esta población manifiesten síntomas característicos de algún Trastorno del Procesamiento Sensorial y se beneficien de la Terapia de Integración Sensorial. A continuación, se presentará un breve recuento sobre algunos hallazgos sobre la eficacia de este método de intervención bajo los principios de la teoría de integración sensorial en población infantil con dificultades en el procesamiento sensorial y algún trastorno del neurodesarrollo.

La actual versión del DSM-5 (Asociación Americana de Psiquiatría, 2014) reconoce que frecuentemente se pueden observar diferencias y dificultades en el procesamiento sensorial en la población con TEA, mostrando respuestas inusuales ante estímulos sensoriales. Generalmente, se reportan e identifican dificultades en el proceso de modulación sensorial dentro del continuo de hipo o hiperreactividad sensorial, especialmente ante estímulos olfativos, gustativos y auditivos; sin embargo, igual se observan dificultades en la discriminación sensorial y el desarrollo de las praxias, pobre imitación motora y diferencias posturales. Por lo tanto, un procesamiento sensorial atípico puede ser subyacente a

las dificultades motoras gruesas y finas, y en la marcha característicos o frecuentes en el TEA (Benevides, et al., 2020).

Ayres (1998) señala que en esta población “el objetivo es mejorar el procesamiento sensorial para que más sensaciones se registren y se modulen de manera más efectiva, y para motivar al niño a que forme respuestas adaptativas simples a modo de ayuda para que aprenda a organizar su comportamiento” (p. 160). Algunos de los resultados que se observan en esta población señalan cambios y/o mejorías en diversas áreas.

Se han observado mejorías que implican el logro objetivos funcionales planteados por los padres después de la participación en la terapia de integración sensorial en niños TEA (Benevides et al., 2020). En un estudio piloto en niños con TEA, Pfeiffer et al. (2011) encontraron mejorías significativas en los manierismos característicos del autismo, al igual que mejoría hacia la obtención de los objetivos planteados de forma individual antes de iniciar el tratamiento relacionados con el procesamiento y regulación sensorial, la esfera socioemocional y las habilidades motoras finas. Igualmente, se han reportado resultados positivos en esta población que muestran un impacto positivo en la participación en actividades de la vida diaria y una mejora significativa en la motivación por las actividades ocupacionales (Abelenda & Rodríguez Armendariz, 2020). Igualmente, se reportan resultados positivos que se reflejan en una disminución de la incidencia de los movimientos estereotipados (Silva Costa & Lara Pfeifer, 2016). Ayres y Tickle (1980) reportan en un estudio comparativo que los niños con TEA que los métodos terapéuticos mostraron mayor efectividad en aquellos niños con hiperreactividad táctil y vestibular que aquellos manifestando hiporreactividad, demostrando la importancia del análisis del perfil sensorial del niño previo a la aplicación de los métodos terapéuticos.

Con relación al TDAH, se han identificado deficiencias en la modulación sensorial de estímulos táctiles como defensividad táctil mostrando diferencias significativas entre niños de esta población y niños con un desarrollo típico. Esta población muestra características relacionadas con dificultades en el

procesamiento de información táctil, auditiva, emocional y conductual, y dificultades para generar respuestas adaptativas a las sensaciones, reactividad emocional e inatención y distraibilidad (Lane, 2020). Diversos estudios confirman la estrecha relación que existe entre las deficiencias atencionales y dificultades en las funciones sensoriales, motoras y perceptivas. En esta misma línea diversos estudios demuestran la relación entre el TDAH y diversas dificultades motoras con una base sensorial, como deficiencias en el equilibrio y el control postural, dispraxia, dificultades en la integración sensoriomotora, reacciones adversas a estímulos táctiles y problemas en la planeación motora (Mulligan, 2020).

La terapia de integración sensorial ha demostrado ser de utilidad para el tratamiento de niños con TDAH con características específicas en su procesamiento sensorial. Estas estrategias se han utilizado para trabajar la regulación conductual y sobre conductas no deseables, como la inatención y la hiperactividad. La intervención manifiesta mejorías en habilidades funcionales y de la vida diaria, así como conductas sociales. Se ha demostrado efectividad para el logro de los objetivos ocupacionales planteados y obtener mejorías en las funciones de integración sensorial (Mulligan, 2020).

En niños con diagnóstico de Síndrome de X-Frágil, ciertos estudios demuestran hiperexcitabilidad e hipersensibilidad con alteraciones en el sistema nervioso simpático. Desde la perspectiva de la integración sensorial, estos niños presentan alteraciones en la modulación y regulación sensorial, relacionada con defensividad, el control postural, las praxias, la percepción visual y las capacidades motoras. Existen diversos reportes que manifiestan la efectividad de la intervención de integración sensorial. Sin embargo, estos estudios no han sido muy rigurosos y no permiten llegar a conclusiones sólidas sobre la eficacia específica en esta población (Goldson, 2001).

Ayres consideraba el aprendizaje como un proceso que dependía en gran parte de la habilidad para el procesamiento y la integración de las sensaciones, así como el uso de éstas para la planeación y organización de la conducta. Por lo tanto, una dificultad en esta área podría resultar en dificultades para producir acciones adecuadas, lo cual podría interferir en el aprendizaje y la conducta. De esta forma, la

intervención bajo los postulados y principios de la integración sensorial tendrían un efecto positivo en el procesamiento sensorial en el SNC, conduciendo a una mejoría en el aprendizaje y la conducta (Bundy & Lane, 2020). Bajo estos postulados, mucha de la investigación de Ayres se centró en como la función integrativa sensorial se reflejaba en los procesos mentales superiores como el aprendizaje y las praxias (Lane et al., 2020).

Diferentes investigaciones señalan la relación entre las dificultades en el aprendizaje, las praxias y la integración sensorial. Se señala que los niños que manifiestan dificultades en las praxias presentan dificultades en los procesos de lectura, escritura y conceptos numéricos, y manifiestan una escasa autonomía en actividades de la vida diaria, conducta hiperactivas y de distraibilidad y poco disfrute por actividades deportivas. Igualmente, se observa defensividad táctil y dificultades en la lateralidad, cruce de la línea media, la coordinación de ambas manos y las habilidades visoespaciales (Serna et al., 2017).

Polatajko et al. (1991) han reportado resultados de efectividad de la terapia de integración sensorial para el mejoramiento del desempeño académico y motor en niños con trastornos de aprendizaje. Un metaanálisis realizado por Ottenbacher (1982, como se cita en May-Benson & Koomar, 2010) reporta un efecto positivo en el desempeño motor en niños con dificultades en el aprendizaje y discapacidad intelectual. En un análisis sistemático May-Benson y Koomar (2010) reportan 6 estudios que reportan cierta mejoría en las habilidades de lectura de niños que recibieron intervención de integración sensorial y en el seguimiento, se observó que los resultados se mantuvieron. Ayres (1972) reporta un aumento en las puntuaciones académicas posterior a la terapia de integración sensorial en niños con trastornos del aprendizaje, así como mejorías en las habilidades de lectura y lenguaje.

Resultados de la terapia de integración sensorial en niños sin trastornos del neurodesarrollo

Es evidente que incluso niños que de forma general se observa un desarrollo típico pueden manifestar y experimentar dificultades relacionadas con sus habilidades de integración sensorial, en actividades como el juego, el ocio, la participación social, actividades de la vida diaria, actividades

instrumentales de la vida diaria, el descanso y el sueño, y la educación. En estos casos donde se desea que el niño logre mejorías en sus habilidades de integración sensorial, la Terapia de Integración Sensorial es recomendable al poder observarse efectividad positiva en estos casos. Igualmente, es recomendable en niños que muestran dificultades en el proceso de modulación sensorial, para desarrollar estrategias que le permitan enfrentar de una mejor manera las rutinas diarias y el ambiente a su alrededor. Ante problemas en las habilidades motoras y sociales probablemente se tenga que recurrir al entrenamiento de estas habilidades específicas (Koenig & Rudney, 2010; Parham & Cosby, 2020).

Reynolds y Reynolds (2010) analizando la efectividad de la Terapia de Integración Sensorial en el desarrollo neurofisiológico, demostraron que la estimulación positiva del sistema neurosensorial puede aumentar la función neurológica o eficiencia neuronal. Concluyendo que al tener un cerebro más capaz de procesar e integrar la información por medio de los sistemas sensoriales, se observa un aumento en la eficiencia neuronal y la habilidad de aprendizaje. Esto se observó a través de un aumento en la eficiencia neuronal que aumenta en consecuencia de la estimulación de la percepción e integración sensorial que condujo a aumentos en las medidas del cociente intelectual.

A través de un estudio de caso en un niño preescolar con dificultades en la modulación sensorial, Schaaf y Nightlinger (2007) ilustran la interrelación entre el procesamiento sensorial, la conducta y el desempeño ocupacional. Después de una intervención de terapia ocupacional bajo la perspectiva de integración sensorial con duración de 10 meses, reportan mejorías en la planeación motora y la participación en actividades apropiadas para la edad del niño, una disminución en las reacciones de miedo ante la exposición a actividades de movimiento y los juegos del parque, disminución en la sensibilidad oral (mostrando mayor aceptación por alimentos y participación a la hora de la comida), mejoras en el desarrollo social con inicios de juego social con pares, y mejoras en la exploración manual y mayor participación en actividades y juegos visomotores y de motricidad fina. Las mejoras en la capacidad para procesar estímulos sensoriales se volvieron evidentes en el ambiente clínico, social y en el hogar.

Diversos estudios que cumplen con los principios de integración sensorial relacionados con la eficacia de la intervención muestran que los niños que recibieron la Terapia de Integración Sensorial mostraron mejorías en el desempeño de los diversos aspectos evaluados por dichos estudios en comparación de niños que no recibieron dicho proceso terapéutico. Esto confirma los resultados observados por padres y terapeutas que reportan resultados positivos tras la implementación de la Terapia de Integración Sensorial (Serrano, 2019).

En un metaanálisis realizado por May-Benson y Koomar (2010) señalan y resumen los hallazgos más importantes reportados por diversos estudios. En el área motora, se reportan mejorías en la habilidades motoras finas y gruesas, y las habilidades de planificación motora, al igual que mayor participación en actividades lúdicas que implican la motricidad gruesa y fina. En cuanto al procesamiento sensorial se reportan mejorías en la discriminación sensorial, disminución en la defensividad sensorial y cambios en la reactividad fisiológica sensorial. Con relación a la conducta, se reportaron cambios en la atención, la autoestima y la interacción social, así como una disminución en las conductas disruptivas. De igual forma, se reportan ganancias positivas en habilidades relacionadas con el desempeño académico como la lectura, la escritura y el desempeño visual. El análisis muestra que en todos los estudios se reportan ganancias significativas reportadas por los padres (May-Benson & Koomar, 2010; Schoen et al., 2020).

Discusión

Una mirada desde la neuropsicología histórico-cultural a la teoría, nosología y terapia de integración sensorial

La integración sensorial es un proceso neurológico de gran importancia durante el desarrollo infantil que tiene un impacto en muchos procesos y funciones psicológicas que se encuentran en desarrollo a lo largo de la infancia. Como señala Ayres (1998), es muy común aun en la actualidad que muchas profesionales de salud y personas que trabajan con la infancia (como médicos, directores,

maestros, psicólogos, entre otros) no logren detectar un problema de integración sensorial. Muchos padres en ocasiones logran observar que algo no se encuentra bien o que su hijo tiene dificultades, pero no logran identificar qué es o porqué. Dentro de la neuropsicología no siempre se habla de los procesos de integración sensorial como algo a considerar y observar durante la evaluación neuropsicológica o a considerar la terapia de integración sensorial como una herramienta que pueda complementar y apoyar la intervención neuropsicológica, especialmente al centrarse en procesos psicológicos superiores.

La neuropsicología desde una perspectiva histórico-cultural se encarga del “análisis de las funciones psicológicas en estrecha relación con la actividad cerebral” (Quintanar & Solovieva, 2008, p. 147). Por lo tanto, el proceso de integración sensorial que ha sido descrito a lo largo del presente trabajo tiene una gran importancia para el neuropsicólogo al estudiar un proceso neurológico que hace referencia a la organización de sensaciones para su uso (Ayres, 1998) y siendo uno de los mecanismos cerebrales principales que nos permiten generar una representación coherente del mundo que nos rodea (Velasco et al., 2011). Por lo tanto, si la neuropsicología histórico-cultural pretende “identificar la causa de las dificultades y elaborar el programa de intervención que garantice la superación de las mismas” (Quintanar & Solovieva, 2008, p. 147), debe considerar posturas teóricas como la de la teoría de la integración sensorial para identificar el origen de alteraciones en el desarrollo de diversos procesos psicológicos cuando estas alteraciones tengan un origen sensorial.

Basándonos en la información recopilada, podemos llegar a diversas hipótesis y propuestas sobre que podrá observar el neuropsicólogo cuando un niño con dificultades en el procesamiento sensorial se presente a su consulta y sobre cuál sería el posible impacto a nivel neurológico y neuropsicológico en los niños que consideré como candidatos a favorecerse de este tipo de intervención. A continuación, se buscará desarrollar ciertas propuestas, conclusiones e hipótesis que podrían ser de utilidad para el neuropsicólogo en su práctica clínica habitual desde una perspectiva de la teoría de integración sensorial

y la neuropsicología histórico-cultural, especialmente desde las propuestas realizadas por Luria sobre el funcionamiento sistémico, dinámico y jerárquico del cerebro (Luria, 1979, 2015).

Como Ayres (1992) señaló (desde el inicio de sus planteamientos teóricos) la conceptualización de Luria es consistente a la presentada por su teoría de integración sensorial, al hablar sobre sistemas cerebrales que funcionan o trabajan de forma conjunta y dinámica para el desarrollo de funciones mentales superiores, y que estos sistemas maduran de forma independiente entre sí de acuerdo con las diversas experiencias del individuo con el ambiente. De esta forma, el desarrollo ontogenético en los primeros años se centraría en el desarrollo de procesos sensoriomotores elementales que servirían de base para el desarrollo de procesos superiores y los elementales pasarían a un segundo plano.

Esto nos permite suponer al igual que como se ha señalado a lo largo de este análisis teórico que procesos como la atención, la memoria, el aprendizaje, funciones frontales, las praxias, el estado afectivo, entre otros se ven influenciados por el procesamiento sensorial, especialmente en etapas tempranas del desarrollo infantil (Ayres, 1998; Serrano, 2019; Lane et al., 2020). Como se menciona en el análisis del esquema del desarrollo de las funciones cerebrales, Ayres (1998) los divide en cuatro niveles en los cuales niveles inferiores de integración sensorial sirven de base para el desarrollo de niveles superiores de integración sensorial. Esto coincide con la propuesta expuesta por Luria sobre el desarrollo de los sistemas funcionales. Al presentar alteración en alguna unidad funcional cerebral de nivel inferior, la función de estructuras cerebrales siguientes se verá alterada (Rosselli & Matute, 2010).

Con el propósito de exponer estas relaciones de una forma sencilla y estructurada, se utilizará la nosología propuesta por Lucy Miller y sus colaboradores para ir atendiendo a cada uno de los trastornos del procesamiento sensorial que podría observar el neuropsicólogo en su práctica clínica, así como las conclusiones que se pueden abstraer de los hallazgos recopilados anteriormente.

Trastorno de Modulación Sensorial

Siguiendo los patrones de disfunción planteados por (Miller et al., 2007), la primera categoría pertenece al Trastorno de Modulación Sensorial (TMS), que en global a los niños con Hiperreactividad Sensorial, Hiporreactividad Sensorial y Búsqueda Sensorial (Carrick, 2010; Miller et al., 2007). Como se menciona anteriormente, dependiendo de los sistemas o los sistemas sensoriales con dificultades en los procesos de modulación sensorial serán los comportamientos específicos que se manifiesten en el niño con este trastorno, pero se pueden resumir en que el niño hiperreactivo manifiesta reacciones exageradas, el niño hiporreactivo no responde o manifiesta poca respuesta y el niño con búsqueda sensorial ansía grandes cantidades de información para su activación. Esto se manifiesta en alteraciones en las 4 As: Alerta, Atención, Afecto y Acción (Serrano, 2019).

Actualmente, los hallazgos científicos basados en diversas investigaciones llevan a hipotetizar una disfunción en las regiones límbicas y el hipotálamo, al ser el procesamiento sensorial una de las funciones más prominentes de algunas estructuras límbicas (Royeen & Lane, 1991, como se cita en Lane, 2020b) y sus relaciones con la formación reticular (Lane, 2020b). De esta forma se explican las alteraciones en la regulación afectiva y conductual, y el mantenimiento adecuado del nivel de alerta o activación cortical (Lane, 2020b).

Al parecer, el trastorno de modulación sensorial se podría relacionar estrechamente con la Primera Unidad Funcional (1ª UF) descrita por Luria (Luria, 1979) que está conformada por la formación reticular y sus conexiones con la corteza cerebral y el sistema límbico (Rosselli & Matute, 2010). Los mecanismos neuropsicológicos que se atribuyen a estas zonas cerebrales hacen referencia a las funciones de activación (cortical) general inespecífica y la activación general inespecífica del estado emocional, y la regulación de todas las funciones vitales del organismo (Quintanar & Solovieva, 2008).

Por lo tanto, el neuropsicólogo en su análisis de las funciones psicológicas en el niño con un TMS probablemente encuentre que a nivel neuropsicológico la dificultad se origina en alteraciones en el

funcionamiento de la 1ª UF debido a una disfunción en los procesos de modulación sensorial en alguna vía sensorial específica o en un conjunto de éstas, que se puede caracterizar por una hiperreactividad sensorial, hiporreactividad o búsqueda sensorial.

Dependiendo del subtipo de dificultad en la modulación sensorial serán diversas las estrategias de intervención desde la terapia de integración sensorial (TIS) que se implementarán, siempre es importante recordar que ésta deberá ser particular e individualizada basándose en las características del paciente, su edad y las dificultades en el procesamiento sensorial (Del Moral Orro et al., 2013). En el niño con hiperreactividad sensorial se observa una gran reactividad a pequeñas cantidades de estimulación sensorial, ya sea interna o externa, y cuyo nivel de alerta se eleva fácilmente. Generalmente, se hace referencias a esta condición como defensividad sensorial (Bialer & Miller, 2011).

Bialer y Miller (2011) proponen ciertos principios que pueden servir para guiar la intervención en niños con hiperreactividad sensorial:

- 1) Se debe buscar normalizar el nivel de alerta del niño. Bialer y Miller (2011) señalan que esto se debe a que alguna sensación ha estimulado el sistema nervioso simpático (especialmente, la amígdala), lo cual genera respuestas exageradas a un estímulo. Por lo tanto, se deben otorgar la oportunidad de crear una tolerancia hacia el estímulo y se deben usar técnicas que ayuden a generar un adecuado nivel de alerta como el tacto profundo, los masajes y las vibraciones. Trápaga Ortega et al. (2018) señalan la importancia de los cuidadores principales del niño para proporcionar estos estímulos modulados para evitar la generación de irritabilidad y favorecer el reflejo de orientación, el cual constituye “la base primordial de la actividad cognoscitiva” (2018, p. 132) y procesos mentales como la memoria.
- 2) El uso de la fuerza ayuda a calmar el nivel de alerta, especialmente cuando el niño se proporciona a sí mismo esa sensación. Esto se relaciona con otorgar información calmante y estímulo organizado al SNC por medio de la vía propioceptiva (Bialer & Miller, 2011).

- 3) Se debe fomentar la predictibilidad para que el niño genere una sensación de control sobre la capacidad para mantener una adecuada regulación. (Bialer & Miller, 2011).
- 4) Los adultos alrededor del niño deben poder mantenerse para poder apoyar al niño en su propia regulación (Bialer & Miller, 2011). Trápaga et al. (2018) resaltan la influencia de los padres en la regulación de los estados de ánimo que garantizan la modulación y de los sistemas propioceptivos y vestibular para generar logros psicomotores en el niño.
- 5) Mantener al niño ocupado con tareas predecibles al estar en público (Bialer & Miller, 2011).
- 6) En ocasiones se puede recurrir a evitar eventos que puedan ser sobre-estimulantes; sin embargo, lentamente se debe tratar, en medida de lo posible, de exponer al niño a sensaciones normales (Bialer & Miller, 2011).
- 7) Se deben tener herramientas sensoriales fácilmente accesibles y enseñar a los niños a usarlas cuando el adulto no se encuentre cerca (Bialer & Miller, 2011).

Por otro lado, Bialer & Miller (2011) proponen una serie de principios distintos para guiar la intervención en niños con hiporreactividad sensorial:

- 1) Se debe implementar la entrada de estímulos sensoriales rápidos o intensos que eleven el nivel de alerta general.
- 2) Usar rápidas ráfagas de información táctil, propioceptiva y vestibular para generar un nivel de alerta más elevado en todo el cuerpo.
- 3) Utilizar la estimulación de otros sentidos como el gusto y el olfato para elevar el nivel de alerta.
- 4) Implementar actividades que sean motivantes

En el niño con búsqueda sensorial, aun no se ha logrado determinar muy claramente a nivel neurobiológico dónde se encuentra la alteración. Sin embargo, a nivel conductual tienen un gran parecido con niños que pertenecen al grupo diagnóstico de TDAH, pero el niño que manifiesta una búsqueda

sensorial se observa una mejor capacidad para inhibir respuestas, pero dificultad para habituarse a las sensaciones (Bialer & Miller, 2011). Por lo tanto, Bialer y Miller (2011) proponen una serie de principios distintos para el trabajo con este grupo diagnóstico:

- 1) Se deben crear experiencias de movimiento organizado que tengan un objetivo y propósito bien determinado para fomentar una mejor organización sensorial
- 2) Utilizar la entrada de información intermitente, variante o interrumpida de estímulos vestibulares que promueva el control del movimiento y conduzca al control de la propia conducta.
- 3) Utilizar programas que incorporen el uso de la fuerza como un medio para la estimulación de la vía propioceptiva con el uso de actividades con un propósito determinado.
- 4) Utilizar modificaciones ambientales al socializar con los compañeros.
- 5) Realizar actividades en espacios pequeños o cerrados para controlar la actividad del niño.

Como se puede observar, todas estas estrategias se centran en la modulación y control de los estímulos sensoriales, especialmente, los estímulos vestibulares, propioceptivos y táctiles, como estrategias para la intervención en niños con TMS; sin embargo estas estrategias deben otorgar al SNC con el estímulo adecuado para que este pueda organizar la información sensorial y generar respuestas motoras, conductuales y emocionales adecuadas, y que promuevan la integración del niño en actividades de la vida diaria de una forma más organizada. Estas estrategias proporcionan información sensorial que ayude al mejoramiento de los procesos funcionales de la 1ª UF.

Estos principios y propuestas realizadas desde la integración sensorial pueden ser de gran utilidad para la práctica clínica del neuropsicólogo ante el trabajo con niños con TMS. Igualmente, esto permite al neuropsicólogo entender como la terapia de integración sensorial tienen un impacto en el SNC del niños con TMS, al promover la modulación sensorial por medio de estrategias que busquen la estimulación, control y modulación adecuada de la 1ª UF.

Por lo tanto, después de la implementación de la TIS, se pueden suponer mejoras en el rendimiento de los procesos atencionales del niño y una mejora en la regulación afectivo-emocional. Esto puede ser de gran utilidad para el neuropsicólogo que al tener en su consultorio a un niño con una mejor capacidad para la modulación sensorial, tiene una mejor base cerebral en la 1ª UF para el desarrollo de procesos cognitivos más complejos propios de Unidades Funcionales más complejas y una mejor posibilidad de buscar la intervención neuropsicológica en funciones psicológicas superiores, ya que “si esta unidad está alterada la función de las estructuras cerebrales se verá afectada (Rosselli & Matute, 2010)

Trastorno de Discriminación Sensorial

La segunda categorías diagnóstica es la del Trastorno de Discriminación Sensorial (TDS) que se caracteriza en que el niños manifiesta una dificultad para interpretar las características o cualidades específicas del estímulo sensorial; así que se le dificulta diferenciar entre la similitudes y diferencias entre estímulos. Estos niños son capaces de percibir el estímulo y desarrollar una respuesta regulada pero no logran percibir qué estímulo es o dónde se encuentra (Miller et al., 2007). Esta dificultad se puede ser variable en los diferentes sistemas sensoriales (Miller et al., 2007), demostrando una capacidad de discriminación excelente en cierta modalidad sensorial y dificultades en otras (Bialer & Miller, 2011).

En el contexto de la integración sensorial, la discriminación hace referencia a la capacidad que “Permite la organización e interpretación del estímulo y distinguir su relevancia, características y cualidades específicas” (Del Moral Orro et al., 2013, p.5). Como se ha mencionado, se hipotetiza o se le atribuye una amplia influencia sobre los procesos relacionados con la planeación motora y las praxias (Del Moral Orro et al., 2013). Sin embargo, diferentes autores le atribuyen un papel diferente en su relación con la percepción y en su posición jerárquica con relación a otros procesos. Por ejemplo, Lane & Reynolds (2020) lo describen como un proceso que ocurre antes de la percepción consciente del estímulos sensorial, dando a entender que es un procesos subconsciente, pero señalando su importancia

en su relación con procesos cognitivos como la atención, la memoria y la toma de decisiones. Sin embargo, otros autores como Bialer y Miller (2011) lo colocan como un proceso más superior, usándolo para referirse a los procesos de mayor nivel cognitivo para la interpretación de la información sensorial, no dejando completamente si se usa para englobar varios procesos o hacer referencia a procesos cognitivos que recibirían otra denominación en diferentes perspectivas. A pesar, de estas diferencias, todos los autores hacen referencia las dificultades en niños con este trastorno conlleva a una confusión, interpretación errónea, problemas en la clasificación de los estímulos y las experiencias y tiene un impacto en el comportamiento del niño (Bialer & Miller, 2011; Serrano, 2019).

A pesar de que no sea posible atribuir al trabajo de una sola zona cerebral el proceso de discriminación sensorial debido al complejo sistema funcional que conforma los sistemas sensoriales. Sin embargo, se pueden llegar a ciertas conclusiones generales desde la neuropsicología al observar las conclusiones y observaciones relacionadas con los niños con dificultades en la discriminación y el hecho de que se observa un impacto mayor a nivel cognitivo (Bialer & Miller, 2011) y motor, como nuestra capacidad para usar y manipular herramientas y objetos, identificar las cualidades espaciales y temporales de las sensaciones, su contribución a la conformación del esquema corporal, guiar la actividad motora, la percepción del propio movimiento, discriminar los sonidos provenientes del idioma, el desarrollo de las habilidades visoespaciales, de la cognición visual y las habilidades constructivas (Lane & Reynolds, 2020).

Por lo tanto, al relacionarse estrechamente con el trabajo de las vías sensoriales y sus proyecciones hasta áreas corticales primarias y secundarias de la corteza posterior, el trastorno de discriminación sensorial se podría relacionar estrechamente con la Segunda Unidad Funcional (2ª UF) descrita por Luria (Luria, 1979) que está encargada del análisis de los estímulos sensoriales y está conformada por las áreas posteriores primarias, secundarias y terciarias. El desarrollo de estas estructuras en el niño sigue una secuencia en la cual la maduración de las zonas terciarias depende de la maduración de las zonas

secundarias y, el de las secundarias depende del funcionamiento y maduración de las zonas primarias (Rosselli & Matute, 2010). Los mecanismos neuropsicológicos que se atribuyen a estas áreas cerebrales dependen del trabajo principal de ciertas zonas cerebrales y su papel en la recepción, análisis, almacenamiento y procesamiento de la información sensorial (Quintanar & Solovieva, 2008).

Basándonos en la información sobre las dificultades observadas en los niños, ante el análisis de las funciones psicológicas en el niño con TDS probablemente observe dificultades en el funcionamiento de ciertos factores neuropsicológicos relacionados con la 2ª UF debido a una disfunción en los procesos encargados de discriminación de los estímulos sensoriales que llegan a estas áreas cerebrales. Los mecanismos neuropsicológicos afectados se verán impactados por la modalidad o modalidades sensoriales afectadas. Se podrían observar alteraciones en el mecanismo de integración fonemática relacionado con alteraciones en la discriminación auditiva de los sonidos del idioma y zonas temporales del hemisferio izquierdo. Igualmente, se podrían detectar alteraciones en el mecanismo de integración cinestésico-táctil relacionado con alteraciones en la discriminación táctil y propioceptiva y el trabajo de zonas parietales. Ante alteraciones en la discriminación visual, probablemente se observarían alteraciones en los mecanismo de retención visual relacionado con el trabajo de zonas occipitales, sin embargo, éstas fallas mnésicas serían un efecto de dificultades en el proceso subyacente de la discriminación; por lo tanto, será importante analizar el estado de los procesos que respaldan el funcionamiento del mecanismo de retención visual al observar alteraciones en éste. Por otro lado, al presentar dificultades en los procesos de discriminación sensorial que han sido descritos y dependiendo de la modalidad sensorial afectada, se observará un desarrollo insuficiente del funcionamiento de zonas cerebrales más complejas o terciarias que necesitan de base el desarrollo de mecanismos de áreas primarias y secundarias. En consecuencia, se observaría un desarrollo insuficiente en mecanismos neuropsicológicos como la retención audio-verbal relacionado con el trabajo de zonas temporales medias del hemisferio izquierdo y la percepción global y analítica relacionada con el trabajo de zonas terciarias

o temporo-parieto-occipitales del hemisferio derecho e izquierdo respectivamente (Quintanar & Solovieva, 2008). “La disfunción de las zonas inferiores (primarias) produce en los niños la disfunción de las superiores” (Luria, 1980 como se cita en Trápaga Ortega et al., 2018, p. 136).

A pesar de suponer que la dificultad a nivel neuropsicológico se relaciona con el funcionamiento de áreas de la 2ª UF, ante un TDS en el niño se manifestarían dificultades en el funcionamiento o adecuado desarrollo de las funciones relacionadas con zonas de la Tercera Unidad Funcional (3ª UF) debido a las conexiones con las áreas motoras y premotoras, y la necesidad del adecuado procesamiento de la información sensorial en la 2ª UF para la adecuada planeación motora y desarrollo de las praxias (Luria, 1979; Lane & Reynolds, 2020).

Para el trabajo con esta población la TIS propone ciertos principios que pueden servir como una guía general al neuropsicólogo que trabaja con niños con este diagnóstico o estas características (Bialer & Miller, 2011):

- 1) Apoyar al niño a ser consciente de las propiedades características de las personas, los objetos y sus alrededores para promover la apreciación de las cualidades únicas de éstos.
- 2) Inculcar descripciones bastas sobre las características de las cosas en las actividades sensoriomotoras realizadas en conjunto.
- 3) Uso constante de la comunicación por medio del lenguaje para describir lo que ocurre.
- 4) Trabajar en la capacidad de visualización.
- 5) Medir y pesar los objetos alrededor
- 6) Jugar juegos que proporcionen información sobre las similitudes y diferencias de los objetos.
- 7) Realizar actividades que impliquen posiciones inusuales y mantenimiento del equilibrio, y el uso del lenguaje para describir los cambios percibidos en su propio cuerpo.

Como se puede observar muchos de estos principios implican en uso del lenguaje como el mediador para el desarrollo e intervención con niños ante dificultades en los procesos de discriminación sensorial acompañando el uso de las actividades sensoriomotoras. A pesar de no ahondar en este trabajo sobre el lenguaje y su importancia teórica y clínica del neuropsicólogo, especialmente para aquellos inmersos en la perspectiva histórico-cultural, se puede observar la importancia de su uso para el desarrollo del procesamiento sensorial de orden superior, de su papel en la intervención de integración sensorial y su papel como mediador en el desarrollo de los procesos sensoriomotores y su paso para el desarrollo de habilidades psicológicas superiores (Luria, 2015; Vigotsky, 2015)

Lisina (1987) desde la perspectiva del modelo histórico-cultural, señala la importancia de la comunicación entre el niño y el adulto para el desarrollo psíquico. Esta comunicación hace referencia a “la actividad mutuamente orientada de dos o más participantes de la actividad, cada uno de los cuales actúa como sujeto, como individuo” (p. 275). Ella señala que esta comunicación se entremezcla con otros tipos y fragmentos de actividad, cuando el niño dirige su atención a otros objetos, pero vuelve a reestablecerse al regresar su atención hacia el adulto. Esta estrecha relación de la comunicación con otros tipos de actividad psíquica señalan la importancia del papel regulador del adulto en los procesos de interacción del niño con el ambiente y para la internalización y desarrollo de procesos cognitivos como la discriminación.

De esta forma, la TIS por medio de la implementación de actividades sensoriomotoras y el uso del lenguaje busca mejorar la capacidad de discriminación sensorial buscando el desarrollo de funciones mentales relacionadas con la 2ª UF. Por lo tanto, después de la implementación de la TIS sensorial en la población infantil con diagnóstico de TDS en alguna o varias modalidades sensoriales llevará al neuropsicólogo a observar mejorías en las habilidades para diferenciar las características de las sensaciones que son percibidas por el niño y estos procesos le servirán de base al neuropsicólogo para promover el desarrollo de procesos mentales más complejos como la lectura, escritura, el cálculo, el

desarrollo de las praxias, habilidades lingüísticas y el aprendizaje académico en general (Rosselli & Matute, 2010; Ayres, 1992, 1998). Trápaga Ortega et al., (2018) respaldan esto señalando que al realizar actividades sensoriomotoras y posturales se favorece la discriminación auditiva, visual y olfativa al ejecutar el acto motor promoviendo el desarrollo de las áreas sensoriales primarias y citando a Luria (1980) remarcan la importancia del funcionamiento de los centro primarios para el funcionamiento de los secundarios, y de los secundarios para el desarrollo de los terciarios para la creación de síntesis cognitivas superiores.

Trastorno Motor de Origen Sensorial

Una dificultad o un bajo desempeño puede manifestarse de distintas maneras. Se puede presentar como problemas para la coordinación motora, dificultades para mantener el equilibrio, torpeza motora, tirar o chocar con los objetos alrededor o dificultades para la adquisición de nuevas habilidades motoras. Todas estas dificultades interfieren de una forma u otra en actividades de la vida diaria del niño y en los logros académicos. Ciertos autores siguiendo los hallazgos y las propuestas de Jean Ayres relacionadas con la dispraxias y la relación entre las funciones táctiles y las habilidades visoespaciales con la planeación motora, y la postura e integración bilateral con el procesamiento vestibular describe 4 patrones de disfunción en las praxias, que se caracterizan por dificultades en procesos distintos: la somatodispraxia, las deficiencias en la integración bilateral, dispraxia ante una instrucción verbal y visodispraxia (Cermak & May-Benson, 2020).

Miller et al. (2007) proponen dividir estas dificultades motoras en dos subgrupos diagnósticos: trastorno postural y dispraxia. Por un lado, los niños con un trastorno postural presentan dificultades para procesar la información sensorial de las modalidades propioceptiva y vestibular, lo cual conduce a dificultades para mantener una posición estable del cuerpo al estar en movimiento y se observa un tono muscular bajo. Por otro lado, el niño con dispraxia presenta dificultades para crear un plan de acción al enfrentarse a un desafío motor, especialmente si éste es nuevo e implica la secuenciación de múltiples

pasos. Los niños que muestran dispraxia se diferencian de aquellos con un trastorno postural en que no muestran un bajo tono muscular, sino puramente una dificultad en la ideación, planeación y/o ejecución de los movimientos para realizar una acción o ejecutar patrones de movimientos de forma precisa (Bialer & Miller, 2011).

Ante esta clasificación nos encontramos con dos panoramas distintos del origen de una dificultad motora. Se expone que una puede presentarse por una disfunción relacionada con el procesamiento e integración de la información sensorial especialmente relacionada con el trabajo de la 2ª UF propuesta por Luria y descrita anteriormente. Por otro lado, tenemos la dispraxia en sus componentes de ideación, planeación y ejecución, lo cual se podría relacionar con una disfunción de la 3ª UF, la cual está encargada de la programación, regulación y verificación de la actividad consciente, es decir, se encarga de la creación de las intenciones, la formación de planes y programas de acciones, inspecciona su ejecución y regula la conducta basándose en esos planes y programas, y verifica la actividad consciente para la detección de errores (Luria, 1979). La función motora forma un sistema funcional complejo que implica el trabajo de diversas áreas repartidas por las tres unidades funcionales mencionadas (Luria, 2015), y es de ésta forma como se logra explicar que las dificultades motoras se puedan originar por alteraciones en tantas áreas cerebrales distintas; sin embargo, las dificultades tendrán características y se manifestarán síntomas distintos, lo cual permite encuadrarlos dentro de distintos cuadros diagnósticos expresados por la teoría de integración sensorial.

Por lo tanto, en su análisis de las dificultades de los niños con Trastorno Motor de Origen Sensorial (TMOS) se enfrentará posiblemente a dos panoramas distintos. En el niño con Trastorno Postural observará que la disfunción motora se origina de una alteración en la 2ª UF funcional caracterizada por una dificultad en la integración cinestésico-táctil que garantiza la precisión de las posturas y poses corporales y la sensibilidad fina (Quintanar & Solovieva, 2008; Solovieva et al., 2008) con un efecto secundario en la 3ª UF, especialmente en su comunicación con las áreas motoras secundarias o

premotoras, las cuales al no recibir una adecuada retroalimentación somatosensorial sobre la posición y el movimiento del cuerpo, no logra generar patrones motores adecuados (Luria, 2015).

Por otro lado, en el niño con Dispraxia se observará un panorama que es más complejo de definir al estar hablando de un proceso que incorpora los tres componentes mencionados anteriormente. Como ya se ha analizado, con relación al componente de la ideación, se considera la implicación de las regiones parieto-temporales, regiones parietoccipitales del hemisferio izquierdo y ciertas áreas del lóbulo frontal izquierdo, como la corteza prefrontal para la formación de objetivos y el área motora suplementaria. En cuanto a la planeación, el aprendizaje motor y la ejecución, se observa el involucramiento de una red bilateral cortico-subcortical, especialmente implicando regiones de la corteza premotora dorsolateral, el área motora suplementaria, la corteza motora, la somatosensorial primarias, y el lóbulo parietal superior (Cermak & May-Benson, 2020). En el análisis neuropsicológico, esto se podría observar como una debilidad en el funcionamiento de la 2ª UF, especialmente en el funcionamiento de mecanismos cerebrales relacionados con el análisis y síntesis simultáneas o el mecanismo de la percepción analítica, o como una debilidad en el mecanismo relacionado con la 3ª UF y el funcionamiento de las áreas motoras secundarias, es decir, del mecanismo de organización motora secuencial (Quintanar & Solovieva, 2008).

Dependiendo del subgrupo diagnóstico que caracteriza las dificultades motoras de origen sensorial encontradas serán diversas las estrategias de intervención desde la terapia de integración sensorial (TIS) que se implementarán. Para la intervención con niños con trastorno postural, Bialer y Miller (2011) proponen los siguientes principios:

- 1) Se debe buscar promover el aumento en la autoestima del niño ya que especialmente en estos niños presentan una baja autoestima y autoconfianza para la realización de actividades motoras al presentar tantas dificultades a lo largo de su experiencia de vida y esto podría tener un impacto en la motivación y disposición para realizar las actividades propuestas.

- 2) Fortalecer los músculos centrales del cuerpo del niño, especialmente en el área abdominal y del tronco para mejorar el equilibrio, la postura y el control motor.
- 3) Trabajar en posiciones contra la fuerza de gravedad que promuevan la estimulación propioceptiva y vestibular para el uso y fortalecimiento de los músculos para lograr posturas que lleven a un mayor control y postura corporal.
- 4) Implementar actividades que impliquen el uso de peso y resistencia en diversas partes del cuerpo.
- 5) Trabajar en el desarrollo de la estabilidad en la zona de los hombros, antebrazos y muñecas para una mejor funcionamiento de las extremidades superiores para impactar en las habilidades motoras finas.
- 6) Trabajar tanto en las dificultades motoras como en las dificultades sensoriales.

Por otro lado, para niños con dispraxia Bialer y Miller (2011) proponen ciertos principios que se centran en apoyar la niño para mejorar la capacidad de organización del plan motor:

- 1) Igual que con el niño con trastorno postural, se debe buscar promover el aumento en la autoestima del niño por presentar una baja autoestima y autoconfianza para la realización de actividades motoras ante dificultades a lo largo de su experiencia de vida.
- 2) Realizar actividades que proporcionen una retroalimentación sensorial para mejorar el desempeño motor, basándose en la idea de que mientras mayor información propioceptiva reciba el niño al realizar una acción, mayor será la capacidad para sentir la acción y del cerebro para recordar cómo realizarla.
- 3) Fomentar la realización de actividades que requieran de movimientos específicos y dinámicos del cuerpo en el espacio e implementando el uso de términos espaciales y de direccionalidad.
- 4) Elegir actividades que requieran de una progresión y un orden secuencial específico para incluir elementos de temporalidad y secuencialidad.

- 5) Manifestar de forma clara los objetivos de las actividades y las acciones realizadas, se pueden usar apoyos visuales.
- 6) Practicar el uso o creación de mapas para entender su posición en el espacio y ubicar el objetivo en el espacio.
- 7) Fomentar en el niño la ideación o generación de ideas en lugar de decirle siempre que tienes que hacer.

Bundy y Hacker (2020) también recomiendan promover la integración bilateral, es decir, promover el desarrollo de la capacidad para usar de forma eficiente ambas mitades del cuerpo. Esto se logra por medio de actividades que permitan y fomenten el cruce de la línea media del cuerpo. Estas actividades generalmente implican la ejecución de secuencias de movimiento para lograr algún objetivo.

Cómo se puede observar estos principios buscan enfocarse en las dificultades motoras del niño, pero proporcionándole la información sensorial necesaria que le permita mejorar su desempeño motor. Por lo tanto, podemos suponer que después de una intervención de integración sensorial en esta población se debería ver una mejora en el funcionamiento de los mecanismos de integración cinestésica-táctil, de análisis y síntesis simultáneas, y de la organización secuencial motora, observando a un niño con una mayor capacidad de dominio a nivel corporal y motor que le permita utilizar su cuerpo para la generación de procesos de pensamiento y conducta más complejos. Esto permitirá al neuropsicólogo tener una base de funcionamiento cerebral más estable con relación a los procesos sensoriales, motores y conductuales para poder intervenir en el trabajo de procesos más complejos de organización de la actividad a un nivel más ejecutivo y para trabajar en el mejoramiento de habilidades académicas y del pensamiento de mayor complejidad.

El desarrollo de estos sistemas sensoriomotores es importante para el desarrollo de otros procesos cognitivos que se desarrollan en conjunto como la organización gnósico-práxica de la acción en el juego o actividad lúdica del niño, el ajuste postural y la autorregulación durante los procesos atencionales, la

verbalización o simbolización de las acciones y su anticipación, la expresión y capacidad creativa de acciones motoras de forma espontánea e independiente (Trápaga Ortega et al., 2018). Por lo tanto, es importante que el neuropsicólogo recuerde la importancia del desarrollo sensoriomotor en el desarrollo psicológico infantil como base del desarrollo de funciones psicológicas superiores (Luria, 2015)

A través del uso de la TIS como un medio para la intervención del niño con un TPS se espera observar una mejoría en el desempeño ocupacional del niño, y sus efectos se manifestarán en las actividades diarias del niño y en su participación social (Serrano, 2019). Esto a su vez tendrá un impacto en habilidades básicas como el contacto ocular, la atención, la interacción social y con objetos, disminución en las estereotipias, exploración del ambiente con mayor espontaneidad, las habilidades motoras gruesas y finas, las habilidades perceptivas, el juego, el autoestima, la participación en actividades y ocupaciones de la vida diaria con adultos y otros niños, la organización del comportamiento, el lenguaje, el aprendizaje académico, el comportamiento emocional y socio-afectivo, (Serrano, 2019).

De esta forma, la terapia de integración sensorial busca mejorar las funciones superiores de la corteza por medio de una mejor integración de los niveles inferiores subyacentes. Suponiendo que si la integración de los centros inferiores se ha logrado en medida de lo posible, se podría pasar al trabajo en centros cerebrales superiores que conducen a una mayor integración sensorial (Ayres, 1992). De esta forma, el neuropsicólogo tendrá el funcionamiento cerebral adecuado en centro inferiores que le permita favorecer el desarrollo de las funciones neuropsicológicas superiores desde una perspectiva neuropsicológica.

Conclusiones

La Teoría de Integración Sensorial nace de una búsqueda por explicar las deficiencias para interpretar la información sensorial y el ambiente, así como su relación con procesos complejos como el

aprendizaje motor y académico, la conducta y las actividades de la vida diaria, a través de conocimientos y hallazgos científicos y clínicos desde las neurociencias, la psicología y la terapia ocupacional (Bundy & Lane, 2020). En esta ocasión, se ha tomado la tarea de recopilar información acerca de la teoría y su propuesta de intervención, al igual que los resultados encontrados en la población infantil con diagnóstico de trastorno del procesamiento sensorial para poder analizar desde una perspectiva teórica como esta herramienta puede ser de utilidad y puede tener un impacto en la práctica clínica del neuropsicólogo, especialmente aquel que trabaja desde una neuropsicología histórico-cultural, basada en las enseñanzas teóricas planteadas por Vigotsky, Luria y sus seguidores.

Este análisis se ha mostrado provechoso al permitir realizar predicciones e hipótesis basadas en la información recopilada sobre los hallazgos que podrá encontrar el neuropsicólogo en su práctica clínica en niños con dificultades en el procesamiento e integración sensorial. Esto ha sido posible debido a que la Teoría de la Integración Sensorial propuesta por Jean Ayres y la Neuropsicología Histórico-Cultural comparten desde sus supuestos y postulados muchas similitudes sobre como entienden e interpretan el funcionamiento cerebral.

En este sentido, ambas perspectivas conciben al cerebro como un sistema dinámico que funciona y se desarrolla de forma jerárquica funcionando como un todo finamente organizado, estructurado y adaptado para producir una respuesta adecuada a las exigencias el ambiente. Como extensión, ambas conceptualizaciones del niño permiten entender la importancia del adecuado funcionamiento de estructuras cerebrales y cognitivas inferiores o, en este caso en específico, somatosensoriales, para el desarrollo de estructuras cerebrales y cognitivas superiores y más complejas, como el pensamiento, la conducta adaptativa, la organización motora y conductual, la regulación afectivo-emocional, el aprendizaje académico, el comportamiento social, etc.

De esta forma, se pudo realizar ciertas predicciones generales relacionadas con los hallazgos sobre las áreas cerebrales implicadas en los procesos alterados en estos niños y como esto se reflejaría

en hallazgos neuropsicológicos. Encontrando que el TMS se relaciona estrechamente con alteraciones en estructuras cerebrales de las 1ª UF y sus mecanismos neuropsicológicos correspondientes y el TDS con alteraciones en estructuras de las 2ª UF con distintos mecanismos neuropsicológicos implicados dependiendo de las características específicas de las dificultades observadas y la modalidad sensorial alterada. Por otro lado, los niños TMOS podrían presentar alteraciones en estructuras cerebrales de la 2ª UF y de las 3ª UF dependiendo del subgrupo diagnóstico, es decir, del origen de las dificultades motoras observadas y los síntomas que se manifiestan en el niño. Esto nos demuestra que a pesar de que muchos de estos niños puedan presentar deficiencias en el desarrollo motor, problemas académicos y conductuales entre sí, estos tendrán diferentes características que deberán ser analizadas a profundidad. Con respecto, a esto la teoría de integración sensorial proporciona una base profunda de análisis sobre las características sensoriales y el funcionamiento sensoriomotor del niño que podría abrir el panorama a nuevas posibilidades de diagnóstico e intervención.

Estas predicciones aún deben ser sujetas a prueba por medio de investigación empírica para observar si los hallazgos coinciden con las conclusiones a los que nos conducen el análisis teórico realizado. Sin embargo, a partir de las conclusiones contenidas en esta revisión se tiene la base de varias hipótesis que podrán ser puestas a prueba y confirmadas o corregidas en trabajos de investigación posteriores.

Una de las principales aportaciones del presente trabajo es otorgar al neuropsicólogo histórico-cultural una síntesis sobre una herramienta teórica y terapéutica que permita ampliar su perspectiva sobre el desarrollo infantil, ya que en ocasiones puede limitarse a la observación del desarrollo o alteración de los procesos psicológicos superiores olvidando aquellos procesos que subyacen su desarrollo en el proceso de la ontogenia. A pesar de que el neuropsicólogo no pueda aplicar esta técnica sin una preparación previa o adicional propia de un terapeuta ocupacional con una certificación especializada, puede integrar los conocimientos generados desde la perspectiva de la integración sensorial para la

detección de niños con dificultades en el procesamiento sensorial y su adecuada canalización a los servicios terapéuticos adecuados para ellos. Igualmente, el conocer los principios sobre el trabajo necesario con estos niños permitirá la adecuada aplicación de estrategias que puedan requerir implementarse en su propia práctica clínica neuropsicológica, probablemente desde una práctica supervisada con profesionales especializados en integración sensorial.

Referencias

- Abelenda, A. J. & Rodríguez Armendariz, E. (2020). Evidencia científica de integración sensorial como abordaje de terapia ocupacional en autismo, *MEDICINA*. 80(2), 41-46.
<https://www.medicinabuenaosaires.com/indices-de-2020/volumen-80-ano-2020-s-2-indice/evidencia/>
- Akhutina, T. V., & Pylaeva, N. M. (2011). L. Vygotsky, A. Luria and developmental neuropsychology, *Psychology in Russia*. 4, 155-175. <http://dx.doi.org/10.11621/pir.2011.0009>
- Akhutina, T. V., & Pylaeva, N. M. (2012). *Overcoming Learning Disabilities*. Cambridge University Press
- Asociación Americana de Psiquiatría (2014). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, DSM-5*. Médica Panamericana.
- Ayres, A. J. (1972). Improving academic scores through sensory integration, *Journal of Learning Disabilities*. 5(6), 338-343. <https://doi.org/10.1177/002221947200500605>
- Ayres, A. J. (1992). *Sensory integration and learning disorders*. Western Psychological Services.
- Ayres, A. J. (1998). *La integración sensorial y el niño*. Trillas.
- Ayres, A. J., & Tickle, L. S. (1980). Hyper-responsivity to touch and vestibular stimuli as a predictor of positive response to sensory integration procedures by autistic children, *The American Journal of Occupational Therapy*, 38(6), 375-381. <https://doi.org/10.5014/ajot.34.6.375>
- Barker, R., & Barasi, S. (2010). *Neurociencia en esquemas*. Librería Akadia.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience: Exploring the brain*. Wolters Kluwer.

- Beaudry Bellefeuille, I. (2006). Un trastorno en el procesamiento sensorial es frecuentemente la causa de problemas de aprendizaje, conducta y coordinación motriz en niños. *Boletín de la sociedad de pediatría de Asturias, Cantabria, Castilla y León*. 46(197), 200-203.
https://sccalp.org/documents/0000/0692/BolPediatr2006_46_200-203.pdf
- Beaudry Bellefeuille, I. (2013). El enfoque de la integración sensorial de la Doctora Ayres, *TOG (A Coruña)*. 10(17), 1-11. <https://www.revistatog.com/num17/pdfs/historia1.pdf>
- Benevides, T. W., Dumont, R., & Schaaf, R.C (2020). Applying sensory integration principles for children with autism spectrum disorder. En A. C. Bundy y S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 2-20). F. A. Davis.
- Bialer, D. S., & Miller, L. J. (2011). *No Longer A SECRET: Unique common sense strategies for children with sensory or motor challenges*. Sensory World.
- Binetti, A. C. (2015). Fisiología vestibular, *Revista FASO*. 22(1), 14-21.
http://faso.org.ar/revistas/2015/suplemento_vestibular/3.pdf
- Blanche, E. I. (2005). Déficit de integración sensorial: efectos a largo plazo sobre la ocupación y el juego. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*, (5), 1-6. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2005.100>
- Bundy, A. C., Shia, S., Qi, L., & Miller, L. J. (2007). How does sensory processing dysfunction affect play? *American Journal of Occupational Therapy*. 61(1), 201-208.
<https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.201>
- Bundy, A. C., & Hacker, C. (2020). The art of therapy. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 2-20). F. A. Davis.

- Bundy, A. C., & Lane, S. J. (2020). Sensory integration: A. Jean Ayres' theory revisited. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 2-20). F. A. Davis.
- Cardinali, D. P. (1992). *Manual de neurofisiología*. Días de Santos.
- Carrick, M. (2010). Integración sensorial: una mirada práctica a la teoría y modelo de intervención, *The Autism File USA*. (34) https://kulunka.org/wp-content/uploads/2013/12/doc_27.pdf
- Cermak, S. A., & May-Benson, T. A. (2020). Praxis and dyspraxia. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 115-150). F. A. Davis.
- Crasta, J. E., Salzinger, E., Lin, M., Gavin, W., & Davies, P. (2020). Sensory processing and attention profiles among children with sensory processing disorders and autism spectrum disorders, *Frontiers in Integrative Neuroscience*. (14), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnint.2020.00022>
- Da Fonseca, V. (1998). *Manual de observación psicomotriz*. INDE Publicaciones
- Davies, P. L., Chang, W., & Gavin, W. J. (2009). Maturation of sensory gating performance in children with and without sensory processing disorders, *International Journal of Psychophysiology*. 72, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.007>
- Del Moral Orro, G. et al. (2013) Del marco teórico de integración sensorial al modelo clínico de intervención, *TOG (A Coruña)*, 10(7), 1-25. <https://www.revistatog.com/num17/pdfs/historia2.pdf>
- Donoso-Troncoso, S. & Novoa, I. (2019) Integración del sistema vestibular en los centros superiores, *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*. 57(1), 19-24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272019000100019>
- Feldman, R. S. (2007). *Desarrollo Psicológica a través de la vida*. Pearson Educación.

- Fitzgerald, M. J. T., Gruener, G., & Mtui, E. (2012). *Neuroanatomía clínica y neurociencia*. Elsevier.
- García-Porrero, J. A., & Hurlé, J. M. (2015). *Neuroanatomía humana*. Médica Panamericana.
- Goldson, E. (2001). Integración sensorial y síndrome de X frágil, *Revista de Neurología*. 33(11), S32-S33
<http://www.ardilladigital.com/DOCUMENTOS/DISCAPACIDADES/X%20FRAGIL/Integracion%20sensorial%20y%20S%20X%20Fragil%20-%20Goldson%20-%20art.pdf>
- Grondin, S. (2016). *Psychology of perception*. Springer.
- Guirao Goris, S. J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura, *Ene*. 7(2).
<https://dx.doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2001). *Principios de neurociencia*. McGraw-Hill Education.
- Koenig, K. P., & Rudney, S. G. (2010). Performance challenges for children and adolescents with difficulty processing and integrating sensory information: A systematic review, *The Americana Journal of Occupational Therapy*. 64(3), 430-442.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2010.09073>
- Kolb B., & Whishaw, I. Q. (2015). *Fundamentals of human neuropsychology*. Worth.
- Lane, S. J. et al. (2019). Neural foundations of Ayres Sensory Integration, *Brain Sciences*. 9(153), 1-14.
<https://doi.org/10.3390/brainsci9070153>
- Lane, S. J. (2020a). Structure and function of the sensory systems. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 151-180). F. A. Davis.

- Lane, S. J. (2020b). Sensory modulation functions and disorders. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 151-180). F. A. Davis.
- Lane, S. J., Bundy, A. C., & Gorman, M. E. (2020). Composing a theory: an historical perspective. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 21-39). F. A. Davis.
- Lane, S. J., & Reynolds S. (2020). Sensory discrimination functions and disorders. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp.181-205). F. A. Davis.
- Lázaro, A., Blasco, S., & Lagranja, A. (2010). La integración sensorial en el aula multisensorial y de relajación: estudio de dos casos, *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 13(4), 321-334. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=217015570027>
- Leontiev, A. (1978). Actividad, conciencia y personalidad. Ciencias del Hombre
- Liublinskaia, A. A. (1965). *Desarrollo psíquico del niño*. Grijalbo.
- Lisina, M. (1987) La génesis de las formas de comunicación en los niños. En M. Shuare (Ed.), *La psicología evolutiva y pedagógica de la URSS* (pp. 274-298). Progreso.
- Lizaso Elgarresta, I. et al. (2014). *Desarrollo biológico y cognitivo en el ciclo vital*. Pirámide
- Luria, A. R. (1979). *El cerebro en acción*. Fontanella.
- Luria, A. R. (1994). *Sensación y percepción*. Roca.
- Luria, A. R. (2015). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Fontamara.
- Matute, E., & Rosselli, M. (2010). Neuropsicología infantil: historia, conceptos y objetivos. En M. Rosselli, E. Matute y A. Ardila (Eds.) *Neuropsicología del desarrollo infantil* (pp. 3-13). Manual Moderno.

- May-Benson, T. A., & Koomar, J. A. (2010). Systematic review of the research evidence examining the effectiveness of interventions using a sensory integrative approach for children, *The Americana Journal of Occupational Therapy*. 64(3), 403-414.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2010.09071>
- Mesulam, M. M. (2000). *Principles of behavioral and cognitive neurology*. Oxford University Press.
- Miller, L. J., et al. (2007) Concept evolution in sensory integration: a proposed nosology for diagnosis, *The Americana Journal of Occupational Therapy*. 61(2), 135-140.
<https://doi.org/10.5014/ajot.37.2.135>
- Moller, A. R. (2003). *Sensory systems: Anatomy and physiology*. Academic Press.
- Mulligan, S. (2020). Sensory integration approaches with individuals with attention deficit-hyperactivity disorders. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 21-39). F. A. Davis.
- Ortiz Huerta, J. H. (2014). Terapia de integración sensorial en niños con trastorno de espectro autista, *Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia, TOG*, 11(19), 1-13.
<https://www.revistatog.com/num19/pdfs/original5.pdf>
- Owen, J. P., Marco, E. J., Desai, S., Fourie, E., Harris, J., Hill, S. S., Arnet, A. B., & Mukherjee, P. (2013). Abnormal white matter microstructure in children with sensory processing disorders, *Neuroimage: Clinical*. 2, 844-853. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nicl.2013.06.009>
- Papalia, D., Feldman, R. D., & Martorell, G. (2012). *Desarrollo Humano* (12ª Ed.). McGraw-Hill Education.
- Parham, L. D., & Cosbey, J. (2020). Sensory integration in everyday life. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 21-39). F. A. Davis.

- Pérez Mendoza, M., Sánchez Cortes, N. A., & Mateos Díaz, G. (2014). Ontogenia del lenguaje y la rehabilitación de los trastornos específicos del desarrollo del lenguaje. En M. Pérez Mendoza et al. (Eds.), *Rehabilitación neuropsicológica: Estrategias en trastornos de la infancia y del adulto* (3-20). Manual Moderno.
- Pfieffer, B. A., Koenig, K., Kinnealey, M., Sheppard, M., & Henderson, L. (2011). Effectiveness of sensory integration interventions in children with autism spectrum disorders: A pilot study, *The Americana Journal of Occupational Therapy*. 65(1), 76-85.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2011.09205>
- Piaget, J. (1961). *La formación del símbolo en el niño*. Fondo de Cultura Económica.
- Polatajko, H. J., Law, M., Miller, J., Schaffer, R., & Macnab, J. (1991). The effect of a sensory integration program on academic achievement, motor performance and self-esteem in children identified as learning disabled, results of a clinical trial, *The Occupational Therapy Journal of Research*. 11(3), 155-176. <https://doi.org/10.1177/153944929101100303>
- Puelles López, L., Martínez Pérez, S., & Martínez de la Torre, M. (2008). *Neuroanatomía*. Médica Panamericana.
- Quintanar Rojas, L., & Solovieva, Y. (2008). Aproximación histórico-cultural: Fundamentos teórico-metodológicos. En J. Eslava-Cobos & L. Quintanar Rojas (Eds.) *Los trastornos del aprendizaje: perspectivas neuropsicológicas*. Instituto Colombiano de Neurociencias.
- Quintanar Stephano, J. L. (2011). *Neurofisiología básica*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Reynolds, C., & Reynolds, K. S. (2010). A study of the effectiveness of sensory integration therapy en neuro-psychological development. *The British Institute for Learning Development*, 1-19.
<https://eric.ed.gov/?id=ED510594>

- Rosselli M., & Matute, E. (2010). Desarrollo cognitivo y maduración cerebral. En M. Rosselli, E. Matute y A. Ardila (Eds.) *Neuropsicología del desarrollo infantil*. Manual Moderno.
- Schaaf, R. C, & Nightlinger, K. M. (2007). Occupational therapy using a sensory integrative approach: a case study of effectiveness, *The American Journal of Occupational Therapy*. 61(2), 239-246. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.239>
- Schoen, S. A., Lane, S. J., & Miller, L. J. (2020). Advances in sensory integration research: Clinically based research. En A. C. Bundy & S. J. Lane (Eds.), *Sensory integration: Theory and Practice* (pp. 352-370). F. A. Davis.
- Serrano, P. (2019) *La integración sensorial en el desarrollo y aprendizaje infantil*. Narcea.
- Serna R., S. E., Torres L., K. K., & Torres V., M. A. (2017). Desórdenes en el procesamiento sensorial y el aprendizaje en niños preescolares y escolares, *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*. 17(2), 81-89. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2017.48088>
- Silva Costa, F. C., & Lara Pfeifer, L. (2016). Intervención de integración sensorial en niños con trastorno del espectro autista. *Revista Chilena de Terapia Ocupacional*, 16(1), 99-108. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2016.41947>
- Smith Roley, S., Mailloux, Z. Miller-Kuhaneck, H., & Glennon, T. (2007). Understanding Ayres Sensory Integration. *OT Practice*, 12(17) https://digitalcommons.sacredheart.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1017&context=ot_fac
- Solovieva, Y., Lázaro García, E., & Quintanar Rojas, L. (2008). Aproximación histórico-cultural: Evaluación de los trastornos del aprendizaje. En J. Eslava-Cobos y L. Quintanar Rojas (Eds.)

Los trastornos del aprendizaje: perspectivas neuropsicológicas. Instituto Colombiano de Neurociencias.

Taype-Huarca, L. A., & Fernández-González, S. V. (2015). La neuropsicología infantil desde la perspectiva histórico-cultural, *Panamerican Journal of Neuropsychology*. 9(3), 15-29.

<https://www.redalyc.org/pdf/4396/439643537006.pdf>

Trápaga Ortega, C. M., Pelayo González, H. J., Sánchez Ortiz, I., & Gordillo Morales, M. (2018).

Neuropsicología cognitiva: de los paradigmas experimentales a la clínica. En C. M. Trápaga Ortega, H. J. Pelayo González, I. Sánchez Ortiz, Z. Bello Dávila & A. Bautista Baños (Eds) *De la psicología cognitiva a las neuropsicología.* Manual Moderno.

Velasco, I., Spence, C., & Navarra, J. (2011). El sistema perceptivo: esa pequeña máquina del tiempo,

Anales de Psicología. 27(1), 195-201. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16717018023>

Vigotsky, L. S. (2000). *Obras Escogidas III*. Visor.

Vigotsky, L. S. (2015). *Obras Escogidas Tomo 2*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Vigotsky, L. S. (2016a). Bases de la pedagogía. En L. Quintanar Rojas & Y. Solovieva (Eds.), *Las funciones psicológicas en el desarrollo del niño* (pp. 37-53). Trillas.

Vigotsky, L. S. (2016b). El desarrollo del sistema nervioso. En L. Quintanar Rojas & Y. Solovieva (Eds.), *Las funciones psicológicas en el desarrollo del niño* (pp. 21-36). Trillas.

Waxman, S. G. (2011). *Neuroanatomía clínica*. McGraw-Hill.

Zabolotnyi, D. I., & Mishchanchuk, N. S. (2020). Vestibular system: anatomy, physiology and clinical evaluation. En T. Suzuki (Ed.) *Somatosensory and motor research*. Intechopen.

<https://www.intechopen.com/chapters/65088>

Zillmer, E. A., Spiers, M. V., & Culbertson, W. C. (2008). *Principles of Neuropsychology*. Thomson
Wadsworth.