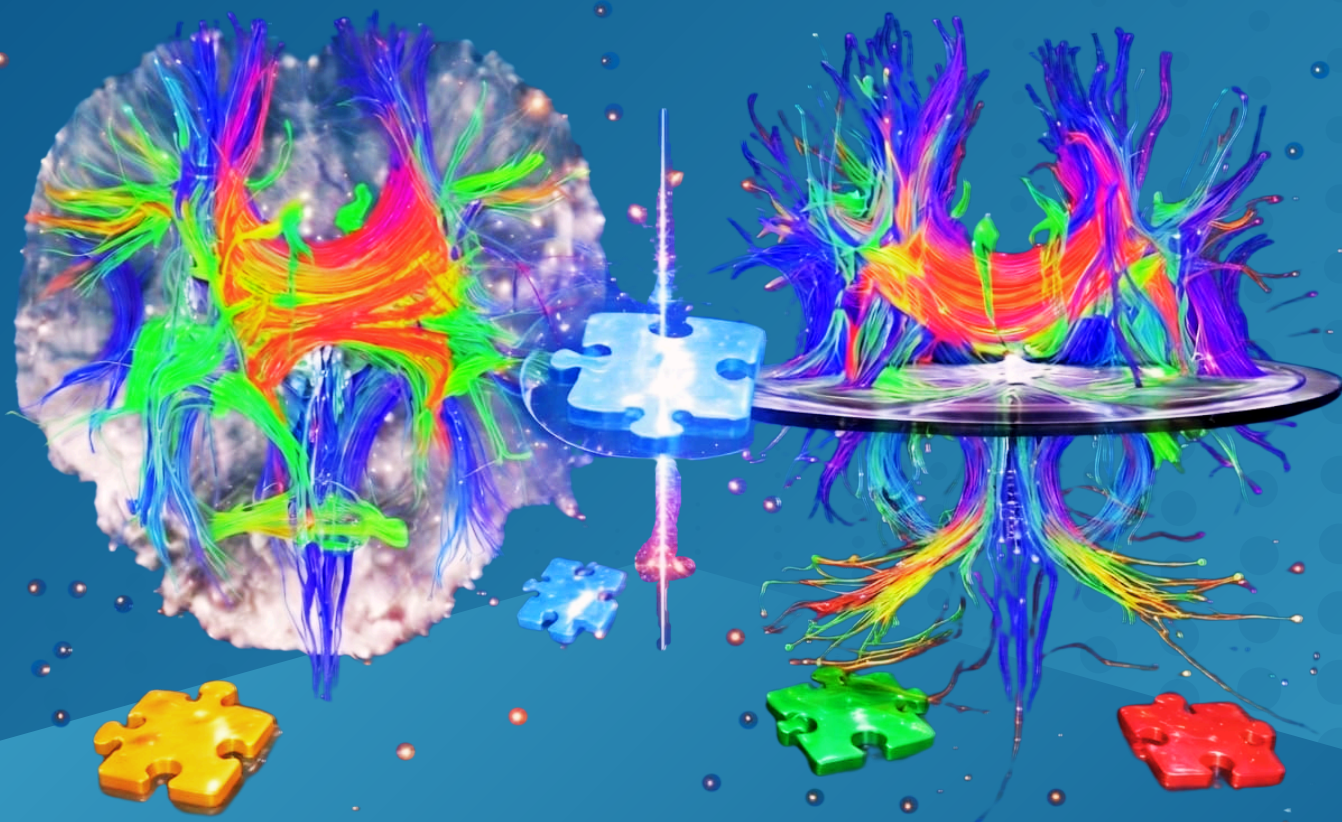




# • sinapsis •

Revista de neurociencias aplicadas INCRI A.C.



## Trastorno del espectro autista: Perspectivas contemporáneas en educación y neuro rehabilitación

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## DIRECTORIO



**DR. H.C. COHUTEC VARGAS GENIS**

PRESIDENTE

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.



**LCC. GUADALUPE CADENA PINTLE**

DIRECTORA NACIONAL

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.



**DR. DAVID GONZÁLEZ TAPIA**

COORDINADOR  
CIENTÍFICO

Instituto de Ciencias de la  
Rehabilitación Integral INCRI A.C.



**MTRA. ADRIANA L. CARRIZAL ESQUIVEL**

COORDINADORA COMITÉ EDITORIAL

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral  
INCRI A.C.



**MTRA ALEJANDRA LUNA TORRES**

DIRECTORA REVISTA SINAPSIS

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación  
Integral INCRI A.C.



**LAE. JUDITH MARTINEZ ROJAS**

EDITORA REVISTA SINAPSIS

Instituto de Ciencias de la  
Rehabilitación Integral INCRI A.C.



**MTRA. ALMA EDITH VARGAS**

DIRECTORA SEDE CANCÚN

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación  
Integral INCRI A.C.



**LCC. MARÍA DE JESÚS JÍMENEZ**

DIRECTORA COMUNICACIÓN

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación  
Integral INCRI A.C.



**LTF. SUSANA MORENO  
CHONG**

COMITÉ CIENTÍFICO

Instituto de Ciencias de la  
Rehabilitación Integral INCRI A.C.



**MTRA. TERESA MARTÍNEZ**

COMITÉ CIENTÍFICO

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación  
Integral INCRI A.C.



**MTRA. A. LORENA PÉREZ TLA潘CO**

COMITÉ CIENTÍFICO

Instituto de Ciencias de la Rehabilitación  
Integral INCRI A.C.

## INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## ÍNDICE

<a href="#"><u>Mensaje del Presidente del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.....</u></a>	<a href="#"><u>5</u></a>
<a href="#"><u>Mensaje de la Directora Nacional Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.....</u></a>	<a href="#"><u>6</u></a>
<a href="#"><u>Mensaje de la Coordinadora del Comité Editorial del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.....</u></a>	<a href="#"><u>7</u></a>
<a href="#"><u>Mensaje de la Directora de la Revista Sinapsis del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.....</u></a>	<a href="#"><u>8</u></a>

### [ARTÍCULO 1: Propuesta de Guía Observacional de Diferenciación: Rabieta vs Crisis Adaptativa en el Trastorno del Espectro](#)

<a href="#"><u>Autista.....</u></a>	<a href="#"><u>9</u></a>
• Resumen.....	9
• Introducción.....	9
• Origen multifactorial de las crisis adaptativas.....	9
• Guía observacional de diferenciación inmediata.....	9
• Intención o función aparente.....	10
• Señales previas o pródromos.....	10
• Perfil sensorial e interoceptivo.....	11
• Respuesta a contingencias.....	11
• Control volitivo y comunicación.....	11
• Trayectoria temporal.....	11
• Topografía y seguridad.....	12
• Contexto biológico.....	12
• Intención de manipulación.....	12
• Recuperación.....	12
• Determinación cuantitativa (modelo 70 % ).....	13
• Árbol de decisión para uso en campo.....	13
• Recomendaciones de intervención diferenciadas.....	14
• Referencias Bibliográficas.....	14

### [ARTÍCULO 2: Análisis neurofisiológico del sistema nervioso autónomo: relevancia del tono vagal y sus aferencias hacia la ínsula como eje clave en el abordaje del trastorno del espectro autista.....](#)

<a href="#"><u>Resumen.....</u></a>	<a href="#"><u>15</u></a>
• 1. Neuroanatomía y Neurofisiología del Sistema Nervioso Autónomo y el Tono Vagal.....	15
• 2. Propuestas Terapéutico-Educativas para la Modulación Autonómica en el TEA.....	16
• 3. Discusión.....	19
• Conclusión.....	19
• Referencias Bibliográficas.....	20

### [ARTÍCULO 3: Microbiota Humana y Producción de Neurotransmisores: Análisis Neuroquímico, Metabólico y Neurofisiológico del Eje Intestino-Cerebro y de las Bacterias Productoras de Serotonina, GABA, Catecolaminas y Acetilcolina, con Implicaciones en el Neurodesarrollo Infantil.....](#)

<a href="#"><u>Resumen.....</u></a>	<a href="#"><u>21</u></a>
<a href="#"><u>Introducción.....</u></a>	<a href="#"><u>21</u></a>
<a href="#"><u>El Eje Intestino-Cerebro como Red Neuroquímica Integrada y su Ontogenia.....</u></a>	<a href="#"><u>21</u></a>
<a href="#"><u>Microbiota y Neurotransmisores: Análisis Bioquímico y Mecanicista Profundo.....</u></a>	<a href="#"><u>22</u></a>
<a href="#"><u>Discusión: Integración Neuroquímica y Perspectivas en el Neurodesarrollo.....</u></a>	<a href="#"><u>23</u></a>
<a href="#"><u>Conclusión.....</u></a>	<a href="#"><u>24</u></a>
<a href="#"><u>Referencias bibliográficas.....</u></a>	<a href="#"><u>24</u></a>

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.**

**ARTÍCULO 4: Exposición doméstica a nanoplasticos y compuestos tóxicos: implicaciones en el neurodesarrollo y riesgo de trastornos del espectro autista y TDAH.....25**

- Resumen.....25
- Introducción.....25
- Desarrollo científico.....25
- Recomendaciones para prevención (con sustento científico).....26
- Conclusión.....27
- Referencias bibliográficas.....27

**ARTÍCULO 5: Sinergias interdisciplinarias y equipos multidisciplinarios en la atención del TEA y TDAH desde el enfoque de la Nueva Escuela Mexicana.....28**

- Resumen.....28
- Introducción; Bases Normativas y Neurobiológicas de la Inclusión desde la Nueva Escuela Mexicana.....28
- Objetivo.....28
- Bases cerebrales y funcionamiento desde la mirada de educación integral.....28
- Aplicaciones prácticas.....30
- El Codiseño un camino de construcción pedagógica compartida.....30
- Construcción de Ecosistemas Educativos Sanos.....31
- Discusión: El Cambio de Paradigma de la Integración a la Inclusión Sistémica.....31
- La psicobiológicas como Fundamento de la Práctica Docente.....31
- Sinergias Interdisciplinarias y Codiseño Curricular.....31
- El Juego y la Corporeidad como Territorios de Resistencia.....31
- Conclusión.....32
- Referencias bibliográficas.....32

**ARTÍCULO 6: El diseño de experiencias neurocognitivas en el aula.....33**

- Resumen.....33
- Conclusión.....35
- Referencias bibliográficas.....35

**ARTÍCULO 7: La influencia de las funciones ejecutivas desde la Neuroeducación en la sesión de Educación Física.....36**

- Resumen.....36
- Introducción.....36
- Desarrollo.....37
- El sistema reticular ascendente (S.A.R.A.).....37
- Aplicaciones prácticas.....38
- Conclusión.....38
- Referencias bibliográficas.....38

**ARTÍCULO 8: El aula como campo relacional neuroemocional: integración entre neuropsicología, trauma y gestalt en la relación docente-adolescente.....39**

- Resumen.....39
- Introducción.....39
- Fundamentos neurológicos del aprendizaje en la adolescencia.....39
- Trauma y Memoria en el contexto educativo.....40
- El Aula como campo relacional: integración gestáltica.....40
- Relación docente-adolescente: bidireccionalidad y asimetría.....41
- Aplicaciones prácticas.....42
- Conclusión.....42
- Referencias bibliográficas.....43

**CERTIFICACIONES.....44**

## INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.



ABRIL 2026

EDICIÓN NO 02



## MENSAJE DEL PRESIDENTE INCRI A.C.

Hablar del cerebro es adentrarse en un sistema dinámico, complejo y profundamente interconectado, cuya comprensión ha evolucionado de manera significativa en las últimas décadas. Hablar del autismo implica, necesariamente, transitar desde modelos clásicos de organización cerebral hacia marcos contemporáneos basados en la integración de grandes redes, la conectividad funcional y los conectomas de predicción.

Este cambio de paradigma no es menor. Supone abandonar visiones fragmentadas del funcionamiento cerebral para reconocer que la conducta,

El aprendizaje y la experiencia emergen de la interacción continua entre sistemas distribuidos, modulados por la experiencia, el contexto y la plasticidad neural. En este sentido, el autismo no puede ser comprendido desde una lógica de déficit aislado, sino como una configuración particular de la conectividad cerebral, con implicaciones directas en la forma en que se percibe, procesa e integra la información.

Desde esta perspectiva, la neuroeducación y la neurorrehabilitación convergen como campos complementarios e indisolubles. Ambas disciplinas, sustentadas en la evidencia científica, comparten un objetivo común: favorecer la organización funcional del cerebro a través de experiencias estructuradas, significativas y moduladas. La intervención deja de centrarse exclusivamente en la corrección conductual para orientarse hacia la facilitación de procesos de integración, regulación y aprendizaje, en coherencia con la arquitectura de las redes cerebrales.

Los trabajos que integran esta obra reflejan esta convergencia. Desde enfoques educativos, psicomotrices y de las neurociencias aplicadas, los autores aportan marcos conceptuales y estrategias de intervención que dialogan entre sí, construyendo una visión integradora del abordaje del autismo y de los trastornos del neurodesarrollo. Cada contribución representa no solo un ejercicio de conocimiento, sino una manifestación de compromiso con la práctica clínica, la investigación rigurosa y los procesos pedagógicos orientados a la inclusión.

Es preciso reconocer, en este sentido, la alta sensibilidad profesional de quienes participan en esta publicación. Su capacidad para articular la evidencia científica con la realidad del aula y del espacio terapéutico constituye un valor fundamental en la construcción de respuestas pertinentes, éticas y contextualizadas frente a los desafíos que plantea el neurodesarrollo.

Nos encontramos en un momento en el que la expansión del conocimiento en neurociencias exige, más que nunca, su traducción en prácticas efectivas. La inclusión no puede sostenerse sin comprensión, y la comprensión no puede avanzar sin una base científica sólida que permita interpretar la complejidad del cerebro en desarrollo.

Deseamos que esta obra no solo sea leída, sino también analizada, discutida y aplicada. Que se convierta en un punto de encuentro entre disciplinas, saberes y experiencias, y que contribuya al fortalecimiento de una práctica más informada, más humana y profundamente transformadora.

Los invitamos a explorar sus páginas, a dialogar con sus planteamientos y a compartir este conocimiento, con la convicción de que la ciencia, cuando se orienta hacia el bienestar y la dignidad de las personas, adquiere su más alto sentido.

**Dr. HC Cohutec Vargas Genis**

**Presidente del instituto de ciencias de la rehabilitación integral INCRI AC**

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.**

## MENSAJE DE LA DIRECTORA NACIONAL INCRI A.C.

---

En el marco del Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo, presentamos la edición número 2 de Sinapsis, un espacio donde el conocimiento se convierte en puente para comprender la diversidad neurológica.

En este número exploramos el autismo desde la neuroeducación, una perspectiva que nos invita a mirar más allá del diagnóstico para reconocer las distintas formas en que cada cerebro aprende, percibe y se relaciona con el mundo.

Te invitamos a leer, reflexionar y seguir construyendo una educación más informada, empática e inclusiva.



CON CARÍÑO;  
GUADALUPE CADENA PINTLE,  
DIRECCIÓN GENERAL INCRI A. C.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## MENSAJE DE LA COORDINADORA DEL COMITÉ EDITORIAL INCRI A.C.



En el marco del 2 de abril, Día Mundial de Concienciación sobre el Autismo, es para mí un honor presentar este número de nuestra revista titulado: “Trastorno del Espectro Autista: Perspectivas contemporáneas en educación y neurorehabilitación”.

Esta fecha nos invita no solo a visibilizar el autismo, sino a reflexionar profundamente sobre la manera en que como sociedad comprendemos, acompañamos e incluimos a las personas dentro del espectro. Desde esta perspectiva, el presente número reúne aportaciones actuales desde las neurociencias, la educación y la intervención clínica, que nos permiten trascender modelos reduccionistas y avanzar hacia una comprensión más amplia, humana y contextualizada del autismo.

Los trabajos aquí presentados reflejan un enfoque contemporáneo y humanista, donde la evidencia científica se articula con la sensibilidad profesional, reconociendo al individuo como un ser integral, con historia, emociones, potencialidades y formas únicas de interactuar con el entorno. La neurorehabilitación y la educación, desde esta mirada, dejan de ser procesos estandarizados para convertirse en espacios de encuentro, construcción y transformación.

Hoy más que nunca, es necesario promover prácticas inclusivas que no solo atiendan necesidades, sino que dignifiquen la experiencia humana, fomenten la participación y fortalezcan redes de apoyo reales. En este sentido, las neurociencias nos ofrecen herramientas valiosas, pero es el enfoque humanista el que nos permite darles sentido en la práctica cotidiana.

Expreso mi más profundo agradecimiento a cada uno de los profesionales que contribuyeron con sus artículos en este número. Su trabajo representa un compromiso genuino con la investigación, la inclusión y el desarrollo humano, aportando conocimiento que trasciende lo académico para impactar de manera significativa en la vida de muchas personas.

Les invito a adentrarse en este número, a cuestionar, reflexionar y seguir construyendo una visión más consciente, empática y transformadora del Trastorno del Espectro Autista, especialmente en una fecha que nos recuerda la importancia de ver, escuchar y comprender desde una perspectiva verdaderamente humana.

Lic. Adriana Lizbeth Carrizal Esquivel  
 Coordinadora Editorial Nacional.  
 INCRI A.C.

# INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## MENSAJE DE LA DIRECTORA REVISTA SINAPSIS

El estudio y la comprensión de los trastornos del neurodesarrollo han cobrado una gran relevancia en las últimas décadas debido al impacto que tienen en el desarrollo cognitivo, emocional y social de las personas. Dentro de estos trastornos, el Trastorno del Espectro Autista (TEA) ocupa un lugar importante por la diversidad de manifestaciones que presenta y por la necesidad de generar estrategias adecuadas de atención, inclusión y acompañamiento desde los distintos contextos sociales, especialmente el educativo. En este sentido, cada 2 de abril se conmemora el Día Mundial de la Concienciación sobre el Autismo, una fecha que busca sensibilizar a la sociedad acerca de las características, necesidades y potencialidades de las personas que se encuentran dentro del espectro autista.

La visibilización del autismo resulta fundamental para promover una cultura de respeto, inclusión y comprensión hacia quienes viven con esta condición.

Con frecuencia, el desconocimiento genera estigmas, prejuicios o interpretaciones erróneas sobre la conducta de los niños, adolescentes o adultos con TEA. Por ello, la difusión de información científica y el fortalecimiento de la educación sobre este trastorno permiten reconocer que el autismo no es una enfermedad que deba "curarse", sino una condición del neurodesarrollo que forma parte de la diversidad humana. Comprender esta perspectiva favorece la construcción de entornos más empáticos y adaptados a las necesidades de cada individuo.

Desde el punto de vista científico, los trastornos del neurodesarrollo tienen su origen en el funcionamiento y desarrollo del cerebro. Durante las primeras etapas de la vida, el cerebro atraviesa procesos complejos de maduración neuronal, formación de conexiones sinápticas y organización de diferentes áreas responsables del lenguaje, la comunicación, la regulación emocional y las habilidades sociales. Cuando existen alteraciones en estos procesos, pueden surgir condiciones como el trastorno del espectro autista, el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), los trastornos del aprendizaje, entre otros. Por esta razón, comprender la base neurobiológica de estos trastornos permite explicar muchas de las conductas observadas en los estudiantes y evita que se interpreten únicamente como problemas de disciplina o falta de interés.

En el ámbito educativo, los docentes desempeñan un papel fundamental en la identificación temprana y en el acompañamiento de los estudiantes con trastornos del neurodesarrollo. Los maestros de educación inicial, primaria, secundaria e incluso de niveles superiores, interactúan diariamente con estudiantes que presentan diferentes estilos de aprendizaje, habilidades cognitivas y formas de relacionarse con el entorno. Cuando los docentes cuentan con conocimientos básicos sobre el funcionamiento del cerebro y sobre las características de estos trastornos, pueden reconocer señales de alerta, comprender mejor las necesidades del alumnado y aplicar estrategias pedagógicas más inclusivas.

Asimismo, la formación de los docentes en temas de neurodesarrollo contribuye a la creación de ambientes escolares más accesibles y respetuosos de la diversidad. Esto implica no solo adaptar métodos de enseñanza, sino también fomentar actitudes de aceptación entre los compañeros, promover la empatía y evitar prácticas que puedan generar exclusión o discriminación. La escuela representa uno de los espacios más importantes en el desarrollo social de los niños y jóvenes, por lo que es esencial que se convierta en un entorno que favorezca el aprendizaje y el bienestar de todos.

En este contexto, la conmemoración del Día Mundial de la Concienciación sobre el Autismo invita a reflexionar sobre la importancia de fortalecer la formación y sensibilización de los profesionales de la educación respecto a los trastornos del neurodesarrollo. Reconocer el origen neurológico de estas condiciones permite comprender que cada estudiante posee una forma particular de percibir, procesar y responder al mundo que lo rodea. Por lo tanto, la educación inclusiva no solo implica aceptar la diversidad, sino también desarrollar herramientas pedagógicas y humanas que permitan atenderla de manera adecuada.

Finalmente, promover el conocimiento sobre el trastorno del espectro autista y otros trastornos del neurodesarrollo representa un paso esencial hacia una sociedad más informada, empática e inclusiva. Cuando los docentes, las familias y la comunidad en general comprenden el funcionamiento del cerebro y la diversidad en los procesos de desarrollo, se abren mayores oportunidades para brindar apoyo oportuno, favorecer el aprendizaje significativo y garantizar el pleno desarrollo de las personas dentro de un entorno de respeto y dignidad.

Y es por eso, que la revista sinapsis tiene este gran compromiso, de compartir información científica de alta calidad, pero con la finalidad de que todos entendamos los trastornos del Neurodesarrollo y las funciones cerebrales desde una visión simple sencilla y actualizada. Agradecemos que siempre estén a la vanguardia junto con nosotros.



DHC. Alejandra Luna Torres directora general Revista Sinapsis

# INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## PROPUESTA DE GUÍA OBSERVACIONAL DE DIFERENCIACIÓN: RABIETA VS CRISIS ADAPTATIVA EN EL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA

Dr. HC Cohutec Vargas Genis,  
 Presidente del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral.  
 · Mtra. Adriana Lizbeth Carrizal Esquivel,  
 Directora del Centro HABE Neurodesarrollo y Autismo en Tamaulipas.  
 · Mtra. Alejandra Luna Torres,  
 Directora del Centro Nacional de Neurorehabilitación BNB.  
 · Dra. Susana Moreno Ochoa,  
 Directora de NeuroKiddi en Yucatán.

### Resumen

La distinción entre una rabieta y una crisis adaptativa (también denominada crisis sensorial o disruptiva) en el espectro autista es esencial para establecer intervenciones clínicas y educativas eficaces. Ambas comparten características conductuales, pero difieren radicalmente en su fisiología, su origen y su intencionalidad. Esta propuesta integra fundamentos neurobiológicos, sensoriales e interoceptivos para construir una guía observacional que permita distinguir con precisión estos episodios en entornos clínicos, escolares o familiares. Además, se presenta un modelo de interpretación cuantitativa (70 % de criterios) con sustento bioestadístico y un árbol de decisión de campo, acompañado de estrategias de abordaje diferenciadas.

### Introducción

Las conductas disruptivas en el Trastorno del Espectro Autista (TEA) representan un fenómeno complejo que puede emerger tanto de mecanismos cognitivos volitivos como de desregulaciones sensoriales o neurovegetativas profundas. Diferenciar entre una rabieta emocional –expresión de frustración o búsqueda de control ambiental– y una crisis adaptativa –manifestación involuntaria de colapso sensorial y autónomo– es indispensable para orientar adecuadamente las estrategias terapéuticas y educativas, evitando así respuestas iatrogénicas que pueden exacerbar el malestar subyacente (Mazurek et al., 2020).

En el plano neurofisiológico, las crisis adaptativas se caracterizan por una profunda desorganización de redes sensoriales y de integración multimodal, especialmente las que conectan la ínsula anterior (centro de la interocepción y la conciencia corporal), el tálamo (filtro sensorial), Estla amígdala (procesamiento del miedo y la alerta) y las áreas temporoparietales (integración de señales exteroceptivas e

interoceptivas). Estudios recientes de conectividad funcional han demostrado alteraciones consistentes en la Red Saliente (Salience Network), responsable de detectar y dirigir la atención hacia estímulos relevantes, y en la Red por Defecto (Default Mode Network), vinculada a la introspección, comprometiendo la capacidad de filtrar estímulos y de mantener la homeostasis interoceptiva (Chen et al., 2021; Loureiro et al., 2024; Hao et al., 2022; Uddin, 2021). esta desregulación conduce a un estado de hiperalerta y sobrecarga, donde el sistema nervioso autónomo (SNA) se desborda, manifestándose en conductas de huida, lucha o colapso.

Por otra parte, las rabiets conservan una estructura cortical superior mediada por la corteza prefrontal dorsolateral (planificación, control inhibitorio), los circuitos frontoestriados (motivación, recompensa) y la amígdala, asociados al control ejecutivo, la motivación y la regulación emocional voluntaria (Davidson et al., 2019; Posner et al., 2022; Etkin et al., 2020). En estos casos, la conducta, aunque intensa, suele ser comunicativa y dirigida a un objetivo social. El conocimiento de estas diferencias neurobiológicas permite interpretar las conductas disruptivas no como actos meramente desafiantes, sino como expresiones fisiológicas del sistema nervioso ante estímulos que exceden su umbral de tolerancia, requiriendo por tanto enfoques de manejo radicalmente distintos.

### Origen multifactorial de las crisis adaptativas

Las crisis adaptativas tienen una etiología multifactorial, resultado de la convergencia sinérgica entre alteraciones sensoriales, interoceptivas, inmunológicas, metabólicas y contextuales. Cada una de estas dimensiones contribuye de forma acumulativa a la pérdida de autorregulación cortical y autonómica, precipitando el colapso.

#### 1. Disfunción sensorial

La hiper o hiporreactividad sensorial constituye uno de los rasgos diagnósticos centrales del TEA. Estudios de neuroimagen funcional y resonancia magnética han evidenciado consistentemente hiperactividad e hiperconectividad en regiones sensoriales primarias (como el cortejo somatosensorial) y de integración (como la ínsula), junto con una respuesta tálamica aberrante que impide el filtrado adecuado de estímulos táctiles, auditivos o visuales (Tavassoli et al., 2018; Cascio et al., 2020; Green et al., 2022; Robertson & Baron-Cohen, 2017). Este patrón neurofisiológico impide jerarquizar la información sensorial, generando una sobrecarga perceptiva que satura la capacidad de procesamiento cerebral y desencadena una respuesta de estrés masiva.

#### 2. Alteración interoceptiva

La interocepción, función mediada predominantemente por la ínsula anterior, traduce las sensaciones internas (dolor, hambre, temperatura, frecuencia cardíaca) en conciencia corporal y estado emocional.

Su disfunción en el TEA, caracterizada por una precisión interoceptiva reducida y una conciencia metacognitiva alterada de estas señales, produce desajustes críticos entre la percepción interna y la respuesta emocional y conductual (Chen et al., 2021; Quadt et al., 2022; Loureiro et al., 2024). Esto explica la aparición de crisis sin un detonante externo aparente, donde el malestar interno (p. ej., un dolor gastrointestinal no percibido conscientemente) es el verdadero desencadenante.

### 3. Disconectividad temporoparietal

Las redes temporoparietales y occipitales(TPO), especialmente la unión temporoparietal derecha, son cruciales para la integración de información multisensorial y la toma de perspectiva social. En el TEA, estas redes presentan un patrón de hiperconectividad local (exceso de procesamiento en áreas específicas) combinado con hipoconectividad de largo alcance (débil integración con redes frontales de control), provocando una dificultad extrema para jerarquizar estímulos y un procesamiento simultáneo, fragmentado y abrumador de la información (Hao et al., 2022; Bravo Balsa et al., 2024; Hong et al., 2023).

### 4. Neuroinflamación

La evidencia acumulada señala a la neuroinflamación como un sustrato fisiopatológico relevante en un subgrupo de personas en el espectro autista. La activación de la microglía (células inmunitarias del cerebro) y la liberación sostenida de citoquinas proinflamatorias (IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$ ) alteran la plasticidad sináptica, reducen la inhibición gabaérgica y aumentan directamente la irritabilidad, la agresión y la reactividad al estrés (Eissa et al., 2020; Liao et al., 2023; Ricci et al., 2022). Este estado proinflamatorio puede disminuir el umbral para desencadenar una crisis adaptativa.

### 5. Factores sistémicos

Condiciones sistémicas como la privación del sueño, la disbiosis intestinal, las deficiencias nutricionales (zinc, magnesio, B6) y las alteraciones hormonales modifican profundamente la excitabilidad neuronal y el tono vagal, facilitando la aparición de crisis adaptativas (Bennett et al., 2021; Tye et al., 2020; Frye et al., 2021). Estos factores actúan como multiplicadores de carga alostática, agotando las reservas neurofisiológicas necesarias para mantener la autorregulación frente a los desafíos ambientales.

### Guía observacional de diferenciación inmediata

La siguiente guía opera bajo un modelo de observación conductual y contextual, diseñado para ser aplicado en tiempo real por profesionales y cuidadores. Cada ítem evalúa una dimensión clave de la manifestación conductual.

## 1 INTENCIÓN O FUNCIÓN APARENTE



### RABIETA

La conducta surge ante la negación de un deseo, una demanda no deseada o una frustración. Es fundamentalmente comunicativa y orientada a un objetivo. Se modula o cesa cuando se obtiene el objeto deseado, se evita la demanda o se negocia exitosamente.



### CRISIS ADAPTATIVA:

Se detona predominantemente por estímulos sensoriales aversivos (ruido, luz, tacto, olor, multitudes) o por un malestar interoceptivo (dolor, náusea). Carece de una intencionalidad social comunicable y no cede con la negociación o la concesión, porque su origen es neurofisiológico, no volitivo.

## ¿ CUÁL PREDOMINA ?

## 2 SEÑALES PREVIAS O PRÓDROMOS



### RABIETA

Suele anunciarse con quejas verbales ("no quiero", "dame"), mirada vigilante hacia la figura de autoridad para evaluar su reacción, y un mantenimiento del control conductual hasta que la frustración escala.



### CRISIS ADAPTATIVA:

Se detona predominantemente por estímulos sensoriales aversivos (ruido, luz, tacto, olor, multitudes) o por un malestar interoceptivo (dolor, náusea). Carece de una intencionalidad social comunicable y no cede con la negociación o la concesión, porque su origen es neurofisiológico, no volitivo.

## ¿ CUÁL PREDOMINA ?

PERFIL SENSORIAL E INTEROCEPTIVO

3



**RABIETA**

El perfil sensorial del individuo suele estar en un estado basal (neutro). El detonante es claramente emocional o social.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

Existe un historial documentado de hiperreactividad o hiporreactividad sensorial. Además, suele observarse una dificultad para nombrar o identificar el malestar interno (alexitimia interoceptiva), lo que impide la comunicación preventiva del displacer.

¿CUÁL PREDOMINA?

RESPUESTA A CONTINGENCIAS

4



**RABIETA**

La conducta es sensible a las consecuencias. Mejora significativamente con la atención del adulto, la concesión de lo demandado o la distracción con un estímulo más atractivo.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

La conducta es insensible a contingencias sociales en el pico de la crisis. Solo muestra mejoría con estrategias de regulación neurosensorial: reducción drástica de estímulos, presión profunda, estímulos vestibulares rítmicos o acceso a un espacio seguro.

¿CUÁL PREDOMINA?

CONTROL VOLITIVO Y COMUNICACIÓN

5



**RABIETA**

Se preserva un grado de control volitivo. Puede haber pausas para escuchar, uso de lenguaje funcional (aunque sea en tono alto) y cierta capacidad para responder a instrucciones simples.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

Hay una pérdida clara de la autorregulación. El lenguaje se vuelve disfuncional o está ausente, hay una marcada desconexión social y la persona no responde a intentos de interacción verbal.

¿CUÁL PREDOMINA?

TRAYECTORIA TEMPORAL

6



**RABIETA**

Suele ser de duración relativamente corta (minutos) y cede de forma rápida una vez que se resuelve el conflicto o se retira la atención.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

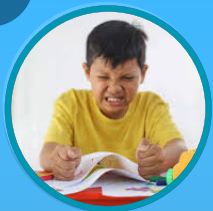
Típicamente tiene una duración prolongada (puede extenderse por más de 20-30 minutos) y es seguida de un estado evidente de agotamiento físico y mental, a veces requiriendo horas para recuperarse por completo.

¿CUÁL PREDOMINA?

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

TOPOGRAFÍA Y SEGURIDAD

7



**RABIETA**

La topografía conductual suele incluir llanto, gritos dirigidos, pataletas, tirarse al suelo y oposición verbal. Generalmente no implica conductas autolesivas de alto riesgo.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

Con frecuencia incluye conductas que comprometen la seguridad, como autogolpes, golpes a superficies duras, gritos incontrolables (más como expresión de dolor que de enfado) o huida impulsiva y potencialmente peligrosa.

¿CUÁL PREDOMINA?

CONTEXTO BIOLÓGICO

8



**RABIETA**

Ocurre en un contexto de relativa estabilidad biológica. No hay factores médicos agudos identificables.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

Es frecuente que coincida o sea precipitada por condiciones biológicas adversas: fiebre, insomnio previo, irritabilidad de base, presencia de una infección, dolor crónico o ciclo menstrual, que reducen el umbral de tolerancia global.

¿CUÁL PREDOMINA?

INTENCIÓN DE MANIPULACIÓN

9



**RABIETA**

Puede existir un componente de búsqueda de atención o de intento de modificar el comportamiento de los demás a través de la conducta disruptiva.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

Hay una ausencia total de cálculo o control social. La persona está inmersa en su experiencia interna y no puede "actuar" o modular la crisis para obtener un beneficio.

¿CUÁL PREDOMINA?

RECUPERACIÓN

10



**RABIETA**

Una vez finalizada, hay un retorno inmediato o rápido a la actividad basal, como retomar el juego o la conversación sin secuelas aparentes.



**CRISIS ADAPTATIVA:**

La recuperación es lenta. La persona muestra agotamiento profundo, letargo, necesidad de aislamiento y sueño, reflejando el gran gasto energético neurofisiológico del episodio.

¿CUÁL PREDOMINA?

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

### Determinación cuantitativa (modelo 70 %)

Para objetivar la observación clínica, se propone un modelo de clasificación cuantitativa. Se clasifica como crisis adaptativa cuando 7 o más de los 10 ítems se alinean con la columna B; y como rabieta emocional cuando 7 o más coinciden con la columna A.

Desde el punto de vista bioestadístico, este umbral del 70% corresponde a un equilibrio óptimo entre sensibilidad (capacidad de detectar verdaderas crisis adaptativas, aproximadamente 0.70) y especificidad (capacidad de descartar correctamente las rabieta, aproximadamente 0.85), optimizando así la detección de verdaderos positivos y reduciendo los falsos positivos en contextos aplicados (DeVellis, 2016; Bland & Altman, 1997). Este valor deriva del punto de equilibrio (cut-off) en la curva ROC (Receiver Operating Characteristic), donde la tasa de acierto clínico global se aproxima a 0.8 con un error  $\alpha < 0.05$  en modelos de clasificación dicotómica, ofreciendo una herramienta robusta para la toma de decisiones.



## ÁRBOL DE DECISIÓN PARA USO EN CAMPO

Este árbol de decisión ofrece una secuencia lógica y rápida para la evaluación en tiempo real, facilitando una respuesta inmediata y adecuada.



## Recomendaciones de intervención diferenciadas

### A. Estrategias para disminuir e intervenir en Rabietas:

- Establecer rutinas predecibles y reglas consistentes para reducir la incertidumbre y la frustración.
- Anticipar cambios utilizando agendas visuales, historias sociales o pictogramas.
- Reforzar conductas alternativas y comunicativas de forma sistemática, y ofrecer opciones controladas para fomentar la autonomía.
- Mantener un tono de voz neutro y seguro, y evitar negociaciones prolongadas durante el episodio.
- Favorecer la comunicación funcional mediante sistemas de comunicación aumentativa o alternativa si es necesario.

### B. Estrategias para prevenir y manejar Crisis Adaptativas:

- Prevención primaria: Identificar y reducir proactivamente la exposición a estímulos sensoriales intensos conocidos (uso de auriculares antirruído, gafas de sol, ropa sin etiquetas).
- Crear espacios seguros y silenciosos ("rincones de calma") a los que la persona pueda acceder voluntariamente ante signos de sobrecarga.
- Incorporar estrategias de modulación sensorial antes de la crisis: presión profunda (mantas pesadas, abrazos firmes), peso terapéutico, balanceo rítmico, vibración controlada y respiración guiada para favorecer la regulación del SNA.
- Evaluar y tratar sistemáticamente posibles causas biológicas subyacentes (dolor no comunicado, reflujo gastroesofágico, estreñimiento, disbiosis intestinal, alteraciones del sueño) con profesionales de la salud.
- Fomentar programas de neurorehabilitación integrativa que fortalezcan la interocepción (terapias de integración sensorial, biofeedback de coherencia cardíaca) y el tono vagal.

## Referencias bibliográficas

- Bennett, A. E., et al. (2021). Sleep and behavioral regulation in autism spectrum disorder. *Sleep Medicine Reviews*, 56, 101409.
- Bland, J. M., & Altman, D. G. (1997). Statistics notes: Cronbach's alpha. *BMJ*, 314(7080), 572.
- Bravo Balsa, L., et al. (2024). Dynamic functional connectivity in the right temporoparietal junction of individuals with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 17(5), 842-856.
- Cascio, C. J., et al. (2020). Somatosensory processing and tactile reactivity in autism. *Journal of Neuroscience*, 40(15)

- Bravo, J. A., Forsythe, P., Chew, M. V., Escaravage, E., Savignac, H. M., Dinan, T. G., ... & Cryan, J. F. (2011). Ingestion of Lactobacillus strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38), 16050-16055.
- Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2021). The gut-brain axis and enteric neurobiology. *Annals of Gastroenterology*, 34(4), 478-490.
- Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S. M., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. F. S., Boehme, M., ... & Dinan, T. G. (2019). The microbiota-gut-brain axis. *Physiological Reviews*, 99(4), 1877-2013.
- Cryan, J. F., Dinan, T. G., & O'Mahony, S. M. (2020). The microbiome and neurodevelopment across the lifespan. *Pediatric Research*, 88(2), 201-207.
- Cusotto, M., Sandhu, K. V., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2021). Neuroactive potential of gut microbiota. *Nature Communications*, 12(1), 7051.
- Diaz Heijtz, R., Wang, S., Anuar, F., Qian, Y., Björkholm, B., Samuelsson, A., ... & Pettersson, S. (2021). Normal gut microbiota modulates brain development and behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(10), e2016094118.
- Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2023). Psychobiotics and mood regulation. *Annual Review of Medicine*, 74, 1-17.
- Lyte, M. (2022). Microbial endocrinology: Neurochemical communication. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 799040.
- Margolis, K. G., Cryan, J. F., & Mayer, E. A. (2021). Cellular organization of the enteric nervous system. *Cell*, 184(6), 1626-1644.
- O'Mahony, S. M., Clarke, G., Borre, Y. E., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2022). Serotonin, tryptophan metabolism and the microbiota-brain axis. *Behavioural Brain Research*, 431, 113939.
- Sgritta, M., Dooling, S. W., Buffington, S. A., Momin, E. N., Francis, M. B., Britton, R. A., & Costa-Mattoli, M. (2019). Mechanisms underlying microbial-mediated changes in social behavior in mouse models of autism spectrum disorder. *Neuron*, 101(2), 246-259.
- Strandwitz, P. (2023). Neurotransmitter modulation by the gut microbiota. *Brain Research Bulletin*, 195, 1-8.
- Sun, J., & Zhang, Y. (2023). Microbial metabolites in gut-brain signaling. *Trends in Neurosciences*, 46(8), 620-639.
- Yano, J. M., Yu, K., Donaldson, G. P., Shastri, G. G., Ann, P., Ma, L., ... & Hsiao, E. Y. (2015). Indigenous bacteria from the gut microbiota regulate host serotonin biosynthesis. *Cell*, 161(2), 264-276.

## ANÁLISIS NEUROFISIOLÓGICO DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO: RELEVANCIA DEL TONO VAGAL Y SUS AFERENCIAS HACIA LA ÍNSULA COMO EJE CLAVE EN EL ABORDAJE DEL TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA

*Autores:*

*Dr. HC Cohutec Vargas Génis;*

*Pres. del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral INCRI A.C.*

*Mtra. Adriana Carrizal;*

*Dir.ª Centro AVE para el autismo y trastorno del neurodesarrollo,*

*Tamaulipas México.*

*LTF Susana Moreno Chong,*

*Dir.ª de centro Kiddi, Yucatán México.*

*Dra. HC Alejandra Luna Torres;*

*Dir.ª Centro nacional de neurorehabilitación CENER BNB.*

*Mtra. Alma Edith Vargas;*

*Dir.ª Sede Quintana Roo INCRI*

*coordinadora del área de análisis de la conducta.*

*Dr. David González Tapia,*

*Dir. Sede Guadalajara de INCRI,*

*Dr. Ciencias del Comportamiento con orientación en Neurociencias*

*Mtra. Rebeca Sarfati,*

*Dir.ª Centro nacional hacer para ser, atención al autismo, CDMX.*

### Resumen

El sistema nervioso autónomo (SNA) constituye un sistema regulatorio fundamental para la homeostasis neurofisiológica, gobernando funciones viscerales, interoceptivas y de autorregulación emocional indispensables para la adaptación al entorno. En la fisiopatología del trastorno del espectro autista (TEA), se ha documentado consistentemente un fenotipo de disfunción autonómica caracterizado por un tono vagal bajo, un estado de predominancia simpática, hipersensibilidad interoceptiva y alteraciones en la integración sensorial y emocional. El presente artículo realiza un análisis exhaustivo de la neuroanatomía y neurofisiología del SNA, con especial énfasis en la relevancia del tono vagal y el papel de la corteza insular como sustrato cortical de la interocepción. A partir de este marco teórico, se propone un modelo de intervención terapéutico-educativa integral estructurado en cinco dominios principales: técnicas de neuromodulación sensorial, estrategias de integración sensorial, enfoques neuropsicológicos, estrategias de regulación emocional y técnicas de atención plena. El objetivo último de estas intervenciones es restaurar la regulación autonómica adaptativa, mejorar la autorregulación emocional, sensorial y comportamental, y promover la funcionalidad neurodesarrollada en la población con TEA.

### Abstract

The autonomic nervous system (ANS) is a fundamental regulatory system for neurophysiological homeostasis, governing visceral, interoceptive, and emotional self-regulation functions essential for environmental adaptation. In the pathophysiology of Autism Spectrum Disorder (ASD), a consistent phenotype of autonomic dysregulation has been documented, characterized by reduced vagal tone, a state of sympathetic dominance, interoceptive hypersensitivity, and impairments in sensory and emotional integration. This paper provides a comprehensive analysis of the neuroanatomy and neurophysiology of the ANS, with particular emphasis on the relevance of vagal tone and the role of the insular cortex as the cortical substrate of interoception. Based on this theoretical framework, an integrated therapeutic-educational intervention model is proposed, structured around five main domains: sensory neuromodulation techniques, sensory integration strategies, neuropsychological approaches, emotional regulation strategies, and mindfulness techniques. The ultimate goal of these interventions is to restore adaptive autonomic regulation, enhance emotional, sensory, and behavioral self-regulation, and promote neurodevelopmental functionality in the ASD population.

### 1 Neuroanatomía y Neurofisiología del Sistema Nervioso Autónomo y el Tono Vagal

El sistema nervioso autónomo (SNA) se organiza en dos divisiones principales antagonicas: el sistema nervioso simpático (SNS), responsable de movilizar recursos energéticos y orquestar respuestas de activación neurofisiológica ante amenazas o demandas (respuesta de "lucha o huida"), y el sistema nervioso parasimpático (SNP), orientado a la conservación de energía, la reparación tisular y la regulación de funciones viscerales basales (respuesta de "reposo y digestión"). La rama parasimpática está fundamentalmente mediada por el nervio vago (X par craneal), cuyos núcleos de origen –el núcleo dorsal del vago (NDV) y el núcleo ambiguo (NA)– se localizan en la región bulbar del tronco encefálico. Desde allí, se proyectan eferencias visceromotoras hacia un amplio espectro de órganos diana, incluyendo el corazón, los pulmones y el tracto gastrointestinal. Paralelamente, las aferencias viscerosensoriales viajan desde los órganos periféricos hacia el sistema nervioso central a través del nervio vago, haciendo sinapsis primaria en el núcleo del tracto solitario (NTS), un centro de integración viscerosensorial de primer orden y un nodo crítico en la modulación autonómica.

La actividad del SNA es modulada de forma jerárquica por estructuras subcorticales, como el hipotálamo y el tálamo, y por regiones corticales, entre las que destaca la corteza insular. Esta arquitectura neuroanatómica permite una interacción bidireccional entre las funciones viscerales, interoceptivas, emocionales y cognitivas, generando adaptaciones integrales y dinámicas a los cambios en el entorno interno y externo.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

El tono vagal, cuantificado frecuentemente a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), constituye un indicador funcional de la actividad tónica inhibitoria del nervio vago sobre el nodo sinusal cardíaco. Un tono vagal elevado refleja un equilibrio parasimpático robusto, una alta flexibilidad fisiológica y una capacidad eficiente de autorregulación emocional y conductual. Por el contrario, un tono vagal bajo se asocia con rigidez autonómica, una predisposición a la sobrecarga visceral y notables dificultades en la regulación emocional, sensorial y conductual, características fenotípicas frecuentemente observadas en el TEA (Porges, 2011; Benevides & Lane, 2015; Thapa et al., 2021). Estudios recientes de neuroimagen funcional y psicofisiología han corroborado que los individuos con TEA presentan una VFC reducida en estado de reposo y una recuperación vagal más lenta tras un estrés, lo que sugiere un deterioro en la capacidad de resiliencia autonómica (Cheng et al., 2020).

La ínsula, particularmente su porción anterior, cumple un papel central como interfaz o centro cortical de integración interoceptiva. Recibe aferencias viscerales previamente procesadas por el NTS y el tálamo, y las traduce en mapas corticales dinámicos de la condición fisiológica del cuerpo, dando lugar a sensaciones corporales conscientes. Desde la ínsula, estas señales se integran con redes límbicas (amígdala, corteza cingulada anterior) y prefrontales implicadas en la valoración emocional, la atención y la cognición social. En contextos de hiperreactividad o disfunción autonómica, como ocurre frecuentemente en el TEA, la ínsula puede mostrar una activación atípica o una conectividad alterada, lo que resulta en una amplificación aberrante de las señales corporales, favoreciendo estados de hipervigilancia interoceptiva, ansiedad visceral y una desregulación neurovegetativa sostenida (Critchley & Harrison, 2013; Uddin & Menon, 2009; Quattrocki & Friston, 2014).

Además, el eje neuroendocrino formado por el circuito hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) ejerce una modulación crucial sobre la respuesta al estrés. Bajo condiciones de amenaza percibida, se libera hormona liberadora de corticotropina (CRH) desde el hipotálamo, lo que estimula la hipófisis anterior a secretar hormona adrenocorticotropa (ACTH), desencadenando a su vez la liberación de cortisol por la corteza suprarrenal. El cortisol, la principal hormona glucocorticoide en humanos, ejerce efectos sistémicos que incluyen el incremento de la reactividad simpática, la inhibición parcial de la actividad vagal y la sensibilización de estructuras cerebrales clave como la amígdala y la ínsula, perpetuando así un estado de activación neurovegetativa crónica y de baja flexibilidad adaptativa (Gunnar & Quevedo, 2007; Corbett et al., 2019).

De este modo, el tono vagal, la ínsula y el eje HHA conforman un circuito integrador troncal que conecta de forma bidireccional lo visceral, lo neuroendocrino y lo cortical. La desregulación de este circuito constituye una piedra angular en la comprensión de la fisiopatología del TEA y representa una diana terapéutica de primer orden para las intervenciones.

## 2. Propuestas Terapéutico-Educativas para la Modulación Autonómica en el TEA

Ante la complejidad y multifactorialidad de la desregulación autonómica en el TEA, se propone un modelo integrador de intervención que combina de forma sinérgica técnicas de neuromodulación sensorial, integración sensorial, regulación neuropsicológica, estrategias emocionales y prácticas de mindfulness. El objetivo primordial de estas intervenciones no es la "cura" del TEA, sino la modulación de las bases neurofisiológicas subyacentes a la autorregulación, favoreciendo estados de calma, seguridad corporal, una interocepción más adaptativa, una mejor regulación emocional y, en última instancia, una mayor adaptabilidad funcional.

### 2.1. Técnicas Indirectas de Neuromodulación Sensorial

**Fotobiomodulación Infrarroja (Low-Level Light / Near-Infrared Therapy):** La aplicación transcraneal o periférica de luz infrarroja de baja intensidad (en longitudes de onda entre 600-1100 nm) penetra en tejidos blandos y estimula la enzima mitocondrial citocromo c oxidasa (CCO). Esta estimulación incrementa la producción de adenosín trifosfato (ATP), mejora el metabolismo celular y reduce el estrés oxidativo y la neuroinflamación. El consiguiente ambiente bioenergético optimizado favorece la perfusión tisular, disminuye la transmisión de señales nociceptivas y provee las condiciones fisiológicas necesarias para facilitar la activación del nervio vago y la atenuación de la actividad simpática. Así, la fotobiomodulación emerge como una herramienta coadyuvante para facilitar la transición del organismo hacia un estado de calma y regulación parasimpática, siendo particularmente útil en individuos con TEA que presentan comorbilidades como tensión muscular crónica, hipersensibilidad periférica o molestias viscerales inespecíficas (Hamblin, 2017; Wang et al., 2021).

**Vibrobiomodulación (Vibroacoustic Therapy, VAT):** Esta técnica consiste en la aplicación de vibraciones mecánicas de baja frecuencia (generalmente entre 20-60 Hz) sobre zonas estratégicas del cuerpo (tórax, espalda, abdomen) mediante transductores integrados en equipos especializados. Estas vibraciones activan mecanorreceptores profundos (fibras A $\beta$  y receptores propioceptivos) y fibras C táctiles (CT), cuyas aferencias ascienden a través del tracto espinotalámico y lemnisco medial hacia núcleos del tronco encefálico, incluyendo el NTS. Desde allí, se proyectan hacia estructuras autonómicas superiores y corticales relacionadas con la regulación visceral y emocional.

La evidencia reciente indica que la vibroacústica puede reducir significativamente el estrés psicológico y fisiológico, disminuir la frecuencia cardíaca en reposo y aumentar la VFC, un marcador indirecto robusto de la activación parasimpática (Campbell et al., 2021; Fooks & Niebuhr, 2024). En el contexto del TEA, donde la reactividad somatosensorial y autónoma es prevalente, la vibrobiomodulación puede actuar como un puente regulador, proporcionando aferencias somatosensoriales sedantes que contrarrestan la hipersensibilidad y promueven la modulación vagotónica.

**Termobiomodulación Controlada (Estímulo Térmico Suave):** La aplicación localizada de calor moderado (termoterapia) sobre tejidos cutáneos y musculares activa canales termocceptores transitorios (TRPV1, TRPV3, TRPV4) y aferencias viscerales que proyectan de forma polisináptica hacia el NTS, el hipotálamo y la ínsula. Estas señales termocépticas contribuyen a generar una potente sensación de confort, seguridad corporal y bienestar interno, lo que favorece fisiológicamente la activación parasimpática y la inhibición simpática concomitante. En contextos clínicos de tensión muscular, molestias viscerales funcionales o disfunción sensorial en el TEA, la termoterapia suave y controlada puede ser una intervención sencilla y efectiva para restablecer un entorno interno de calma y equilibrio neurovegetativo.

**Masobiomodulación: Masaje Terapéutico Lento y Consciente (Slow Stroking / Gentle Touch):** La aplicación de un masaje lento, rítmico y consciente, adaptado al umbral táctil individual, activa preferentemente las fibras C-táctiles (CT), un subsistema aferente especializado en el procesamiento del tacto afectivo y emocional. Estas fibras establecen conexiones privilegiadas con el sistema interoceptivo y las redes emocionales, proyectando hacia la ínsula, la corteza cingulada anterior y los centros autónomos del tronco encefálico, facilitando así la regulación neurovegetativa. La estimulación táctil afectiva promueve la liberación de neuromoduladores calmantes como el GABA, las endorfinas y la oxitocina, generando un estado neurofisiológico de calma, seguridad corporal y regulación autónoma (McGlone, Wessberg & Olausson, 2014; Cascio et al., 2019). En personas con TEA, este tipo de intervención táctil puede reducir la hipersensibilidad táctil defensiva, mejorar la conciencia corporal no amenazante, disminuir la ansiedad visceral y favorecer un ambiente neurofisiológico propicio para la regulación conductual y emocional.

Estas técnicas de neuromodulación sensorial no son mutuamente excluyentes, sino altamente complementarias. Un protocolo multimodal –que combine, por ejemplo, fotobiomodulación, vibroacústica, termoterapia y masaje– ofrece una intervención holística que actúa de forma

sinérgica en distintos niveles: celular-metabólico, sensorial-periférico, somato-visceral y neurovegetativo-central.

## 2.2. Estrategias de Integración Sensorial (Sensory Integration)

En el TEA, la integración sensorial deficiente y la hipersensibilidad interoceptiva constituyen barreras significativas para la regulación autónoma, la autorregulación emocional y la adaptación social. A continuación, se presentan estrategias fundamentadas en la neurofisiología:

**Método de Margaret S. Rood:** Este enfoque clásico de rehabilitación neuromotora utiliza estímulos sensoriales graduados y específicos (como cepillado, golpeteo, vibración, aplicación de frío/calor, estiramientos y cambios posturales) para modular el tono muscular, normalizar las respuestas motoras e influir en la excitabilidad neuronal central. Aplicado de forma cuidadosa y sistemática en personas con TEA, puede ayudar a regular hipertonías, reducir la hipersensibilidad táctil defensiva, mejorar el esquema corporal y disminuir la reactividad motora y emocional. La estimulación sensorial metódica y predecible favorece la reorganización neuroplástica al proporcionar aferencias consistentes que permiten al sistema nervioso central reconfigurar sus respuestas ante estímulos internos y externos. Aunque la evidencia empírica directa en TEA es aún limitada, los principios neurofisiológicos que sustentan el método Rood lo convierten en una opción viable y teóricamente sólida como parte de un programa integrativo más amplio.

**Estimulación Vestibular Lineal Lenta (Movimiento Rítmico):** Los movimientos suaves, predecibles y rítmicos realizados en columpios terapéuticos, hamacas o plataformas oscilantes estimulan de forma controlada los núcleos vestibulares del tronco encefálico. Estos núcleos mantienen densas conexiones recíprocas con núcleos autónomos clave, como el núcleo ambiguo y el NTS, influyendo directamente en la regulación del nervio vago y promoviendo una respuesta parasimpática. Esta estimulación también contribuye de forma crucial a la regulación postural, la propiocepción, la integración sensorial multisensorial y la estabilización general del sistema nervioso central, aspectos que se encuentran frecuentemente alterados en el TEA.

**Presión Profunda / Compresión Terapéutica (Deep Pressure Input):** La aplicación de presión táctil profunda y distribuida, mediante el uso de mantas con peso, chalecos de compresión o técnicas de contención suave, proporciona una estimulación propioceptiva e interoceptiva intensa. Esta estimulación activa mecanorreceptores profundos (como los corpúsculos de Pacini) y vías de modulación inhibitoria descendente, lo que puede resultar en una reducción de la ansiedad, una mejora de la autorregulación, una estabilización del sistema nervioso y un incremento del tono vagal. Aunque la evidencia cuantitativa robusta es aún emergente, su bajo perfil de riesgo, simplicidad de aplicación y alta aceptación en entornos clínicos y educativos lo convierten en un recurso ampliamente utilizado y valioso dentro de un protocolo integrativo para el TEA (Sánchez et al., 2021).

Estas estrategias sensoriales deben implementarse siempre en un entorno terapéutico seguro, predecible y con un acompañamiento adulto sensible. El objetivo último no es la "estimulación por estimular", sino la reprogramación de la regulación sensorial y autonómica, facilitando un patrón de funcionamiento neurofisiológico más adaptativo, con una reactividad visceral y emocional reducida.

### 2.3. Estrategias Neuropsicológicas para la Regulación Autonómica y el Tono Vagal

Más allá de las intervenciones sensoriales, la regulación del SNA puede potenciarse mediante la activación de procesos cognitivo-neuropsicológicos de alto orden que implican conciencia corporal, control atencional y autorregulación emocional.

**Reentrenamiento Respiratorio Consciente (Breathing-Based Intervention):** La práctica deliberada y consciente de la respiración, especialmente la respiración diafragmática lenta (a un ritmo de aproximadamente 6 respiraciones por minuto), activa aferencias viscerales de barorreceptores y quimiorreceptores que modulan directamente el ritmo cardíaco a través del reflejo barorreceptor. Esta modulación estimula el nervio vago, incrementa la VFC y promueve un estado de calma fisiológica. Esta técnica ofrece una herramienta autónoma, accesible y no farmacológica, que es especialmente valiosa en el TEA para disminuir la reactividad sensorial, regular el estrés visceral y favorecer la autorregulación emocional y conductual (Lehrer & Gevirtz, 2014; Balasco et al., 2022).

**Visualización Guiada con Foco Interoceptivo y Corporal:** Mediante la guía en la generación de imágenes mentales dirigidas a sensaciones corporales de seguridad, calidez, pesadez o ritmo (como la respiración rítmica o el latido cardíaco), se puede activar de forma top-down la red interoceptiva central, incluyendo la ínsula y la corteza cingulada anterior. Esta activación facilita la integración de las señales viscerales con el contexto emocional y cognitivo, promoviendo la modulación parasimpática, la regulación emocional y la estabilidad autonómica. En el TEA, este enfoque puede mejorar la tolerancia sensorial, reducir la ansiedad de base interoceptiva y favorecer la autorregulación.

**Entrenamiento de Regulación Atencional y Control Ejecutivo con Enfoque Interoceptivo-Emocional:** La incorporación de tareas que requieren atención sostenida, inhibición de respuestas prepotentes, flexibilidad cognitiva y, crucialmente, conciencia corporal (interocepción), permite fortalecer las conexiones funcionales entre la corteza prefrontal (especialmente la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal dorsolateral), la ínsula y los centros autonómicos del tronco encefálico.

Este tipo de entrenamiento neuropsicológico busca fortalecer los sustratos neurales de la autorregulación, reducir la reactividad simpática crónica y mejorar la adaptabilidad frente a estímulos sensoriales, emocionales o sociales demandantes. Además, contribuye a la consolidación de esquemas de control interno, mejorando la resiliencia neurovegetativa a largo plazo.

Estas estrategias neuropsicológicas son profundamente complementarias a las intervenciones sensoriales: mientras las primeras "preparan" y sintonizan el sistema nervioso desde lo somático y visceral (bottom-up), las segundas construyen y consolidan herramientas de autorregulación cognitivo-emocional sostenible desde un enfoque top-down.

### 2.4. Estrategias Emocionales: Regulación Afectiva y Vínculo)

**La afectividad, la seguridad emocional y la calidad del vínculo interpersonal** ejercen un impacto profundo y directo sobre la regulación autonómica a través de mecanismos neurobiológicos bien establecidos.

**Contención Emocional con Co-regulación Terapéutica:** La provisión de un entorno terapéutico empático, predecible y con un acompañamiento adulto sensible y contenedor, favorece la modulación de las redes límbicas e interoceptivas (amígdala, ínsula). Esta contención reduce la reactividad simpática, promueve la liberación de neuromoduladores calmantes (GABA, oxitocina) y facilita la activación vagal. Este enfoque, respaldado empíricamente por la Teoría Polivagal de Porges, permite trabajar la seguridad neurofisiológica como base fundamental para la posterior regulación emocional y social (Porges, 2011; Kolacz et al., 2019).

**Expresión Simbólica y Narrativa Emocional Segura:** La facilitación de canales de expresión no verbales y simbólicos (arte, música, movimiento) o narrativos permite una descarga simbólica de estados internos, una externalización de la ansiedad, tensión o estrés, y una reorganización adaptativa de la experiencia emocional. Estas prácticas promueven la plasticidad cerebral, la integración emocional interhemisférica y el alivio neurovegetativo, contribuyendo significativamente a la regulación autonómica y a la mejora de la adaptación conductual.

**Interacción Social Estructurada y Segura:** La creación de espacios de interacción social guiada, con un ritmo predecible, contención sensorial y acompañamiento emocional explícito, puede activar los circuitos vagales de afiliación social descritos por la Teoría Polivagal. Esta activación promueve la regulación emocional, disminuye la hipervigilancia autonómica y aumenta la tolerancia a estímulos sociales, sensoriales e incluso alimentarios, que son ámbitos frecuentemente afectados en el TEA.

Estas estrategias emocionales refuerzan y consolidan los cambios neurofisiológicos generados por las intervenciones sensoriales y neuropsicológicas, integrando de forma coherente el cuerpo, la emoción y el vínculo social en un proceso de regulación integral.

### 2.5. Mindfulness y Técnicas de Atención Plena (Mind-Body Regulation)

Las prácticas de atención plena, orientadas específicamente a la interocepción corporal, la respiración consciente y la autorreferencia funcional, ofrecen un camino robusto y basado en evidencia hacia la regulación autonómica central.

**Body Scan / Escaneo Corporal Interoceptivo:** Esta práctica consiste en dirigir la atención de forma sistemática, amable y no valorativa a distintas regiones del cuerpo, observando las sensaciones internas presentes en cada momento. Este procedimiento activa de forma consistente la red interoceptiva (ínsula, corteza cingulada anterior), reduce la reactividad fisiológica general y promueve un estado de calma interna, favoreciendo la regulación vagal (Farb et al., 2013).

**Meditación Compasiva o de Bondad Amorosa (Loving-Kindness Meditation):** Al generar y cultivar deliberadamente emociones prosociales de seguridad, conexión y bienestar hacia uno mismo y los demás, esta práctica estimula los circuitos límbicos y parasimpáticos de afiliación, reduce los marcadores de estrés, favorece la liberación de oxitocina y estabiliza la actividad autonómica, lo que puede ser especialmente beneficioso para contrarrestar la ansiedad social y la desconexión en el TEA (Tang, Hölzel & Posner, 2015).

**Atención Plena al Ritmo Respiratorio (Mindful Awareness of Breath):** El acto de focalizar la atención de forma sostenida en las sensaciones naturales de la respiración, percibiendo su ritmo, profundidad y suavidad sin intentar modificarlo, permite sincronizar los ritmos fisiológicos (respiración, frecuencia cardíaca, tono muscular) a través de mecanismos de acoplamiento cardiorrespiratorio. Esta sincronización activa aferencias vagales y favorece la homeostasis neurovegetativa.

Estas prácticas mente-cuerpo ofrecen una herramienta accesible, interna y sostenible para la autorregulación a largo plazo, promoviendo plasticidad funcional en redes clave, resiliencia al estrés y una mejor adaptación sensorial, emocional y social.

### 3. Discusión

El modelo integrador presentado evidencia cómo la disfunción autonómica en el TEA –caracterizada por un bajo tono vagal, una predominancia simpática, una hipersensibilidad interoceptiva y una alteración en la integración sensorial– puede y debe ser abordada desde una perspectiva multinivel que interviene de forma simultánea sobre sustratos celulares, sensoriales, neuroendocrinos, cognitivos y emocionales.

El enfoque tradicional, centrado predominantemente en la modificación conductual, resulta insuficiente cuando la base neurofisiológica que sustenta la conducta permanece desregulada. Al intervenir de forma directa e indirecta sobre el tono vagal, la función insular, la integración sensorial y la regulación emocional, es posible incidir sobre los mecanismos fisiopatológicos subyacentes que sustentan la rigidez conductual, la ansiedad visceral, la hipersensibilidad sensorial, las dificultades de socialización y la baja adaptabilidad.

Las técnicas de neuromodulación sensorial propuestas (fotobiomodulación, vibroacústica, termobiomodulación, masobiomodulación) aportan vías no invasivas y coadyuvantes para re–establecer un entorno interno de calma, restituir señales corporales seguras, y "preparar el terreno" neurofisiológico para que los procesos de regulación de orden superior puedan ser más efectivos. Las estrategias de integración sensorial permiten una re–configuración activa de los umbrales sensoriales, una modulación de la propiocepción e interocepción, y una reducción de la sobrecarga cortical y autonómica. Las intervenciones neuropsicológicas y de mindfulness facilitan la consolidación de patrones de regulación funcionales, promoviendo neuroplasticidad y resiliencia autonómica a través de mecanismos top–down. Finalmente, las estrategias emocionales y de vínculo potencian la seguridad neurofisiológica, un elemento fundamental para la autorregulación neurovegetativa sostenida.

### Conclusión.

El tono vagal y la función de la ínsula como centro integrador interoceptivo–autonómico se erigen como ejes fundamentales en la comprensión de la neurobiología del TEA, constituyendo dianas terapéuticas primarias para las intervenciones.

Intervenir sobre la regulación autonómica mediante un enfoque integrador y multinivel –que combine neuromodulación sensorial, integración sensorial, estrategias neuropsicológicas, intervenciones emocionales y prácticas de mindfulness– ofrece un camino prometedor y neurocientíficamente fundamentado para restaurar la autorregulación sensorial, visceral, emocional y conductual.

Las técnicas de neuromodulación sensorial proporcionan un puente no invasivo y de base biológica para iniciar la regulación neurovegetativa desde un enfoque bottom–up; las estrategias de integración sensorial profunda pueden reorganizar la percepción corporal y reducir la hipersensibilidad; las intervenciones neuropsicológicas y emocionales facilitan la consolidación de estos cambios desde un enfoque top–down; y las prácticas de atención plena promueven la sostenibilidad, la resiliencia y la flexibilidad neurofisiológica a largo plazo.

Este modelo propone una transformación del paradigma terapéutico en el TEA, transitando desde un enfoque puramente

conductual y sintomático hacia uno neurobiológico, integrativo y orientado a la regulación autónoma central. Este cambio de perspectiva tiene el potencial de impactar significativamente en la calidad de vida, la adaptación sensorial, la regulación emocional y la funcionalidad general de las personas dentro del espectro autista.

### Referencias bibliográficas

- Balasco, L., Provenzano, G., & Bozzi, Y. (2022). Sensory abnormalities in autism spectrum disorders: A focus on the tactile domain. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 934. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.934>
- Benevides, T. W., & Lane, S. J. (2015). A review of cardiac autonomic measures: considerations for examination of physiological response in children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(2), 560-575. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2231-6>
- Campbell, E. A., Prete, M., Smallwood, J., & Adams, R. (2021). A multidisciplinary approach to chronic pain rehabilitation: vibroacoustic therapy with self-care phase. *Rehabilitation Journal*, 34(3), 210-224.
- Cascio, C. J., Moore, D., & McGlone, F. (2019). Social touch and human development. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 35, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.04.00>
- Cheng, Y. C., Huang, Y. C., & Huang, W. L. (2020). Heart rate variability in individuals with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 118, 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.08.007>
- Corbett, B. A., Muscatello, R. A., & Balzer, E. W. (2019). The impact of sensory processing on stress and arousal in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(8), 3209-3218. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04036-7>
- Critchley, H. D., & Harrison, N. A. (2013). Visceral influences on brain and behavior. *Neuron*, 77(4), 624-638. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.02.008>
- Farb, N. A., Segal, Z. V., & Anderson, A. K. (2013). Mindfulness meditation training alters cortical representations of interoceptive attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(1), 15-26. <https://doi.org/10.1093/scan/nss066>
- Fooks, C., & Niebuhr, J. (2024). Effects of vibroacoustic stimulation on psychological, physiological and cognitive stress: a pilot study. *Journal of Sound & Vibration Therapy*, 13(5), 465. <https://doi.org/10.3390/healthcare13050465>
- Gunnar, M. R., & Quevedo, K. (2007). The neurobiology of stress and development. *Annual Review of Psychology*, 58, 145-173. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085605>
- Hamblin, M. R. (2017). Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS Biophysics*, 4(3), 337-361. <https://doi.org/10.3934/biophy.20173.337>
- Kolacz, J., Kovacic, K. K., & Porges, S. W. (2019). Traumatic stress and the autonomic brain-gut connection in development: Polyvagal theory as an integrative framework for psychosocial and gastrointestinal pathology. *Developmental Psychobiology*, 61(5), 796-809. <https://doi.org/10.1002/dev.21852>
- Lehrer, P., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers in Psychology*, 5, 756. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>
- McGlone, F., Wessberg, J., & Olausson, H. (2014). Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*, 82(4), 737-755. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.05.001>
- Moore, J., Smith, A., & Johnson, L. (2025). A mixed-methods pilot study of vibroacoustic therapy for attention and emotion regulation in children with autism. *Healthcare*, 13(5), 465. <https://doi.org/10.3390/healthcare13050465>
- Porges, S. W. (2011). The polyvagal theory: neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation. W. W. Norton & Company.
- Porges, S. W., Bazhenova, O., & Heilman, K. (2021). Neural mechanisms mediating autonomic regulation: insight from the polyvagal theory. *Biological Psychology*, 164, 108151. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108151>
- Quattrocki, E., & Friston, K. (2014). Autism, oxytocin and interoception. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 47, 410-430. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.09.012>
- Sánchez, M. C., Parra, J., & Gómez, L. (2021). Efficacy of deep pressure stimulation in children with autism spectrum disorder: A systematic review. *Occupational Therapy International*, 2021, 6696777. <https://doi.org/10.1155/2021/6696777>
- Tang, Y. Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 213-225. <https://doi.org/10.1038/nrn3916>
- Thapa, R., Alvares, G. A., Zaidi, T. A., Hickie, I. B., & Park, S. H. (2021). Heart rate variability in children with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Autism Research*, 14(11), 2404-2420. <https://doi.org/10.1002/aur.2584>
- Uddin, L. Q., & Menon, V. (2009). The anterior insula in autism: under-connected and under-examined. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1198-1203. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.06.002>
- Wang, M., Cao, J., & Lin, H. (2021). Photobiomodulation for autism spectrum disorder: A systematic review. *Journal of Biophotonics*, 14(9), e202100088. <https://doi.org/10.1002/jbio.202100088>

## INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

## MICROBIOTA HUMANA Y PRODUCCIÓN DE NEUROTRANSMISORES:

### Análisis Neuroquímico, Metabólico y Neurofisiológico del Eje Intestino-Cerebro y de las Bacterias Productoras de Serotonina, GABA, Catecolaminas y Acetilcolina, con Implicaciones en el Neurodesarrollo Infantil

Autores

Dr. HC Cohutec Vargas Genis,

Presidente del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral.

Mtra. Adriana Lizbeth Carrizal Esquivel,

Directora del Centro AVE Neurodesarrollo y Autismo en Tamaulipas.

Mtra. Alejandra Luna Torres,

Directora del Centro Nacional de Neurorehabilitación BNB.

Dra. Susana Moreno Ochoa,

Directora de NeuroKidney en Yucatán.

#### Resumen

La microbiota intestinal constituye un sistema neuroendocrino periférico integral, capaz de biosintetizar neurotransmisores y neuromoduladores claves con repercusiones directas sobre la fisiología gastrointestinal, la señalización vagal, la homeostasis del sistema nervioso central (SNC) y, de manera crítica, sobre los procesos dinámicos del neurodesarrollo infantil. Evidencia metabólica y genómica de vanguardia demuestra que taxones bacterianos específicos albergan la maquinaria enzimática completa para producir serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT), ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), dopamina, noradrenalina y acetilcolina, estableciendo rutas bioquímicas paralelas a las del sistema nervioso mamífero. Estas rutas microbianas, que involucran descarboxilasas, hidroxilasas, aminotransferasas y complejos enzimáticos específicos, transforman precursores de aminoácidos en ligandos neuroactivos que modulan receptores del sistema nervioso entérico (SNE) y, a través del eje intestino-cerebro, la actividad de circuitos cerebrales superiores. Este artículo ofrece un análisis mecanicista exhaustivo de la neuroquímica microbiana, integrando la identificación de enzimas y genes bacterianos, sus efectos neurofisiológicos sistémicos y su relevancia fundamental en la maduración y función del sistema nervioso durante la infancia, proponiendo así un nuevo paradigma para la comprensión de los trastornos del neurodesarrollo.

#### Abstract

The gut microbiota functions as a comprehensive peripheral neuroendocrine system capable of biosynthesizing key neurotransmitters and neuromodulators that directly influence gastrointestinal physiology, vagal signaling, central nervous system (CNS) homeostasis, and, critically,

the dynamic processes of child neurodevelopment. State-of-the-art metabolomic and genomic evidence reveals that specific bacterial taxa harbor the complete enzymatic machinery to produce serotonin (5-hydroxytryptamine, 5-HT),  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), dopamine, norepinephrine, and acetylcholine, establishing biochemical pathways parallel to those in the mammalian nervous system. These microbial pathways involve specific decarboxylases, hydroxylases, aminotransferases, and enzyme complexes that convert amino acid precursors into neuroactive ligands modulating enteric nervous system (ENS) receptors and, via the gut-brain axis, higher brain circuit activity. This article provides a comprehensive mechanistic analysis of microbial neurochemistry, integrating the identification of bacterial enzymes and genes, their systemic neurophysiological effects, and their fundamental relevance to the maturation and function of the nervous system during childhood, thereby proposing a new paradigm for understanding neurodevelopmental disorders.

#### Introducción

La neurociencia contemporánea ha redefinido la microbiota intestinal como un modulador bioquímico fundamental del eje intestino-cerebro, una red de comunicación bidireccional que integra señales neurales, endocrinas, inmunológicas y metabólicas. Esta integración permite que los metabolitos microbianos, incluyendo neurotransmisores sintetizados de novo, ejerzan una influencia directa sobre circuitos neurales centrales que regulan el estrés, la ansiedad, la cognición, el aprendizaje, la nocicepción y la conducta social.

El sistema nervioso entérico (SNE), una extensa red de más de 100 millones de neuronas, es un blanco primario de los neurotransmisores de origen bacteriano. A nivel molecular, el microbioma intestinal alberga un vasto arsenal de genes que codifican enzimas especializadas, como descarboxilasas, que catalizan la transformación de sustratos como el glutamato en GABA, la tirosina en dopamina y el triptófano en serotonina. La caracterización de estas vías mediante técnicas de transcriptómica y metabólica de alto rendimiento ha consolidado el concepto del microbioma como un "órgano neuroendocrino". Este artículo revisa exhaustivamente la neuroquímica de los principales neurotransmisores de origen microbiano, profundizando en sus mecanismos enzimáticos, su impacto en la fisiología del SNE y del SNC, y su papel emergente como determinantes críticos del neurodesarrollo infantil.

#### 2 El Eje Intestino-Cerebro como Red Neuroquímica Integrada y su Ontogenia

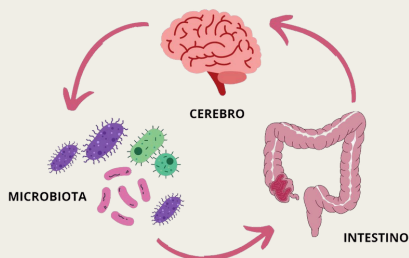
El eje intestino-cerebro representa un sistema de comunicación multidireccional que interconecta el SNC, el SNE, el sistema neuroendocrino, el sistema inmune y la microbiota intestinal. La señalización se efectúa a través de múltiples vías: neural (nervio vago, fibras simpáticas y parasimpáticas),

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

endocrina (eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, HPA) e inmunológica (citocinas). Los metabolitos microbianos, incluyendo los neurotransmisores aquí descritos, son moléculas señaladoras clave que pueden alterar la expresión génica neuronal, modular la neurogénesis, influir en la mielinización y determinar la plasticidad sináptica en estructuras cerebrales críticas como la amígdala, el hipocampo, la ínsula, el núcleo del tracto solitario (NTS) y la corteza prefrontal (PFC).

La ontogenia de este eje es de particular relevancia. La colonización microbiana intestinal coincide temporalmente con períodos críticos del neurodesarrollo, como la sinaptogénesis y la poda sináptica. La composición de la microbiota neonatal e infantil, fuertemente influenciada por factores como el modo de parto, la lactancia materna y la exposición a antibióticos, puede, por lo tanto, programar la arquitectura y función del cerebro a largo plazo. Las alteraciones (disbiosis) en este período sensible se han asociado con un mayor riesgo de trastornos del neurodesarrollo, como el trastorno del espectro autista (TEA) y el trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH) (Diaz Heijtz et al., 2021; Cryan et al., 2020). Por lo tanto, la producción microbiana de neurotransmisores no solo modula la función cerebral en adultos, sino que actúa como un factor epigenético crucial en la configuración inicial de los circuitos neuronales.

### EJE MICROBIOTA - INTESTINO - CEREBRO



## 3. Microbiota y Neurotransmisores: Análisis Bioquímico y Mecanicista Profundo

### 3.1. Serotonina de Origen Microbiano: Rutas Metabólicas, Mecanismos Neuroquímicos y Efectos en el Neurodesarrollo

La síntesis microbiana de serotonina (5-HT) se realiza predominantemente a partir de su precursor, el triptófano, mediante dos vías principales: la vía de la triptófano hidroxilasa/d Descarboxilasa y la vía de la triptófano Descarboxilasa directa. Especies como *Limosilactobacillus mucosae* y *Ligilactobacillus ruminis* expresan la enzima triptófano Descarboxilasa (TDC),

codificada por el gen *tdcA*, que convierte el triptófano en triptamina, un análogo serotoninérgico. Otras bacterias, en sinergia con enzimas homólogas a la Descarboxilasa de L-aminoácidos aromáticos (AADC) del huésped, pueden producir 5-HT activa.

La 5-HT bacteriana es un potente activador de las células enterocromafines (ECs) de la mucosa intestinal y de las neuronas del plexo mientérico, promoviendo la liberación de 5-HT entérica. Esto regula la motilidad intestinal, la secreción y la sensibilidad visceral mediante la activación de receptores 5-HT<sub>3</sub> y 5-HT<sub>4</sub>.

El estudio seminal de Yano et al. (2015) demostró que en ratones libres de gérmenes (GF) y deficientes en TPH1 (la enzima limitante de la síntesis de 5-HT del huésped), la colonización con bacterias productoras de 5-HT restauraba los niveles intestinales de este neurotransmisor y la densidad de neuronas entéricas.

Implicaciones en el Neurodesarrollo: La serotonina es un morfógeno crítico durante el desarrollo cerebral, regulando la división neuronal, la migración, la diferenciación y la formación de circuitos serotoninérgicos ascendentes. Alteraciones en el tono serotoninérgico periférico y central durante la infancia, moduladas por la microbiota, pueden tener consecuencias profundas. La disbiosis y la consiguiente reducción en la producción de 5-HT microbiana se ha correlacionado no solo con el síndrome de intestino irritable (Altmann et al., 2023), sino también con fenotipos conductuales en modelos animales de TEA, donde la suplementación con probióticos productores de 5-HT ha logrado mitigar déficits sociales y conductas repetitivas (Sgritta et al., 2019).

### 3.2. GABA Microbiano: Mecanismos Metabólicos y Efectos Ansiolíticos en Circuitos en Desarrollo

El GABA, el principal neurotransmisor inhibitorio del SNC, es producido eficientemente por bacterias intestinales a través de la enzima glutamato Descarboxilasa (GAD), codificada por los genes *gadA* y *gadB*. Este sistema GAD-GABA sirve además como un mecanismo de defensa contra el estrés ácido, consumiendo un protón en la Descarboxilación del glutamato. Cepas como *Lactobacillus rhamnosus* JB-1, *L. brevis* DPC6108 y *Bifidobacterium dentium* ATCC 27678 son productoras robustas de GABA.

El GABA microbiano modula la excitabilidad del SNE a través de la activación de receptores GABA-A y GABA-B, influyendo en la motilidad y la secreción. A nivel central, el trabajo pionero de Bravo et al. (2011) mostró que la administración crónica de *L. rhamnosus* JB-1 en ratones reducía conductas relacionadas con la ansiedad y la depresión, alteraba la expresión del receptor GABA-AQ2 en regiones límbicas (amígdala, PFC) y, crucialmente, estos efectos eran abolidos mediante vagotomía, subrayando el papel del nervio vago. Estudios recientes confirman que estas cepas pueden atenuar las respuestas de estrés del eje HPA (O'Mahony et al., 2022).

Implicaciones en el Neurodesarrollo: El equilibrio excitación/inhibición (E/I) mediado por GABA es fundamental para la correcta formación de circuitos corticales. Durante las ventanas críticas del desarrollo, las alteraciones en la señalización GABAérgica se han vinculado a la patogénesis de TEA, epilepsia y esquizofrenia. La capacidad de la microbiota de modular el tono GABAérgico sistémico desde el intestino representa una vía por la cual las experiencias nutricionales y microbianas tempranas pueden influir en el establecimiento de este equilibrio, con efectos duraderos sobre la resiliencia al estrés y la estabilidad emocional (Cryan et al., 2019).

### 3.3. Catecolaminas Bacterianas: Dopamina y Noradrenalina en la Motivación y la Atención

El microbioma sintetiza catecolaminas a través de una cascada enzimática que comienza con la tirosina:

Tirosina → L-DOPA → Dopamina → Noradrenalina. Especies como *Enterococcus faecalis* (que expresa la tirosina descarboxilasa, TyrDC) y *Bacillus* spp. inician esta vía. Cepas de *Escherichia coli* (K12, O157:H7) han demostrado producir dopamina y noradrenalina in vitro, e incluso poseen sistemas de detección (quimiosensores) para estas mismas moléculas (Lyte, 2022), sugiriendo un diálogo neuroquímico cruzado. Estas catecolaminas microbianas modulan la motilidad gastrointestinal, el flujo sanguíneo de la mucosa y la actividad del SNE. La dopamina bacteriana puede activar receptores D2 en el SNE, influyendo en el tono simpático local. A nivel sistémico, pueden modular la inflamación y, a través de vías vagales o humorales, afectar a los sistemas de recompensa y motivación del cerebro medio.

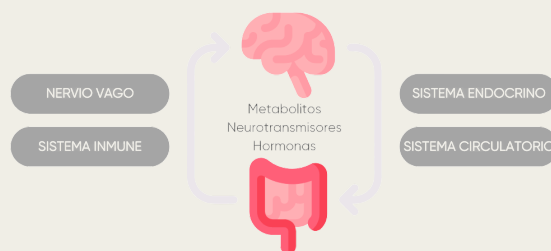
Implicaciones en el Neurodesarrollo: La dopamina y la noradrenalina son cruciales para el desarrollo de las funciones ejecutivas, la atención, la motivación y el control motor. Disfunciones en estos sistemas son centrales en el TDAH. La evidencia emergente sugiere que la microbiota, a través de la producción de catecolaminas, puede influir en la maduración de estos sistemas. Modelos animales con disbiosis inducida muestran alteraciones en los niveles de catecolaminas cerebrales y comportamientos análogos al TDAH, que son reversibles con la restauración de una microbiota saludable (Strandwitz, 2023).

### 3.4. Acetilcolina Microbiana: Síntesis y Modulación del Eje Vagal y la Neuroinflamación

La síntesis bacteriana de acetilcolina (ACh) es catalizada por una enzima homóloga a la colina acetiltransferasa (ChAT), codificada por genes *chaT*-like. *Lactobacillus plantarum* PS128 y *Bacillus acetylcholinicus* son productores documentados de ACh en condiciones anaeróbicas.

La ACh microbiana es un ligando clave para el sistema nervioso entérico y el principal efector del reflejo inflamatorio colinérgico. Al activar el receptor nicotínico  $\alpha 7$  ( $\alpha 7nAChR$ ) en macrófagos y otras células inmunes, la ACh de origen bacteriano puede suprimir la liberación de citocinas proinflamatorias (e.g., TNF- $\alpha$ ), ejerciendo un potente efecto antiinflamatorio sistémico. Además, cepas como *L. plantarum* PS128 han demostrado aumentar los niveles de dopamina y serotonina en el cuerpo estriado de roedores, exhibiendo un claro efecto psicobiótico (Sun & Zhang, 2023).

Implicaciones en el Neurodesarrollo: La señalización colinérgica es esencial para la atención, el aprendizaje y la memoria. Además, la neuroinflamación durante el desarrollo es un mecanismo patogénico subyacente a varios trastornos neurológicos. La capacidad de la microbiota de producir ACh y, por ende, modular el tono antiinflamatorio colinérgico, posiciona a estas bacterias como guardianes del microambiente neuroinmune durante etapas críticas. Esto abre perspectivas para intervenciones microbianas destinadas a prevenir o atenuar condiciones asociadas a la inflamación del neurodesarrollo.



## 4. Discusión: Integración Neuroquímica y Perspectivas en el Neurodesarrollo

La evidencia consolida el paradigma de que la microbiota intestinal funciona como un órgano neuroendocrino activo, que no solo modula indirectamente la síntesis de neurotransmisores del huésped, sino que los produce directamente a través de vías metabólicas definidas. Este diálogo neuroquímico influye en la fisiología gastrointestinal, la señalización vagal, la neuroplasticidad, los circuitos emocionales y las respuestas al estrés.

El impacto más profundo de este eje puede residir en su papel durante el neurodesarrollo. La colonización microbiana inicial y la sucesión ecológica en la primera infancia ocurren en paralelo a la máxima plasticidad cerebral. La producción de neurotransmisores por parte de la microbiota durante este período sensible actúa como una fuente de señales de crecimiento y modulación que pueden "programar" la arquitectura y el set-point funcional de sistemas clave: el sistema serotoninérgico (ánimo, cognición social), el sistema GABAérgico (equilibrio E/I, ansiedad), el sistema catecolaminérgico (atención, motivación) y el sistema colinérgico (neuroinmunidad, cognición).

Las alteraciones en este proceso, mediadas por disbiosis, se vinculan a trastornos del neurodesarrollo como el TEA y el TDAH. Esto no solo explica comorbilidades gastrointestinales frecuentes en estos trastornos, sino que redefine su etiología como un desorden sistémico que involucra el eje intestino-cerebro. Las perspectivas terapéuticas, como los psicobióticos de diseño (cepas seleccionadas por su perfil neuroactivo), la nutrición personalizada (para enriquecer precursores de neurotransmisores) y las intervenciones tempranas dirigidas a la microbiota, representan fronteras prometedoras para la neurología pediátrica.

## 5. Conclusiones

La microbiota intestinal es una fuente biosintética activa y significativa de neurotransmisores clave (serotonina, GABA, catecolaminas, acetilcolina), sustentada por rutas bioquímicas complejas y genes enzimáticos específicos (GAD, TDC, AADC, ChAT-like).

Estos neurotransmisores microbianos ejercen efectos directos sobre el SNE, modulan la señalización vagal aferente y, a través de mecanismos humorales e inmunológicos, influyen en la actividad de estructuras cerebrales centrales.

El papel de la microbiota como modulador del neurodesarrollo es crucial. La producción de neurotransmisores durante períodos críticos de maduración cerebral influye en la formación de circuitos neuronales, el establecimiento del equilibrio excitación/inhibición y la programación de los sistemas de respuesta al estrés.

La disrupción de esta señalización neuroquímica microbiana en la infancia constituye un factor de riesgo para trastornos del neurodesarrollo, ofreciendo un nuevo marco etiológico.

La manipulación de la microbiota productora de neurotransmisores mediante intervenciones nutricionales y psicobióticas emerge como una estrategia terapéutica innovadora y con potencial traslacional significativo para optimizar el neurodesarrollo y abordar trastornos neurológicos pediátricos.

## Referencias Bibliográficas

- Altmann, S., Ilhan, Z. E., & Haiser, H. J. (2023). Microbial neurotransmitter production and its impact on gut-brain communication. *Nature Reviews Microbiology*, 21(6), 341-356.

- Bravo, J. A., Forsythe, P., Chew, M. V., Escaravage, E., Savignac, H. M., Dinan, T. G., ... & Cryan, J. F. (2011). Ingestion of *Lactobacillus* strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38), 16050-16055.
- Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2021). The gut-brain axis and enteric neurobiology. *Annals of Gastroenterology*, 34(4), 478-490.
- Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S. M., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. F. S., Boehme, M., ... & Dinan, T. G. (2019). The microbiota-gut-brain axis. *Physiological Reviews*, 99(4), 1877-2013.
- Cryan, J. F., Dinan, T. G., & O'Mahony, S. M. (2020). The microbiome and neurodevelopment across the lifespan. *Pediatric Research*, 88(2), 201-207.
- Cusotto, M., Sandhu, K. V., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2021). Neuroactive potential of gut microbiota. *Nature Communications*, 12(1), 7051.
- Diaz Heijtz, R., Wang, S., Anuar, F., Qian, Y., Björkholm, B., Samuelsson, A., ... & Pettersson, S. (2021). Normal gut microbiota modulates brain development and behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(10), e2016094118.
- Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2023). Psychobiotics and mood regulation. *Annual Review of Medicine*, 74, 1-17.
- Lyte, M. (2022). Microbial endocrinology: Neurochemical communication. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 799040.
- Margolis, K. G., Cryan, J. F., & Mayer, E. A. (2021). Cellular organization of the enteric nervous system. *Cell*, 184(6), 1626-1644.
- O'Mahony, S. M., Clarke, G., Borre, Y. E., Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2022). Serotonin, tryptophan metabolism and the microbiota-brain axis. *Behavioural Brain Research*, 431, 113939.
- Sgritta, M., Dooling, S. W., Buffington, S. A., Momin, E. N., Francis, M. B., Britton, R. A., & Costa-Mattoli, M. (2019). Mechanisms underlying microbial-mediated changes in social behavior in mouse models of autism spectrum disorder. *Neuron*, 101(2), 246-259.
- Strandwitz, P. (2023). Neurotransmitter modulation by the gut microbiota. *Brain Research Bulletin*, 195, 1-8.
- Sun, J., & Zhang, Y. (2023). Microbial metabolites in gut-brain signaling. *Trends in Neurosciences*, 46(8), 620-639.
- Yano, J. M., Yu, K., Donaldson, G. P., Shastri, G. G., Ann, P., Ma, L., ... & Hsiao, E. Y. (2015). Indigenous bacteria from the gut microbiota regulate host serotonin biosynthesis. *Cell*, 161(2), 264-276.

## EXPOSICIÓN DOMÉSTICA A NANOPLÁSTICOS Y COMPUESTOS TÓXICOS: IMPLICACIONES EN EL NEURODESARROLLO Y RIESGO DE TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA Y TDAH

*Autores*

*Cohutec Vargas Genis - Presidente del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación Integral (INCRI A.C.), México.*

*Adriana Lizbeth Carrizal Esquivel - Directora del Centro AVE Neurodesarrollo y Autismo, Tamaulipas, México.*

*Alejandra Luna Torres - Directora del Centro Nacional de Neurorehabilitación BNB, México.*

*Susana Moreno Ochoa - Directora de NeuroKidney, Yucatán, México.*

*Alma Edith Vargas - Directora del Instituto de Ciencias de Rehabilitación Integral A.C. Sede Cancún*

### Resumen

La exposición crónica a nanoplasticos y compuestos tóxicos presentes en objetos cotidianos constituye uno de los determinantes ambientales más relevantes del neurodesarrollo infantil contemporáneo. La evidencia actual demuestra que disruptores endocrinos como bisfenoles, ftalatos, retardantes de flama, metales pesados y compuestos orgánicos volátiles afectan la diferenciación neuronal, la neurogénesis, la poda sináptica, la plasticidad dendrítica y la maduración de redes funcionales, además de inducir neuroinflamación, alterar el eje intestino-cerebro y modificar sistemas neuroquímicos críticos como GABA, glutamato, dopamina y serotonina. Este artículo, elaborado de manera colaborativa por profesionales de centros de neurodesarrollo y neurorehabilitación en México, integra hallazgos actualizados a 2024 y propone un análisis profundo de los mecanismos implicados y las estrategias preventivas basadas en evidencia científica reciente.

### Introducción

Durante las últimas dos décadas, el incremento global de trastornos del neurodesarrollo ha coincidido con una expansión masiva del uso de plásticos, textiles sintéticos, cosméticos industriales, alimentos ultraprocesados y productos de limpieza con compuestos químicos bioactivos. El hogar moderno representa un microambiente altamente contaminado por sustancias que interactúan con rutas hormonales, inmunológicas y neurometabólicas (Landrigan, 2023).

La experiencia clínica acumulada por los autores –desde Tamaulipas, Yucatán, Puebla y otras regiones del país–

revela patrones consistentes de desregulación sensorial, alteraciones ejecutivas, dificultades de atención, trastornos del lenguaje y perfiles compatibles con TEA o TDAH en niños con exposición elevada a tóxicos domésticos. Esta convergencia entre evidencia científica y observaciones clínicas hace urgente integrar los riesgos ambientales al análisis neurobiológico del neurodesarrollo.

Los niños, especialmente los menores de cinco años, presentan mayor vulnerabilidad debido a la inmadurez de la barrera hematoencefálica, su rápida tasa de crecimiento cerebral y la mayor relación entre exposición y peso corporal. Estudios recientes (2021-2024) han demostrado asociaciones claras entre tóxicos ambientales y riesgo aumentado de TEA, TDAH, dificultades del lenguaje, desregulación sensorial y alteraciones ejecutivas (Rudel et al., 2022; Stein et al., 2023).

### Desarrollo científico

#### Nanoplasticos y microplásticos: ingreso sistémico, neurotoxicidad y alteración conectómica

Los nanoplasticos (<1 µm) y microplásticos (<5 mm), presentes en envases, ropa sintética, juguetes, pinturas, cosméticos y utensilios alimentarios, ingresan por inhalación, ingestión o por la piel. Se ha demostrado que atraviesan la placenta (Wen et al., 2023), alcanzan estructuras cerebrales mediante el epitelio olfatorio y desencadenan estrés oxidativo, activación microglial persistente y disrupciones en sinapsis glutamatérgicas del hipocampo y corteza prefrontal (Wang et al., 2023).

Estudios en PNAS y Science of the Total Environment han demostrado que la exposición prolongada altera redes neuronales implicadas en memoria, atención y regulación sensorial, generando conectopatías similares a las observadas en TEA.

#### Bisfenoles y ftalatos: disrupción endocrina y afectación tiroidea-cortical

Los bisfenoles (BPA, BPS, BPF) y ftalatos (DEHP, DBP, DINP) se encuentran en envases, recubrimientos, juguetes y cosméticos. Actúan sobre receptores de estrógeno, andrógenos y hormona tiroidea, interfiriendo con proliferación neuronal, migración cortical y mielinización.

BPS y BPF muestran toxicidad comparable o superior al BPA, afectando neurogénesis e integridad sináptica (Pelch et al., 2022). Los ftalatos se asocian con síntomas de TDAH, disfunción dopaminérgica y dificultades en control inhibitorio (Ejaredar et al., 2022). Alteraciones tiroideas prenatales inducidas por bisfenoles se vinculan con retrasos del lenguaje, alteraciones cognitivas y características compatibles con TEA (Mustieles et al., 2022).

#### Retardantes de flama: neurotoxicidad cortical

Los retardantes de flama (PBDEs y organofosforados) presentes en muebles, electrónicos, colchones, ropa y juguetes interfieren con plasticidad sináptica, canales iónicos y receptores colinérgicos.

# INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

La exposición prenatal se asocia con menor CI, dificultades del lenguaje y disfunción ejecutiva (Hertz-Picciotto et al., 2022). En neuroimagen, los PBDEs reducen plasticidad en el giro temporal superior, clave para el procesamiento del lenguaje (Jain et al., 2024).

#### Metales pesados en el entorno doméstico

Plomo, cadmio y mercurio continúan presentes en pigmentos, pinturas, juguetes económicos y tuberías. Estos metales alteran canales de calcio, la poda sináptica y el desarrollo del lóbulo frontal (Reuben et al., 2022). La sinergia entre metales pesados y nanoplásticos aumenta la toxicidad y acelera los efectos neurobiológicos adversos.

#### Compuestos orgánicos volátiles (COV): inhalación y neuroinflamación

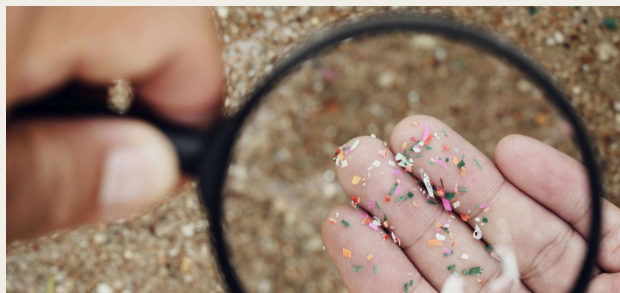
Los COV de productos de limpieza, aromatizantes, pinturas y solventes inducen estrés oxidativo, inflamación neuronal y disminución de conectividad funcional en redes frontoestriales (Li et al., 2022). La exposición crónica se asocia con hiperactividad, irritabilidad, dificultades de atención y disregulación emocional (Chang et al., 2023).

#### Eje intestino-cerebro y neuroinflamación vinculada a tóxicos ambientales

Microplásticos, ftalatos y bisfenoles alteran la microbiota intestinal, aumentando permeabilidad, inflamación sistémica y señalización proinflamatoria (Cryan et al., 2019). Esto afecta el nervio vago, la producción central de serotonina y dopamina, y la plasticidad en corteza prefrontal, amígdala e ínsula.

#### Alteraciones epigenéticas y conectómicas

Los tóxicos ambientales modifican la metilación del ADN, la expresión de microARNs y la regulación de citoquinas clave (Cao et al., 2024). Esto impacta genes esenciales del neurodesarrollo como MECP2, SHANK3 y CAMKII, generando conectopatías que afectan la Red por Defecto, Ejecutiva y de Saliencia.



## Recomendaciones para prevención (con sustento científico)

### Preferencias materiales y reducción de plásticos

- *Sustituir plásticos por vidrio o acero inoxidable.*

Sustento: Reduce casi a cero la migración de ftalatos y bisfenoles (Rudel et al., 2022; Ye et al., 2023).

Evitar calentar alimentos en plástico.

Sustento: El calor aumenta la liberación de BPA/BPS 50-100 veces (Li et al., 2023; Halden, 2022).

- *Elegir juguetes libres de ftalatos y plomo.*

Sustento: Asociados con TDAH y discapacidad cognitiva (Ejaredar et al., 2022; Reuben et al., 2022).

- *Ventilación y control de COV*

Ventilar 20-30 minutos diarios.

Sustento: Reduce COV en 30-80% (Li et al., 2022; Chang et al., 2023).

- *Reducir aromatizantes y aerosoles.*

Sustento: Liberan sustancias asociadas a hiperactividad y estrés oxidativo (EPA, 2022; Rivera-Núñez et al., 2023).

- *Usar limpiadores biodegradables.*

Sustento: Disminuye biomarcadores inflamatorios (Ehrenstein et al., 2021).

- *Microbiota y alimentación*

Favorecer alimentos frescos y reducir ultraprocesados.

Sustento: Ultraprocesados correlacionan con hiperactividad y ansiedad (Fiolet et al., 2022).

- *Incrementar fibra y prebióticos.*

Sustento: Mejora producción de BDNF y SCFAs (Dinan & Cryan, 2022).

- *Probióticos específicos según indicación profesional.*

Sustento: Beneficios en ansiedad y síntomas TEA/TDAH (Sarkar et al., 2023).

- *Seguridad prenatal*

Evitar cosméticos con parabenos, triclosán y ftalatos.

Sustento: Atraviesan placenta y aumentan riesgo de TEA (Mustieles et al., 2022).

- *Evitar solventes y pesticidas.*

Sustento: Los pesticidas organofosforados se asocian con TEA (Shelton et al., 2022).

- *Salud pública y educación*

Programas familiares para reducción de tóxicos.

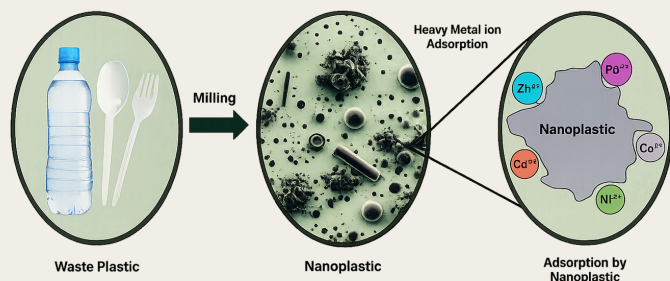
Sustento: Disminuyen biomarcadores de disruptores endocrinos >40% (Larocca et al., 2022).

- *Regulación estricta de químicos.*

Sustento: Países con políticas restrictivas muestran menores niveles corporales de ftalatos (EEA, 2023).

- *Programas escolares libres de plásticos.*

Sustento: Mejora cognitiva tras reducir PBDEs en aulas (Qi et al., 2023).



### Conclusiones

La evidencia científica reciente es clara y contundente: los nanoplásticos, bisfenoles, ftalatos, metales pesados, COV y otros compuestos domésticos representan una amenaza ambiental directa para el neurodesarrollo infantil.

Sus efectos combinados afectan neurogénesis, migración neuronal, sinaptogénesis, mielinización y conectividad de redes cerebrales fundamentales, generando perfiles compatibles con TEA, TDAH, alteraciones sensoriales y disfunciones ejecutivas.

La integración entre la investigación neurocientífica actual y la experiencia clínica de los autores confirma que la exposición doméstica a contaminantes es un determinante central –pero modificable– del neurodesarrollo. La prevención, la educación familiar y la regulación ambiental se consolidan como estrategias necesarias para proteger a las nuevas generaciones.

### Referencias bibliograficas

(Incluye todas las fuentes previas más las nuevas introducidas)

- Bennett, D. H., et al. (2022). Indoor exposures and neurodevelopment in children. *Environmental Research*, 210, 112–128.
- Bellinger, D. (2016). Lead contamination and neurotoxicity. *NEJM*, 374, 1269–1278.
- Cao, X., et al. (2024). Environmental toxicants and large-scale brain network alterations in children. *Nature Communications*, 15, 112–135.

- Chang, C., et al. (2023). Indoor VOCs and childhood hyperactivity. *Environmental Research*, 222, 115–128.
- Cryan, J. F., et al. (2019). The microbiota–gut–brain axis. *Physiol Rev*, 99, 1877–2013.
- Dinan, T. G., & Cryan, J. (2022). Gut microbiota and brain health. *Nat Rev Gastroenterol*, 19, 515–532.
- Ejaredar, M., et al. (2022). Prenatal phthalate exposure and ADHD symptoms. *EHP*, 130, 47007.
- EPA (2022). Phthalates in indoor environments.
- Ehrenstein, O. S. et al. (2021). Cleaning products and neurodevelopment. *Environmental Research*, 199, 111–145.
- European Environment Agency. (2023). Human exposure to endocrine disruptors in Europe.
- Fiolet, T., et al. (2022). Ultra-processed foods and mental health. *AJCN*, 116, 918–930.
- Halden, R. (2022). Plastics and health. *Annu Rev Public Health*, 43, 20–38.
- Hertz–Picciotto, I., et al. (2022). PBDEs and cognition. *Environment International*, 165.
- Jain, R., et al. (2024). PBDE exposure affects temporal lobe. *J Neurosci*, 44, 221–238.
- LaRocca, J., et al. (2022). Reducing endocrine disruptors. *Environmental Health*, 21, 89.
- Landrigan, P. (2023). Environmental pollutants and neurodevelopment. *Lancet Public Health*, 8, e10–e22.
- Li, H., et al. (2022). VOC exposure and connectivity. *JAMA Netw Open*, 5, e223450.
- Li, Y., et al. (2023). Heat and bisphenol release. *Food Chem Toxicol*, 172, 113–121.
- Mustieles, V., et al. (2022). Endocrine disruptors and ASD. *Environment International*, 159.
- Pelch, K., et al. (2022). Toxicity of BPA alternatives. *Environmental Health*, 21.
- Qi, M., et al. (2023). PBDE reduction in classrooms. *Environment International*, 171.
- Reuben, A., et al. (2022). Lead exposure and frontal development. *PNAS*, 119.
- Rivera–Núñez, Z., et al. (2023). VOCs and neurodevelopment. *Pediatric Research*, 94.
- Rudel, R. A., et al. (2022). Emerging chemicals and neurodevelopment. *Annu Rev Public Health*, 43.
- Sarkar, A., et al. (2023). Psychobiotics in neurodevelopment. *Neurosci Biobehav Rev*, 149.
- Shelton, J. F., et al. (2022). Pesticides and ASD. *EHP*, 130.
- Stein, J. L., et al. (2023). White matter alterations and endocrine disruption. *Brain Imaging Behav*, 17.
- Wang, Y., et al. (2023). Microplastics neurotoxicity. *Sci Total Environ*, 890.
- Wen, Z., et al. (2023). Placental nanoplastic transfer. *Env Sci Tech*, 57.

## SINERGIAS INTERDISCIPLINARIAS Y EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS EN LA ATENCIÓN DEL TEA Y TDAH DESDE EL ENFOQUE DE LA NUEVA ESCUELA MEXICANA

Autor: Oswaldo Terreros Gómez

Doctorante en Educación

Secretaría de Educación Pública Coordinación de Educación Física Puebla

Norte Federal

Neuroeducación e inclusión

### Resumen

El presente artículo aborda la importancia de la neuroeducación como herramienta fundamental para la inclusión escolar, centrándose en la atención de los trastornos del neurodesarrollo como el TEA y el TDAH. En el marco de la Nueva Escuela Mexicana, se destaca la necesidad de establecer sinergias interdisciplinarias que permitan identificar y eliminar las barreras para el aprendizaje y la participación (BAP). El lector comprenderá las bases psicobiológicas de estas condiciones, sus manifestaciones clínicas desde y cómo las intervenciones neuropsicomotrices pueden favorecer el desarrollo integral de niñas, niños, adolescentes y jóvenes, desde la mirada de educación integral de la NEM. A través de este texto, se busca dotar a los profesionales de la salud y de la educación de un marco teórico-práctico que relacione la plasticidad cerebral con estrategias pedagógicas situadas desde un enfoque humano, cultural y social. Finalmente, se resalta que la comprensión profunda de estos trastornos transforma la práctica docente, transitando de modelos segregados hacia entornos de aprendizaje verdaderamente inclusivos y participativos.

**Palabras clave:**

Neuroeducación, inclusión, TEA, TDAH, Nueva Escuela Mexicana, BAP

### Introducción

#### Bases Normativas y Neurobiológicas de la Inclusión desde la Nueva Escuela Mexicana

El Artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2024), establece que la educación debe ser inclusiva, equitativa y de calidad para todas las personas, promoviendo el respeto a los derechos humanos y fomentando la justicia. En alineación con estos principios, desde la visión de la Secretaría de Educación Pública (SEP), en el Plan de Estudios para la Educación Preescolar,

Primaria y Secundaria (SEP, 2022), se apuesta por una propuesta didáctica decolonial, en la que contenidos y en los procesos de desarrollo de aprendizajes deben relacionarse con problemas habituales que se presentan en las escuelas regulares y en la cotidianidad, por tanto, la inclusión educativa representa uno de los mayores desafíos para el sistema educativo actual, por tanto la relevancia de reflexionar de manera crítica en la importancia de la estrategia nacional de inclusión educativa y sumando además la relevancia de un eje articulador denominado inclusión, no solo en la integración y atención de estudiantes, sino en la inclusión en escuelas regulares de NNAJ, de alumnos que presentan algún Trastorno del Espectro Autista (TEA) o por el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH).

A menudo existe confusión sobre el origen de estas condiciones, atribuyéndolas erróneamente solo al entorno social o familiar, cuando en realidad poseen una base neurobiológica y epigenética clara (Luna, 2025). Comprender estos trastornos es vital para evitar el fracaso escolar y la marginación de grupos vulnerables, reconociendo con ello el carácter polifónico de la NEM y las epistemologías del sur, en donde actualmente no hablamos de globalización, por el contrario nos invita a participar en comunidades de aprendizaje y además a reflexionar en la importancia de la diversidad, en donde la neuroeducación nos ofrece abanico de posibilidades para transformar las aulas y patios didácticos en espacios de equidad al centrar la atención en la pluralidad y el desarrollo humano como una estructura piramidal, desde una visión integral desde el marco de la NEM y el cambio de paradigma que la nueva escuela representa, en este proyecto de transformación educativa.

### Objetivo

Explicar la relación entre los procesos del neurodesarrollo y la práctica inclusiva para optimizar la atención, integración, pero sobre todo inclusión de estudiantes con TEA y TDAH.

#### Bases cerebrales y funcionamiento desde la mirada de educación integral.

Bases cerebrales y funcionamiento El desarrollo humano se puede comprender como una estructura piramidal donde los sistemas sensoriales forman la base sobre la que se superponen capas de habilidades hasta llegar a la conducta adaptativa. Este proceso depende de la plasticidad cerebral. Desde la neuropsicología, el cerebro opera en tres bloques funcionales: el primero regula el tono y la vigilia; el segundo recibe, analiza y almacena información; y el tercero se encarga de la programación y regulación de la actividad. (Luna, 2025). En condiciones como el TDAH, existe un desequilibrio específico en neurotransmisores como la dopamina, el GABA y el glutamato.

# INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

Sea desde el punto de vista psicológico, pedagógico, psicopedagógico o de alguna otra profesión, cada uno tiene un bagaje teórico y metodológico de cómo se estructuran precisamente los procesos de aprendizaje, por otro lado, desde la perspectiva de las neurociencias abarcan aspectos neurofisiológicos, psicobiológicos y funcionales, que nos permiten equilibrar todas estas teorías y todos los componentes y elementos para poder analizarlos de una manera más adecuada. Y por otro lado comprender el cómo operan estos procesos desde un enfoque neuro educativo. (Vargas, 2020).

**Qué ocurre cuando falla: TEA y TDAH** Los trastornos del neurodesarrollo son dificultades crónicas atribuibles a alteraciones en el funcionamiento intelectual o la conducta adaptativa. El TDAH se manifiesta mediante un patrón de inatención, hiperactividad e impulsividad que dificulta la organización y la finalización de tareas. Por otro lado, el TEA es un trastorno de origen epigenético que afecta la comunicación verbal, el desarrollo social y se presenta con intereses repetitivos o restringidos. Estas condiciones impactan directamente en cómo el sistema nervioso procesa el ambiente y adquiere conocimientos.

**La mirada clínica y profesional** En la clínica y el aula, estas condiciones se observan a través de conductas específicas, como la dificultad para mantener contacto visual en el TEA o la incapacidad de permanecer quieto en el TDAH. El enfoque de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) propone que las diferencias en las capacidades no deben ser barreras, sino fuentes de aprendizaje. Por ello, el profesional debe identificar las Barreras para el Aprendizaje y la Participación (BAP), que son condiciones externas al alumno (pedagógicas, físicas o actitudinales) que impiden su derecho a la educación, desde el plano didáctico específicamente en el diseño de actividades de aprendizaje en el amplio espectro académico que desde el cambio de paradigma y la ruptura epistémica que la misma NEM promueven en esta apuesta didáctica decolonial en donde el diseño de la sesión debe atribuir BAP estructurales, normativas y didácticas mencionando la que corresponde al contexto o mejor aún en el territorio en donde se dará a conocer el acto formativo mencionando las adecuaciones o ajustes que se requieren de acuerdo con las BAP y con ellas me refiero a una inadecuada configuración o respuesta del sistema educativo y del entorno que impiden el cabal ejercicio del derecho a una educación de excelencia en el enfoque de la NEM, lo que afecta negativamente tanto el trayecto escolar como el proyecto de vida de las personas como a la sociedad en su conjunto. Por otro lado, específicamente en la dosificación didáctica es importante establecer las orientaciones mínimas necesarias para la inclusión de NNAJ que presentan alguna condición o discapacidad recordando que los ajustes se hacen a la sesión y no al estudiante, enfatizando en la importancia de realizar las adecuaciones necesarias desde un inicio.

#### **Ejemplo para estudiantes con TEA (Trastorno del Espectro Autista)**

En una sesión de circuito motriz, el educador físico organiza estaciones con apoyos visuales (pictogramas o tarjetas) que explican cada actividad: saltar, rodar, lanzar o equilibrarse.

Además, establece un diseño de actividades de aprendizaje para la sesión progresivo y secuencial. Estas estrategias estructuran la actividad para todo el grupo, facilitando la comprensión de las consignas y la anticipación de las tareas, lo que favorece la participación de estudiantes con TEA sin necesidad de realizar adaptaciones individuales, refiero que la sesión se diseña considerando la diversidad desde el inicio para que todos puedan participar, es decir, la escuela regular, las estrategias didácticas, los materiales y la organización de la sesión deben flexibilizarse para responder a la diversidad de los estudiantes, la denominada flexibilidad curricular desde el enfoque de la NEM.

#### **Ejemplo para estudiantes con TDAH**

Durante una sesión de juegos cooperativos, el educador físico diseña actividades dinámicas con tiempos cortos de ejecución, cambios frecuentes de roles y consignas claras. También incorpora actividades de aprendizaje didácticas y retos breves que mantienen la atención del grupo. Al estructurar la sesión con mayor dinamismo y variedad, se favorece la concentración y participación de todos los estudiantes, incluidos aquellos con TDAH.

El uso de actividades lúdicas estructuradas constituye una herramienta pedagógica y terapéutica de gran valor para el educador o terapeuta, ya que permite estimular y observar procesos cognitivos fundamentales en el desarrollo infantil. A través del juego, los niños ponen en práctica diversas funciones ejecutivas, como el control inhibitorio al esperar su turno o el momento adecuado para actuar, la atención sostenida y selectiva al escuchar estímulos como la música o las consignas, así como la memoria de trabajo al recordar instrucciones para participar correctamente en las actividades de aprendizaje. Estas experiencias favorecen también la flexibilidad cognitiva, al requerir que el niño se adapte a cambios dentro del juego o a nuevas indicaciones en atención y que en el marco de la NEM nos invitan a accionar la autonomía profesional con una visión integral.

Asimismo, estas dinámicas contribuyen significativamente a la integración sensorial, al respetar los niveles de maduración. Por ejemplo, el uso de objetos con sonido, el reconocimiento táctil o el movimiento corporal dentro del juego estimulan la exploración sensorial y fortalecen la capacidad del niño para responder adecuadamente a distintos estímulos del entorno. Este tipo de experiencias facilita la organización de la información sensorial y promueve una mejor regulación del comportamiento y de las respuestas motoras.

De igual manera, el juego se convierte en un espacio propicio para el desarrollo de habilidades socioemocionales, ya que promueve la cooperación, la interacción social y la conexión emocional entre los participantes. En un ambiente estructurado, con consignas claras y acompañamiento del adulto, los niños pueden expresar emociones, fortalecer la comunicación y desarrollar habilidades de convivencia,

favoreciendo con ello la educación integral. En este sentido, el juego no solo cumple una función recreativa, sino que se configura como una estrategia educativa y terapéutica que favorece el desarrollo integral del niño en los ámbitos cognitivo, sensorial, motor y socioemocional, para promover el desarrollo integral de los estudiantes.

### Aplicaciones prácticas

Para el terapeuta y el educador, el conocimiento de las bases neuropsicomotrices permite aterrizar estrategias de intervención efectivas:

- **En el TDAH:** Se deben implementar juegos e iniciación deportiva, deporte escolar o educativo de modulación, actividades de respiración autorregulada y ejercicios de coordinación bilateral para favorecer el equilibrio dinámico y la atención.
- **En el TEA:** Es fundamental el uso de arteterapia, ludoterapia y la estimulación de gnosias sensoriales (como el trabajo con texturas de rugosa a suave) para mejorar la adaptación funcional.
- **Codiseño curricular:** El educador físico debe utilizar el programa analítico para realizar una "lectura de la realidad", integrando problemas sociales (como el sedentarismo) con contenidos de vida saludable e inclusión. Reconociendo la posibilidad de la coautoría y la construcción de pedagogías otras, de conjuntar saberes pedagógicos con compromiso social de transformación educativa desde la sinergia interdisciplinaria, por tanto, la transformación educativa parte de transitar hacia un currículo deliberativo, el cual invita a los profesionales de la cultura y la educación a dirigir la mirada hacia los saberes y procesos sociales de las comunidades, el programa analítico es el espacio donde se materializa esta sinergia a través del codiseño promoviendo un dialogo horizontal que se basa en la autonomía de las voces de todos los participantes y en el intercambio de saberes profesionales o "compertencias" que a través de la integración curricular permiten articular los campos formativos y ejes articuladores (como inclusión y vida saludable) para resolver situaciones problema cotidianas, como el sedentarismo o la atención específica al TEA y TDAH en las escuelas regulares.

Bajo la visión de la Nueva Escuela Mexicana, la escuela no es un ente aislado, sino un nodo de articulación de luchas pedagógicas y sociales y justo la inclusión educativa forma parte importante de esta articulación con sinergias interdisciplinarias superando la fragmentación entre lo académico y lo cotidiano, fomentando una conciencia crítica que transforme la realidad social y por tanto exista una cultura de inclusión viva en las escuelas regulares. Por otro lado, la sinergia entre equipos multidisciplinarios es vital para identificar y erradicar las Barreras para el Aprendizaje y la Participación (BAP),

la inclusión no intenta "normalizar" al alumno, sino actuar sobre las condiciones externas (pedagógicas, físicas, actitudinales) que impiden el ejercicio del derecho a la educación ya que, sin valores inclusivos y respeto mutuo, las relaciones de poder y opresión pueden dañar el entorno de aprendizaje.

La atención de trastornos del neurodesarrollo no puede ser aislada; requiere de sinergias entre diversos profesionales para garantizar el desarrollo integral de niñas, niños, adolescentes y jóvenes (NNAYJ). Al contemplar el desarrollo humano como una estructura piramidal donde los sistemas sensoriales son la base para llegar a la conducta adaptativa, el equipo multidisciplinario permite intervenir en cada capa de forma coordinada.

Bajo la visión de la NEM, la importancia del equipo radica en su capacidad para identificar las Barreras para el Aprendizaje y la Participación (BAP). Estas barreras no están en el alumno, sino en el entorno (condiciones pedagógicas, físicas, actitudinales u organizativas). Un equipo multidisciplinario aporta una mirada multidimensional que permite:

1. Romper con la educación lineal y los paradigmas tradicionales, reconociendo que la NEM es un cambio de paradigma y por tanto la creatividad e innovación son algunos de sus principales referentes.
2. Diseñar actividades, tareas y contenidos personalizados acordes a los niveles de maduración de las NNAJ.
3. Promover el trabajo en equipo y el uso de recursos materiales adaptados, con base en los ajustes razonables que desde el plano didáctico ya debieron ser considerados.

Específicamente para el TDAH, se considera que el éxito de la intervención depende de un tratamiento multimodal. Este tratamiento requiere la colaboración estrecha de un Área Médica/Farmacológica, un Área Psicológica y Área Psicopedagógica y Educación Física, por mencionar algunas de ellas.

### El Codiseño un camino de construcción pedagógica compartida.

La importancia de estos equipos se materializa en el programa analítico, definido como una actividad colectiva. En este espacio, se conjuntan los saberes profesionales y compartencias para realizar una "lectura de la realidad" del estudiante y su comunidad. Este diálogo horizontal permite:

- La coautoría en la construcción de pedagogías alternativas.
- La integración curricular entre campos formativos (como "De lo humano y lo comunitario") y ejes articuladores (como "Inclusión" y "Vida saludable").

La autonomía profesional para tomar decisiones pedagógicas situadas frente a casos de TEA y TDAH.

## Construcción de Ecosistemas Educativos Sanos

Finalmente, el equipo multidisciplinario es vital para fomentar ecosistemas educativos basados en valores claros de respeto, tolerancia e inclusión. Sin esta sinergia profesional que vigile el clima escolar, las relaciones educativas pueden volverse "insanas o patológicas" debido a cuestiones de poder o exclusión. El equipo asegura que el cuerpo sea reconocido como un territorio político de expresión y resistencia, y no solo como un objeto de domesticación escolar, cada educador es un territorio político, social, económico, académico conformado por experiencias, anécdotas, vivencias muy personales que coadyuvan a la ruptura de una con una educación que inmoviliza el cuerpo, abriendo espacios para que los cuerpos puedan sentir, pensar y crear juntos, en donde la cultura de la inclusión es tarea de todos.

### Discusión

#### El Cambio de Paradigma de la Integración a la Inclusión Sistémica

Un punto central de la discusión reside en la ruptura epistémica que propone la NEM, donde la inclusión no se limita a "incorporar" al alumno a un sistema estático, sino que exige la transformación del sistema mismo, incorporando la memoria histórica y cultural del territorio, reconociendo las dinámicas sociales permanentes, construyendo conocimiento desde una realidad vivida. En este sentido, las dificultades no son inherentes al estudiante, sino que surgen de las Barreras para el Aprendizaje y la Participación (BAP) presentes en el entorno, en donde la NEM brinda la oportunidad de soñar nuestros propios sueños, ver con nuestros propios ojos, sembrar caminos propios. Estas barreras, ya sean normativas, didácticas o actitudinales, son las que el equipo multidisciplinario debe identificar y erradicar para garantizar el derecho constitucional a una educación de excelencia y con ello promover condiciones para la autonomía de los sujetos educativos.

#### La psicobiológicas como Fundamento de la Práctica Docente

La discusión también destaca que la comprensión de la estructura piramidal del desarrollo humano permite al educador interpretar el comportamiento del alumno no como una falta de voluntad o de actitud, sino como una manifestación de la maduración de su sistema nervioso. Al reconocer que el TEA y el TDAH tienen bases psicobiológicas y epigenéticas claras, se supera la estigmatización que a menudo atribuye estas condiciones únicamente al entorno familiar. Este conocimiento científico dota al profesional de la educación, de la cultura y del derecho, de una autonomía profesional fortalecida, permitiéndole realizar ajustes razonables basados en evidencias y no en suposiciones que pueden incorporar en su programa analítico de escuela desde la visión

prospectiva y desde la emancipación pedagógica que le ofrece un codiseño integral donde incorpora contenidos y procesos de desarrollo de aprendizajes con sus respectivos ajustes y adaptaciones desde un inicio y de manera previa a la conformación del plano didáctico.

#### Sinergias Interdisciplinarias y Codiseño Curricular

Otro aspecto relevante es la función del programa analítico como el espacio donde se materializa la sinergia entre distintos profesionales. La discusión apunta a que el éxito de la intervención en trastornos del neurodesarrollo depende de un tratamiento multimodal y de un diálogo horizontal o "compartencia" de saberes. El codiseño curricular permite que la escuela deje de ser un ente aislado para convertirse en un nodo de articulación social, donde el docente utiliza su "lectura de la realidad" para adaptar los contenidos a las necesidades biológicas y socioculturales de su comunidad, es fundamental una revisión minuciosa con base en la lectura de la realidad, la contextualización de contenidos nacionales y el codiseño integral de procesos de desarrollo de aprendizajes que desde un inicio y desde la especialidad del educador se plasmen en el programa analítico de escuela que emerge desde las experiencias y saberes que desafían las normas impuestas, que cuestiona las acciones de lo instituido buscando una transformación y con ello una verdadera cultura de la inclusión.

#### El Juego y la Corporeidad como Territorios de Resistencia

Finalmente, se discute la importancia de la actividad neuropsicomotriz entendiendo la psicomotricidad desde las neurociencias como la manifestación externa de la maduración del S.N.C. El cual lleva un orden preestablecido dependiendo de la dotación genética, nivel de maduración y oportunidad de aprendizaje facilitados por el entorno, a partir de una experiencia motivadora que se reúne con la emoción dando como respuesta final, un acto motor. (Motor, Cognitivo, lenguaje, comportamental y conducta social). (Luna, A. 2019). E

Por tanto, la actividad neuropsicomotriz y el juego lúdico estructurado son consideradas como herramientas que trascienden lo recreativo. Estas prácticas no solo estimulan funciones ejecutivas como el control inhibitorio y la memoria de trabajo, sino que también fomentan la integración sensorial y el desarrollo socioemocional, el cuerpo del estudiante es reconocido como un territorio político y de expresión, rompiendo con modelos de educación lineal que inmovilizan al alumno y abriendo paso a ecosistemas educativos sanos basados en el respeto mutuo y la participación comunitaria, la cultura de la inclusión es fundamental para establecer y sentar las bases de una sociedad más justa con base en la educación integral que se promueve desde la óptica de la NEM.

## Conclusión

Comprender la pirámide del desarrollo y las bases neurobiológicas del TEA y el TDAH transforma radicalmente la mirada del profesional, además, el comportamiento del estudiante deja de ser interpretado como una "falta de voluntad" o "mala conducta" para entenderse como una manifestación de la maduración de su Sistema Nervioso Central. Al aceptar que el aprendizaje es un proceso psicobiológico, se rompe con el modelo de currículo lineal y rígido, permitiendo que el educador identifique en qué nivel de la estructura piramidal (sensorial, motor o perceptivo) se encuentra el desafío real de NNAJ. Cada cuerpo habla y es un territorio diverso, es importante no solamente la integración de los cuerpos con una mirada reduccionista e inerte es vital tener una visión prospectiva y multisistémica que mantenga las sinergias interdisciplinarias y equipos multidisciplinarios en la atención del TEA y TDAH desde el enfoque de la Nueva Escuela Mexicana para habilitar el cuerpo como un territorio que sienta, piense y cree en comunidad de aprendizaje desde la perspectiva de la inclusión educativa.

Desde el fundamento de la Nueva Escuela Mexicana (NEM), este cambio de paradigma implica que la inclusión no es un acto de "integrar" al alumno a un sistema estático, sino de transformar el sistema mismo. Comprender la neurodiversidad bajo la NEM significa:

El fortalecimiento de la autonomía profesional es un pilar fundamental que permite al educador, al dominar las bases científicas del neurodesarrollo, recuperar su capacidad de decisión y liderazgo pedagógico, distribuido y transformacional, que le permita la anhelada emancipación y accionar su autonomía profesional. Este conocimiento científico le otorga el fundamento necesario para realizar ajustes razonables y liderar procesos de codiseño dentro del programa analítico, adaptando los contenidos oficiales a la realidad sociocultural y a las necesidades biológicas específicas de su grupo, en donde el problema pedagógico escolar bajo la lectura de la realidad es el bajo nivel de activación física que presenta la diversidad de NNAJ en las escuelas regulares y en donde corresponde al profesional de la cultura y de la educación codiseñar de manera integrar desde un inicio para las NNAJ que presentan alguna condición o discapacidad, es decir, la escuela regular tiene ahora el mandato ético y científico de transformar sus estrategias, materiales y organización para convertirse en un ecosistema que reconozca la diversidad como una fuente de aprendizaje y no como un obstáculo.

Bajo esta perspectiva, es imperativo priorizar la equidad sobre la igualdad, reconociendo que una verdadera cultura de

la inclusión no consiste en dar lo mismo a todos los estudiantes, sino en ofrecer los apoyos específicos que cada uno requiere para aprender desde un inicio y desde un ajuste razonable implícito en el diseño de actividades de aprendizaje, ya sean apoyos de carácter sensorial, cognitivo o motor, estas intervenciones personalizadas son esenciales para que niñas, niños, adolescentes y jóvenes (NNAYJ) con condiciones como TEA o TDAH puedan ejercer plenamente su derecho constitucional a una educación de excelencia y su verdadera inclusión en las escuelas regulares de nuestro país.

Finalmente, la transformación educativa exige un compromiso para eliminar las Barreras para el Aprendizaje y la Participación (BAP), las cuales no residen en el alumno, sino en condiciones externas del sistema que pueden sobre estimular o limitar a un pequeño gran universo, me refiero al cerebro humano. Al comprender que el entorno influye directamente en la funcionalidad del sistema nervioso, la escuela debe enfocarse en minimizar estas barreras institucionales y pedagógicas a través de sinergias interdisciplinarias, construyendo así ecosistemas educativos sanos basados en el respeto y la participación de toda la comunidad de aprendizaje, en la suma de virtudes, considero importante recalcar que en la medida que reconocemos la importancia del otro, nos hacemos aun más trascendentales a nosotros mismos.

Es imperativo transitar hacia una comunidad educativa donde los equipos multidisciplinarios (educadores, psicólogos, terapeutas) colaboren en la creación de entornos compatibles. La práctica educativa debe enfocarse en la actividad neuropsicomotriz como herramienta de mediación, asegurando que el éxito académico sea la consecuencia de un desarrollo integral respetuoso de los ritmos biológicos y sociales de cada estudiante. La inclusión, bajo esta mirada, deja de ser una meta administrativa y se convierte en una realidad humana y científica.

## Referencias bibliograficas

- Diario Oficial de la Federación. (2024). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Luna (2019). [El juego en el desarrollo de habilidades para el aprendizaje basado en Neurociencias].
- Luna. (2025). [Trastornos del Neurodesarrollo TEA y TDAH].
- Secretaría de Educación Pública. (2022). Plan de Estudios para la Educación Preescolar, Primaria y Secundaria.
- Vargas. (2020). [Educación y Cerebro un vínculo imprescindible].

## EL DISEÑO DE EXPERIENCIAS NEUROCOGNITIVAS EN EL AULA.

Autora:

María Teresa Martínez Morales

Maestra en aprendizaje, cognición y desarrollo educativo

### Resumen

Este artículo analiza la relación entre la experiencia, la neurociencia y la educación desde una perspectiva interdisciplinaria. Se examina el papel de la memoria, las emociones y los neurotransmisores en los procesos de aprendizaje, retomando aportaciones filosóficas de Kant y Hegel, así como hallazgos de la neurociencia contemporánea. Se propone un enfoque neurodidáctico basado en el diseño de experiencias que favorezcan la activación de redes neuronales y el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales.

#### Palabras clave:

neurociencia, aprendizaje, experiencia, dopamina, educación, neurodidáctica.

¿Qué sucedería si diseñáramos experiencias para provocar en el cerebro reacciones químicas precisas que dieran respuesta a nuestras necesidades emocionales y cognitivas? Desde la perspectiva científica todo lo que el ser humano almacena en los sistemas de memoria es la base fundamental del aprendizaje, y cuando esta información tiene una asociación emocional entonces el sistema límbico y los procesos ejecutivos superiores a nivel de corteza frontal logran establecer conexiones neuronales que le permiten anclar la nueva información al pasado y poder evocarla en el futuro.

Kant (1724-1804), citado por Amengual (2007) en su artículo "El concepto de experiencia: de Kant a Hegel" define la experiencia como una conexión sintética entre las intuiciones y como un conocimiento obtenido por medio de las percepciones enlazadas.

¿Es la escuela un entorno de experiencia diseñado específicamente para que los seres humanos se conozcan y reconozcan en el otro?. ¿Se diseñan ambientes propicios para que el cerebro experimente reacciones químicas que beneficien los procesos ejecutivos superiores? .

Si bien desde la concepción somos receptores sensoriales y lo que vivimos construye el entramado de interconexiones neuronales que en el futuro darán vida a nuestras

decisiones también es importante considerar que hay experiencias que diseñamos y otras que simplemente suceden, ¿hasta qué punto podemos tener dominio sobre lo que queremos vivir y lo que es inevitable?

Hegel en "Fenomenología del espíritu" (1807) afirma que la experiencia se convierte en algo formador y transformador de la conciencia, lo que establece una relación estrecha con la teoría de la plasticidad cerebral. De acuerdo a Ramón y Cajal (1894) el aprendizaje produce cambios físicos en el cerebro mediante la formación de nuevas conexiones entre neuronas.

En 1894, Cajal escribió que el ejercicio mental probablemente fortalece las "ramificaciones" de las neuronas existentes y puede incluso establecer conexiones nerviosas "enteramente nuevas". (Calvo, s.f.)

Las experiencias que vivimos dan lugar a las interconexiones que gestiona nuestro sistema nervioso central determinando quiénes somos, qué sentimos, pensamos y hacemos. La instrumentación de nuestra conducta es producto de un proceso de percepción y procesamiento cognitivo, que sigue un recorrido desde los sentidos, el sistema límbico hasta las habilidades ejecutivas superiores. Considerando la existencia de evidencia científica suficiente para demostrar que es en el cerebro donde se gesta el aprendizaje teniendo en cuenta los factores de evolución y desarrollo del ser humano, así como la influencia de la información almacenada en la memoria en un intercambio permanente con los sistemas emocionales es importante replantear la didáctica docente desde un enfoque neurocientífico.

Si la educación formal partiera de los supuestos antes mencionados tendría que enfocarse en un diseño curricular generador de experiencias neurocognitivas que detonaran el proceso de comunicación interneuronal para la formación de redes transmisoras de los impulsos cerebrales propiciando su acción como procesador central. (Velásquez Burgos, Bertha Marlen; Remolina de Cleves, Nahyr; Calle Márquez, María Graciela, 2009).

Plantear una educación donde la base del diseño didáctico sean los estímulos sensoriales que se pretenden llevar al aula para iniciar potenciales de acción partiendo del conocimiento de los neurotransmisores y sus reacciones a partir de los receptores con que tengan contacto.

Brindar una educación que, de acuerdo a Kant ofrezca un argumento sistemático destinado a explicar la posibilidad del conocimiento y la experiencia objetiva del

mundo (KrV 175) definiendo la experiencia como una "conexión sintética entre las intuiciones" (KrV B 12) y como un conocimiento por medio de percepciones enlazadas" (KrV B 161) como lo cita Amengual (2007).

## INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

Concebir la escuela como un espacio que genere experiencias para el autoconocimiento y la construcción de la personalidad brindando múltiples posibilidades para dar lugar a la oportunidad de experimentar las propias habilidades cerebrales, las reacciones en función de las emociones y las respuestas a nivel motor, ejecutivo y emocional; una escuela que acompañe a los seres humanos a conocer su cerebro por medio de la experimentación de su funcionamiento.

Crear un trayecto formativo basado en los sistemas sensoriales, emocionales y ejecutivos retomando la necesidad de la experiencia para la construcción del conocimiento (KrV B75) ya que como afirma Kant “nada es sabido que no esté en la experiencia”.

Un aspecto central de análisis en la comprensión de los procesos de aprendizaje es el funcionamiento de los neurotransmisores entendidos como sustancias usadas por las neuronas para comunicarse con otras y con los tejidos sobre los que actuarán (denominados tejidos diana o tejidos blanco) en el proceso de la transmisión sináptica (neurotransmisión). (Torres, 2023)

En la clasificación expuesta por Torres se hace referencia a “los neurotransmisores excitatorios cuya función es activar receptores en la membrana postsináptica y aumentar los efectos del potencial de acción. En contraparte, los neurotransmisores inhibitorios actúan evitando un potencial de acción.”

Peculiarmente menciona a la Dopamina cuyos efectos pueden ser excitatorios o inhibitorios dependiendo al receptor que se ligue.

Lieberman y Long (2022) en su libro Dopamina, mencionan que ésta “proporciona una sensación mucho más influyente que el placer, su conocimiento resulta ser la clave para explicar e incluso predecir el comportamiento en un impresionante abanico de actividades humanas: crear arte, literatura y música; buscar éxito; descubrir nuevos mundos y nuevas leyes de la naturaleza; pensar en Dios... y enamorarse”; ¿no sería ésta una grandiosa oportunidad para diseñar un modelo educativo basado en las necesidades básicas del ser humano en su interacción con él mismo y con el mundo?.

Cuán valioso es pensar en un alumno como un ser humano que percibe el mundo, lo registra, lo ancla a su pasado, almacena e interconecta con lo que siente y piensa para dar lugar a constructos nuevos; un ser que a la par de ir a clases está trazando el trayecto de su vida con lo que ella le ofrece, experiencias difíciles, dolorosas, éxitos, decepciones, aciertos y confusiones, qué papel juega la escuela, cuántas redes neuronales se entretrejen en los recreos, cuando los estudiantes son libres, sin paredes y sin reglas que ellos no

entienden, qué reacciones químicas surgen cuando se aburren, cuando la red neuronal por defecto toma liderazgo y les da la oportunidad de imaginar, no es que en no atiendan a las clases, es que los escenarios que crea su cerebro en ocasiones son mucho más interesantes para ellos.

Porqué los perdemos a pesar de tenerlos en el aula, porqué no podemos encontrarlos, buscamos quizá donde ellos no quieren estar por miedo al rechazo o a la descalificación.

Debemos ser en las escuelas profesionales que permitan la libertad para pensar, cuestionar y encontrar soluciones nuevas, una “clase dopaminérgica” que más que hacer que adquieran conocimientos provoque que sientan, procesen y construyan lo que más les haga falta de acuerdo a su etapa de desarrollo, a su entorno y a sus habilidades.

Existen cinco tipos de receptores de dopamina, cada receptor tiene una función diferente y se encuentra en ubicaciones distintas:

- D1: memoria, atención, control de impulsos, regulación de la función renal, locomoción
- D2: locomoción, atención, sueño, memoria, aprendizaje
- D3: cognición, control de impulsos, atención, sueño
- D4: cognición, memoria, miedo, control de impulsos, atención, sueño.
- D5: toma de decisiones, cognición, atención, secreción de renina (StatPearls, 2026)

Es a partir del autoconocimiento de las reacciones que genera la dopamina en nuestro cerebro como se puede anticipar la gestión adecuada del funcionamiento ejecutivo en favor de los resultados que deseamos obtener en distintas situaciones, repensar la educación desde este enfoque brindará la posibilidad de que el aula sea un espacio para experimentar reacciones cerebrales a partir del diseño de situaciones de aprendizaje que le permitan al alumno conocerse y reconocer las reacciones para desarrollar habilidades socio-emocionales como la empatía, la comunicación, negociación, resiliencia, entre otras; mediante la construcción de representaciones mentales como resultado de procesos cognitivos originados en un ambiente de aprendizaje tanto individual como comunitario.

Como afirma Kant “lo que hace posible la experiencia no pertenece a ella, es anterior y dependiente de ella”, es lo que vive el ser humano desde la percepción sensorial hasta el procesamiento cognitivo de la información para generar conocimiento dando así estructura a la experiencia.

Si en el aula se posibilitan experiencias desde el enfoque de Kant, los alumnos podrán generar constructos cognitivos que den estructura a su pensamiento y así sean el

andamiaje ideal para el desarrollo de habilidades cerebrales.

Reconocer la sensación como fuente de conocimiento implica considerar los procesos receptivos para determinar las estrategias que permitan activarlos y acceder a los registros que existan en los sistemas de memoria asociados sin duda a los emocionales.

Ximo Lizana (2017) en su artículo "La intersección entre el arte y la neurociencia" hace referencia a los estudios realizados por investigadores como Rex E. Jung, Brittany S. Mead, Jessica Carrasco y Raneé A. Flores en la universidad de Albuquerque, en Nuevo México, quienes identificaron las tres redes primarias de la actividad creativa.

#### Estas redes son las siguientes:

1. Foco ejecutivo (la corteza prefrontal y las áreas posteriores del lóbulo parietal) Esta parte ordena los conceptos, resuelve los problemas asociados a un razonamiento y ubica cada dato en su red idónea para que la eficiencia del proceso y la capacidad de asociación sean totales. Es la red que nos ayuda a gestionar.
2. Default Network. Es una red implicada en la construcción de estructuras mentales simuladas, totalmente dinámicas y construidas bajo el cimientode experiencias anteriores, dándonos un abanico de alternativas generado a partir de nuestro propio bagaje personal y cómo lo hemos percibido. Esta red también está presente cuando evocamos el recuerdo de alguien que conocemos, lo que se denomina cognición social. Es la red que nos permite imaginar
3. Saliency Network. Se trata de la red que combina todos los estímulos para que el flujo de impulsos entre la red ejecutiva y la red creativa (Default Network) sea fluido. Está conformada por la corteza anterior dorsal del cíngulo y la corteza insular anterior.

De acuerdo a Penagos-Corzo y Ramírez Galdeano (2023) uno de los campos más fértiles de la neurociencia en la actualidad, la creatividad es de los aspectos cognoscitivos que más contribuyen a nuestra definición como seres humanos.

### Conclusión

En conclusión, pudiéramos estar frente al elemento curricular central al abordar la creatividad mediante las experiencias artísticas para dar paso así al diseño de estrategias de intervención neurodidáctica que entrelacen la experiencia considerada desde el planteamiento filosófico de Kant, para la constitución de modelos educativos cuyo objetivo principal sea la contribución al descubrimiento y reconocimiento personal del cerebro.

### Referencias Bibliográficas

- Conill, J. (1998). Concepciones de la experiencia. *Diálogo Filosófico*, 14(41), 148-169.
- Freudiger, J., Graeser, A., C Petrus, K. (Eds.). (1996). *Der Begriff der Erfahrung in der Philosophie des 20. Jahrhunderts*. Beck.
- Icaro Psicología Madrid. (s.f.). Qué es la neuroplasticidad cerebral. Recuperado el 19 de marzo de 2026, de <https://www.icaropsicologia.com> (nota: URL aproximada, conviene verificarla).
- Kant, I. (2007). *Crítica de la razón pura* (P. Ribas, Trad.). Alfaguara. (Obra original publicada en 1781).
- Kenhub. (2023, noviembre 29). Neurotransmisores: Tipos, funciones y trastornos. Autor: A. Torres; Revisor: M. Guzmán.
- Lieberman, M. D., C Long, C. (2022). Dopamina. (Nota: faltan datos editoriales completos, como editorial y lugar de publicación)
- Nicolás, J. A. (1998). Experiencia de la crisis y crisis de la experiencia. *Diálogo Filosófico*, 14(41), 171-184.
- Penagos-Corzo, J., C Galdeano, M. (2023). Creatividad: Hallazgos desde la neurociencia.
- StatPearls Publishing. (2026). [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Velásquez Burgos, B. M., Remolina de Cleves, N., C Calle Márquez, M. G. (2009). El cerebro que aprende. *Tabula Rasa*, (11), 329-347. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39617332014>

## LA INFLUENCIA DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS DESDE LA NEUROEDUCACIÓN EN LA SESIÓN DE EDUCACIÓN FÍSICA

Autor: *Amando Bonilla Juárez*  
 Dr. En Cultura Física con Terminal en Educación Física  
 Universidad Contemporánea de las Américas

### Resumen

La importancia de la aplicación de las funciones ejecutivas dentro de una clase de Educación Física es irrefutablemente necesaria, debido a la cantidad de tiempo que los alumnos pasan en los celulares o pantallas táctiles generando recompensas rápidas en lugar de que este tipo de motivación sean a través de la práctica de alguna actividad física, ejercicio físico o la clase de Educación Física. En esta intervención se proponen algunas situaciones motrices de aprendizaje para alumnos en edad escolar considerando su crecimiento y desarrollo y el nivel de maduración neuronal. Estas propuestas van encaminadas directamente a la clase de Educación Física generando la estimulación de las funciones cognitivas como la atención y la memoria de trabajo, además de complementarse con la liberación de neurotransmisores como las endorfinas, las serotoninas y las dopaminas, que ayudan a los alumnos a la disminución del estrés, la ansiedad y la depresión, problemáticas que actualmente se observan cada vez más en niños con menor edad, de ahí la importancia de que a través de la clase de Educación Física bien estructura con situaciones de aprendizaje que involucran a las funciones ejecutivas se pueda aportar un granito de arena a todo este engranaje de la Neuroeducación.

### Introducción

En México y en diversas partes del mundo la educación está en constante evolución a través de reformas que buscan adaptarse a las nuevas generaciones de individuos, principalmente por los diferentes procesos de maduración cerebral, la gran diversidad cultural, social, lingüística y económica de la sociedad en general, esto ha generado que los docentes desde cada centro educativo se encuentren en una constante transformación de su praxis pedagógica, lo cual se ha generado a razón de los diferentes planes y programas de estudio; motivo principal para mencionar la influencia que puede ejercer la Neuroeducación en los alumnos de educación básica a fin de enriquecerla a través de diversas estrategias didácticas divergentes, innovadoras, creativas y eficientes con el objetivo claro está de influir en las funciones ejecutivas del cerebro y que se logre un desarrollo psicomotriz manifestado en la adquisición de

conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, aptitudes y valores que les sea de utilidad a los alumnos en la vida cotidiana.

La Neuroeducación toma mayor importancia en la actualidad principalmente por la diversidad cultural en la que se encuentran los alumnos, sobre todo en la clase de Educación Física, esta disciplina es considerada como una de las más importantes para el neurodesarrollo integral de los alumnos, prácticamente porque es ahí donde se explayan manifestando todo tipo de emociones, sentimientos, actitudes, canalizan su energía, expresan corporalmente las situaciones familiares que los afectan emocionalmente y que repercuten en su comportamiento. Este tema es importante desde la necesidad de movimiento del ser humano y podemos mencionar que es a través del juego donde los estudiantes deben recibir una Educación Física integral desde diferentes ópticas que le permitan tanto al propio sistema educativo como a los docentes abatir los diferentes trastornos que hasta su corta edad los han afectado, repercutiendo en situaciones psicomotrices que merman el desarrollo de las habilidades, capacidades y destrezas motrices, por lo tanto es necesario que se les proporcionen las herramientas necesarias que les puedan ayudar a mejorar sus procesos neuronales.

Existe actualmente una diversidad de neuromitos que desde instituciones de educación pública y privada se continúan manejando como una manera de conocer las diversas estrategias didácticas que pueden aplicarse a los alumnos a través de los estilos de aprendizaje encasillando a los alumnos y solo basarse en ellos. Por lo tanto, se requiere que el educador físico conozca la bases de la Neuroeducación y cómo aplicarlas en sus clases dando respuestas claras, por ejemplo: ¿Cómo aprenden mis alumnos? ¿En qué momento de la clase de Educación Física debo activar las funciones ejecutivas en mis alumnos? y ¿Qué estrategias utilizar para mejorar la activación de áreas sensoriales en mis alumnos? ¿Y cómo activar el primer bloque funcional del cerebro en una clase de Educación Física?

Son algunas de las confusiones que limitan la intervención de la Neuroeducación en la clase de Educación Física. Por lo tanto, se proponen algunas situaciones de aprendizaje que permitan mejorar estos procesos a nivel neuronal.

El presente artículo de divulgación permitirá realizar aportes al educador físico como una forma de ejemplificación que genere interés por conocer y aplicar las neurociencias directamente en la praxis pedagógica al estimular las funciones ejecutivas a través de situaciones de aprendizaje en la clase de Educación Física.

# INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

El objetivo del presente artículo es explicar la importancia de la Neuroeducación y cómo influye la Educación Física en las funciones ejecutivas a través de situaciones de aprendizaje divergentes, creativas, innovadoras y eficientes.

## Desarrollo

### ¿Cómo funciona? Bases Cerebrales

La activación de las funciones ejecutivas en la aplicación de las situaciones de aprendizaje en la clase de Educación Física permitirá conocer algunas de las funciones principales de el órgano más importante del cuerpo, el cerebro, que es donde se almacena toda la información que se percibe a través de los sentidos y es el que se encarga de asimilar todos los conocimientos, actitudes y destrezas (Torres Aguilar, X. 2022)

Es importante mencionar que si no existe una activación de las funciones ejecutivas de manera correcta estas van mermando y a largo plazo pueden ocasionar una serie de trastornos del neurodesarrollo que perduren durante la vida de las personas.

Desde una clase de Educación Física se observa cuando los alumnos durante la puesta en marcha de las habilidades motrices básicas como lanzar y atrapar un objeto a una altura considerable no logran hacerlo de una manera correcta, a pesar de realizar 2 o 3 sesiones con diferentes estrategias enfocadas a lanzar y atrapar, en este caso se observa una dificultad a nivel cerebral que no permite que se lleve a cabo de manera correcta sin detectar algún avance por significativo que parezca.

Por lo tanto, la propuesta que se menciona en este artículo es que el educador físico tenga conocimiento de cómo relacionar las situaciones de aprendizaje con la activación del primer bloque funcional repercutiendo en las funciones ejecutivas, para ello se mencionan actividades que implican mantener un estado de alerta durante las instrucciones de un determinado juego, la atención de los alumnos al seleccionar las instrucciones claras y precisas que le menciona el docente.

Para continuar sobre cómo se observa desde una clase de Educación Física vamos a mencionar la importancia del cerebro y cómo realiza las funciones más importantes:

### El Cerebro

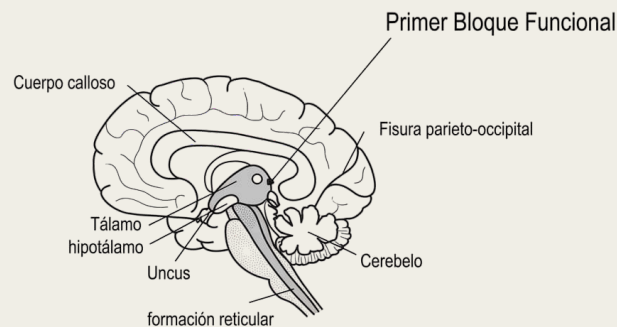
Para realizar las aportaciones pertinentes que generen un impacto en los docentes de Educación Física es imperante conocer las aportaciones de varios investigadores que argumentan como es el funcionamiento cerebral, Díaz, Begoña & García J. (2022),

citan a Vito Da Fonseca en su artículo la neurociencia aplicada a la Educación Física donde se menciona que si se realizara una incisión longitudinal en el cerebro y se observaran las diferentes partes desde el tronco cerebral hasta la corteza, se podría conocer el proceso ontogenético de la motricidad infantil. (Pág.22).

Complementando el conocimiento de la estructura cerebral y para tener un panorama más amplio de las funciones del cerebro es importante conocer algunas de las aportaciones de otros investigadores, como por ejemplo Ramírez Benítez, Y. & Bermúdez Monteagudo, B. (2022) mencionan que las teorías modernas sobre el funcionamiento cerebral, se basan en gran parte en los aportes de Luria, desde su perspectiva su modelo teórico es necesario para dirigir la educación de los alumnos, además de apoyar en su procesos de desarrollo y de aprendizaje, donde participan tres unidades anatomofuncionales básicas:

1. **El sistema activante reticular ascendente (SARA)**, cuya misión es el mantenimiento de la vigilia y el estado de alerta del cerebro
2. **El cerebro posterior**, constituido por los lóbulos parietales, temporales y occipitales, encargados de la recepción e integración sensoriales.
3. **El cerebro anterior**, constituido por los lóbulos frontales, cuyas funciones son la evaluación de la información recibida por la unidad 2, el planteamiento y la ejecución motora.

Es importante hacer mención sobre el enfoque en el primer bloque funcional o de la activación, que es el encargado del tono cortical o estado óptimo de activación de la corteza cerebral, es decir el que se encarga de la regulación del proceso de atención, en la siguiente imagen su puede observar claramente su ubicación:



### El Sistema Activador Reticular Ascendente (S.A.R.A.)

Desde el punto de vista de las neurociencias, el tallo cerebral realiza algunas de las funciones más importantes para el cerebro humano, dentro de ellas podemos encontrar el proceso de almacenamiento, la interpretación de lo que recibimos desde nuestro entorno, la regulación del tono y

de los estados mentales, el sueño, la vigilia, entre otros, con base a estos elementos es imperante que desde la atención a los procesos de desarrollo de los alumnos se lleven a cabo una serie de acciones motrices básicas que permitan a los alumnos mantener la tonicidad y el desarrollo de los sistemas propioceptivos, por lo tanto la elaboración de la planificación de las sesiones para la disciplina de Educación Física debe ser concisa, integrando actividades que en primera instancia activen la corteza cerebral la cual es la encargada de las funciones ejecutivas, de ahí la pertinencia de este artículo y de cómo relacionarlo con las situaciones de aprendizaje dentro de las clases de Educación Física.

La información presentada implica para el educador físico una serie de conocimientos que pueda llevar a la práctica y empezar a visualizar a los alumnos desde la mirada de las neurociencias que les permite activar las funciones ejecutivas en cada clase y que repercuta en los procesos de aprendizaje.

### Aplicaciones practicas

#### Se aterriza el conocimiento

De acuerdo al principio neuroeducativo de la atención y la cual está relacionada con la influencia de las funciones ejecutivas en el desarrollo psicomotor de los alumnos, se aplicó directamente en la clase al mantener un estado de alerta durante el juego de ¿Sabes cuál es tu lado derecho e izquierdo? Donde los alumnos para llevar a cabo el proceso de aprendizaje y que les implicó estar presentes y mantener la atención a las instrucciones del docente, el cual consistió en lo siguiente: se esparcen materiales diversos que puedan ser lanzados (como pelotas, aros, cuerdas, esponjas) considerando uno para cada alumno. El grupo se desplaza entre los objetos sin tocarlos ni patearlos, al ritmo de la música. A la señal de la maestra o maestro, cada alumno toma el material que esté más cerca de él lo lanza y atrapa. Lo deja nuevamente en el piso y sigue moviéndose. A la siguiente orden toma un material distinto y lo lanza. Se pueden variar las formas de lanzamiento, la dirección o la posición, por ejemplo:

- Lanzar con las dos manos y atrapar
- Lanzar hacia arriba
- Lanzar desde la posición de sentado

El docente debe pedir a los alumnos sus propuestas o sugerencias a través de preguntas: ¿De qué otra forma podemos lanzar y atrapar? o hacer combinaciones de lanzamientos, por ejemplo, “lanzar con las dos manos hacia atrás hincados”. “lanzar solo con mano derecha- izquierda”, etc.

Desde esta misma óptica los alumnos deberán mantener la atención voluntaria al diferenciar diversos estímulos como son los objetos y relacionarlos con la música.

Durante la implementación de la situación motriz de aprendizaje se activan también las áreas sensoriales al realizar la habilidad motriz básica de manipulación a través de habilidades de impacto.

Otro principio fundamental para la Neuroeducación es la memoria de trabajo y cómo desarrollarla en la clase de Educación Física, para ello se aplicó de manera concreta a través de preguntas al realizar la reflexión o cierre de la sesión, por ejemplo: ¿Qué habilidades motrices básicas practicaste hoy?, se sugiere que este tipo de preguntas también se realicen al inicio de la siguiente clase como una forma de activación de la memoria de trabajo y que además sirve para retroalimentar los aprendizajes previos.

La siguiente función ejecutiva es la regulación del sistema activador reticular ascendente que implica para su aprendizaje el llevar a cabo una relajación al eliminar la tensión corporal, emocional y psicológica (Ruiz Omeñaca, J 2024) la cual se aplicó a través de realizar respiraciones profundas durante la reflexión de lo practicado en la clase.

### Conclusión

¿Qué cambia al comprender esto?

El proceso de aplicación de la activación de las funciones ejecutivas dentro de la clase de Educación Física puede estar influenciada por diversos factores, como los familiares, psicológicos, emocionales, genéticos y trastornos alimenticios que limiten la activación correcta de las mismas, sin embargo el llevarlas a cabo dentro de una clase puede ser el inicio de una evolución de la transformación de la praxis pedagógica del educador físico para ello, el proceso de seguimiento a las actividades diversas, creativas e innovadoras deben ser constantes y cambiantes siempre investigar y explorar diversas fuentes o experiencias de otros docentes que sumen a aterrizar el conocimiento y aplicación de la Neuroeducación en la clase de Educación Física. Ahora debería hacerse un trabajo colaborativo en beneficio de los alumnos, para ello se requiere disposición al trabajo y exploración de diversas situaciones de aprendizaje en la clase de Educación Física.

### Referencias bibliograficas

- Álvarez González, M. R. (2022). Neuroeducación y funciones ejecutivas en educación infantil. [Tesis/TFG]. Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/124905>
- Bedoya Salazar, D. M., Arenas Hoyos, A., & Álvarez Sossa, M. E. (2022). Los efectos de los programas pedagógicos curriculares que aplican juegos motrices en el desarrollo de las funciones ejecutivas en etapa preescolar: Una revisión sistemática. *Revista Boletín Redipe*, 11(2), 205-223
- Díaz Rincón, B., & García-Hernández, J. (2022). Neuroacción: La neurociencia aplicada a la educación física. *Papeles Salmantinos de Educación*, (26), 11-41. <https://doi.org/10.36576/2695-5644.26.11>
- Garduño Durán, J. (2022) Pedagogía y didáctica en la formación del educador físico, Pág. 18
- Maureira Cid, F. (2014). Principios de Neuroeducación Física: Actividad física, psicología y neurociencia. Editorial Académica Española.
- Maureira Cid, F. (2018). Principios de Neuroeducación Física: La nueva ciencia del ejercicio. Editorial Bubok Publishing SL.
- Ramírez-Benítez, Y., & Bermúdez-Monteagudo, B. (2022). Teoría de Luria y su relación con los fundamentos pedagógicos de la evaluación en la infancia preescolar. *Gaceta Médica Espirituana*, 24(3), Article 2365. <https://doi.org/10.24875/GME.M22000312>

## EL AULA COMO CAMPO RELACIONAL NEUROEMOCIONAL: INTEGRACIÓN ENTRE NEUROPSICOLOGÍA, TRAUMA Y GESTALT EN LA RELACIÓN DOCENTE- ADOLESCENTE

*Autor: Jorge Morató Pacheco.*

*Maestro en Psicoterapia Gestalt*

*Centro de Estudios de Investigación Gestáltico*

### Resumen

El presente artículo analiza el aula como un campo relacional neuroemocional en el que convergen procesos de regulación emocional, historia vincular y contexto institucional. A partir de una integración interdisciplinaria entre la neuropsicología del desarrollo adolescente, los estudios sobre trauma y la perspectiva gestáltica del campo, se propone comprender la relación docente-adolescente como una experiencia bidireccional y asimétrica, donde ambos actores se afectan mutuamente, aunque no desde la misma responsabilidad. Se examinan las bases neurobiológicas de la regulación emocional en la adolescencia, el impacto del estrés y las memorias traumáticas en los procesos de aprendizaje, así como la experiencia emocional del docente en contextos de alta demanda institucional. Se sostiene que el aprendizaje no puede desvincularse del estado neuroemocional de quienes participan en el vínculo educativo. Finalmente, se plantean implicaciones para una pedagogía relacional que priorice el cuidado del campo, la claridad del encuadre y la sostenibilidad emocional del rol docente. (198 palabras – dentro del rango ideal.)

*Palabras clave:*

*Campo relacional; regulación emocional; adolescencia; trauma relacional; vínculo educativo; co-regulación.*

### Introducción

El aprendizaje no es un proceso exclusivamente cognitivo; es un fenómeno profundamente relacional y neurobiológico. En el contexto adolescente, etapa caracterizada por una intensa reorganización cerebral y emocional, el aula se convierte en un espacio donde convergen sistemas nerviosos, historias vinculares y estados afectivos en constante interacción (Siegel, 2014). En este sentido, comprender el proceso educativo exige integrar conocimientos provenientes de la neuropsicología, la teoría del apego y los estudios sobre trauma.

Diversas investigaciones han demostrado que la exposición a experiencias adversas tempranas impacta de manera significativa en los sistemas de regulación emocional, atención y memoria, funciones fundamentales para el aprendizaje escolar (Perry & Szalavitz, 2006).

Cuando el sistema nervioso se encuentra en estado de hiperactivación o desconexión, el acceso a funciones ejecutivas superiores se ve comprometido (van der Kolk, 2014). Así, un adolescente que no se siente seguro difícilmente podrá sostener procesos de aprendizaje significativo. Desde la teoría del apego, Bowlby (1988) planteó que la seguridad vincular constituye la base desde la cual el individuo puede explorar el entorno. En el aula, esta base segura no sustituye a la figura parental, pero sí puede ser parcialmente co-construida en la relación docente-estudiante. La calidad del vínculo pedagógico influye en la percepción de seguridad, pertenencia y regulación emocional, elementos indispensables para la disponibilidad cognitiva.

Sin embargo, esta dinámica no es unidireccional. El estado emocional del docente también forma parte activa del campo relacional. La investigación contemporánea sobre estrés docente muestra que la sobrecarga emocional impacta tanto en la calidad de la enseñanza como en el clima del aula (Jennings & Greenberg, 2009). Desde esta perspectiva, la relación educativa puede comprenderse como un sistema bidireccional donde ambos participantes influyen mutuamente en sus procesos de regulación y significado. A partir de estas premisas, proponemos comprender el aula como un sistema neuroemocional vivo, en el que convergen procesos cerebrales, historias de apego, experiencias traumáticas y dinámicas relacionales presentes. Esta integración no busca patologizar al estudiante ni responsabilizar exclusivamente al docente, sino reconocer la complejidad del campo educativo y la necesidad de abordarlo desde una mirada interdisciplinaria rigurosa y humanizante.

### Fundamentos neuropsicológicos del aprendizaje en la adolescencia

La adolescencia es una etapa de profunda reorganización cerebral que impacta directamente en la manera en que los jóvenes aprenden, se vinculan y regulan sus emociones. Lejos de ser un período de simple inestabilidad conductual, constituye un momento de alta plasticidad neurobiológica, especialmente en regiones relacionadas con la regulación emocional, la toma de decisiones y la integración social (Siegel, 2014).

Durante esta etapa, el sistema límbico –vinculado a la emoción y la reactividad– madura antes que la corteza prefrontal, responsable de funciones ejecutivas como la planificación, el control inhibitorio y la regulación de impulsos (Blakemore & Mills, 2014). Esta asincronía en el desarrollo explica por qué los adolescentes pueden experimentar emociones intensas con recursos regulatorios aún en consolidación. Desde el ámbito educativo, esto implica que el aprendizaje no puede desligarse del estado emocional del estudiante.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.

La investigación en neurociencia afectiva ha demostrado que los estados de amenaza activan circuitos subcorticales que priorizan la supervivencia sobre el aprendizaje (Porges, 2011). Cuando el sistema nervioso percibe inseguridad, el acceso a funciones ejecutivas superiores disminuye, comprometiendo la atención sostenida, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. En este sentido, la seguridad emocional no es un complemento del aprendizaje: es una condición neurobiológica para que éste ocurra.

A ello se suma el impacto del estrés crónico y las experiencias adversas tempranas. La exposición prolongada a situaciones de estrés puede alterar la arquitectura cerebral, afectando estructuras como el hipocampo y la amígdala, fundamentales para la memoria y la regulación emocional (McEwen, 2017; van der Kolk, 2014). Desde esta perspectiva, ciertos comportamientos que en el aula suelen interpretarse como desinterés, desafío o apatía pueden comprenderse como expresiones de sistemas nerviosos desregulados.

No obstante, la plasticidad cerebral adolescente también representa una oportunidad. La experiencia relacional segura, la validación emocional y la presencia adulta regulada pueden favorecer procesos de integración neural (Siegel, 2012). La interacción con figuras significativas contribuye a la co-regulación emocional, proceso mediante el cual un sistema nervioso más estable facilita la reorganización de otro más vulnerable. Así, desde una mirada neuropsicológica, el aula puede concebirse como un espacio donde se activan, modulan y reorganizan circuitos emocionales y cognitivos de manera constante. El aprendizaje emerge no solo de la transmisión de contenidos, sino del entramado dinámico entre cerebro, emoción y vínculo.

### Trauma y memoria en el contexto educativo

Dentro de los múltiples factores que influyen en la regulación emocional y en la disponibilidad para el aprendizaje, las experiencias adversas tempranas ocupan un lugar relevante. En el contexto educativo, es frecuente que ciertos patrones de respuesta emocional no puedan comprenderse únicamente desde la conducta observable o la motivación académica. En algunos casos, dichas respuestas se vinculan con experiencias relacionales previas que han dejado huellas persistentes en el sistema nervioso.

En este sentido, resulta pertinente introducir el concepto de trauma desde una perspectiva neurobiológica. El trauma no se define únicamente por la magnitud objetiva de un evento, sino por el impacto que este tiene en la capacidad del sistema nervioso para procesar e integrar la experiencia. Desde una perspectiva neurobiológica, el trauma implica una activación intensa o sostenida de los sistemas de defensa que supera los recursos de regulación disponibles, dejando huellas en la memoria implícita y en los patrones de respuesta emocional (van der Kolk, 2014). En el contexto escolar, esto adquiere especial relevancia. Las experiencias adversas tempranas pueden alterar el desarrollo de circuitos relacionados con la regulación emocional, la atención y la integración sensorial (Perry & Szalavitz, 2006). Cuando un estudiante reacciona con irritabilidad, retraimiento o desafío, es posible que no esté expresando únicamente una actitud voluntaria, sino una respuesta adaptativa aprendida frente a contextos percibidos como inseguros. El trauma del desarrollo, entendido como la exposición prolongada a estrés relacional, puede afectar la percepción de seguridad interpersonal y la confianza en figuras de autoridad (Maté, 2022). En estos casos, el aula puede convertirse, sin intención, en un escenario donde se reactivan memorias emocionales implícitas. El tono de voz, la corrección pública o la distancia afectiva pueden funcionar como detonadores para sistemas nerviosos sensibilizados.

No obstante, el fenómeno no se limita al estudiantado. El docente también puede estar expuesto a estrés crónico, sobrecarga institucional o experiencias personales no resueltas que influyan en su disponibilidad emocional. La investigación sobre trauma señala que la desregulación tiende a ser interpersonal: los estados nerviosos se influyen mutuamente a través de procesos de resonancia y co-regulación (Porges, 2011). Así, un aula tensa no suele ser el resultado de un solo individuo, sino de una interacción entre sistemas activados.

Comprender el trauma en el ámbito educativo no implica patologizar ni justificar conductas disruptivas, sino reconocer que ciertas respuestas pueden tener una lógica adaptativa. Esta mirada permite desplazar el juicio moral hacia una comprensión neurorelacional más amplia, donde el vínculo pedagógico puede convertirse en un espacio de reparación o, por el contrario, de reactivación. Desde esta perspectiva, el cuidado del campo relacional no es un gesto accesorio, sino una condición necesaria para disminuir la activación defensiva y favorecer procesos de aprendizaje sostenido.

### El aula como campo relacional: integración gestáltica

Si la neuropsicología permite comprender los procesos cerebrales implicados en la regulación emocional y el trauma, el enfoque gestáltico aporta una comprensión

fenomenológica del espacio donde estos procesos se despliegan: el campo relacional. Desde la teoría del campo, desarrollada en la psicoterapia Gestalt por Perls, Hefferline y Goodman (1951/1994), el comportamiento no puede entenderse de manera aislada del contexto en el que emerge. El individuo y el entorno forman una unidad dinámica e interdependiente. Aplicado al ámbito educativo, esto implica que lo que ocurre en el aula no pertenece exclusivamente al estudiante ni exclusivamente al docente. La conducta, la tensión, la motivación o la desconexión emergen en el “entre”, en la frontera de contacto donde ambos sistemas interactúan. El aula no es solamente un espacio físico ni una suma de individualidades, sino un campo vivo donde cada elemento influye en el conjunto.

La perspectiva gestáltica subraya que el contacto auténtico requiere presencia, conciencia y responsabilidad relacional (Perls et al., 1951/1994). Desde esta mirada, la regulación emocional no es únicamente un proceso intrapsíquico, sino un fenómeno co-construido en la interacción. El estado emocional del docente, su tono, su postura corporal y su disponibilidad interna forman parte activa del campo, modulando la experiencia del estudiante.

Isadore From enfatizó que el síntoma no reside únicamente en la persona, sino en la interrupción del proceso de contacto (From, 1984). Trasladado al contexto educativo, ciertas conductas problemáticas pueden comprenderse como interrupciones del contacto más que como fallas morales o déficits individuales. Esta reinterpretación no elimina la responsabilidad, pero sí amplía la comprensión del fenómeno.

La noción de campo también permite integrar la asimetría estructural de la relación docente-adolescente. Aunque ambos participan del proceso relacional, no lo hacen desde la misma posición. El docente sostiene un rol institucional, normativo y formativo que le otorga mayor responsabilidad en la configuración del encuadre. Sin embargo, esta asimetría no implica omnipotencia. El docente también es afectado por el campo y requiere condiciones de regulación para sostener su función. Comprender el aula como campo relacional implica desplazar la pregunta de “¿qué le pasa a este alumno?” hacia “¿qué está ocurriendo en este campo relacional?”. Esta transición conceptual permite articular los hallazgos de la neuropsicología y el trauma con una mirada sistémica y fenomenológica, donde el aprendizaje emerge del encuentro regulado entre personas.

### Relación docente-adolescente: bidireccionalidad y asimetría

La relación educativa entre docente y adolescente no

puede reducirse a un modelo unidireccional de transmisión de contenidos. Desde una perspectiva neurobiológica y relacional, toda interacción humana implica un proceso de influencia recíproca. Los sistemas nerviosos se regulan mutuamente a través de señales implícitas como el tono de voz, la expresión facial, la postura corporal y el ritmo del intercambio (Siegel, 2012).

Esta bidireccionalidad no significa simetría. El vínculo docente-adolescente se encuentra estructuralmente atravesado por una asimetría de rol: el docente posee autoridad institucional, mayor desarrollo neuropsicológico y responsabilidad pedagógica. El adolescente, por su parte, se encuentra en una etapa de reorganización cerebral caracterizada por mayor reactividad emocional y sensibilidad social.

Desde la teoría polivagal, la noción de neurocepción propuesta por Porges (2011) permite comprender cómo ambos participantes evalúan de manera automática si el entorno relacional es seguro o amenazante. Un docente bajo estrés puede transmitir, sin intención, señales de urgencia o irritabilidad que el adolescente percibe como amenaza. A su vez, la activación defensiva del adolescente puede intensificar la activación del docente, generando ciclos de desregulación recíproca.

Reconocer la bidireccionalidad implica aceptar que el campo relacional se co construye. Sin embargo, reconocer la asimetría implica asumir que la mayor responsabilidad reguladora recae en quien ocupa el rol adulto e institucional. Esta afirmación no culpabiliza al docente ni lo convierte en causa única de las dinámicas conflictivas; simplemente reconoce la diferencia de funciones dentro del sistema. Desde la perspectiva gestáltica, la responsabilidad no se entiende como culpa sino como capacidad de respuesta (Perls et al., 1951/1994). En este sentido, el docente no es responsable de la historia traumática del estudiante ni de todas sus reacciones, pero sí es responsable de su propia regulación y del encuadre que sostiene.

Del mismo modo, el adolescente no es una víctima pasiva del contexto, sino un participante activo cuyo comportamiento influye en el campo. La bidireccionalidad sin victimización evita reducir al estudiante a un sujeto dañado sin agencia.

La asimetría sin culpabilización evita cargar al docente con una responsabilidad omnipotente. Entre ambos extremos se sitúa una comprensión sistémica donde cada participante afecta y es afectado, pero no desde la misma posición estructural.

Este equilibrio conceptual permite salir de narrativas polarizadas –“docente opresor” versus “adolescente problemático”– para situar la relación educativa como un proceso dinámico de regulación compartida dentro de un marco institucional definido.

### Aplicaciones prácticas

Comprender la relación docente-adolescente desde la neuropsicología, el trauma y la teoría del campo no es un ejercicio meramente conceptual. Tiene implicaciones directas en la práctica educativa y terapéutica.

#### **Priorizar la regulación antes que la corrección**

Si la activación emocional intensa reduce la capacidad de integración cortical (Siegel, 2012), entonces intentar razonar con un adolescente altamente activado suele ser ineficaz. Desde esta perspectiva, la intervención no comienza con la explicación normativa, sino con la regulación del sistema nervioso.

Para el docente, esto implica:

- Modular el tono de voz.
- Reducir la confrontación pública.
- Introducir pausas regulatorias.
- Utilizar el acercamiento físico respetuoso en lugar del señalamiento distante.

La corrección pedagógica es más efectiva cuando el sistema nervioso se encuentra en un estado de suficiente seguridad (Porges, 2011).

#### **Reinterpretar la conducta como comunicación adaptativa**

Las conductas disruptivas pueden ser comprendidas como intentos de autorregulación o defensa aprendida frente a experiencias previas de amenaza (van der Kolk, 2014). Esta lectura no elimina la necesidad de límites, pero modifica la actitud interna del educador.

En lugar de preguntar “¿por qué se comporta así?”, la pregunta se desplaza hacia “¿qué necesidad o estado está expresando esta conducta?”. Este cambio reduce la personalización del conflicto y disminuye la escalada reactiva.

#### **Sostener la asimetría con conciencia regulatoria**

Reconocer la bidireccionalidad implica aceptar que el docente también puede activarse. Reconocer la asimetría implica asumir que el adulto tiene mayor responsabilidad en la contención del encuadre.

En términos prácticos:

- El autocuidado docente deja de ser un lujo y se convierte en una condición pedagógica.
- La supervisión emocional y la formación en regulación deberían considerarse parte del desarrollo profesional.
- Las instituciones educativas necesitan crear contextos que disminuyan el estrés crónico del profesorado (Perry & Szalavitz, 2006).
- Un docente desregulado difícilmente podrá ofrecer co-regulación sostenida.

#### **Construir aulas como espacios de seguridad relacional**

La seguridad no se limita a la ausencia de violencia física. Desde la noción de neurocepción (Porges, 2011), la seguridad es una experiencia corporal implícita. Esto implica que pequeños cambios en el clima relacional pueden modificar significativamente la disponibilidad para el aprendizaje.

Aplicaciones concretas:

- Ritualizar inicios y cierres de clase.
- Establecer acuerdos claros y previsibles.
- Validar la experiencia emocional sin sobreidentificación. Mantener coherencia entre norma y vínculo.

#### **Integrar la mirada sistémica en la intervención**

Una aplicación coherente con este enfoque implica:

- Observar dinámicas grupales.
- Revisar el encuadre institucional.
- Analizar patrones relacionales repetitivos en el aula. Incorporar trabajo colaborativo entre docentes y orientadores.

En síntesis, este marco teórico invita a pasar de un modelo centrado en el control conductual a un modelo centrado en la regulación relacional. No elimina la autoridad ni la norma, pero las sitúa dentro de una comprensión neurobiológica y fenomenológica más amplia.

### Conclusión

Comprender la relación docente-adolescente desde la neuropsicología, el trauma y la teoría del campo implica un desplazamiento epistemológico. El foco deja de estar exclusivamente en el rendimiento, la conducta o la disciplina, y se sitúa en la dinámica relacional como matriz del aprendizaje.

Este cambio transforma la manera en que se interpreta el conflicto en el aula. Las reacciones emocionales intensas dejan de leerse únicamente como desafío o incompetencia, y comienzan a entenderse como expresiones de sistemas nerviosos en distintos estados de activación (Siegel, 2012; Porges, 2011). De igual forma, la conducta docente deja de concebirse como neutral o puramente técnica, reconociendo su impacto regulador dentro del campo relacional.

Comprender la bidireccionalidad sin perder de vista la asimetría modifica también la distribución de la responsabilidad. El adolescente no es reducido a víctima pasiva ni a agente disruptivo voluntarista; el docente no es convertido en culpable estructural ni en figura omnipotente. Ambos participan en un proceso de influencia mutua, pero desde posiciones estructuralmente diferenciadas.

Este marco obliga a reconsiderar la formación docente. Si el aprendizaje depende en gran medida de la regulación relacional, entonces la educación emocional y la comprensión del trauma no pueden ocupar un lugar periférico en la preparación profesional. Asimismo, las instituciones educativas deben reconocer que el estrés crónico del profesorado impacta directamente en el campo pedagógico (Perry & Szalavitz, 2006).

Finalmente, este enfoque propone una redefinición del aula: no solo como espacio de transmisión de contenidos, sino como entorno neurobiológico y fenomenológico donde se configuran experiencias de seguridad, pertenencia y reconocimiento. En este sentido, el vínculo pedagógico puede convertirse en un factor de reparación o en un amplificador de experiencias previas de amenaza (van der Kolk, 2014).

Este cambio transforma la pregunta central del quehacer pedagógico. Ya no se trata únicamente de cómo enseñar mejor un contenido, sino de cómo sostener un campo relacional suficientemente seguro para que el aprendizaje sea posible.

Lo que debería hacerse ahora no es abandonar la norma ni diluir la autoridad, sino integrarlas dentro de una comprensión más amplia del desarrollo humano, donde regulación, vínculo y estructura no compiten, sino que se articulan.

### Referencias bibliográficas

- Blakemore, S.-J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing? *Annual Review of Psychology*, 65, 187-207.
- Bowlby, J. (1988). *A secure base: Parent-child attachment and healthy human development*. Basic Books.
- Bowlby, J. (1988). *A secure base: Parent-child attachment and healthy human development*. Basic Books.
- From, I. (1984). The theory of Gestalt therapy. *The Gestalt Journal*, 7(1), 5-15.

- Jennings, P. A., & Greenberg, M. T. (2009). The prosocial classroom: Teacher social and emotional competence in relation to student and classroom outcomes. *Review of Educational Research*, <https://doi.org/10.3102/003465430832569379>(1), 491-525.
- Maté, G. (2022). *The myth of normal: Trauma, illness, and healing in a toxic culture*. Avery.
- McEwen, B. S. (2017). Neurobiological and systemic effects of chronic stress. *Chronic Stress*, 1, 1-11. <https://doi.org/10.1177/2470547017692328>
- Perls, F. S., Hefferline, R. F., & Goodman, P. (1994). *Gestalt therapy: Excitement and growth in the human personality*. Gestalt Journal Press. (Trabajo original publicado en 1951)
- Perry, B. D., & Szalavitz, M. (2006). *The boy who was raised as a dog: And other stories from a child psychiatrist's notebook*. Basic Books.
- Porges, S. W. (2011). *The polyvagal theory: Neurophysiological foundations of emotions, attachment, communication, and self-regulation*. Norton.
- Siegel, D. J. (2012). *The developing mind: How relationships and the brain interact to shape who we are* (2nd ed.). Guilford Press. Siegel, D. J. (2014). *Brainstorm: The power and purpose of the teenage brain*. Tarcher/Penguin.

### NOTA DEL AUTOR

El presente trabajo se construye desde una doble experiencia: la académica y la vivencial. El autor ha transitado el aula y la clínica en distintos momentos de su trayectoria, primero como estudiante y posteriormente como docente y terapeuta, lo cual ha configurado una sensibilidad particular hacia los procesos relacionales que se despliegan en el contexto educativo. Esta posición no pretende sustituir el rigor científico por el relato autobiográfico, sino hacer explícito el lugar desde el cual se piensa. Toda producción de conocimiento se inscribe en una experiencia humana situada; reconocerlo no debilita la objetividad, sino que la contextualiza. La elección de los marcos teóricos desarrollados en este artículo –la neuropsicología relacional, el estudio del trauma y la teoría del campo en la psicoterapia Gestalt– responde tanto a su solidez conceptual como a su capacidad explicativa frente a fenómenos observados de manera reiterada en la práctica educativa. La experiencia del aula, comprendida como campo relacional, exige modelos que integren regulación emocional, desarrollo neurobiológico y responsabilidad estructural sin reducir el análisis a perspectivas individualizantes o moralizantes. El autor asume que la relación docente-adolescente es simultáneamente bidireccional y asimétrica, y que esta tensión requiere una mirada que evite tanto la culpabilización del profesorado como la victimización del estudiantado. Desde esta perspectiva, el presente trabajo busca aportar una reflexión crítica que articule teoría y práctica, sosteniendo la complejidad del fenómeno educativo sin simplificaciones. Más que prescribir modelos ideales de intervención, la intención es ampliar el marco comprensivo desde el cual se interpreta lo que ocurre en el aula, entendida no solo como espacio de transmisión de contenidos, sino como escenario donde se configuran experiencias de seguridad, reconocimiento y posibilidad de sentido.

# OFERTA ACADÉMICA 2026 ONLINE



**20% OFF**

**CERTIFICACIÓN EN MANEJO DE LA SELECTIVIDAD ALIMENTARIA EN TEA**

**incri a.c.**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL

Hasta un 90% de los niños con TEA presentan selectividad ALIMENTARIA

**FEBRERO 2026: 7, 8, 14 Y 15**  
10:00AM-15:00PM - TIEMPO DE LA CDMX-  
MODALIDAD ONLINE

**¡INSCRIBETE AHORA!** ☎ 244-115-25-33  
✉ [incrivinculacion@gmail.com](mailto:incrivinculacion@gmail.com)

Diplomado en

**LUDOTERAPIA SENSORIAL**

**incri a.c.**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL

Este diplomado une la ciencia y la creatividad. Combina el enfoque clínico y educativo para formar profesionales capaces de diseñar espacios, actividades y programas que impulsen el desarrollo integral desde lo sensorial y lo lúdico.

**INICIAMOS 12 DE ABRIL 2026 ONLINE**

**¡INSCRIBETE AHORA!**

☎ 244-115-25-33  
✉ [incrivinculacion@gmail.com](mailto:incrivinculacion@gmail.com)

**25% OFF**

Diplomado en

**MANEJO MULTISISTÉMICO DEL TEA**

**Modalidad Online**

Descubre el enfoque multisistémico del TEA: Una mirada integral que comprende y atiende sus causas, no solo sus conductas.

**Inicia: 23 de Mayo 2026**  
**¡Inscríbete ahora!**

**incri a.c.**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL

**25% OFF EN TODO EL DIPLOMADO**

☎ 244-115-25-33  
✉ [incrivinculacion@gmail.com](mailto:incrivinculacion@gmail.com)

**incri a.c.**  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL

**DIPLOMADO EN NEUROREHABILITACIÓN PEDIÁTRICA**

**-ONLINE-**  
**06 de Junio 2026**

Con certificación en:  
**Método B.N.B.**  
**Técnica N.P.C.**  
& especialización en **neurorehabilitación**

**20% DE DESCUENTO EN INSCRIPCIÓN, MENSUALIDAD CONGELADA SIN IVA**  
-HISTORICAMENTE 15000000.000-

☎ 244-115-25-33  
✉ [incrivinculacion@gmail.com](mailto:incrivinculacion@gmail.com)

**¡INSCRIBETE YA!**

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA REHABILITACION INTEGRAL INCRI A.C.**



ENERO 2026

EDICIÓN NO 01