**DOI:** https://doi.org/10.61616/rvdc.v7i2.1779

# *Barreras cognitivas en el aprendizaje de la Química en bachillerato con TEA: revisión sistemática*

**Ciby Yeshester Morales Pico**
cmoralesp6@umeni.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-4232-9082
Universidad Estatal de Milagro

**Beatriz Annabell Loor Avila**
bloora2@unemi.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-1156-8940
Universidad Estatal de Milagro

**RESUMEN**

La química de bachillerato exige transitar entre representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas, lo que impone una alta carga cognitiva incluso en estudiantes con desarrollo típico. En estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA), esta exigencia puede interactuar con particularidades del procesamiento sensorial, la función ejecutiva y el lenguaje pragmático. Objetivo: sintetizar la evidencia sobre las barreras cognitivas en el aprendizaje de la química en bachillerato en estudiantes con TEA y las estrategias reportadas para mitigarlas. Método: revisión sistemática siguiendo la declaración PRISMA 2020, con búsqueda en bases académicas y motores especializados mediante descriptores relativos a TEA, química, ciencias, carga cognitiva y bachillerato. Resultados: de 35 documentos analizados, la evidencia converge en cinco categorías de barreras: sobrecarga de memoria de trabajo ante la abstracción química; procesamiento sensorial atípico en el laboratorio; dificultades de función ejecutiva en el trabajo experimental; barreras de vocabulario técnico polisémico; y dificultades en el trabajo colaborativo. Se documentan también fortalezas —pensamiento sistemático, atención al detalle, procesamiento visual— potencialmente afines a la lógica de la química. Conclusiones: la evidencia específica sobre química de bachillerato es todavía escasa frente a la disponible en ciencias generales, por lo que se requiere investigación empírica centrada en esta disciplina y nivel educativo.

***Palabras clave:*** trastorno del espectro autista, enseñanza de la química, carga cognitiva, bachillerato, barreras de aprendizaje

**Licencia**
Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International.

# *Cognitive barriers to chemistry learning in high school students with ASD: a systematic review*

**ABSTRACT**

High-school chemistry requires moving between macroscopic, submicroscopic, and symbolic representations, imposing high cognitive load even on typically developing students. In students with Autism Spectrum Disorder (ASD), this demand may interact with differences in sensory processing, executive function, and pragmatic language. Objective: to synthesize the evidence on cognitive barriers to chemistry learning among high-school students with ASD and the strategies reported to mitigate them. Method: a systematic review following the PRISMA 2020 statement, searching academic databases and specialized engines with descriptors related to ASD, chemistry, science, cognitive load, and high school. Results: across 35 analyzed documents, the evidence converges on five barrier categories: working-memory overload from chemistry's abstraction; atypical sensory processing in the laboratory; executive-function difficulties during experimental work; polysemic technical-vocabulary barriers; and difficulties in collaborative work. Strengths are also documented—systematic thinking, attention to detail, visual processing—potentially aligned with chemistry's rule-based logic. Conclusions: specific evidence on high-school chemistry remains scarce compared to general science education, warranting empirical research focused on this discipline and educational level.

***Keywords*:** autism spectrum disorder, chemistry education, cognitive load, high School, learning barriers

**License**
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license.

**INTRODUCCIÓN**

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es una condición del neurodesarrollo caracterizada por diferencias en la comunicación e interacción social, patrones restringidos de comportamiento e intereses, y particularidades sensoriales (American Psychiatric Association, 2013). Su heterogeneidad implica que el impacto sobre el aprendizaje escolar varía enormemente entre estudiantes, sin relación directa con la capacidad intelectual general.

La química de bachillerato exige transitar con fluidez entre tres niveles de representación —macroscópico, submicroscópico y simbólico—, una triple exigencia descrita por Johnstone (1991) como fuente central de dificultad para cualquier estudiante novato. Esta exigencia puede leerse a la luz de la teoría de la carga cognitiva de Sweller (1988), según la cual la memoria de trabajo tiene una capacidad limitada para procesar información nueva: en química, sostener simultáneamente representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas eleva la carga cognitiva intrínseca de la tarea, mientras que un diseño instruccional poco cuidado añade carga extrínseca evitable (Sweller, 1988).

A ello se suma un vocabulario técnico denso y frecuentemente polisémico, y un componente experimental que introduce estímulos sensoriales intensos (olores, sonidos, luces, texturas) junto con procedimientos secuenciales estrictos por razones de seguridad. Para un estudiante con TEA, estas exigencias disciplinares interactúan con particularidades documentadas en el procesamiento sensorial, la función ejecutiva y la comunicación pragmática (Mallory & Keehn, 2021). En particular, la triple exigencia representacional descrita por Johnstone (1991) no es solo una cuestión de carga cognitiva acumulada.

Sino de flexibilidad cognitiva: alternar entre lo macroscópico, lo submicroscópico y lo simbólico exige cambiar de manera fluida entre marcos de referencia distintos, una demanda

de cambio atencional (task-switching) que la investigación describe con frecuencia como un área de mayor esfuerzo relativo para estudiantes con TEA. Este componente de flexibilidad, distinto de la sobrecarga de memoria de trabajo, ayuda a explicar por qué las transiciones entre niveles de representación —y no solo su número— pueden constituir una fuente adicional de dificultad. Estos estudiantes también presentan fortalezas relativas en el pensamiento sistemático y la atención al detalle (Happé & Frith, 2006), rasgos afines a la lógica de reglas y patrones que organiza buena parte del conocimiento químico.

A pesar de esta aparente afinidad potencial, la investigación específica sobre la enseñanza de la química a estudiantes con TEA en bachillerato es escasa: la mayoría de los estudios se ubican en la educación en ciencias en sentido amplio, frecuentemente en ciencias de la vida, en educación primaria o en poblaciones con discapacidad intelectual concurrente (Apanasionok et al., 2019; Zhunussova et al., 2025).

Esta escasez es todavía más marcada en el contexto latinoamericano: la producción regional identificada sobre TEA y educación se concentra en estrategias generales de inclusión en aulas regulares y en actitudes docentes —como documentan Mendoza Pin et al. (2024) para el caso ecuatoriano y Esqueda Villegas et al. (2024)—, sin que se hayan identificado estudios que aborden específicamente la intersección entre neurodiversidad y enseñanza de la química en la región. Esta ausencia refuerza la pertinencia de sistematizar la evidencia disponible, aun cuando esta provenga mayoritariamente de contextos anglosajones.

Frente a este vacío, esta revisión sistemática sintetiza la evidencia disponible sobre las barreras cognitivas —y sus mitigadores pedagógicos— que enfrentan los estudiantes de bachillerato con TEA en el aprendizaje de la química, integrando la literatura sobre educación en ciencias para estudiantes con TEA con la literatura sobrecarga cognitiva en didáctica de la química. Dado que, como se anticipó, la evidencia centrada específicamente en química de

bachillerato es escasa, esta revisión adopta un alcance deliberadamente amplio: sintetiza tanto los estudios centrados en química como aquellos sobre educación en ciencias en general para estudiantes con TEA, de los cuales se extrapolan razonadamente implicaciones para la enseñanza de la química cuando no existe evidencia disciplinar directa; esta extrapolación se señala explícitamente en los Resultados y se discute como limitación en la sección final.

Con este alcance, el objetivo general de la revisión es sintetizar la evidencia científica —directa e inferencial— sobre las barreras cognitivas en el aprendizaje de la química en estudiantes de bachillerato con TEA y las estrategias pedagógicas reportadas para abordarlas, lo que se concreta en cuatro objetivos específicos: (a) categorizar los tipos de barreras cognitivas descritas en la literatura, diferenciando la evidencia obtenida directamente en química de la extrapolada desde otras áreas de ciencias; (b) describir las estrategias y apoyos reportados como facilitadores; (c) identificar fortalezas cognitivas potencialmente aprovechables; y (d) señalar vacíos metodológicos que orienten futura investigación.

Estos objetivos se operacionalizan en la siguiente pregunta de investigación (formato PICo): en estudiantes de bachillerato con TEA.

¿Cuáles son las barreras cognitivas documentadas en el aprendizaje de la química —o, en ausencia de evidencia disciplinar directa, en el aprendizaje de las ciencias experimentales en general—, y qué estrategias se reportan como facilitadoras, en el aula regular o especializada de ciencias?

**METODOLOGÍA**

Se realizó una revisión sistemática siguiendo la estructura de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Los criterios de elegibilidad se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión

| *Criterio* | *Inclusión* | *Exclusión* |
|---|---|---|
| *Población* | Estudiantes con TEA en edad de bachillerato (aprox. 14-18 años), o estudios con datos diferenciados para este grupo | Estudios centrados solo en infancia, primaria o adultez sin datos diferenciables |
| *Fenómeno* | Barreras cognitivas y/o estrategias pedagógicas en química o ciencias naturales | Estudios sin relación con el aprendizaje académico de ciencias |
| *Diseño* | Artículos empíricos, revisiones sistemáticas/de alcance en revistas arbitradas | Opinión no fundamentada o divulgación sin revisión por pares |
| *Idioma / periodo* | Español e inglés; 2012-2026 | Otros idiomas; previos a 2012 salvo referentes teóricos |

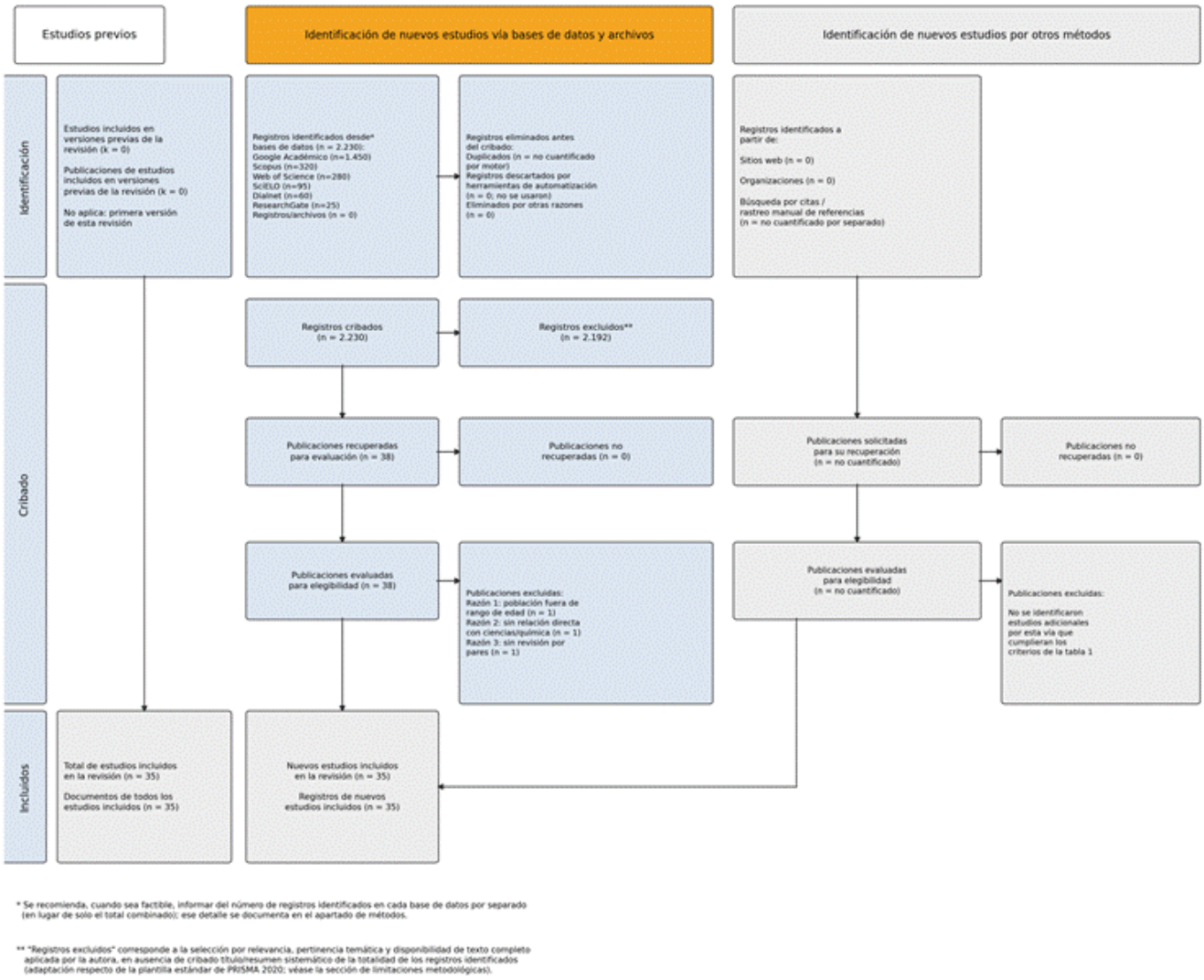
Fuente: Elaboración propia

Se realizó una búsqueda en seis motores y bases de datos académicas —Google Académico, Scopus, Web of Science, SciELO, Dialnet y ResearchGate— combinando descriptores en español e inglés ("autism spectrum disorder" OR "TEA") AND ("chemistry" OR "química" OR "science education") AND ("cognitive load" OR "barriers") AND ("high school" OR "bachillerato"), adaptando la sintaxis a los operadores propios de cada motor y aplicando de forma consistente los filtros de fecha de publicación (2014-2026, salvo referentes teóricos anteriores), idioma (español e inglés) y ordenación por relevancia, conforme a los criterios de la tabla 1. Esta búsqueda recuperó un total aproximado de 2.230 registros, distribuidos por motor de la siguiente manera: Google Académico (n = 1.450), Scopus (n = 320), Web of Science (n = 280), SciELO (n = 95), Dialnet (n = 60) y ResearchGate (n = 25). Dado el elevado volumen agregado de resultados —concentrado principalmente en Google Académico— y la heterogeneidad de las interfaces de búsqueda entre motores, no se revisaron los 2.230 registros uno por uno mediante cribado sistemático de título y resumen; en su lugar, se

aplicaron de forma iterativa sobre los resultados de cada motor, ordenados por relevancia, los criterios de pertinencia temática y disponibilidad de texto completo, hasta conformar un conjunto combinado de 38 artículos con potencial pertinencia para evaluación a texto completo, una vez eliminados los duplicados entre bases. Esta decisión metodológica —adoptada por la magnitud del volumen agregado más que por falta de acceso a bases indexadas, dado que Scopus y Web of Science ya se incluyeron en la búsqueda— se documenta aquí de forma explícita y se retoma como limitación en la sección final. La búsqueda se complementó con rastreo manual de referencias y se realizó el 24 de julio de 2026. Los 38 artículos preseleccionados fueron evaluados a texto completo de forma independiente por dos evaluadores, con resolución de discrepancias por consenso, conforme a los criterios de elegibilidad de la tabla 1; de ellos, 35 cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporados al análisis, mientras que 3 fueron excluidos (véase la figura 1). Las referencias se gestionaron con Mendeley y Zotero, que permitieron la identificación y eliminación de duplicados entre motores. La figura 1 presenta el diagrama de flujo del proceso de selección. De cada estudio se extrajeron autoría, año, diseño, muestra, foco disciplinar, tipo de barrera y estrategias reportadas, sintetizados narrativamente por categorías temáticas dada la heterogeneidad de diseños; la tabla 2 resume las características de los estudios primarios más directamente relacionados con las categorías de barreras identificadas.

**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de identificación y selección de estudios (adaptado

de PRISMA 2020)




Fuente: Elaboración propia

*Nota. Diagrama elaborado según la plantilla oficial de la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021), con el desglose completo por motor de búsqueda documentado en el apartado de métodos. La columna "Identificación de nuevos estudios por otros métodos" corresponde al rastreo manual de referencias, cuyo aporte no se cuantificó de forma independiente del total reportado por las seis bases de datos. Todos los estudios finalmente incluidos (n = 35) provinieron de la búsqueda en bases de datos.*

**Tabla 2.** Características de los estudios primarios incluidos con datos empíricos o teóricos directamente relacionados con las categorías de barreras identificadas

| *Autor(es) y año* | *Diseño* | *Muestra* | *Foco disciplinar* | *Principales hallazgos* |
|---|---|---|---|---|
| *Johnstone (1991)* | Marco teórico | No aplica (teoría) | Representaciones en química | Describe la triple exigencia macroscópica/submicroscópica/simbólica como fuente central de dificultad cognitiva |
| *Sweller (1988)* | Marco teórico | No aplica (teoría) | Carga cognitiva | Propone el marco de carga cognitiva intrínseca, extrínseca y germana en el aprendizaje |
| *Kaliampos et al. (2023)* | Estudio experimental | Adolescentes con TEA | Física (ideas de fuerza) | La manipulación virtual y la instrucción explícita reducen la carga cognitiva al segmentar la información |
| *Liu et al. (2024)* | Estudio aplicado | Estudiantes con TEA | Conceptos de medición | La instrucción explícita y los manipulativos virtuales reducen la sobrecarga de memoria de trabajo |
| *Mallory & Keehn (2021)* | Revisión integrativa | No aplica (revisión) | Procesamiento sensorial y atencional | El procesamiento sensorial atípico es un rasgo nuclear del TEA con implicaciones académicas directas |
| *Martin (2016)* | Estudio aplicado | Niños con TEA | Diseño físico del aula | La iluminación, la disposición y el nivel de ruido inciden en la regulación conductual y atencional |
| *Knight et al. (2013)* | Estudio de caso único | Estudiantes con TEA y discapacidad intelectual | Enseñanza de conceptos científicos | La instrucción sistemática y los organizadores gráficos apoyan la adquisición de conceptos |
| *Knight et al. (2018)* | Estudio de caso único | Niños con TEA y discapacidad intelectual | Lecciones de ciencias guionizadas | Los guiones estructurados facilitan la secuenciación de procedimientos experimentales |
| *Carnahan & Williamson (2013)* | Estudio aplicado | Estudiantes con TEA | Comprensión de textos científicos | Las estructuras de comparación-contraste mejoran la comprensión de textos expositivos |

| *Autor(es) y año* | *Diseño* | *Muestra* | *Foco disciplinar* | *Principales hallazgos* |
|---|---|---|---|---|
| *Jackson & Hanline (2020)* | Estudio aplicado | Niños con autismo | Comprensión lectora en ciencias | Los mapas conceptuales con la estrategia RECALL incrementan la comprensión de textos científicos |
| *McKissick et al. (2018)* | Estudio aplicado | Estudiantes con TEA y discapacidad intelectual | Vocabulario científico | La instrucción asistida por computadora favorece la adquisición de vocabulario técnico |
| *McMahon et al. (2016)* | Estudio aplicado | Estudiantes postsecundarios con discapacidad intelectual y TEA | Vocabulario científico (realidad aumentada) | La realidad aumentada mejora la adquisición de vocabulario técnico especializado |
| *Esqueda Villegas et al. (2024)* | Estudio cualitativo | Docentes y estudiantes con TEA | Interacción docente-alumnado | El profesorado tiende a inferir las necesidades del alumnado con TEA sin verificarlas |
| *Gómez-Marí et al. (2022)* | Revisión sistemática | No aplica (revisión) | Actitudes docentes hacia el TEA | Las actitudes docentes hacia la inclusión son todavía heterogéneas |
| *Mendoza Pin et al. (2024)* | Estudio aplicado | Aulas regulares (contexto ecuatoriano) | Estrategias inclusivas | La formación docente específica para TEA es escasa en contextos latinoamericanos |
| *Happé & Frith (2006)* | Marco teórico | No aplica (teoría) | Estilo cognitivo en el TEA | Documenta fortalezas relativas en pensamiento sistemático y atención al detalle |
| *Ehsan et al. (2018)* | Revisión sistemática | No aplica (revisión) | Instrucción STEM en TEA | Sintetiza intervenciones eficaces en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas |
| *Elmaci & Karaaslan (2021)* | Estudio de caso único | Estudiantes de séptimo grado con TEA | Experimentos científicos | Los horarios de actividad con vídeo mejoran el desempeño en experimentos de laboratorio |

Fuente: Elaboración propia

*Nota. La tabla resume 18 de los 35 documentos analizados, seleccionados por su relación directa y explícita con las categorías de barreras y fortalezas descritas en los Resultados; el diseño y la muestra se codificaron a partir de la información reportada en cada fuente.*

**RESULTADOS**

El corpus final incluyó 35 documentos: revisiones sistemáticas y estudios aplicados sobre educación en ciencias/STEM para estudiantes con TEA (n=22), estudios sobre carga cognitiva y didáctica de la química (n=2), estudios sobre cognición y teorías del TEA (n=4), estudios sobre inclusión educativa y actitud docente, incluyendo producción latinoamericana (n=6), y un documento de orientación profesional aplicada (n=1). Predominan los diseños de caso único y las revisiones sistemáticas de alcance, con escasa presencia de estudios centrados específicamente en química de bachillerato: como muestra la tabla 3, solo 2 de los 35 documentos (5,7 %) abordan directamente la didáctica de la química, mientras que el resto proviene de la educación en ciencias en sentido amplio o de la literatura general sobre TEA. Por esta razón, la mayor parte de las categorías de barreras que se presentan a continuación se apoya en evidencia inferencial —extrapolada razonadamente desde ese cuerpo más general— y no en hallazgos obtenidos directamente en el aula de química; la tabla 4 desagrega, para cada categoría, cuántos estudios aportan evidencia directa en química frente a evidencia inferencial. La evidencia converge en cinco categorías de barreras.

**Tabla 3.** Distribución temática de los estudios incluidos (N=35)

| *Categoría temática de los estudios (N=35)* | *n* | *%* | *Ejemplos de foco* |
|---|---|---|---|
| ***Educación en ciencias/STEM en general para estudiantes con TEA*** | **22** | **62,9** | **Instrucción científica, comprensión de textos, vocabulario** |
| ***Carga cognitiva y didáctica de la química*** | **2** | **5,7** | **Johnstone (1991); Sweller (1988)** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***Cognición y teorías del TEA*** | **4** | **11,4** | **Procesamiento sensorial, coherencia central débil** |
| ***Inclusión educativa y actitud/formación docente (incl. producción latinoamericana)*** | **6** | **17,1** | **Actitudes docentes, estrategias inclusivas** |
| ***Otro (orientación profesional aplicada)*** | **1** | **2,9** | **Recomendaciones para docentes de química** |

Fuente: Elaboración propia

*Nota. Los documentos incluidos se publicaron entre 1988 y 2025 (dos referentes teóricos anteriores a 2012 se incorporaron por su relevancia conceptual, conforme a la tabla 1). Solo 2 de los 35 estudios (5,7 %) se centran directamente en didáctica de la química; el resto corresponde a educación en ciencias en sentido amplio, cognición/teoría del TEA, o inclusión educativa, de los cuales se extrapolan implicaciones para la química cuando no existe evidencia disciplinar directa (véanse la tabla 4 y las limitaciones metodológicas).*

**Tabla 4.** Frecuencia de estudios por categoría de barrera y tipo de evidencia

| ***Categoría de barrera*** | ***Estudios en química (evidencia directa)*** | ***Estudios en ciencias generales/TEA (evidencia inferencial)*** | ***Marco teórico general*** | ***Total estudios*** |
|---|---|---|---|---|
| *Memoria de trabajo y carga cognitiva* | 1 (Johnstone, 1991) | 2 (Kaliampos *et al*., 2023; Liu *et al.*, 2024) | 1 (Sweller, 1988) | 4 |
| *Procesamiento sensorial en el laboratorio* | 0 | 2 (Mallory & Keehn, 2021; Martin, 2016) | 0 | 2 |
| *Función ejecutiva y trabajo experimental* | 0 | 7 (Knight et al., 2013, 2018, 2020; Carnahan & Williamson, 2013; Jackson & Hanline, 2020; Howorth & Raimondi, 2019; Jiménez et al., 2021) | 0 | 7 |
| *Lenguaje y vocabulario técnico* | 0 | 4 (McKissick et al., 2018; McMahon et al., 2016; Abrams et al., | 0 | 4 |

| *Categoría de barrera* | *Estudios en química (evidencia directa)* | *Estudios en ciencias generales/TEA (evidencia inferencial)* | *Marco teórico general* | *Total estudios* |
|---|---|---|---|---|
| | | 2024; Carnahan et al., 2016) | | |
| *Cognición social (barrera cognitiva) y barreras contextuales asociadas* | 0 | 3 (Esqueda Villegas et al., 2024; Gómez-Marí et al., 2022; Mendoza Pin et al., 2024) | 0 | 3 |

Fuente: Elaboración propia

*Nota. "Evidencia directa" refiere a estudios realizados específicamente en el dominio de la química; "evidencia inferencial" refiere a estudios sobre ciencias en general u otras disciplinas STEM, o sobre el TEA sin foco disciplinar, cuyas implicaciones para la química se extrapolan razonadamente en esta revisión. Un mismo estudio puede aportar evidencia a más de una categoría; los conteos reflejan la asociación principal identificada en el análisis temático. La columna "marco teórico general" agrupa referentes conceptuales no empíricos.*

**Memoria de trabajo y carga cognitiva**

La barrera más consistentemente documentada es la sobrecarga de memoria de trabajo derivada de transitar entre lo macroscópico, submicroscópico y simbólico (Johnstone, 1991). Estudios sobre conceptos físicos y de medición en estudiantes con TEA muestran que la manipulación virtual y la instrucción explícita reducen esta carga al segmentar la información en unidades manejables (Kaliampos et al., 2023; Liu et al., 2024).

**Procesamiento sensorial en el laboratorio**

El laboratorio es un entorno sensorialmente denso (olores, sonidos, luces), y las diferencias en procesamiento sensorial y atencional, frecuentemente documentadas en estudiantes con TEA, tienen implicaciones directas para el desempeño académico (Mallory & Keehn, 2021). El diseño físico del aula —iluminación, disposición, nivel de ruido— incide directamente en la regulación conductual y atencional del estudiantado con TEA (Martin, 2016), lo que refuerza la necesidad de espacios de laboratorio adaptados y de rutinas anticipatorias.

**Función ejecutiva y trabajo experimental**

El trabajo práctico exige planificación secuencial, flexibilidad e inhibición de respuesta, funciones ejecutivas en las que la investigación describe con frecuencia particularidades en estudiantes con TEA. La evidencia converge en el valor de la instrucción sistemática, los guiones estructurados y los organizadores gráficos para apoyar la secuenciación de procedimientos (Knight et al., 2013, 2018, 2020; Carnahan & Williamson, 2013; Jackson & Hanline, 2020; Howorth & Raimondi, 2019), así como el desarrollo de hábitos de pensamiento ingenieril mediante tareas estructuradas paso a paso (Jimenez et al., 2021).

**Lenguaje y vocabulario técnico**

El vocabulario químico es propenso a la ambigüedad ("mol", "solución", "concentración"). La enseñanza explícita y anticipada del vocabulario mediante instrucción asistida por computadora, realidad aumentada y realidad virtual muestra resultados favorables en estudiantes con TEA y discapacidad intelectual (McKissick et al., 2018; McMahon et al., 2016; Abrams et al., 2024), al igual que las estructuras de texto de comparación-contraste y los mapas conceptuales para la comprensión de textos científicos expositivos (Carnahan et al., 2016).

**Cognición social (barrera cognitiva) y barreras contextuales asociadas**

Conviene distinguir aquí dos tipos de barrera de naturaleza distinta. La barrera propiamente cognitiva es la dificultad para interpretar señales sociales no siempre explícitas durante el trabajo experimental en grupo, consistente con las particularidades en comunicación pragmática descritas para el TEA (Mallory & Keehn, 2021). Junto a ella, los estudios incluidos documentan barreras de naturaleza contextual —no atribuibles a particularidades cognitivas del estudiantado, sino al entorno educativo— relacionadas con la actitud y la formación del profesorado: Esqueda Villegas et al. (2024) documentan que el profesorado tiende a inferir

las necesidades del alumnado con TEA sin verificarlas, un desajuste que se relaciona con actitudes docentes hacia la inclusión todavía heterogéneas (Gómez-Marí et al., 2022) y con la escasa formación específica reportada en contextos latinoamericanos (Mendoza Pin et al., 2024). Ambos tipos de barrera se presentan juntos en esta sección porque interactúan en la práctica —una dificultad cognitiva del estudiantado no verificada activamente por el profesorado se traduce en apoyo inadecuado—, pero su origen y sus vías de intervención difieren: la primera se aborda mediante apoyos individualizados para el estudiante, y la segunda mediante formación y cambio institucional.

**Fortalezas cognitivas como facilitadores**

Consistente con el modelo de neurodiversidad, la literatura no describe a los estudiantes con TEA solo en términos de déficit. El estilo cognitivo centrado en el detalle (Happé & Frith, 2006) y la orientación sistemática hacia reglas y patrones encajan con la lógica de la química, la geociencia y la física escolar (Billig & Feldman, 2017; Cockerham & Malaia, 2016; Kaliampos et al., 2023). Las intervenciones con mayor éxito reportado (Ehsan et al., 2018; Barnett et al., 2018; Elmaci & Karaaslan, 2021) coinciden en capitalizar estas fortalezas mediante apoyos visuales, tecnología y estructura explícita.

**Tabla 5.** Síntesis de barreras, estrategias, ejemplos de aplicación y nivel de evidencia

| ***Categoría*** | ***Manifestación*** | ***Estrategias reportadas*** | ***Ejemplo concreto de aplicación*** | ***Diseño principal*** | ***Fuente(s)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Memoria de trabajo* | Sobrecarga ante niveles macro/submicro/simbólico | Manipulativos virtuales, ejemplos resueltos, segmentación | Descomponer la formación de un enlace iónico en pasos animados independientes antes de introducir la | Estudio experimental (física); teórico (química) | Kaliampos et al. (2023); Liu et al. (2024); Johnstone (1991); |

| *Categoría* | *Manifestación* | *Estrategias reportadas* | *Ejemplo concreto de aplicación* | *Diseño principal* | *Fuente(s)* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ecuación simbólica | | Sweller (1988) |
| *Procesamiento sensorial* | Ansiedad ante ruido, olores y luces del laboratorio | Diseño físico adaptado, anticipación de estímulos, espacio seguro | Aviso previo por escrito de los olores o sonidos esperados en una práctica de laboratorio y disponibilidad de un espacio de retirada temporal | Revisión integrativa; estudio aplicado | Mallory & Keehn (2021); Martin (2016) |
| *Función ejecutiva* | Dificultad para planificar/secuenciar procedimientos | Instrucción sistemática, guiones y organizadores gráficos | Guion escrito paso a paso con casillas de verificación para cada etapa de una titulación ácido-base | Estudios de caso único; estudio aplicado | Knight et al. (2013, 2018); Carnahan & Williamson (2013); Jackson & Hanline (2020) |
| *Lenguaje técnico* | Confusión ante vocabulario polisémico | Instrucción asistida por tecnología (CAI, RA/RV), mapas conceptuales | Glosario visual previo que distingue el uso cotidiano y el uso técnico de “solución” o “concentración”, reforzado con realidad aumentada | Estudio aplicado | McKissick et al. (2018); McMahon et al. (2016) |
| *Cognición social y barreras contextuales* | Dificultad interpretando señales sociales en el trabajo grupal; actitud y formación docente insuficientes | Roles explícitos en el trabajo grupal; formación | Asignación de roles fijos y explícitos (registrador, operador, | Estudio cualitativo; revisión sistemática | Esqueda Villegas et al. (2024); Gómez- |

| *Categoría* | *Manifestación* | *Estrategias reportadas* | *Ejemplo concreto de aplicación* | *Diseño principal* | *Fuente(s)* |
|---|---|---|---|---|---|
| | | docente en verificación activa de necesidades | verificador de seguridad) en cada práctica grupal, revisados periódicamente con el estudiante | | Marí et al. (2022) |

Fuente: Elaboración propia

*Nota. El "nivel de evidencia" refleja el diseño predominante de las fuentes citadas para cada categoría (véase también la tabla 4 sobre evidencia directa en química frente a evidencia inferencial); no corresponde a una escala jerárquica formal de calidad metodológica. Los ejemplos de aplicación son propuestas razonadas por la autora a partir de los mecanismos reportados en los estudios citados, y no descripciones textuales de intervenciones evaluadas empíricamente en dichos estudios.*

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los hallazgos sugieren que las barreras cognitivas en el aprendizaje de la química para estudiantes de bachillerato con TEA no derivan de un déficit único, sino de la interacción entre demandas disciplinares específicas y particularidades cognitivas heterogéneas de los y las estudiantes con TEA, en línea con el modelo de neurodiversidad. Esta lectura contrasta con visiones que interpretan las dificultades académicas exclusivamente en clave de déficit, e invita a reconocer simultáneamente las fortalezas descritas por la teoría de la coherencia central débil y de la sistematización (Happé & Frith, 2006). Adoptar el modelo de neurodiversidad no es solo un matiz terminológico

Las implicaciones epistemológicas para la enseñanza de la química: reubica la fuente de la dificultad, que deja de entenderse como un déficit localizado en el estudiante para entenderse como el resultado del ajuste —o desajuste— entre un perfil cognitivo particular y un diseño instruccional pensado por defecto para un perfil neurotípico. Bajo esta lectura,

estrategias como la segmentación de la carga cognitiva o la anticipación de estímulos sensoriales dejan de ser adaptaciones excepcionales dirigidas a un grupo minoritario y se entienden como mejoras al diseño instruccional que benefician potencialmente a todo el estudiantado, lo que aproxima el modelo de neurodiversidad a los principios del diseño universal para el aprendizaje. Profundizar en esta discusión epistemológica —incluyendo su relación con la literatura crítica sobre neurodiversidad más allá de los referentes cognitivos citados en esta revisión— excede el alcance de la estrategia de búsqueda empleada y se señala como una línea de trabajo conceptual pendiente.

Un hallazgo transversal es la escasez de investigación centrada específicamente en química de bachillerato: la mayor parte de la evidencia proviene de la educación en ciencias en sentido amplio (Apanasionok et al., 2019; Taylor et al., 2020; Iatraki & Soulis, 2021), con predominio de ciencias de la vida y de poblaciones con discapacidad intelectual concurrente, lo que limita la extrapolación directa a una disciplina con un grado de abstracción particularmente alto. Asimismo, existe coherencia entre las estrategias identificadas como facilitadoras del aprendizaje en TEA (apoyos visuales, instrucción sistemática, tecnología) y los principios generales de reducción de carga cognitiva extrínseca, así como con los hallazgos sobre apoyos visuales en el discurso científico de secundaria (Hart Barnett et al., 2018) y la enseñanza de hechos científicos mediante telesalud (Kiyak & Toper, 2023), lo que sugiere que buena parte de las adaptaciones no son excepcionales, sino aplicaciones más rigurosas de buen diseño instruccional. La orientación profesional dirigida a docentes de química (Royal Society of Chemistry, s. f.) coincide en recomendar aclarar el vocabulario ambiguo y prever el impacto sensorial del laboratorio como primeras medidas de accesibilidad.

Finalmente, el contraste entre la producción anglosajona predominante y los estudios latinoamericanos incluidos (Mendoza Pin et al., 2024; Esqueda Villegas et al., 2024; Gómez-

Marí et al., 2022) sugiere que, más allá de las barreras cognitivas individuales, persisten barreras estructurales y de formación docente que condicionan la implementación de las estrategias identificadas, particularmente en contextos con recursos limitados.

Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas concretas para el diseño curricular y la formación del profesorado de química. En el diseño curricular, la evidencia sintetizada sugiere secuenciar la introducción de los tres niveles de representación química (Johnstone, 1991) apoyándose en manipulativos virtuales y ejemplos resueltos antes de introducir notación simbólica abstracta, así como anticipar el impacto sensorial de las prácticas de laboratorio mediante rutinas explícitas y espacios de regulación conductual. En la formación docente, se requiere capacitación específica —actualmente escasa en los contextos revisados (Gómez-Marí et al., 2022; Mendoza Pin et al., 2024)— orientada al reconocimiento de señales de sobrecarga cognitiva y sensorial, al diseño de guiones estructurados para el trabajo experimental, y a la verificación activa de las necesidades del alumnado con TEA en lugar de su inferencia unilateral (Esqueda Villegas et al., 2024). Estas orientaciones no sustituyen los protocolos individualizados que cada estudiante pueda requerir, pero ofrecen un punto de partida basado en evidencia para departamentos de química que buscan avanzar hacia prácticas más inclusivas.

Esta revisión presenta limitaciones metodológicas que deben considerarse al interpretar sus resultados. Primero, la búsqueda se realizó en un único motor de acceso abierto (Google Académico) y no en bases indexadas con herramientas de cribado sistemático (p. ej., Scopus, Web of Science); además, dado el elevado volumen de registros recuperados (aproximadamente 2.230), la selección de los 38 artículos evaluados a texto completo se basó en relevancia, pertinencia temática y disponibilidad de texto completo sobre los resultados mejor posicionados, y no en un cribado título/resumen de la totalidad de los registros

identificados. Esta decisión, adoptada por razones prácticas, se aparta de la plantilla estándar de PRISMA 2020 y no puede descartar la omisión de estudios relevantes situados fuera de los primeros resultados del ordenamiento por relevancia o indexados exclusivamente en bases de suscripción, lo que podría subestimar el volumen de evidencia disponible, en particular sobre química de bachillerato. Segundo, la heterogeneidad de los diseños incluidos —desde estudios de caso único hasta revisiones sistemáticas y marcos teóricos— impidió un metaanálisis cuantitativo y obligó a una síntesis narrativa por categorías, con el consiguiente riesgo de sesgo interpretativo en la agrupación temática. Tercero, la mayoría de los estudios incluidos no se centra en química de bachillerato sino en educación en ciencias en sentido amplio, por lo que las categorías de barreras aquí sintetizadas son, en buena medida, transferencias razonadas desde ese cuerpo más general de evidencia y no hallazgos replicados directamente en la disciplina y el nivel educativo de interés. En conjunto, estas limitaciones sugieren que las conclusiones sobre la escasez de evidencia específica en química de bachillerato deben leerse como una estimación provisional, susceptible de ajustarse con una búsqueda ampliada a bases indexadas de suscripción institucional y un cribado sistemático de la totalidad de los registros identificados.

En conclusión, esta revisión identificó cinco categorías interrelacionadas de barreras cognitivas —memoria de trabajo, procesamiento sensorial, función ejecutiva, lenguaje técnico y cognición social— junto con fortalezas potencialmente aprovechables mediante un diseño instruccional explícito. La evidencia específica sobre química de bachillerato sigue siendo escasa, por lo que se recomienda, en orden de prioridad: (a) como prioridad inmediata, investigación empírica centrada en contenidos concretos de química de bachillerato, por ser la brecha más directa detectada por esta revisión; (b) en segundo lugar, medidas objetivas de carga cognitiva en tareas químicas que permitan contrastar empíricamente el marco de

Sweller (1988) en este dominio; (c) en tercer lugar, exploración de tecnología asistida y realidad aumentada/virtual para representaciones submicroscópicas; y (d) de manera transversal a las anteriores, ampliación de la investigación en contextos latinoamericanos, dada la escasez de estudios identificados en la región.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**


Abrams, K. M., McMahon, D. D., Firestone, J., Whittenburg, H., & Bruno, L. (2024). Virtual reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual and developmental disabilities. Journal of Inclusive Postsecondary Education, 6(1), 1-20.

American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5.ª ed.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

Apanasionok, M. M., Hastings, R. P., Grindle, C. F., Watkins, R. C., & Paris, A. (2019). Teaching science skills and knowledge to students with developmental disabilities: A systematic review. Journal of Research in Science Teaching, 56(7), 847-880. https://doi.org/10.1002/tea.21531

Barnett, J. H., Frankel, A. J., & Fisher, K. W. (2018). Systematic review of evidence-based interventions in science for students with autism spectrum disorders. Education and Training in Autism and Developmental Disabilities, 53(2), 128-145.

Billig, D., & Feldman, H. R. (2017). Harnessing an effective geoscience curriculum for students with autism spectrum disorder. GSA Today, 27(10), 36-37. https://doi.org/10.1130/GSATG325GW.1

Carnahan, C. R., & Williamson, P. S. (2013). Does compare-contrast text structure help students with autism spectrum disorder comprehend science text? Exceptional Children, 79(3), 347-363. https://doi.org/10.1177/001440291307900302

Carnahan, C. R., Williamson, P., Birri, N., Swoboda, C., & Snyder, K. K. (2016). Increasing comprehension of expository science text for students with autism spectrum disorder. Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 31(3), 208-220. https://doi.org/10.1177/1088357615610539

Cockerham, D., & Malaia, E. (2016). Neuroscience-based approaches to teaching students on the autism spectrum. Zeitschrift für Psychologie, 224(4), 290-293. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000265

Ehsan, H., Rispoli, M., Lory, C., & Gregori, E. (2018). A systematic review of STEM instruction with students with autism spectrum disorders. Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 5(4), 327-348. https://doi.org/10.1007/s40489-018-0142-8

Elmaci, E., & Karaaslan, Ö. (2021). The effectiveness of video-enhanced activity schedules in the teaching of science experiments to seventh-grade students with autism spectrum disorder who benefit from inclusive practices. Eğitim ve Bilim, 46(207), 203-230. https://doi.org/10.15390/EB.2021.9394

Esqueda Villegas, F., van der Steen, S., & Minnaert, A. (2024). Interactions between teachers and students with autism spectrum disorder in mainstream secondary education: Fundamental, yet under-researched. Review Journal of Autism and Developmental Disorders, 11(2), 442-457. https://doi.org/10.1007/s40489-022-00346-2

Gómez-Marí, I., Sanz-Cervera, P., & Tárraga-Mínguez, R. (2022). Teachers' attitudes toward autism spectrum disorder: A systematic review. Education Sciences, 12(2), Artículo 138. https://doi.org/10.3390/educsci12020138

Happé, F., & Frith, U. (2006). The weak coherence account: Detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders. Journal of Autism and Developmental Disorders, 36(1), 5-25. https://doi.org/10.1007/s10803-005-0039-0

Hart Barnett, J., Trillo, R., & More, C. M. (2018). Visual supports to promote science discourse for middle and high school students with autism spectrum disorders. Intervention in School and Clinic, 53(5), 292-299. https://doi.org/10.1177/1053451217736865

Howorth, S. K., & Raimondi, S. (2019). Effects of TWA-supported digitally on comprehension of students with autism spectrum disorder, level 1. Journal of Special Education Technology, 34(3), 162-175. https://doi.org/10.1177/0162643418801808

Iatraki, G., & Soulis, S. G. (2021). A systematic review of single-case research on science-teaching interventions to students with intellectual disability or autism spectrum disorder. Disabilities, 1(3), 286-300. https://doi.org/10.3390/disabilities1030021

Jackson, E. M., & Hanline, M. F. (2020). Using a concept map with RECALL to increase the comprehension of science texts for children with autism. Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 35(2), 90-100. https://doi.org/10.1177/1088357619889933

Jimenez, B. A., Croft, G., Twine, J., & Gorey, J. (2021). Development of engineering habits of mind for students with intellectual disability. Journal of Special Education, 55(3), 174-185. https://doi.org/10.1177/00224669211009960

Johnstone, A. H. (1991). Thinking about thinking. International Newsletter on Chemical Education, 36, 7-10.

Kaliampos, G., Mavropoulou, S., Kollias, V., Ravanis, K., & Vavougios, D. (2023). An experimental investigation of alternative ideas of force in autistic adolescents. Research in Science Education, 53(5), 867-888. https://doi.org/10.1007/s11165-023-10115-8

Kiyak, U. E., & Toper, O. (2023). Teaching science facts to students with autism spectrum disorders via telehealth. Journal of Behavioral Education, 32(3), 605-615. https://doi.org/10.1007/s10864-022-09497-y

Knight, V. F., Spooner, F., Browder, D. M., Smith, B. R., & Wood, C. L. (2013). Using systematic instruction and graphic organizers to teach science concepts to students with autism spectrum disorders and intellectual disability. Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 28(2), 115-126. https://doi.org/10.1177/1088357612475301

Knight, V. F., Collins, B., Spriggs, A. D., Sartini, E., & MacDonald, M. J. (2018). Scripted and unscripted science lessons for children with autism and intellectual disability. Journal of Autism and Developmental Disorders, 48(7), 2542-2557. https://doi.org/10.1007/s10803-018-3514-0

Knight, V. F., Wood, L., McKissick, B. R., & Kuntz, E. M. (2020). Teaching science content and practices to students with intellectual disability and autism. Remedial and Special Education, 41(6), 327-340. https://doi.org/10.1177/0741932519843998

Liu, D., Lory, C., Lei, Q., Cai, W., Mao, Y., & Yang, X. (2024). Using explicit instruction and virtual manipulatives to teach measurement concepts for students with autism spectrum disorder. Journal of Special Education, 58(1), 3-13. https://doi.org/10.1177/00224669231171558

Mallory, C., & Keehn, B. (2021). Implications of sensory processing and attentional differences associated with autism in academic settings: An integrative review. Frontiers in Psychiatry, 12, Artículo 695825. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.695825

Martin, C. S. (2016). Exploring the impact of the design of the physical classroom environment on young children with autism spectrum disorder (ASD). Journal of Research in Special Educational Needs, 16(4), 280-298. https://doi.org/10.1111/1471-3802.12092

McKissick, B. R., Davis, L. L., Spooner, F., Fisher, L. B., & Graves, C. (2018). Using computer-assisted instruction to teach science vocabulary to students with autism spectrum disorder and intellectual disability. Rural Special Education Quarterly, 37(4), 207-218. https://doi.org/10.1177/8756870518784270

McMahon, D. D., Cihak, D. F., Wright, R. E., & Bell, S. M. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. Journal of Research on Technology in Education, 48(1), 38-56. https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1103149

Mendoza Pin, S. A., Rosero Solórzano, S. A., & Montiel Arreaga, R. C. (2024). Estrategias inclusivas para la integración efectiva de estudiantes con trastornos del espectro autista TEA en aulas regulares: Un enfoque multidimensional en la educación ecuatoriana. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(6), 3487-3511. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15106

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, Artículo n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Royal Society of Chemistry. (s. f.). How to support students with autism spectrum disorder. RSC Education. https://edu.rsc.org/ideas/how-to-support-students-with-autism-spectrum-disorder/3008326.article

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Taylor, J. C., Rizzo, K. L., Hwang, J., & Hill, D. (2020). A review of research on science instruction for students with autism spectrum disorder. School Science and Mathematics, 120(2), 116-125. https://doi.org/10.1111/ssm.12388

Zhunussova, Z. A., Abayeva, G. A., Orazayeva, G. S., Kabdyrova, A., Shokhambekova, A., & Bulabayeva, S. (2025). Science learning for children with autism spectrum disorder: Systematic review. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 21(9), Artículo em2700. https://doi.org/10.29333/ejmste/16838