

Estrategias didácticas interdisciplinarias en Matemáticas y Química para fortalecer el razonamiento lógico-científico en Educación General Básica y Bachillerato

Interdisciplinary teaching strategies in Mathematics and Chemistry to strengthen logical-scientific reasoning in Basic General Education and High School

Sandra Verónica Marcatoma Lema

MINEDEC

sandra.marcatoma@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-8171-6374>
Ecuador

Juan Francisco Guaraca Daquilema

MINEDEC

francisco.guaraca@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0007-9146-7528>
Ecuador

Pedro Vicente Aucancela Guacho

MINEDEC

paucancelag@unemi.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-1725-2104>
Ecuador

Mayra Fabiola Guamán Lema

MINEDEC

mayraguaman8@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-2277-6718>
Ecuador

María Teresa Villa Guaraca

MINEDEC

teresavilla036@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-9977-0588>
Ecuador

Rosa Arminda Castro Cambizaca

MINEDEC

castrorosi1972@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-1767-4444>
Ecuador

Formato de citación APA

Marcatoma, S., Guaraca, J., Aucancela, P., Guamán, M., Villa, M. & Castro, R. (2026). Estrategias didácticas interdisciplinarias en Matemáticas y Química para fortalecer el razonamiento lógico-científico en Educación General Básica y Bachillerato. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 3), p. 3957 – 3976.

CONOCIMIENTO SIN FRONTERAS

Vol. 5 (Nº. 3). julio – septiembre 2026.

ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 08-08-2026

Fecha de aceptación: 12-08-2026

Fecha de publicación: 30-09-2026



RESUMEN

El razonamiento lógico-científico articula la inferencia formal propia de las Matemáticas con la construcción de explicaciones basadas en evidencia propia de las ciencias experimentales. Su desarrollo, sin embargo, se ve obstaculizado por una organización curricular que separa ambas áreas y que produce una desconexión entre los procedimientos matemáticos que el estudiante domina y su aplicación en contextos científicos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las estrategias didácticas interdisciplinarias entre Matemáticas y Química —y su antecedente en Ciencias Naturales— que fortalecen el razonamiento lógico-científico a lo largo de la Educación General Básica y el Bachillerato, así como los nodos curriculares y las condiciones institucionales que hacen posible dicha articulación. Se adoptó un enfoque cualitativo con diseño de revisión documental y alcance descriptivo-analítico; el corpus estuvo integrado por artículos científicos indexados, metaanálisis, revisiones sistemáticas e informes de organismos internacionales. La información se examinó mediante análisis de contenido cualitativo con codificación abierta y axial, complementado con triangulación teórica. Los resultados se organizaron en cinco categorías: los componentes del razonamiento lógico-científico y su progresión por nivel, los nodos de convergencia curricular diferenciados, las modalidades de integración y su evidencia de eficacia, el repertorio de estrategias didácticas y las condiciones institucionales de sostenimiento. Los hallazgos indican que la dificultad en los contenidos cuantitativos de la Química no responde tanto a un déficit de conocimiento químico como a una transferencia incompleta del razonamiento proporcional construido en la Básica. Se concluye que la integración más productiva no es la yuxtaposición de contenidos sino la construcción conjunta de situaciones-problema contextualizadas, y que la continuidad entre niveles constituye la condición que hace posible dicha transferencia.

PALABRAS CLAVE: razonamiento lógico-científico, interdisciplinariedad, didáctica de las matemáticas, educación química, educación general básica, bachillerato, razonamiento proporcional.

ABSTRACT

Logical-scientific reasoning links the formal inference typical of Mathematics with the construction of evidence-based explanations typical of the experimental sciences. Its development, however, is hindered by a curricular organisation that separates both areas and produces a disconnection between the mathematical procedures students master and their application in scientific contexts. This study aimed to analyse the interdisciplinary teaching strategies between Mathematics and Chemistry —and its antecedent in Natural Sciences— that strengthen logical-scientific reasoning throughout Basic General Education and High School, as well as the curricular nodes and institutional conditions that make such articulation possible. A qualitative approach was adopted, with a documentary review design and a descriptive-analytical scope; the corpus comprised indexed scientific articles, meta-analyses, systematic reviews and reports from international organisations. The information was examined through qualitative content analysis with open and axial coding, complemented by theoretical triangulation. The results were organised into five categories: the components of logical-scientific reasoning and their progression by level, the differentiated curricular convergence nodes, the integration modalities and their evidence of effectiveness, the repertoire of teaching strategies, and the institutional conditions of sustainability. The findings indicate that difficulty with the quantitative content of Chemistry does not respond so much to a deficit of chemical knowledge as to an incomplete transfer of the proportional reasoning built in basic education. It is concluded that the most productive integration is not the juxtaposition of content but the joint construction of contextualised problem situations, and that continuity between levels is the condition that makes such transfer possible.

KEYWORDS: logical-scientific reasoning, interdisciplinarity, mathematics education, chemistry education, basic general education, high school, proportional reasoning.



INTRODUCCIÓN

La organización disciplinar del currículo escolar constituye una herencia institucional de larga data con ventajas evidentes en profundidad conceptual y en formación especializada del profesorado. Produce, sin embargo, un efecto colateral persistente: los estudiantes construyen compartimentos de conocimiento escasamente comunicados entre sí. Un estudiante puede resolver con solvencia una regla de tres en la clase de Matemáticas y mostrarse incapaz, poco después, de aplicar el mismo razonamiento para determinar la masa de un reactivo en la clase de Química. El problema no es de contenido sino de transferencia.

Esta desconexión no aparece súbitamente en el Bachillerato. Se gesta a lo largo de la Educación General Básica, donde las Matemáticas y las Ciencias Naturales comparten un núcleo procedimental amplio medición, proporcionalidad, organización de datos, representación gráfica que rara vez se trabaja de manera articulada. Cuando el estudiante llega al Bachillerato y encuentra la Química como asignatura diferenciada, la exigencia de aplicar razonamiento proporcional a relaciones molares se le presenta como un contenido nuevo y no como la continuación de algo que ya sabe hacer. Por esta razón, el presente estudio aborda ambos niveles como un continuo y no como escenarios independientes.

El concepto de razonamiento lógico-científico permite nombrar con precisión aquello que ambas áreas deberían desarrollar de manera conjunta a lo largo de la trayectoria escolar. Se trata de la capacidad de establecer relaciones válidas entre proposiciones, representar situaciones mediante modelos formales, derivar consecuencias a partir de premisas y someter esas consecuencias al contraste con evidencia empírica. Reúne, por tanto, un componente deductivo de raíz matemática y un componente inductivo y argumentativo de raíz experimental. Kilpatrick, Swafford y Findell (2001) recogen esta doble condición al incluir el razonamiento adaptativo capacidad de pensamiento lógico, reflexión, explicación y justificación entre las cinco hebras entrelazadas de la competencia matemática, junto a la comprensión conceptual, la fluidez procedimental, la competencia estratégica y la disposición productiva.

Desde la educación en ciencias, Osborne (2010) ha argumentado que la argumentación y el debate, constitutivos de la práctica científica real, se encuentran prácticamente ausentes de la enseñanza escolar, y que las oportunidades de participar en discurso colaborativo y argumentativo mejoran tanto la comprensión conceptual como las capacidades de razonamiento científico. Ambas perspectivas convergen: el razonamiento no se desarrolla mediante la acumulación de procedimientos sino mediante la exigencia sistemática de justificar.

La investigación específica sobre la frontera entre Matemáticas y Química ha aportado evidencia particularmente esclarecedora sobre el punto donde la transferencia falla. Ramful y Narod (2014), en un estudio interdisciplinario, demostraron que las construcciones teóricas del razonamiento proporcional desarrolladas en didáctica de las matemáticas explican con notable precisión las dificultades que los estudiantes encuentran al resolver problemas de estequiometría. Su análisis muestra que las situaciones de proporcionalidad en Química presentan capas de complejidad superiores a las del currículo matemático, y propone un marco de cinco niveles de dificultad. Un hallazgo central resulta especialmente revelador: los estudiantes tienden a interpretar la ecuación química como una ecuación matemática antes que como un enunciado de proporcionalidad, y establecen relaciones proporcionales incorrectas cuando las cantidades se expresan en unidades no molares.

A esta dificultad se suma la naturaleza representacional de la Química. Johnstone (2000) señaló que buena parte del obstáculo proviene de la exigencia simultánea de operar en tres niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, demanda cognitiva que se acumula sobre la del razonamiento cuantitativo. El estudiante debe, en un mismo problema, imaginar partículas que no ve, manipular símbolos que las representan y relacionarlos con una masa que sí puede medir.

En la Educación General Básica, la investigación regional ha documentado tanto las dificultades como las vías de intervención. Acosta-Guarnizo, Valdivieso-González y Muñoz-Potos (2023) desarrollaron una estrategia pedagógica mediada por tecnologías para fortalecer la competencia de razonamiento matemático en estudiantes de sexto grado, evidenciando que el razonamiento constituye un objeto de enseñanza explícito y no un subproducto del cálculo. Zambrano-Mero y Cedeño-Loor (2023) analizaron el uso del dominó como estrategia para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático, y Reinoso Moreno et al. (2024) documentaron el impacto de los recursos didácticos manipulativos en el aprendizaje de conceptos matemáticos básicos en básica elemental.

El aprendizaje basado en problemas ha concentrado buena parte de la producción reciente en el nivel básico. Pinos Vargas, Toapanta Otavalo y Peña Ortiz (2024) documentan su impacto sobre el desarrollo del pensamiento matemático crítico, y Tenecela Jerez et al. (2024) analizan su aplicación a la resolución de problemas en básica media. Pacheco-García y Cáceres-Mesa (2024) aportan una reflexión sobre las condiciones que esta metodología requiere para resultar efectiva, advirtiendo que su implementación superficial produce resultados limitados.

Mendoza Cedeño, Tapia Ruelas y Guzmán Ramírez (2025), mediante una revisión sistemática con metodología PRISMA sobre treinta estudios seleccionados entre más de ocho mil registros,

identificaron seis estrategias innovadoras recurrentes para el aprendizaje matemático en Educación Básica Media: uso de materiales concretos y manipulativos, actividades lúdicas y gamificación, aprendizaje cooperativo, resolución de problemas de la vida cotidiana, uso de tecnologías digitales y aprendizaje activo. Su hallazgo más llamativo es que, pese a los avances tecnológicos, siguen destacando los materiales concretos y manipulativos.

Frente a este panorama, la integración curricular cuenta hoy con evidencia acumulada. El metaanálisis preliminar de Becker y Park (2011), sobre veintiocho estudios, reportó un tamaño del efecto global de 0,63 para los enfoques integrativos entre asignaturas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Zhou, Dong, Wang y Chiu (2025) analizaron setenta y nueve tamaños del efecto procedentes de cuarenta estudios con 15.577 estudiantes y encontraron que quienes aprenden mediante integración superan a sus pares en rendimiento académico, con un efecto de 0,661. Su análisis aporta precisiones decisivas: el efecto resultó mayor para la integración por contexto que para la integración por contenido o por herramienta; mayor para el aprendizaje basado en indagación que para el basado en problemas, en diseño o en proyectos; y el nivel escolar no resultó un moderador significativo, dato que respalda la pertinencia de abordar Básica y Bachillerato bajo un mismo marco.

El contexto regional aporta un argumento de urgencia. Arias Ortiz, Bos, Giambruno y Zoido (2023), en su análisis de los resultados de PISA 2022 para América Latina y el Caribe, documentaron el bajo desempeño relativo de la región en competencia matemática, con proporciones elevadas de estudiantes que no alcanzan los niveles mínimos de suficiencia. El dato adquiere especial relevancia porque la prueba evalúa precisamente la capacidad de aplicar razonamiento matemático a situaciones contextualizadas, esto es, aquello que la enseñanza compartimentada tiende a no desarrollar. La UNESCO (2021), por su parte, plantea que la renovación del contrato social de la educación exige superar los modelos centrados en la transmisión fragmentada de contenidos.

El problema que orienta este estudio puede formularse del siguiente modo: existe evidencia consistente sobre la conveniencia de articular Matemáticas y ciencias experimentales para fortalecer el razonamiento lógico-científico, y existe un diagnóstico preciso sobre los puntos donde esa articulación falla; sin embargo, las instituciones carecen habitualmente de un mapa organizado de nodos curriculares compartidos que abarque de manera continua la Educación General Básica y el Bachillerato, y de un repertorio sistematizado de estrategias diferenciadas por nivel.

En atención a lo anterior, el objetivo del presente estudio es analizar las estrategias didácticas interdisciplinarias entre Matemáticas y Química y su antecedente en Ciencias Naturales que fortalecen el razonamiento lógico-científico en la Educación General Básica y el Bachillerato, así como los nodos

curriculares y las condiciones institucionales que hacen posible su implementación. De este objetivo se derivan cuatro preguntas orientadoras: qué componentes integran el razonamiento lógico-científico y cómo progresan a lo largo de los niveles; qué nodos de convergencia curricular pueden identificarse en cada uno; qué modalidades de integración muestran mayor eficacia; y qué estrategias y condiciones institucionales favorecen la continuidad del trabajo interdisciplinario.

MÉTODOS MATERIALES

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, orientado al análisis e interpretación de información procedente de fuentes documentales relativas a la enseñanza interdisciplinaria de las Matemáticas y las ciencias experimentales y al desarrollo del razonamiento lógico-científico. Este enfoque resultó pertinente porque el objeto de estudio corresponde a un fenómeno didáctico complejo cuya comprensión exige atender a los supuestos epistemológicos de cada disciplina, a las condiciones institucionales de la organización escolar y a los significados que docentes y estudiantes atribuyen a las prácticas de aula.

El diseño adoptado fue el de revisión documental cualitativa, modalidad que permite examinar de forma sistemática un corpus de fuentes escritas para identificar categorías analíticas, tendencias y tensiones conceptuales. El alcance fue descriptivo-analítico: descriptivo en cuanto se caracterizaron los componentes del razonamiento, los nodos curriculares, los modelos de integración y las estrategias documentadas; analítico en cuanto se examinaron las relaciones entre esos elementos y se interpretaron las discontinuidades entre niveles.

El corpus estuvo integrado por artículos científicos publicados en revistas indexadas de didáctica de las matemáticas y de educación en ciencias, metaanálisis y revisiones sistemáticas, obras de referencia producidas por instituciones académicas e informes de organismos internacionales. La búsqueda se realizó en bases de datos y repositorios académicos empleando los descriptores «razonamiento lógico-matemático», «pensamiento científico», «razonamiento proporcional», «interdisciplinariedad», «integración STEM», «estequiometría» y «estrategias didácticas», combinados mediante operadores booleanos y acotados a los niveles de educación básica y media.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: pertinencia temática respecto del desarrollo del razonamiento lógico o científico en educación básica o media, de la relación entre conocimiento matemático y aprendizaje de las ciencias, o de los modelos y efectos de la integración curricular; publicación en español o inglés; disponibilidad de texto completo o resumen académico verificable; y respaldo editorial o institucional reconocible. Se privilegiaron publicaciones de los últimos cinco años, complementadas con obras de referencia del campo cuando el análisis conceptual lo

requería. Fueron excluidos los materiales de divulgación sin fundamento metodológico, los documentos centrados exclusivamente en educación superior sin posibilidad de transferencia y las fuentes cuya autoría no pudo verificarse.

El procedimiento se organizó en cinco fases. La primera consistió en la búsqueda y recuperación de documentos a partir de los descriptores establecidos. La segunda comprendió la lectura analítica del corpus, con elaboración de fichas de registro que consignaron objetivo, enfoque metodológico, nivel educativo abordado, hallazgos principales y aportes al problema de estudio. La tercera correspondió a la codificación abierta, mediante la identificación de unidades de significado y su etiquetado inicial. La cuarta consistió en la codificación axial, esto es, en el agrupamiento de los códigos en categorías de mayor nivel de abstracción y en el establecimiento de relaciones entre ellas. La quinta correspondió a la síntesis interpretativa y a la elaboración de las matrices analíticas presentadas en el apartado de resultados, incluido el mapa de nodos de convergencia diferenciado por nivel.

La técnica principal fue el análisis de contenido cualitativo, aplicado de manera inductiva. Las unidades de análisis correspondieron a fragmentos textuales referidos a definiciones del razonamiento, descripciones de dificultades estudiantiles, caracterizaciones de modelos de integración, descripciones de estrategias didácticas y menciones a condiciones institucionales. El proceso derivó en cinco categorías emergentes que estructuran la presentación de los resultados.

Con el propósito de fortalecer la validez interpretativa se aplicó triangulación teórica, contrastando los aportes de la didáctica de las matemáticas, la educación en ciencias, la investigación sobre integración curricular y los marcos de evaluación internacional sobre un mismo conjunto de hallazgos. Se realizó además una revisión de coherencia entre las categorías construidas y las evidencias documentales que las sustentan.

La investigación se desarrolló conforme a los principios éticos de la producción científica, garantizando la citación adecuada de las fuentes consultadas, el reconocimiento de la autoría intelectual de los trabajos revisados y la representación fiel de sus planteamientos, evitando atribuciones que excedieran lo efectivamente sostenido por los autores. Al tratarse de un estudio documental, no se requirió la participación de sujetos humanos ni el tratamiento de datos personales.

El estudio presenta las limitaciones propias de los diseños documentales. En primer lugar, el corpus, aunque seleccionado mediante criterios explícitos, no agota la producción existente. En segundo lugar, la evidencia metaanalítica sobre integración procede mayoritariamente de contextos con dotación de laboratorios, relaciones numéricas y formación docente distintas de las

latinoamericanas, lo que exige prudencia en la transferencia de conclusiones. En tercer lugar, la producción regional revisada se concentra en el nivel básico, mientras que la investigación específica sobre la articulación Matemáticas-Química en Bachillerato es sensiblemente menor, asimetría que constituye un hallazgo pero que limita la profundidad del análisis en ese segmento. Finalmente, el mapa de nodos curriculares que se propone constituye una orientación didáctica construida a partir del análisis documental y no una prescripción validada empíricamente.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis del corpus permitió construir cinco categorías emergentes que explican cómo puede articularse el trabajo entre Matemáticas y las ciencias experimentales para fortalecer el razonamiento lógico-científico a lo largo de la Educación General Básica y el Bachillerato. Los resultados se presentan organizados por categoría y se ilustran mediante cinco matrices analíticas.

Componentes del razonamiento lógico-científico y su progresión

El análisis permitió descomponer el razonamiento lógico-científico en cinco operaciones recurrentes en la literatura, nombradas con terminologías distintas según la tradición disciplinar: inferencia deductiva, modelización, razonamiento proporcional y multiplicativo, inferencia a partir de datos y argumentación. La contribución específica de esta categoría consiste en mostrar que estas operaciones no aparecen súbitamente en el Bachillerato sino que admiten una progresión gradual desde la Educación General Básica.

En el subnivel Elemental, las operaciones se expresan en formas concretas y perceptivamente ancladas: comparación de cantidades, clasificación por atributos, identificación de regularidades en secuencias y descripción verbal de lo observado. Reinoso Moreno et al. (2024) documentan el impacto de los recursos manipulativos en este nivel, y Zambrano-Mero y Cedeño-Loor (2023) muestran cómo un material tan sencillo como el dominó puede sostener el desarrollo del pensamiento lógico-matemático mediante el reconocimiento de correspondencias y la anticipación de jugadas.

En el subnivel Medio aparecen la proporcionalidad simple, la organización de datos en tablas, la representación gráfica y la formulación de conjeturas sujetas a comprobación. Acosta-Guarnizo et al. (2023) evidencian que el razonamiento matemático constituye en este nivel un objeto de enseñanza explícito, susceptible de fortalecerse mediante estrategias diseñadas al efecto y no como resultado indirecto de la ejercitación del cálculo.

En el subnivel Superior de Básica se incorporan la proporcionalidad compuesta, el álgebra elemental, la noción de variable y el tratamiento sistemático del error de medición en las prácticas de Ciencias Naturales. Es aquí donde se juega buena parte de la posibilidad posterior: si el estudiante

consolida la comprensión de la proporcionalidad como relación entre magnitudes y no como un algoritmo de tres términos, dispondrá de la estructura que la estequiometría le exigirá más adelante.

En el Bachillerato las cinco operaciones alcanzan su expresión formal: demostración, modelización funcional, relaciones molares, análisis cuantitativo de datos experimentales y argumentación científica sostenida en evidencia. Kilpatrick et al. (2001) ofrecen el marco integrador mediante la metáfora de la cuerda trenzada: enseñar los procedimientos de cálculo sin desarrollar simultáneamente la comprensión conceptual y el razonamiento adaptativo produce una fluidez frágil, dependiente del reconocimiento del formato del ejercicio.

Tabla 1.

Progresión de los componentes del razonamiento lógico-científico por nivel

Nivel	Expresión en el área matemática	Expresión en el área científica
Básica Elemental	Comparar, clasificar y reconocer regularidades	Observar, describir y registrar mediante dibujo o tabla
Básica Media	Proporcionalidad simple; tablas y gráficos	Formular conjeturas y contrastarlas con la observación
Básica Superior	Proporcionalidad compuesta; variable y álgebra elemental	Medición sistemática y tratamiento inicial del error
Bachillerato	Demostración; funciones; modelización formal	Relaciones molares; análisis de datos; argumentación con evidencia

Fuente: Elaboración propia a partir de Kilpatrick et al. (2001), Osborne (2010) y Acosta-Guarnizo et al. (2023).

Nodos de convergencia curricular diferenciados por nivel

La segunda categoría organiza los puntos concretos en los que un contenido matemático constituye condición de posibilidad de un contenido científico. Su identificación resulta operativamente decisiva porque permite pasar del principio general de la interdisciplinariedad a decisiones específicas de secuenciación, y su formulación diferenciada por nivel evidencia que la articulación no comienza en el Bachillerato.

En la Educación General Básica los nodos se establecen entre Matemáticas y Ciencias Naturales. El primero vincula la medición y las unidades con las prácticas de observación: longitud, masa, volumen y temperatura constituyen simultáneamente contenidos matemáticos y herramientas de indagación. El segundo relaciona la organización de datos en tablas y gráficos con el registro de observaciones sistemáticas. El tercero conecta la proporcionalidad simple con nociones como densidad, concentración de una mezcla o velocidad de un proceso. El cuarto vincula la estadística descriptiva elemental con la comparación de resultados entre grupos en una experiencia de aula.

En el Bachillerato los nodos adquieren mayor densidad y se establecen entre Matemáticas y Química. El de mayor peso vincula la proporcionalidad y las estructuras multiplicativas con la estequiometría: la ecuación química balanceada establece relaciones fijas entre cantidades de sustancia, de modo que todo cálculo estequiométrico constituye la resolución de un problema de valor faltante en una situación de proporcionalidad múltiple. La dificultad específica documentada por Ramful y Narod (2014) reside en que la proporcionalidad solo se establece cuando las cantidades se interpretan en moles, lo que obliga a una conversión previa que los estudiantes con frecuencia omiten cuando los datos se presentan en gramos o litros.

A este nodo se suman la relación entre notación científica y cantidad de sustancia, donde la constante de Avogadro exige operar con órdenes de magnitud inhabituales; entre funciones y tasa de variación con la cinética química, donde la pendiente de una gráfica de concentración frente a tiempo adquiere significado físico; entre funciones logarítmicas y la escala de pH, aplicación que suele generar dificultad porque el estudiante no reconoce en la definición de pH el logaritmo decimal que ya ha estudiado; entre sistemas de ecuaciones lineales y el balanceo por método algebraico; y entre estadística descriptiva y el tratamiento del error en el trabajo de laboratorio.

Tabla 2.

Nodos de convergencia curricular entre el área matemática y el área científica

Nivel	Contenido matemático	Contenido científico	Dificultad documentada
Básica	Medición y unidades	Observación sistemática en Ciencias Naturales	Uso impreciso de unidades
Básica	Tablas y representación gráfica	Registro y comparación de observaciones	Lectura literal del gráfico
Básica	Proporcionalidad simple	Densidad, mezclas y concentración	Aplicación algorítmica sin comprensión
Bachillerato	Proporcionalidad y estructuras multiplicativas	Estequiometría y relaciones molares	Lectura de la ecuación química como igualdad algebraica
Bachillerato	Notación científica	Cantidad de sustancia y constante de Avogadro	Pérdida del sentido de la magnitud
Bachillerato	Funciones y tasa de variación	Cinética y velocidad de reacción	Interpretación de la pendiente experimental
Bachillerato	Funciones logarítmicas	Escala de pH y acidez	No reconocimiento del logaritmo en el pH
Bachillerato	Sistemas de ecuaciones lineales	Balanceo por método algebraico	Percepción del contenido como ajeno

Fuente: Elaboración propia a partir de Ramful y Narod (2014) y Johnstone (2000).

Modalidades de integración y evidencia de eficacia

La tercera categoría examina las formas que puede adoptar la articulación entre áreas y la evidencia sobre su eficacia diferencial. El análisis permitió distinguir cuatro modalidades ordenadas por grado creciente de integración. La modalidad instrumental, de menor integración, se limita a que un área provea herramientas de cálculo a la otra sin planificación conjunta; es la más extendida y también la que menos contribuye a la transferencia, porque el estudiante experimenta la herramienta matemática como un requisito técnico del ejercicio científico.

La modalidad de coordinación de contenidos supone que los docentes acuerdan la secuenciación temporal de modo que el contenido matemático preceda a su aplicación científica. Constituye un avance real aunque limitado, porque no modifica la naturaleza de las tareas propuestas. La integración por contenido implica diseñar unidades que abordan simultáneamente objetivos de aprendizaje de ambas áreas y se evalúan de manera conjunta. La integración por contexto parte de una situación o problema real cuya comprensión exige convocar ambas disciplinas, e introduce los contenidos en función de las necesidades que la situación plantea.

La evidencia metaanalítica ofrece una jerarquía clara. Zhou et al. (2025), sobre setenta y nueve tamaños del efecto procedentes de cuarenta estudios con 15.577 estudiantes, reportan un efecto global favorable a la integración de 0,661 y precisan que los efectos resultaron mayores para la integración por contexto, menores para la integración por contenido y menores aún para la integración por herramienta. Este orden coincide con la gradación construida inductivamente a partir del corpus. El mismo estudio señala que los efectos fueron mayores para el aprendizaje basado en indagación y progresivamente menores para el basado en problemas, en diseño y en proyectos, y dato especialmente relevante para el presente trabajo que el nivel escolar no resultó un moderador significativo, lo que respalda la pertinencia de un tratamiento continuo entre Básica y Bachillerato.

El metaanálisis previo de Becker y Park (2011), con un efecto global de 0,63 sobre veintiocho estudios, converge en la magnitud general, lo que refuerza la consistencia del hallazgo a lo largo de más de una década de investigación acumulada.

Tabla 3.

Modalidades de integración entre el área matemática y la científica

Modalidad	Descripción	Rendimiento según la evidencia
Instrumental	Un área provee herramientas de cálculo a la otra sin planificación conjunta	El más bajo; escasa transferencia
Coordinación de contenidos	Acuerdo de secuenciación temporal entre docentes	Moderado; no modifica el tipo de tarea

Integración contenido	por	Unidades con objetivos y evaluación de ambas áreas	Favorable; efecto intermedio
Integración contexto	por	Situación real que exige convocar ambas disciplinas	El más alto según la evidencia metaanalítica

Fuente: Elaboración propia a partir de Becker y Park (2011) y Zhou et al. (2025).

Estrategias didácticas diferenciadas por nivel

La cuarta categoría reúne el repertorio de estrategias documentadas, organizadas según el nivel al que resultan pertinentes. En la Educación General Básica, la revisión sistemática de Mendoza Cedeño et al. (2025) identifica seis familias recurrentes: materiales concretos y manipulativos, actividades lúdicas y gamificación, aprendizaje cooperativo, resolución de problemas de la vida cotidiana, tecnologías digitales y aprendizaje activo. El hallazgo de que los materiales manipulativos siguen destacando pese al avance tecnológico sugiere que el anclaje perceptivo continúa siendo necesario en este nivel, conclusión coherente con los resultados de Reinoso Moreno et al. (2024) sobre básica elemental.

Las estrategias específicamente orientadas al razonamiento en Básica comprenden el uso de juegos de estructura lógica —el dominó documentado por Zambrano-Mero y Cedeño-Loor (2023) constituye un ejemplo económico y accesible—, las secuencias de indagación con registro sistemático de observaciones, la comparación de resultados entre equipos como introducción a la variabilidad experimental, y la exigencia de explicar el procedimiento seguido antes de comunicar el resultado. Acosta-Guarnizo et al. (2023) muestran que la mediación tecnológica resulta productiva cuando se orienta explícitamente al razonamiento y no solo a la ejercitación.

En el Bachillerato las estrategias adquieren mayor formalización. La modelización contextualizada parte de una situación real el control de la acidez del agua de un río cercano, el rendimiento de una reacción de interés industrial local, la dosificación de un fertilizante y exige construir el modelo matemático que permite responder la pregunta química; su valor reside en que el contenido matemático aparece como necesidad y no como requisito previo. La indagación experimental con tratamiento cuantitativo de datos, que Zhou et al. (2025) sitúan como la metodología de mayor efecto, articula recolección, representación gráfica, ajuste de una relación funcional y análisis del error.

La resolución de problemas con justificación obligatoria constituye la estrategia de mayor rendimiento relativo respecto de su costo. La modificación crítica no reside en el problema sino en la exigencia: se solicita al estudiante que explicita por qué la relación planteada es proporcional, qué magnitudes se corresponden y por qué el resultado resulta plausible en términos de orden de

magnitud. Esta exigencia activa el razonamiento adaptativo descrito por Kilpatrick et al. (2001) y contrarresta el abordaje formulista documentado por Ramful y Narod (2014). Pacheco-García y Cáceres-Mesa (2024) advierten, en línea con este hallazgo, que la implementación superficial del aprendizaje basado en problemas produce resultados limitados.

Completan el repertorio las estrategias de argumentación y debate científico contraste de procedimientos alternativos, análisis colectivo de un resultado erróneo para localizar el punto de quiebre del razonamiento, cuya eficacia sostiene Osborne (2010), y las estrategias de representación múltiple, orientadas a responder al problema de los tres niveles descrito por Johnstone (2000) mediante la exigencia de expresar un mismo fenómeno en lenguaje macroscópico, submicroscópico, simbólico y gráfico.

Tabla 4.

Estrategias didácticas interdisciplinarias según nivel educativo

Nivel	Estrategias documentadas	Operación de razonamiento priorizada
Básica Elemental	Materiales manipulativos; juegos de estructura lógica; registro por dibujo	Comparación, clasificación y reconocimiento de patrones
Básica Media	Problemas de la vida cotidiana; trabajo cooperativo; tablas y gráficos	Proporcionalidad simple e inferencia a partir de datos
Básica Superior	Indagación con registro; comparación de resultados entre equipos	Formulación de conjeturas y noción de variabilidad
Bachillerato	Modelización contextualizada; indagación experimental cuantitativa; representación múltiple	Modelización y análisis cuantitativo de datos
Transversal	Resolución con justificación obligatoria; argumentación y debate	Razonamiento adaptativo y evaluación crítica

Fuente: Elaboración propia a partir de Mendoza Cedeño et al. (2025), Zambrano-Mero y Cedeño-Loor (2023), Osborne (2010) y Zhou et al. (2025).

Condiciones institucionales y obstáculos

La quinta categoría reúne los factores que median entre la disponibilidad de estrategias y su incorporación efectiva. En el plano organizativo, la condición facilitadora principal es la existencia de tiempo de planificación conjunta entre los docentes de ambas áreas; el obstáculo correspondiente es la estructura departamental estanca, agravada en el paso de Básica a Bachillerato, donde con frecuencia ni siquiera existe instancia de encuentro entre los docentes de un nivel y otro.

En el plano curricular, la condición facilitadora es la flexibilidad en la secuenciación que permita alinear temporalmente los nodos de convergencia. El obstáculo es la rigidez de la planificación anual y la presión por cobertura. Un problema específico y frecuentemente desatendido es el desfase

temporal: cuando el contenido matemático necesario se aborda con posterioridad a su aplicación científica, el docente del área experimental se ve obligado a enseñarlo de manera abreviada e instrumental, reforzando el abordaje formulista que se busca evitar.

En el plano de la formación docente, la condición facilitadora es el conocimiento suficiente del área vecina para reconocer los puntos de contacto. El obstáculo es la formación inicial fuertemente especializada, que puede llevar al docente de Matemáticas a desconocer las aplicaciones científicas de los contenidos que enseña y al de Química a desconocer el tratamiento didáctico que la proporcionalidad ha recibido en Matemáticas.

En el plano evaluativo, la condición facilitadora consiste en disponer de instrumentos que valoren el proceso de razonamiento y no solo el resultado numérico: rúbricas que consideren la justificación del procedimiento, la coherencia de las unidades y la plausibilidad del orden de magnitud. El obstáculo es la evaluación centrada exclusivamente en la corrección del resultado, que permite obtener calificación satisfactoria mediante la aplicación mecánica de fórmulas. Finalmente, en el plano material inciden la disponibilidad de laboratorio y recursos tecnológicos, factor menos determinante de lo habitualmente supuesto: las estrategias de mayor rendimiento no requieren equipamiento adicional.

Tabla 5.

Condiciones facilitadoras y obstáculos para el trabajo interdisciplinario

Plano	Condición facilitadora	Obstáculo identificado
Organizativo	Tiempo institucional de planificación conjunta	Estructura estanca; ausencia de enlace entre Básica y Bachillerato
Curricular	Flexibilidad para alinear temporalmente los nodos	Rigidez de la planificación y desfase de contenidos
Formación docente	Conocimiento básico del área vecina	Especialización que impide reconocer los puntos de contacto
Evaluativo	Rúbricas que valoran justificación y plausibilidad	Evaluación centrada solo en la corrección del resultado
Material	Laboratorio y recursos tecnológicos disponibles	Sobrevaloración del recurso frente al diseño de la tarea

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión documental (2026).

DISCUSIÓN

Los hallazgos permiten discutir tres cuestiones. La primera se refiere a la naturaleza del problema. El análisis sugiere que las dificultades en los contenidos cuantitativos de la Química no responden principalmente a un déficit de conocimiento químico ni a una carencia de dominio

algorítmico, sino a un fallo de transferencia: el estudiante posee el procedimiento pero no reconoce la situación como una instancia de aquello que ya sabe hacer. Ramful y Narod (2014) documentan este fenómeno con precisión al mostrar que incluso futuros docentes establecen relaciones proporcionales incorrectas cuando las cantidades no se expresan en moles. Si el diagnóstico es correcto, la intervención pertinente no consiste en aumentar la ejercitación en Bachillerato sino en construir, desde la Básica, una comprensión de la proporcionalidad como relación entre magnitudes y no como algoritmo.

Esta lectura otorga a la Educación General Básica un papel que la discusión habitual sobre razonamiento científico tiende a subestimar. La evidencia regional revisada Acosta-Guarnizo et al. (2023), Zambrano-Mero y Cedeño-Loor (2023), Reinoso Moreno et al. (2024) muestra que el razonamiento constituye ya en ese nivel un objeto de enseñanza susceptible de fortalecerse con recursos accesibles. El dato de Zhou et al. (2025) según el cual el nivel escolar no resultó un moderador significativo del efecto de la integración refuerza esta conclusión: la interdisciplinariedad no es una estrategia reservada a los niveles superiores.

La segunda cuestión concierne a la jerarquía de las formas de integración. Resulta notable la convergencia entre la gradación construida inductivamente a partir del corpus y los resultados metaanalíticos: en ambos casos la integración por contexto supera a la integración por contenido, y esta a la integración por herramienta. La coincidencia refuerza una conclusión de política institucional: la coordinación entre docentes que se limita a alinear calendarios produce beneficios modestos, mientras que el diseño conjunto de situaciones-problema contextualizadas concentra el mayor rendimiento formativo. La diferencia entre ambas opciones no es de recursos sino de tiempo de planificación compartida.

La tercera cuestión remite a la evaluación. Existe una incoherencia frecuente entre el objetivo declarado de fortalecer el razonamiento y los instrumentos empleados para valorarlo. Mientras la calificación dependa exclusivamente de la corrección del resultado numérico, el estudiante encontrará racional optimizar el reconocimiento de patrones de ejercicio antes que la comprensión de la relación subyacente, y el docente encontrará racional entrenar ese reconocimiento. La modificación de las rúbricas constituye, en consecuencia, una condición previa y no posterior al cambio metodológico.

Cabe señalar dos tensiones no resueltas. La primera es la persistencia de los materiales concretos y manipulativos como estrategia predominante en la literatura regional (Mendoza Cedeño et al., 2025), hallazgo que contrasta con el énfasis tecnológico de los discursos de innovación y que merece indagación específica sobre su pertinencia en niveles superiores. La segunda es la asimetría de

la producción disponible: la investigación regional se concentra en el nivel básico, mientras que los estudios sobre la articulación Matemáticas-Química en Bachillerato son considerablemente más escasos, y la evidencia metaanalítica sobre integración procede de contextos con condiciones materiales distintas de las latinoamericanas.

CONCLUSIONES

El estudio permitió analizar las estrategias didácticas interdisciplinarias entre Matemáticas y Química y su antecedente en Ciencias Naturales orientadas a fortalecer el razonamiento lógico-científico en la Educación General Básica y el Bachillerato, evidenciando que la articulación entre ambas áreas constituye una vía documentada de mejora cuyo rendimiento depende de la modalidad de integración adoptada y de la continuidad entre niveles.

Desde el punto de vista conceptual, se concluye que el razonamiento lógico-científico integra cinco operaciones inferencia deductiva, modelización, razonamiento proporcional, inferencia a partir de datos y argumentación que admiten una progresión gradual desde la Básica Elemental hasta el Bachillerato. Explicitar esa estructura común constituye la operación pedagógica central de cualquier propuesta interdisciplinaria, y su ausencia explica buena parte de los fallos de transferencia observados en los contenidos cuantitativos de la Química.

Respecto de los nodos curriculares, se concluye que la articulación no comienza en el Bachillerato. En la Básica se establece entre Matemáticas y Ciencias Naturales medición, organización de datos, proporcionalidad simple, estadística elemental y en el Bachillerato adquiere mayor densidad entre Matemáticas y Química. La elaboración de un mapa institucional de convergencias que abarque ambos niveles constituye el instrumento que permite pasar del principio general a decisiones concretas de secuenciación.

En cuanto a las modalidades de integración, se concluye que existe una jerarquía consistente entre el análisis documental y la evidencia metaanalítica: la integración por contexto rinde más que la integración por contenido, y esta más que la modalidad instrumental. El hallazgo de que el nivel escolar no modera significativamente el efecto respalda la aplicación de este principio tanto en Básica como en Bachillerato.

Sobre las estrategias, se concluye que el repertorio disponible admite una organización por nivel y que las de mayor rendimiento documentado modelización contextualizada, indagación experimental cuantitativa y resolución con justificación obligatoria no requieren recursos materiales

adicionales significativos. La variable crítica no es la dotación sino el tipo de tarea que se propone al estudiante y el tipo de respuesta que se le exige.

Respecto de las condiciones de implementación, se concluye que los obstáculos de mayor peso son la estructura departamental estanca agravada por la ausencia de instancias de enlace entre Básica y Bachillerato, el desfase temporal entre el contenido matemático y su aplicación científica, y la incoherencia entre el objetivo de desarrollar razonamiento y unos instrumentos de evaluación centrados exclusivamente en la corrección del resultado numérico.

En términos de aplicación práctica, se recomienda a las instituciones educativas: constituir una instancia formal de coordinación entre las áreas de Matemáticas y Ciencias Experimentales con tiempo asignado dentro de la carga docente y participación de ambos niveles; elaborar y actualizar anualmente el mapa de nodos de convergencia curricular; diseñar al menos una unidad integrada por contexto en cada año de Básica Superior y de Bachillerato; incorporar a las rúbricas criterios de justificación del procedimiento, coherencia de unidades y plausibilidad del orden de magnitud desde la Básica Media; y ajustar la secuenciación anual de modo que cada contenido matemático preceda a su aplicación científica.

El aporte novedoso de este trabajo reside en la articulación de tres elementos que la literatura suele tratar separadamente: el mapa operativo de nodos de convergencia diferenciado por nivel, la jerarquía de modalidades de integración respaldada por evidencia metaanalítica, y la caracterización del problema como fallo de transferencia originado en la Básica antes que como déficit de conocimiento disciplinar del Bachillerato.

Como líneas futuras de investigación se sugiere el desarrollo de estudios empíricos en aulas latinoamericanas que evalúen el efecto de unidades integradas por contexto sobre indicadores de razonamiento proporcional y argumentación científica en ambos niveles; la construcción y validación de instrumentos que permitan valorar el razonamiento con independencia de la corrección del resultado; y la indagación sobre las concepciones que los docentes de cada área sostienen respecto de la disciplina vecina, variable identificada como condicionante y sobre la que existe escasa producción.

En síntesis, fortalecer el razonamiento lógico-científico no exige incorporar una asignatura nueva ni multiplicar los recursos disponibles, sino hacer visible para el estudiante desde la Básica y de manera sostenida hasta el Bachillerato que la proporción que resuelve en Matemáticas y la relación molar que calcula en Química son la misma estructura de pensamiento expresada en dos lenguajes. El desafío es organizativo y didáctico antes que material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Guarnizo, L. M., Valdivieso-González, L. G., & Muñoz-Potos, A. F. (2023). Estrategia pedagógica mediada por TIC para fortalecer la competencia de razonamiento matemático en estudiantes de sexto grado. *Revista Científica*, 47(2), 13-24. <https://doi.org/10.14483/23448350.19756>
- Arias Ortiz, E., Bos, M. S., Giamb Bruno, C., & Zoido, P. (2023). América Latina y el Caribe en PISA 2022: ¿cómo le fue a la región? Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0005318>
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(5-6), 23-37.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry — logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9-15.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academy Press.
- Mendoza Cedeño, H. R., Tapia Ruelas, C. S., & Guzmán Ramírez, A. C. (2025). Estrategias didácticas innovadoras para el aprendizaje matemático en Educación Básica Media: Revisión sistemática. *ReHuSo: Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 10(2), 83-92. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v10i2.7663>
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463-466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>
- Pacheco-García, L. F., & Cáceres-Mesa, M. L. (2024). Algunas reflexiones sobre el Aprendizaje Basado en Problemas para la mejora de las habilidades del pensamiento matemático. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 4(1), 67-75. <https://doi.org/10.58594/rtest.v4i1.106>
- Pinos Vargas, L. A., Toapanta Otavalo, M. de J., & Peña Ortiz, G. P. (2024). El impacto del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el desarrollo del pensamiento matemático crítico en estudiantes de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1035-1065. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13482
- Ramful, A., & Narod, F. B. (2014). Proportional reasoning in the learning of chemistry: Levels of complexity. *Mathematics Education Research Journal*, 26(1), 25-46. <https://doi.org/10.1007/s13394-013-0110-7>

- Reinoso Moreno, J. L., Córdova Cedeño, J. J., Chillan Cusi, M. E., Méndez Erazo, C. V., & Bernal Verdugo, J. P. (2024). Impacto del uso de recursos didácticos manipulativos en el aprendizaje de conceptos matemáticos básicos en estudiantes de básica elemental. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 5(4), 2237-2248. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2409>
- Tenecela Jerez, B. A., Analuisa Martinez, S. M., Vázquez Alvarez, A., & Ortiz Aguilar, W. (2024). Estrategia ABP para la resolución de problemas en la asignatura Matemática en básica media. Sinergia Académica, 7(2), 33-57.
- UNESCO. (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. UNESCO.
- Zambrano-Mero, A. M., & Cedeño-Loor, F. O. (2023). El dominó como estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS, 5(7), 424-441. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.981>
- Zhou, S., Dong, Z., Wang, H. H., & Chiu, M. M. (2025). A meta-analysis of STEM integration on student academic achievement. Research in Science Education, 55(5), 1273-1302. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10216-y>

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

