

La Importancia de Enseñar el Lenguaje Químico desde una Etapa Temprana Fomento del Pensamiento Analógico y Lógico Junto con la Imaginación

¹Nagib Callaos* y María Silvia Cadile**

* International Institute of Informatics and Systemics (IIS), USA

** Universidad Nacional de Córdoba. Argentina

Resumen

La química proporciona una comprensión fundamental del mundo material, similar al papel de las matemáticas en el razonamiento cuantitativo y de la música en la expresión emocional. Enseñar sus conceptos básicos desde edades tempranas puede ayudar a los niños a entender su entorno físico, tomando decisiones más informadas y responsables en su vida diaria.

Aunque comúnmente se asocia la química con sustancias y reacciones, su alcance incluye aspectos cotidianos como el funcionamiento del cuerpo, el medio ambiente, y la fabricación de productos. Incorporar principios químicos en la educación temprana, a través de analogías y metáforas basadas en el entorno real, puede estimular habilidades cognitivas como el pensamiento analógico, la imaginación y la resolución de problemas, beneficiando tanto a estudiantes como a educadores.

El uso planificado de analogías y metáforas facilita el desarrollo de la cognición superior, ya que estas herramientas integran diversas partes del sistema nervioso, aumentando su complejidad y generando propiedades emergentes compartidas entre las diferentes partes del cerebro. Ello contribuye al desarrollo intelectual sistémico continuo, preparando las redes neurales del cerebro desde una edad temprana para procesos educativos avanzados y aprendizaje a lo largo de la vida.

Si bien existe preocupación sobre la seguridad en prácticas experimentales, ello se remedia limitando la enseñanza de la química a temprana edad a métodos no experimentales con ejemplos cotidianos, analogías y metáforas. Adaptar contenidos a las capacidades cognitivas de los niños permite que la enseñanza de la química sea efectiva y fomente una base sólida para su futuro desarrollo intelectual.

1. Perspectiva General Introductoria

“El significado que los niños pequeños tienen sobre los conceptos de química depende de lo bien que los maestros puedan desarrollar actividades apropiadas y entender cómo los niños interpretan éstas. [La] investigación explora el *entendimiento emergente de conceptos abstractos en química* a través del

¹ Este coautor hace explícito su agradecimiento a su coautora Mgtr. María Silvia Cadile quien inspiró la escritura de este artículo a través de las tres presentaciones virtuales que hizo previas a la elaboración de este artículo.

aprendizaje basado en el juego *imaginativo* y el pensamiento compartido sostenido.”² Adbo & Vidal-Carulla (Emergent chemistry - The development of abstract thinking in preschool science education, 2021)³ [Itálicas y énfasis añadidos]

La Química aporta una visión fundamental para entender el mundo material, al igual que las matemáticas para el razonamiento cuantitativo y simbólico y la música para la expresión emocional. Enseñar los conceptos básicos y el lenguaje de la química desde una edad temprana puede proporcionar a los niños un marco valioso para comprender buena parte del entorno físico que los rodea y que constituye su mundo real.

Si bien la noción que la sociedad en general tiene de la química se asocia fundamentalmente en forma explícita con el estudio de sustancias y reacciones químicas, su alcance es mucho más amplio, y puede descubrirse en muchos aspectos de la vida cotidiana, relacionados al propio cuerpo (funcionamiento, nutrición y salud), a las actividades diarias (incluyendo materiales e insumos de uso frecuente), al medio ambiente y su cuidado, como así también a la fabricación de todos los productos manufacturados que se conocen. Al comprender los conceptos básicos de la química, los individuos, incluyendo niños, pueden tomar decisiones más informadas y responsables en su vida cotidiana.

Así como las matemáticas y la música se incorporan en la educación temprana para el desarrollo de ciertas habilidades, la introducción del lenguaje y los principios químicos a través de analogías⁴, metáforas⁵ y ejemplos del mundo real podría mejorar el desarrollo cognitivo integrativo, analógico e imaginativo así como las habilidades para resolver problemas. Esto significaría una educación más holística que, potencialmente, podría

² Esta es una traducción del inglés. El texto originario es “meaningful understanding by young children about the concepts of chemistry is dependent on how well teachers can develop appropriate activities and understand how children interpret these. Their research explores the emergent understanding of abstract concepts in chemistry through imaginative play-based learning and sustained shared thinking.”

³ El mismo texto también se encuentra en (Adbo & Vidal-Carulla, Learning About Science in Preschool: Play-Based Activities to Support Children’s Understanding of Chemistry Concepts, 2020).

⁴ “El razonamiento analógico es un aspecto fundamental de la cognición superior en los seres humanos. Crear analogías mientras navegamos por el entorno nos ayuda a aprender. Las analogías implican reformular encuentros novedosos utilizando el conocimiento de contextos familiares y relacionados almacenados en la memoria. Cuando una analogía relaciona un encuentro novedoso con un contexto familiar, puede ayudar en la resolución de problemas. El razonamiento por analogía es un proceso complejo que está mediado por múltiples regiones y mecanismos cerebrales.” (Parsons & Davies, 2022)

⁵ La práctica de "expresar pensamiento metafórico" durante los procesos de enseñanza y aprendizaje aumenta la actividad cerebral, lo que a su vez permite promover la capacidad de procesamiento de la información de los individuos.

generar *propiedades emergentes*⁶ que beneficiarían a las partes cognitivas involucradas, es decir estudiantes y maestros o profesores. Esto aplica también en niveles superiores del sistema educativo, pero comenzararlo desde una edad temprana prepara el cerebro, al aumentar su complejidad, y por lo tanto sus propiedades emergentes que son también parte de la cognición superior en los seres humanos, independientemente de la edad que pudieran tener.

Las analogías constituyen un recurso variado y dinámico en la enseñanza porque se pueden abordar a través de diversos medios, tales como juegos, experimentos, historias, modelos, problemas, etc. Su empleo en la enseñanza debe ser planificado y se han sugerido secuencias para enseñar con analogías para evitar errores o concepciones alternativas de su uso asistemático (Raviolo, 2009).

Al ser el mundo material lo que rodea las experiencias de los niños, el uso de analogías relacionadas con su entorno es una fuente importante para iniciar, desarrollar y acelerar la cognición superior, como es el caso del pensamiento analógico y metafórico. Percibir y generar analogías y metáforas requiere el uso que relaciona diferentes partes del sistema nervioso que representan procesos para hacerlo un todo más complejo y que generará propiedades emergentes que serán compartidas por las partes involucradas en el proceso integrador. Esto da soporte tanto al desarrollo intelectual del educador como al del educado en cuanto al pensamiento analógico y a la potenciación de la imaginación⁷.

Mientras más temprano comience este proceso integrador y de incremento de la complejidad del sistema nervioso, mejor. Los procesos cada vez más integrativos y de aumento de la redificación neuronal, aceleran la preparación de la mente para un nivel educativo más alto, lo cual es útil durante toda la vida de los seres humanos, incluyendo la autoeducación continua. Mientras más complejas sean las redes neurales y a más temprana edad, más adecuado es el intelecto para seguir desarrollándose de por vida.

La preocupación con respecto a la química que generalmente se menciona, sobre la seguridad en la química experimental con novales estudiantes, es totalmente comprensible, pero esto no debería impedir la introducción del lenguaje y los conceptos químicos a través de métodos no experimentales de laboratorio sino cotidianos y mediante analogías y

⁶ Es bueno notar que las propiedades emergentes de un todo surgen con el todo y no están en ninguna de las partes de ese todo. Se trata de propiedades que emergen con el todo pero que no se encuentran en ninguna de sus partes, sino que surgen con la interacción de las mismas.

⁷ Es de recordar, lo que repetiremos más adelante en otro contexto, la famosa frase de Einstein "La imaginación es más importante que el conocimiento. Porque el conocimiento está limitado, mientras que la imaginación abarca el mundo entero, estimulando el progreso, dando origen a la evolución."

metáforas, especialmente porque el mundo material representa la mayor parte de la experiencia de los niños. Como veremos en otra sección, la complejidad intrínseca de la química puede cobrar importancia a una edad temprana, por ello es menester adaptar los contenidos para esa edad en la que el cerebro aún no tiene la complejidad necesaria para aprehender o absorber información compleja, es decir con muchas relaciones entre los elementos informativos.

2. Contexto

La mayoría de los aspectos centrales de este artículo están muy relacionados con la ciencia emergente y más específicamente, con la química emergente relativa a la educación de niños. Si aplica a la educación de un niño, aplica a cualquier edad, aunque no viceversa.

Como se sabe en general, la educación en ciencias emergentes ha evolucionado a partir de diversas perspectivas teóricas y prácticas educativas que priorizan la curiosidad natural y la exploración de los niños como base para aprender sobre conceptos científicos y el mundo que les rodea. Uno de sus orígenes refiere a las teorías constructivistas del aprendizaje, las cuales hacen énfasis en el rol *activo* de quienes están aprendiendo, en cuanto a *construir su entendimiento* del mundo.

Los principios discutidos en este artículo, particularmente aquellos relacionados con el currículo emergente y el desarrollo del entendimiento científico en la educación infantil, de hecho tienen implicaciones más amplias, que superan la educación de los niños. Si bien el enfoque puede estar en la educación infantil temprana y en la ciencia emergente⁸, los conceptos subyacentes del aprendizaje basado en la indagación, la exploración práctica y el fomento de la curiosidad y el pensamiento crítico se aplican a los aprendices de todas las edades.

Además, el currículo emergente (que se presentará brevemente en una sección próxima) y la educación científica pueden integrarse eficazmente y, también alinearse con filosofías

⁸ La ciencia **emergente** se caracteriza por el **aprendizaje activo** y la interacción dinámica entre sus componentes. Esta actividad acelera el desarrollo de las redes neurales con lo cual aumenta su complejidad y la probabilidad de propiedades **emergentes**, como es el caso del entendimiento que emerge del conocimiento. Es evidente la importancia de la ciencia emergente en la infancia que es la que prepara el terreno neurológico, de conocimientos y de entendimiento. Es la base del futuro de todo ser humano y de ahí la importancia de la Ciencia Emergente en tempranas edades.

educativas más amplias que enfatizan el aprendizaje activo, enfoques centrados en el estudiante y la importancia de la relevancia del mundo real en la educación. Estos principios no están limitados por la edad, pero pueden adaptarse y aplicarse a los aprendices a lo largo de la vida, desde la infancia hasta la edad adulta, e incluso se aplica a la educación continua.

Además, la noción de que la “comprensión de” y el “interés en” los conceptos científicos pueden mejorarse mediante la exploración práctica, la experimentación, el aprendizaje-acción y la investigación-acción, así como el uso de analogías⁹ y metáforas, es relevante independientemente de la edad. Estos enfoques no sólo fomentan una comprensión más profunda, sino que también promueven un interés y aprecio de por vida por la ciencia y el mundo natural.

Existen paralelismos entre la investigación de acción/aprendizaje de acción y los currículos emergentes, porque comparten principios fundamentales como el ser centrados en el educando, el aprendizaje basado en la indagación, la colaboración y la mejora continua, a través de bucles cibernéticos. Ambos enfoques priorizan experiencias de aprendizaje personalizadas, fomentan la participación activa y la resolución de problemas, y promueven la reflexión y adaptación continuas. Al integrar estos principios, los educadores pueden crear entornos de aprendizaje dinámicos y receptivos que empoderan a los aprendices y fomentan resultados de aprendizaje significativos.

La ciencia emergente¹⁰ de los niños se refiere al aprendizaje activo que es generado por la exploración espontánea, la indagación y la comprensión de conceptos científicos que ocurren naturalmente en los más pequeños mientras interactúan con su entorno, etc. Aragón Núñez, L., Sánchez Rodríguez, S., & García Salado, V. (2021) estudiaron el discurso científico en la primera escolaridad. Analizando las intervenciones de docentes y niños de 4 y 5 años en el discurso compartido y los esquemas de conocimiento que emergen durante asambleas en torno a una temática particular, el huerto ecológico escolar, concluyeron que el mismo es un contexto adecuado para propiciar el discurso científico en edades tempranas.

⁹ "Las analogías son herramientas pedagógicas útiles para introducir conceptos nuevos y difíciles a los estudiantes al establecer conexiones con cosas familiares de nuestra vida diaria. La investigación ha demostrado que aplicar analogías durante el proceso de aprendizaje facilita el desarrollo del *pensamiento de orden superior*." (Keril & Elbatarny, 2021) [Itálicas y énfasis añadidos]

¹⁰ Ver, por ejemplo, (Johnston, 2013)

Como notaremos más adelante, los fundamentos teóricos de la ciencia emergente de los niños, incluidos los relacionados con la filosofía educativa y la psicología, se aplican a cualquier nivel educativo, incluyendo docentes y estudiantes de hasta el nivel superior y posterior al mismo, es decir la educación de por vida.

En la siguiente sección se hará énfasis en que el lenguaje químico es esencial para comprender la relación entre el mundo macroscópico y sub microscópico de la materia, utilizando símbolos y modelos para interpretar a nivel atómico-molecular, los fenómenos observables. Dicho lenguaje se caracteriza por su rigurosidad y especificidad, con diferentes niveles de abstracción, desde lo simbólico hasta lo epistémico. Es por ello que un lenguaje visual combinado con analogías y metáforas podrían activar la imaginación no sólo de los niños sino también adolescentes e incluso de jóvenes en los primeros años de estudios de ciencias e ingenierías en relación al ámbito intelectual de la química. Ello proveería soporte para la comunicación transdisciplinaria que le daría un contexto no técnico a la química, lo cual es especialmente efectivo si su “para qué” es acompañado de metáforas y analogías, que nutran la imaginación y el pensamiento lógico. Esto es importante si se pretende que el pensamiento lógico sea fértil y relacionado con otras dimensiones intelectuales.

Sin embargo, el lenguaje químico puede resultar difícil para noveles estudiantes debido a la inclusión de términos técnicos, su polisemia y la transición entre representaciones macroscópicas, sub microscópicas y simbólicas. Por ello es crucial abordar inicialmente el nivel macroscópico de la química con analogías y relaciones con la vida cotidiana para facilitar el aprendizaje por la vía del pensamiento analógico. Ello facilitaría que gradualmente, los estudiantes puedan introducirse en el lenguaje simbólico de la química, comenzando con conceptos simples y avanzando hacia explicaciones más fundamentadas a medida que su comprensión y habilidades metacognitivas se desarrollan. Todo esto se puede dar incrementando el componente de aprendizaje activo que es requerido para la producción de propiedades emergentes entre las cuales se encuentra la de “entender” el conocimiento que se está adquiriendo, lo que haría mucho más eficiente y efectiva la aplicación de tal conocimiento. Entendiendo el conocimiento se facilita su aplicación y viceversa, aplicando el conocimiento se entiende más. Ello se debe a la relación cibernética que hay entre conocimiento y entendimiento mediante la aplicación del mismo.

3. El lenguaje de la Química y sus dificultades para ser abordado por estudiantes noveles.

3.1. Naturaleza del “lenguaje químico”

El lenguaje químico es muy específico y denota la interrelación entre los mundos macroscópico y sub microscópico de la materia, a través del empleo de modelos para interpretar a nivel atómico-molecular los fenómenos observables. Una característica fundamental es el empleo de símbolos, que lo constituye en un "idioma" particular, propio y universal.

Diferentes autores conceptualizan al lenguaje químico de distintas maneras para tratar de hacer visible la complejidad intrínseca de la química y cuáles son las implicancias de su abordaje.

El lenguaje químico, como parte de los lenguajes científicos, se caracteriza por la rigurosidad con que definen algunos de sus términos técnicos. Es muy preciso y presenta un elevado nivel de especificidad en relación al contexto en el que fue generado. Está conformado por un conjunto de símbolos definidos en el marco de la química, con nuevos significados en el marco de la disciplina, que se relacionan según un sistema organizado de reglas (Lorenzo, 2021).

Según (Galagovsky, Bekerman, Giacomo, & Alí, 2014) en química, para comunicar la ciencia se emplean diversos lenguajes, tales como el lenguaje verbal utilizado en las explicaciones en general y en los libros de texto; el lenguaje gráfico, tanto del nivel macroscópico como del atómico-molecular empleando representaciones, dibujos y esquemas; lenguajes matemáticos utilizados en todas las ecuaciones; lenguaje simbólico de fórmulas químicas en compuestos y reacciones, entre otros, empleados para el abordaje de los contenidos disciplinares. Es importante tener en cuenta que más allá del uso de diversos lenguajes en química, las explicaciones de los fenómenos surgen en general del empleo de modelos del nivel atómico-molecular que permiten interpretar hechos macroscópicos.

La simbología química y sus vocablos específicos constituyen la base para la comprensión de los conocimientos químicos y el nivel de desarrollo de habilidades, tanto las generales como las específicas (Pinto Canjongo-Daniel, González-Hernández, & Becalli-Puerta, 2022).

(Borsese, 2000), citado por (Montagut-Bosque, 2010), asevera que el lenguaje químico “es específico, ya que cada símbolo encierra un número elevado de significados, no sólo da nombres a las transformaciones de la materia a nivel macro y microscópico, sino que los registra, codifica y convierte en elementos de pensamiento y comunicación”.

Lorenzo (2021), retomando la clasificación realizada por Jacob (2001) expresa los diferentes niveles que presenta el lenguaje químico, con aumento en el grado de abstracción (Fig. 1).

Nivel 1: simbólico (símbolos químicos, fórmulas y ecuaciones químicas incluyendo las reglas formales que los rigen)

Nivel 2: relacional (hace referencia al uso de un vocabulario específico y apropiado “meta-lenguaje”)

Nivel 3: modélico (modelos, leyes y teorías)

Nivel 4: epistémico (filosofía de la química)

Según Jacob la mayoría de las discusiones sobre el lenguaje químico se centran en uno de estos niveles.

A esta clasificación sugerimos, para lograr una efectividad comunicacional de la química, agregar un nivel más, que damos en llamar “**nivel teleológico**”, es decir es orientado a comunicar el “para qué” (Fig. 1). Este lenguaje sería muy adecuado para la Comunicación Transdisciplinaria, la cual está creciendo aceleradamente en importancia y quizás hasta podría tornarse necesaria. Además, agregar el “para qué” de la química así como el “qué”, “cómo” y “con qué”, la relaciona más con la naturaleza teleológica del Ser Humano. Tener propósitos y no solo instintos es otra de las características que diferencian al ser humano del resto del reino animal. Esto puede ayudar a ampliar la percepción de la química como una disciplina con un impacto significativo en la vida humana y en la sociedad en su conjunto, promoviendo así una mayor apreciación y comprensión de su importancia. Esto es fundamental también para los alumnos que van a iniciar sus estudios universitarios, tanto aquellos que han escogido la Química como carrera académica y profesional, como así también para quienes han abrazado otras disciplinas. Si no se tiene un claro “para qué” son los conocimientos de química, un joven que desea realizar su elección para iniciar una carrera universitaria, no tiene los elementos suficientes para optar o no por esta disciplina. En forma similar sería en las otras carreras. Es fundamental que pueda brindarse en charlas preuniversitarias, mediante un lenguaje transdisciplinario (con analogías y relaciones con

la vida cotidiana), el “para qué” además del “qué”, pero no sólo de la química sino también de las otras disciplinas, a fin de que pueda hacerse una elección adecuada. Esta manera de abordar la química, se va volviendo cada vez más efectiva en los primeros seis años de escolaridad e incluso, en el período preescolar. Vea por ejemplo la Química Emergente en (Martín, 2018). Consideramos, por lo tanto, que debe promoverse su aplicación en los estudios tanto preuniversitarios como universitarios.



Figura 1. Niveles que presenta el lenguaje químico

Es muy conocido que los cuatro niveles de lenguajes, mencionados arriba, han sido de gran utilidad para la comunicación intra-disciplinaria, especialmente porque provee una gran **precisión** a la comunicación dentro de la disciplina de la Química. Al igual de lo que ha sucedido en otras áreas, esa precisión tiene el costo de su bajo nivel de adaptabilidad para comunicarse con otras disciplinas. Esto se debe a la Primera Ley de la Cibernética traducida magistralmente por Ross Ashby a un lenguaje transdisciplinario como la ley de Requisito de Variedad: “Solo Variedad Absorbe Variedad”. La transdisciplinariedad de esa forma de comunicar la ley es la que ha permitido su aplicación en un alto número de disciplinas así como en el ámbito no-disciplinario. Aplicándola se hace evidente que mientras más precisión tenga un lenguaje menos adaptable se vuelve a la gran variedad de disciplinas. Por este motivo es necesario un balance entre precisión y adaptabilidad y esto es propiamente lo que busca la Nueva Ciencia de la Traducción (*Translation Science*¹¹) cuyo objetivo es minimizar el tiempo entre los resultados que se obtienen en los laboratorios hasta que llegan a los usuarios finales de los mismos. Es por ese objetivo que la *Translation Science* nace y se desarrolla en las Ciencias de la Salud, donde es muy importante acortar los tiempos en cuanto a buscar ese **balance entre precisión y adaptabilidad**.

¹¹ Vea por ejemplo (Faupel-Badger, Vogel, Austin, & Rutter, 2022)

3.2. Dificultad del Lenguaje de la Química

3.2.1 Dificultades en la Comunicación de Disciplinas en general

Las dificultades del lenguaje de la química tienen razones específicas propias y otras razones similares a los diversos grados de dificultades que existen en otras disciplinas. Veamos primero las dificultades comunes a las otras disciplinas y en base a este contexto resumiremos seguidamente (en la subsección 3.2.2.) lo que es más específico a la disciplina de la Química.

Las dificultades comunicacionales de las disciplinas en general, se deben al sistema semiótico que se usa en el contexto de cada una. Ello hace que la comunicación dentro de la misma disciplina sea mucho más eficiente y efectiva, especialmente en cuanto a evitar fallas que generan pérdidas de tiempo e interpretaciones erróneas. Por ello, dentro de las disciplinas se busca la mayor precisión posible, la cual frecuentemente requiere de símbolos especiales y de los llamados términos técnicos. Como se dijo anteriormente, ese beneficio intelectual dentro de la disciplina tiene la dificultad de bajar la eficiencia y la efectividad de interacción con otras disciplinas, que tienen sus propios sistemas semióticos para sus procesos de comunicación interna. En consecuencia, es necesario hacer un balance entre la precisión del discurso intra-disciplinario y del inter- o trans-disciplinario. Algo similar sucede con la comunicación “dentro” o “entre” lenguajes naturales. Efectiva metáfora podría ser la película “lost in translation” cuya directora Sofia Coppola, la describe como historia acerca de “cosas desconectadas buscando cómo conectarse”. La metáfora con esta película es que se trata de incomunicación no sólo lingüística (semiótica) sino también cultural y el hecho que diferentes disciplinas también tienen diferentes sistemas semióticos y diferentes culturas intelectuales: valores epistemológicos, lógicas, métodos de verificación, etc.

El balance entre precisión y adaptabilidad es claro y necesario tanto desde una perspectiva pragmática como intelectual. Esta última está basada en la Primera Ley de la Cibernética formulada por Ross Ashby (recién mencionada al final de la subsección anterior). Este balance depende, evidentemente, de los objetivos del comunicador y del tipo de audiencia receptora de la comunicación. Ello quiere decir que: 1) si la comunicación se realiza con otras personas de la misma disciplina, es la precisión de los términos y la cultura disciplinaria lo que debe imperar en ese balance, pero 2) si la comunicación es con personas de otras disciplinas, la adaptabilidad es la que debe imperar. Este último sería el caso de la comunicación de la disciplina a los niños, la cual debe estar orientada a la imaginación,

creatividad y entendimiento del niño, el que puede emerger sin la necesidad del respectivo conocimiento. Es aquí donde hay que enfatizar en la diferencia de las nociones de conocimiento y entendimiento:

- 1) *Se puede conocer sin entender lo que se conoce.* Un ejemplo lo tenemos en la famosa frase hiperbólica atribuida a Albert Einstein, “No entiendes realmente algo, a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela”. Esta frase distingue en forma determinante entre conocer y entender.
- 2) *Se puede entender sin tener conocimiento de lo que se entiende.* Tenemos como ejemplo de ello a los axiomas de sistemas matemáticos los cuales son proposiciones, principios indemostrables que sirven de punto de partida a la teoría, dando soporte para el conocimiento matemático.
- 3) *Se puede entender lo que se conoce y viceversa.* Ejemplo de ello sería una aplicación adecuada del conocimiento, como el de lograr explicárselo a una abuela, o a un niño, como lo logran las madres primerizas sin que nadie se los haya explicado a ellas. Si bien algunas madres primerizas pueden comprender intuitivamente cómo cuidar a sus hijos sin haber recibido instrucción formal, esto puede variar entre individuos y situaciones. Así mismo logran comunicarse por vía no verbal lo que conocen acerca del cuidado del bebé o del niño.

El tercer caso está asociado tanto a la comunicación transdisciplinaria, como a la enseñanza de la Ciencia y, en especial en este artículo, a la enseñanza de la Química. Aquí la efectividad de la comunicación depende del nivel de entendimiento que tiene quien está tratando de comunicar un conocimiento.

En el caso particular de la Química es evidente que para comunicar lo que significa la Química a alumnos de primaria e incluso de preprimaria, es necesario entender para lograr que emerja el entendimiento en el niño. La posibilidad de lograrlo en forma efectiva ha sido empíricamente validada en varias investigaciones. Por ejemplo, Adbo y Vidal-Carulla (Learning About Science in Preschool: Play-Based Activities to Support Children’s Understanding of Chemistry Concepts, 2020) han hecho “Estudios Longitudinales”¹² y publicado varios trabajos al respecto, concluyendo lo siguiente en uno de ellos:

¹² Los estudios longitudinales implican seguir a un grupo de participantes durante un período extendido para observar cómo ciertas variables evolucionan con el tiempo. Estos estudios ofrecen información valiosa sobre el desarrollo humano, efectos de intervenciones a largo plazo y tendencias, en campos como la salud y la educación. Permiten identificar relaciones causales, analizar cambios a lo largo del tiempo y comprender mejor los procesos de desarrollo en diversas poblaciones.

“Hay muchas conclusiones que se pueden extraer de este proyecto de investigación. Principalmente, demostró que *la química sí tiene un lugar en la educación de los primeros años*. Los métodos químicos son accesibles para los niños pequeños que pueden desarrollar el pensamiento abstracto cuando se les proporcionan ayudas visuales apropiadas y *pensamiento compartido sostenido*. Es importante que se consideren tanto los aspectos cognitivos como afectivos de la educación científica preescolar para crear actitudes y motivaciones positivas hacia la ciencia.” (Adbo & Vidal-Carulla, 2020) [Itálicas y énfasis añadidos]

Comúnmente son tres las fuentes más importantes de las dificultades para comunicar un conocimiento disciplinario 1) el sistema semiótico de la disciplina, 2) el nivel de abstracción requerido y 3) el nivel del lenguaje natural que se usa en todas las disciplinas para relacionarla con la vida real, lo cual inserta las típicas ambigüedades (polisemias y sinonimias) hecho que se acrecienta cuando en una disciplina dada se la da una precisión mayor. Esto último se suma a la ambigüedad natural de cada término.

Es bueno explicitar, en forma muy breve, la fuente de las dificultades de las disciplinas quizás más representativas para darle contexto a lo que queda de esta sección. Cada disciplina tiene sus propias características que influyen en la dificultad de comunicación, y la comprensión de estos aspectos es fundamental para abordar eficazmente los desafíos en la enseñanza y el aprendizaje de cada disciplina.

1. *La Química y la Física*, al abordar el mundo material y emplear una cantidad significativa de términos del lenguaje natural, requieren una traducción constante entre el lenguaje natural y el sistema semiótico disciplinario. Esto puede generar desafíos adicionales en la comunicación y comprensión de los conceptos.
2. *La Matemática*, al ser una disciplina que utiliza principalmente símbolos y notaciones matemáticas, la dificultad de comunicación radica más en los niveles de abstracción requeridos para comprender los conceptos matemáticos. La traducción entre el lenguaje natural y el sistema semiótico disciplinario es menos pronunciada en comparación con disciplinas como la química y la física.
3. *Las Ciencias Sociales*, si bien utilizan mucho el lenguaje natural, la dificultad de comunicación puede surgir de la abstracción cualitativa y los sentidos técnicos que muchas palabras adquieren en este contexto. La ambigüedad inherente al lenguaje natural, como las polisemias y sinonimias, también puede contribuir a la dificultad de comunicación.

4. La Filosofía enfrenta desafíos tanto en el uso del lenguaje natural como en el nivel de abstracción requerido. Además, el sentido técnico que adquieren muchas palabras en esta disciplina, junto con las diferencias en la interpretación entre filósofos, puede complicar aún más la comunicación y comprensión de los conceptos filosóficos.

Dado el contexto que acabamos de dar brevemente del tipo de dificultades existentes en comunicar las disciplinas a otras disciplinas o a la sociedad en general, veamos ahora, también brevemente, el caso de la Química.

3.2.2. Fuente de Complejidad que caracteriza a la Química: según un análisis de distintos autores, Lorenzo (2021) destaca que la verdadera complejidad del lenguaje químico deviene de la inclusión de palabras y términos técnicos, palabras comunes en contextos específicos, conexiones lógicas, instrucciones, argumentaciones y un discurso particular que conforman textos difíciles de comprender por su baja legibilidad para el lector inexperto. Algunos términos empleados en química son polisémicos ya que son extraídos del lenguaje cotidiano y resignificados en el contexto de la disciplina. Algunas de las dificultades de este lenguaje radican en dicha polisemia y también en la sinonimia, sumado a la interpretación de gráficos, símbolos, fórmulas y ecuaciones.

Siguiendo a (Johnstone, 2000) el aprendizaje de la química requiere el control de tres niveles de pensamiento, lo que involucra tres niveles representacionales diferentes, que podrían interpretarse como constituyentes de cada uno de los vértices de un triángulo: el nivel macroscópico, el submicroscópico y el simbólico. Para los estudiantes, el desplazamiento entre esos vértices, o sea la conexión entre los distintos niveles representacionales no es sencillo y resulta un obstáculo para su aprendizaje.

Resultados de numerosas investigaciones acerca de la comunicación del conocimiento científico y las dificultades del manejo de su lenguaje, revelan que el pasaje del mundo macroscópico al microscópico y al simbólico son los más difíciles de asimilar (Montagut Bosque, 2010). Es por ello que consideramos que el abordaje del nivel macroscópico de la materia, a través del empleo de analogías y relación con la vida cotidiana pueden colaborar notablemente con el aprendizaje ya que permitirían hacer de algún modo familiar o tangibles, procesos que en realidad se fundamentan en el nivel submicroscópico de la materia.

Hablamos de la inclusión del lenguaje químico en edades tempranas del desarrollo, pero entendemos obviamente que el aprendizaje de la química debería ser gradual, así como existen diferentes niveles de enseñanza de la música y de la matemática.

En el diseño curricular para la educación en la escuela primaria de la provincia de Buenos Aires (Argentina) se destaca que para que los alumnos puedan construir una explicación del mundo natural sostenida en el pensamiento crítico y reflexivo, es necesario brindarles la oportunidad de aproximarse progresivamente a los objetos, fenómenos naturales y modos de conocer a lo largo de toda la trayectoria escolar, profundizando los conceptos y/o agregando miradas complementarias conforme se vaya avanzando en dicha trayectoria. Más allá de la curiosidad innata propia de la edad, el aprender Ciencias Naturales (que incluye la Química) desde una temprana edad intenta promover el aprendizaje de nuevos marcos explicativos y procedimientos que les permitan a los niños interpretar la realidad de su entorno desde los modelos y estrategias científicas, así como también fomentar valores y actitudes necesarios para desenvolverse en su entorno y la sociedad, tomando decisiones responsables.

Una de las primeras incursiones en el mundo de la química a edades tempranas debería sin duda corresponder al nivel macroscópico de la materia, que se relaciona con los fenómenos observables, que pueden ser percibidos a través de la experiencia de los sentidos, los que están estrechamente ligados a la vida cotidiana y obviamente también debería acercarse el objeto de conocimiento a los niños, desde el nivel del lenguaje químico que proponemos en este artículo, el “**teleológico**”, a fin de que los infantes puedan ir descubriendo los “para qué” de esta rama de las ciencias, tan importantes en la enseñanza para que el aprendizaje sea atractivo y eficaz.

En cuanto al lenguaje simbólico de la química, que es universal y que posee reglas científicas que fundamentan su construcción, consideramos que esa argumentación debería graduarse conforme el desarrollo intelectual del niño. Se puede iniciar con el "alfabeto químico" (la tabla periódica) con una enseñanza muy transdisciplinaria que permita su abordaje activo y entretenido. Luego iniciar con las “palabras” más simples de escribir en este lenguaje (compuestos químicos binarios sencillos) que son aquellos que pueden aprenderse mecánicamente, e ir luego profundizando luego en su fundamento científico (los por qué), conforme la evolución de su intelecto.

Pero en cuanto a los distintos tópicos que involucra la disciplina, podrían enseñarse desde muy temprana edad con analogías y relaciones con la vida cotidiana que, como dijimos

antes se relaciona con el nivel macroscópico de la materia y también con el teleológico. Resultaría sencillo de asimilar para un niño por ejemplo “qué es una disolución”, “qué es la concentración de una solución” a partir de sus propias experiencias cotidianas, como por ejemplo de tomar una leche con azúcar con más o menos contenido del endulzante. Así también por ejemplo, podría interpretar fácilmente las nociones de acidez o basicidad de las diferentes sustancias, a partir de una experiencia sencilla con solución de repollo morado, al que se le pueden agregar vinagre o bicarbonato de sodio, y observar visibles y atractivos cambios de color. La argumentación que se pueda brindar dependerá de la que pueda asimilar conforme la edad del educando.

La argumentación es el proceso de justificar las afirmaciones con evidencia y razones. Cuando se habla de argumentación en el contexto del conocimiento químico, se trata de justificar desde el punto de vista del estudiante cómo es que se forman las afirmaciones del conocimiento científico (Erduran, 2021). Tal como lo expresamos anteriormente, la graduación en los niveles de fundamentación debe ineludiblemente llevarse a cabo.

Las habilidades cognitivas lingüísticas se adquieren de manera gradual y se incrementa el grado de dominio de las mismas a medida que el estudiante avanza en su trayecto académico (Ciriaco, 2020). Así también las estrategias metacognitivas se van desarrollando a lo largo de la vida y pueden tener diferentes niveles de complejidad. Dichas estrategias (planificación, control y evaluación por parte de los estudiantes de su propia cognición) refieren a procedimientos de autorregulación que hacen posible el acceso consciente a las habilidades cognitivas empleadas para procesar una información (Buffa, 2022).

4. Ciencia Emergente y Química Emergente para Niños

La Química se basa en un lenguaje, un sistema semiótico, casi tan universal como las Matemáticas y la Música. ¿Por qué es útil e importante la inclusión de su enseñanza en etapas tempranas de la escolaridad?. La Química está asociada con muchas experiencias de la vida diaria. Ello es tan real y evidente que le dio origen a las frases “Química de lo Cotidiano” y en inglés, "Chemistry in Daily Life" y "Chemistry in Everyday Life", por ejemplo. (Poudel, 2020) afirma, en sus conclusiones que “La química de la vida cotidiana es el tema de la ciencia que nos rodea cada minuto en cada lugar, y no hay escasez de ejemplos para probar este hecho. Sin química, nuestra vida es imposible, por lo que es un medio para vivir una vida mejor y hacer las cosas mejor. Por lo tanto, es un deber para

todos aprender y disfrutar.”¹³ Siendo esta la situación, la posibilidad de la enseñanza transdisciplinaria de la Química a los niños podría incluso ser mucho más efectiva que la matemática especialmente porque la “Química de lo Cotidiano” presenta una oportunidad inigualable para aplicar las analogías, símiles, y metáforas muy adecuadas y efectivas a la edad de los niños. Es fundamental entonces comunicar la química para la comprensión del mundo material donde se experimenta la vida real.

Presentaciones y artículos recientes realizados y escritos PARA la Comunicación Transdisciplinaria mostraron que los conceptos básicos de química pueden comunicarse a través de metáforas y analogías con experiencias del mundo real que todos nosotros, generalmente y con frecuencia, hemos tenido desde que éramos niños. Esto ha sido muy informativo especialmente porque esas relaciones están casi en todas partes. La educación en Química a través de analogías basadas en experiencias de la vida real es, además de informativa, un posible fertilizante del pensamiento analógico, que es una de las formas de la educación para la creatividad. Recordemos que el Pensamiento Analógico es lo que proporciona material de entrada al Pensamiento Lógico. Por lo tanto, metafóricamente e incluso analógicamente, podemos percibir y concebir que en cuanto a la generación de nuevos conocimientos, el pensamiento lógico es estéril sin pensamiento analógico y el pensamiento analógico podría ser desorientador sin el lógico. Ambos tipos de pensamiento parecen ser opuestos polares, y esa oposición es la que genera la tensión para el movimiento entre ambos, en forma similar a la tensión eléctrica que se basa en la oposición polar que crea la tensión de voltaje requerida para que los electrones se muevan y con ello crear la corriente eléctrica tan utilizada y que dio lugar a muchas innovaciones tecnológicas.

En consecuencia, es muy importante darle soporte al desarrollo del pensamiento analógico de los niños, junto con su pensamiento lógico, mediante el uso de ejemplos de química a través del pensamiento analógico. De ese modo, además de posibilitar el entendimiento de fenómenos químicos, estaríamos dando soporte al desarrollo intelectual del niño en cuanto al pensamiento analógico. El uso de las metáforas también ayudaría tanto al desarrollo del pensamiento analógico como a la capacidad de imaginación.

Es bueno recordar aquí la cita de Einstein: *“La imaginación es más importante que el conocimiento. El conocimiento es limitado, mientras que la imaginación no”*. ¿Por qué no

¹³ El texto original en Inglés es el siguiente: “the daily life chemistry is the theme of science which is all around us every minute in every location and there is not any shortage of examples to prove this fact. Without chemistry, our life is impossible so it is one medium to live a better life and better doing. So it is a must for everyone to learn and enjoy”.

complementar el pensamiento lógico de los niños con el pensamiento analógico e imaginación a través de metáforas en la educación química?.

El proceso de crear analogías e insumos para la imaginación puede llevar efectivamente a la generación de meta-analogías y meta-imaginación. Estos procesos cognitivos de nivel superior (meta cognición) implican una práctica reflexiva y abstracción de patrones y estructuras tanto de las analogías como de los escenarios imaginativos mismos (Burns H., 2024a). (Burns H., 2024a) (Burns H., 2024b).

Las meta-analogías implican reconocer similitudes generales o patrones entre múltiples analogías, mientras que la meta-imaginación implica reflexionar sobre el proceso imaginativo en sí mismo y sus mecanismos subyacentes. Ambos procesos contribuyen al desarrollo del pensamiento lógico al alentar a los individuos a analizar y sintetizar información de manera más abstracta y compleja. Esto se lograría a través de la práctica reflexiva, especialmente de parte del educador, lo cual contribuye al desarrollo intelectual de la persona educadora y podría hacerla más efectiva tanto en procesos educativos como auto educativos. Además, estos procesos cognitivos están interconectados y pueden formar relaciones cibernéticas, donde se regulan (a través de retroalimentación negativa) y se refuerzan (a través de retroalimentación positiva) mutuamente. El pensamiento analógico, la imaginación y el pensamiento lógico pueden complementarse y apoyarse mutuamente en la resolución de problemas y el desarrollo cognitivo. Esta interconexión resalta la importancia de fomentar la creatividad, la imaginación y el razonamiento analógico junto con el pensamiento lógico en entornos educativos y programas de desarrollo cognitivo.

Para reforzar lo que arriba resumimos brevemente respecto a la eficacia educativa de las analogías y metáforas en la educación infantil, usemos parte de un resumen de un artículo publicado en relación con la educación química infantil, e interpretemoslo en el contexto de lo mencionado hasta ahora.

“Cinco años de investigación sobre los conceptos abstractos emergentes en niños. Se diseñó e implementó un estudio longitudinal centrado en las conversaciones de los niños durante una serie de actividades con enfoque en la química. Los resultados muestran que la experiencia práctica con lupas, microscopios y la descomposición de varios elementos no proporcionaron suficiente contexto para que los niños imaginaran cómo sería un mundo aún más pequeño. En cambio, los niños aplicaron sus experiencias del mundo macroscópico para describir lo que veían. No fue hasta que se utilizaron animaciones, acercándose desde el nivel macroscópico hasta los

niveles atómico y molecular, que el concepto de pequeño de los niños comenzó a desarrollarse. Los resultados muestran que la siguiente etapa del desarrollo del concepto, además de usar descripciones de experiencias cotidianas, fue darse cuenta de que estas eran experiencias nuevas, que de hecho era algo nuevo lo que estaban viendo. La tecnología de animación también ayudó a los niños a darse cuenta de que los átomos y las moléculas están en todas partes y en todo, sugiriendo que el tiempo transcurrido entre la transición del nivel macroscópico al nivel submicroscópico también proporcionó a los niños una sensación de escala.”¹⁴ Karina Adbo, (Química Emergente: Uso de Visualizaciones para Desarrollar el Pensamiento Abstracto y una Sensación de Escala en el Entorno Preescolar, Active Learning -, 2022).

Es fácilmente interpretable, en base al texto del resumen inmediato anterior, que la imaginación, facilitada por analogías con experiencias de la vida real y respaldada por ayudas visuales, jugó un papel clave en ayudar a los niños a desarrollar un sentido de escala en la comprensión de átomos y moléculas. Esto atiende a una de las dificultades mencionadas arriba en cuanto a relacionar el nivel macroscópico con el microscópico y el interpretar fenómenos observables, a nivel atómico-molecular.

Al conectar conceptos científicos abstractos con fenómenos familiares y proporcionar representaciones visuales, los educadores pueden estimular la curiosidad de los niños y fomentar su comprensión del mundo natural. Relacionar diferentes tipos de imaginación con respecto a la misma noción a ser entendida ayudó más que un solo tipo de imaginación. Una explicación de ello es la formación de una meta-imaginación. Ello también señalaría la importancia de que las analogías basadas en diferentes fuentes, producirían diferentes tipos de imaginación. Esta conclusión puede añadirse a la del autor del resumen que transcribimos arriba. Aunque dicho texto no menciona explícitamente la analogía hecha a

¹⁴ El original, en inglés, es el siguiente: “5-years of research regarding children’s emerging abstract concepts. A longitudinal study focusing on children’s conversations during a series of activities with a chemistry focus was designed and implemented. Results show that practical experience with magnifying glasses, microscopes, and the deconstruction of several items did not provide enough backdrop for the children to imagine what an even smaller world would look like. Instead, the children applied their experiences from the macroscopic world to describe what they saw. It was not until animations, zooming in from the macroscopic to the atomic and molecular levels were used that the children’s concept of small began to develop. Results show that the next stage of concept development, besides using descriptions from everyday experiences was the realization these were new experiences, that it was in fact something new they were seeing. Animation technology also helped the children realize that atoms and molecules are everywhere in everything, suggesting that the time elapsed between the transition from the macroscopic level to the submicroscopic level also provided the children with a sense of scale.” Karina Adbo, (Emergent Chemistry: Using Visualizations to Develop Abstract Thinking and a Sense of Scale within the Preschool Setting, Active Learning -, 2022)

través de experiencias de la vida real, o entre diferentes tipos de imaginaciones generadas por las mencionadas (experiencias de la vida real y animaciones visuales), existe un meta nivel de pensamiento analógico, una comparación entre dos tipos diferentes de procesos imaginativos.

De hecho, el uso de animaciones visuales representa una forma diferente de imaginación en comparación con las imágenes mentales generadas a partir de experiencias de la vida real. Al yuxtaponer estos dos tipos de procesos imaginativos, los niños pueden participar en una forma de meta-imaginación, donde comparan y contrastan sus experiencias y representaciones mentales para construir una comprensión más completa de los conceptos abstractos.

Este proceso de meta-imaginación podría verse como una habilidad cognitiva de orden superior (meta-cognición), donde los niños no sólo imaginan conceptos individuales, sino que también reflexionan e integran múltiples fuentes de imaginación para desarrollar una comprensión más matizada. Las analogías entre diferentes tipos de imaginación podrían desempeñar un papel crucial en este proceso, ayudando a los niños a cerrar la brecha entre diferentes formas de representación y facilitando su desarrollo conceptual. De otra manera no hubiera sido posible haber "proporcionado a los niños un sentido de escala".

Es importante destacar la importancia de considerar la interacción entre diferentes formas de imaginación y el potencial de la meta-imaginación para mejorar la comprensión conceptual de los niños. Al reconocer y aprovechar estas conexiones, los educadores pueden crear experiencias de aprendizaje más efectivas que apoyen el desarrollo cognitivo de los niños y su compromiso con conceptos abstractos. Las analogías y la imaginación pueden estar relacionadas con la generación de meta-analogías y/o meta-imaginación, ambas serían entradas necesarias para el pensamiento lógico. *Todo esto ciertamente genera relaciones cibernéticas entre el pensamiento analógico, la imaginación y el pensamiento lógico, que necesariamente crean **propiedades emergentes y sinergias**, donde "el todo es mayor que la suma de sus partes"*. Como anticipó Aristóteles hace unos 2500 años y ahora redescubierto por la "Teoría General de Sistemas" de Ludwig Von Bertalanffy (General System Theory: Foundations, Development, Applications, 1968), especialmente en el campo de los Sistemas Complejos.

La química emergente para niños es un ejemplo de las ciencias emergentes para niños, un enfoque educativo que se centra en permitir que los infantes exploren conceptos científicos a través de actividades prácticas basadas en la investigación, en la típica curiosidad y

creatividad de esa edad. En lugar de simplemente presentar hechos e información, este enfoque anima a los pequeños a participar activamente con el material, que a veces es combinado con juegos, a hacer preguntas y explorar para descubrir respuestas por sí mismos. De esta manera, se fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, la curiosidad y el entendimiento (diferente a conocimiento) de conceptos o principios científicos. El término "emergente" en este contexto se refiere al desarrollo y evolución de procesos mentales en los niños. No se trata tanto de tener conocimientos previos, sino más bien de la forma en que nuevos entendimientos

surgen a través de la exploración y el descubrimiento. Por lo tanto, la idea de "emergente" en la ciencia emergente para niños se centra en el proceso de descubrimiento y la construcción de la comprensión por parte de los pequeños aprendices. Son las partes del proceso requerido por el enfoque de ciencia emergente lo que hace emerger el entendimiento de lo que aún no se conoce, al menos no se conoce bien o completamente.

La química emergente, aplicada en la educación de los niños como dijimos, se centra específicamente en la exploración espontánea, la investigación y la comprensión de conceptos químicos lo cual ocurre naturalmente en los niños pequeños, en la medida que *interactúan* con materiales, sustancias y fenómenos en su vida cotidiana (Carulla-Vidal, Children's Emergent Chemistry in The Preschool, 2020). Una vez más, esto proporciona la base conceptual y nocional de la Enseñanza de la Química en cualquier nivel educativo. Se trataría de tratar de generar el entendimiento antes o simultáneamente a la transmisión de conocimiento. En este punto es bueno recordar lo que mencionamos anteriormente, que un entendimiento puede *emerger*, sin el respectivo conocimiento, puede suceder al revés o entender y conocer simultáneamente.

Esta emergencia del entendimiento de conceptos o nociones abstractas de la Química y de la Ciencia en general, en los niños, puede relacionarse con la noción más general de emergencia en sistemas complejos y puede interpretarse como resultado tanto de procesos complejos como de la creciente complejidad de las redes neuronales de los niños debido a un proceso de aprendizaje orientado a través de interacciones basadas en el juego y en contexto social participativo y contributivo.

5. Currículo Emergente ¹⁵

La palabra "emergente" en "currículo emergente" puede interpretarse tanto en su sentido semántico como en el significado que tiene en sistemas complejos como una "propiedad emergente", es decir una propiedad que no está en ninguna de las partes del sistema, pero emerge debido a la interacción entre esas partes.

En su sentido semántico, la palabra "emergente" se refiere a un plan de estudios que está evolucionando o desarrollándose con el tiempo, en respuesta a las necesidades y experiencias de los estudiantes. El currículo no está rígidamente predeterminado, es decir, es más sistémico que sistemático, ya que emerge a través de: 1) el compromiso y las interacciones entre los estudiantes y maestros, que serían las partes del proceso complejo y evolutivo y 2) del crecimiento en la complejidad de las redes neurales de los participantes, lo cual se produce por las interacciones de las redes neurales que forman parte de la red social de redes neurales individuales.

En cuanto a adjetivo "emergente" de "currículo", implica que el éste genera más complejidad que la que ya existe en los currículos tradicionales que son más sistemáticos, predeterminados, y más lineales, mientras que los emergentes son más sistémicos como mencionamos recién y no lineales debido, mayormente, a los lazos cibernéticos entre las partes y al aprendizaje que se produce a través de ese proceso.

En ambos sentidos, los currículos emergentes están basados en un enfoque sistémico para la educación y ofrecen más variedad interna en comparación con los currículos altamente sistemáticos. Esta variedad permite la adaptación tanto a las diversas experiencias que los estudiantes pueden haber tenido anteriormente como a las diferencias entre los estudiantes, así como también a situaciones inesperadas que pueden surgir debido a la no linealidad del proceso, que está relacionada con la no linealidad de los currículos sistémicos. En ambos sentidos, hay una mayor complejidad que en los currículos tradicionales.

Esta mayor complejidad en el proceso y en las partes involucradas en el mismo, conduce a más propiedades emergentes que son típicas de los sistemas y procesos complejos. Es probable que este sea el motivo por el cual se utiliza el término "emergente" en campos como la "ciencia emergente" y la "química emergente".

¹⁵ El libro "Emergent Curriculum" escrito por Jones and Nimmo (Emergent Curriculum, 1994) es un trabajo fértil y trascendental especialmente porque ayuda a divulgar, la noción de "currículum emergente" para la educación de niños; la define, y provee marco teórico y guía práctica para su implementación.

El currículo emergente no sólo enriquece las experiencias de aprendizaje de los estudiantes y maestros, sino que también desarrolla sus redes neuronales, haciéndolas más complejas mediante más relaciones. Esta mayor complejidad dentro de los procesos cerebrales incrementa la generación de propiedades emergentes pudiendo el “insight” (entendimiento inmediato o percepción repentina) ser una de esas propiedades emergentes. Estos “insights”, producto del incremento de complejidad de redes neurales o de los procesos complejos por las que atraviesan, iluminan el camino para la comprensión o el entendimiento de conceptos abstractos. Notablemente, este fenómeno se alinea con la noción de que el entendimiento o la comprensión preceden a la adquisición de conocimientos explícitos o resultan de una aplicación efectiva de los mismos, lo cual es un principio fundamental en estrategias de aprendizaje efectivas. Al cultivar la comprensión o el entendimiento antes que el conocimiento explícito o factual, un currículo emergente prepara a los estudiantes para experiencias de aprendizaje más profundas y duraderas a medida que avanzan en sus estudios. Este enfoque fomenta no sólo la retención eficiente, sino también el cultivo de imaginaciones vívidas y pensamiento analógico, allanando el camino para resultados de aprendizaje aún más efectivos en el futuro.

Cuando la enseñanza se centra en quien aprende, y está basada en fomentar participación activa, exploración y descubrimiento, se enfatiza en valorar experiencias de aprendizaje significativo¹⁶, la colaboración y la reflexión, con el objetivo de empoderar a quienes están aprendiendo y promover habilidades de aprendizaje significativo y potencialmente permanente. Este tipo de enseñanza está orientada a **relacionar el pensamiento y la acción**, así como en **hacer o auto formularse preguntas**. Esto último tiene más importancia de lo que se podría suponer porque puede transformar el conocimiento en entendimiento. Esto es especialmente cierto en el caso de auto formularse preguntas, de acuerdo a (Lonergan, 1992).

Anteriormente, nos referimos al pensamiento analógico y la imaginación, así como a las meta-analogías y la meta-imaginación. Aquí proporcionaremos más detalles relacionando los currículos emergentes con estas nociones.

¹⁶ (Champe, Harvey, & Ferrier, 2005) afirman que “El aprendizaje significativo se refiere a un proceso en el que los estudiantes vinculan nueva información con conceptos relevantes que ya poseen. Para aprender significativamente, los individuos deben elegir conscientemente relacionar la nueva información con el conocimiento que ya tienen, en lugar de simplemente memorizar hechos o definiciones de conceptos aislados.” El original, en Inglés, es el siguiente texto “Meaningful learning refers to a process in which students link new information to relevant concepts that they already possess. To learn meaningfully, individuals must consciously choose to relate new information to knowledge that they already know, rather than simply memorizing isolated facts or concept definitions.” El aprendizaje incluye y/o desarrolla pensamiento crítico y creativo, solución de problemas y habilidades meta-cognitivas.

Los currículos emergentes aumentan la complejidad de las redes neuronales del cerebro debido a la aceleración de la generación de nuevas sinapsis, axones, tractos nerviosos, fascículos¹⁷, etc. Dado que estos últimos son grupos de fibras nerviosas que conectan diferentes partes del sistema nervioso y que les proporcionan sus funciones asociativas, entonces estarían involucrados en la generación o comprensión de analogías y metáforas.

Las analogías y las metáforas a menudo implican establecer conexiones entre diferentes conceptos o ideas, basándose en similitudes o relaciones entre ellos. Este proceso de establecer conexiones y asociaciones se basa en la actividad coordinada de diferentes regiones cerebrales, facilitada por la transmisión de señales a través de los fascículos nerviosos. "Los científicos cognitivos plantean la hipótesis de que la capacidad de imaginar crea imágenes mentales y nuevas ideas creativas, como el resultado de algo llamado espacio de trabajo mental, una red neuronal que coordina la actividad en múltiples regiones del cerebro" (García-González, 2021).

Por ejemplo, al generar una analogía, el cerebro puede necesitar acceder a la información almacenada en diferentes regiones asociadas con conceptos o experiencias relevantes. Los fascículos ayudan a facilitar esta comunicación al transmitir señales entre estas regiones, permitiendo la integración de información y la creación de asociaciones significativas.

De manera similar, al entender una analogía o metáfora, el cerebro debe interpretar la relación entre los elementos de la analogía y relacionarlos con el significado pretendido. Nuevamente, los fascículos desempeñan un papel crucial al facilitar la transmisión de señales entre las regiones cerebrales relevantes involucradas en el procesamiento del lenguaje, la memoria semántica y el pensamiento asociativo. (Dick & Tremblay, 2012)

En general, los fascículos están involucrados en la generación y comprensión de analogías y metáforas al facilitar la comunicación e integración de información entre diferentes partes del sistema nervioso.

¹⁷ Los fascículos en el cerebro son conjuntos de fibras nerviosas de sustancia blanca que *conectan diferentes regiones cerebrales* y permiten la comunicación entre ellas. Estos fascículos están formados principalmente por axones que permiten una *rápida transmisión de información entre las diferentes regiones cerebrales* "Un nervio contiene haces de fibras nerviosas ... Cada haz de fibras nerviosas se llama fascículo y está rodeado por una capa de tejido conectivo ... Dentro del fascículo, cada nervio individual ... está rodeado de tejido conectivo ... Un nervio también puede tener vasos sanguíneos encerrados en sus envolturas de tejido conectivo." (U. S. National Institutes of Health, National Cancer Institute, 2024).

Entonces, cuanto antes se utilicen y desarrollen los fascículos en el cerebro, mayor será la capacidad integradora y el desarrollo holístico del cerebro. Además, el mundo material es la fuente más fértil para analogías y metáforas porque está altamente relacionado con las experiencias de los niños. En consecuencia, el lenguaje químico podría funcionar bien si se utiliza en la educación temprana de los niños debido a su efectividad y eficiencia en generar analogías y metáforas relacionadas con la vida del infante. Todo esto anticipa procesos integrativos tempranos en el sistema nervioso del niño y acelera la integración temprana y la complejización de los respectivos cerebros humanos y, por lo tanto, se acelera también la generación de propiedades emergentes debido a la temprana complejización de las asociadas, redes neurales.

La efectividad de una analogía estará dada por el conocimiento de los atributos del análogo y por el aprovechamiento que pueda hacerse de los atributos compartidos (Raviolo, 2009). En general, a cualquier edad, mientras más analogías y metáforas se hagan o se aprehendan, mayor es la capacidad de generarlas. Este aumento se debe a propiedades emergentes que, cuando se utilizan, aumentan su efectividad y eficiencia dado que el uso de las habilidades cognitivas genera su propia amplificación debido a que su reiterado uso implica, implícitamente, lazos de retroalimentación y, especialmente, el tipo de retroalimentación amplificativa. Es también por esto que en el caso específico de Currículos Emergentes tienen una importante efectividad educativa, especialmente cuando se aplican a la Química, debido a las muchas analogías y metáforas que pueden hacerse con experiencias de la vida real. Recordemos que el objeto de estudio de la Química es la materia, vale decir todo aquello que ocupa un lugar en el espacio, tiene masa e impresiona los sentidos, es decir que abarca todo el mundo material, y por ende involucra una parte importante de los fenómenos o situaciones de la vida real ya conocidos y/o experimentados por todos.

Los párrafos anteriores describen brevemente un proceso de aprendizaje que no sólo construye una base sólida de entendimiento, sino que también cultiva las habilidades cognitivas y las estructuras neuronales necesarias para comprender y dominar eficazmente el conocimiento formal que se adquiera en el futuro.

6. Reflexiones Finales

A medida que el mundo se vuelve cada vez más complejo y, en consecuencia, con más propiedades emergentes que surgen externamente, se torna más necesario que los sistemas nerviosos humanos se adapten y se desarrollen con mayor complejidad y con más

propiedades emergentes. Esta realidad subraya la necesidad imperativa de una educación continua a lo largo de la vida, iniciando en la primera infancia, centrada en entender, comprender y navegar estas propiedades emergentes externas. Implícita o explícitamente, esta educación las debe abordar y así adaptarse a los desafíos, presentados por el crecimiento de las complejidades externas. El crecimiento de la complejidad en los sistemas nerviosos es importante, y hasta necesario, para enfrentar y adaptarse a las nuevas propiedades emergentes que van surgiendo por el crecimiento de la complejidad del mundo exterior.

En referencia a la Química, abordar el nivel macroscópico y el teleológico de su lenguaje facilita el entendimiento de los fenómenos observables, lo cual puede darse desde muy temprana edad con analogías y relaciones con la vida cotidiana. Al aprovechar el mundo material e incorporar el lenguaje de química cotidiana en la educación de la primera infancia, los maestros pueden apoyar el desarrollo temprano de los fascículos en el cerebro, promover procesos integrativos y acelerar la aparición de propiedades emergentes asociadas con cerebros de mayor complejidad. Esto subraya la importancia de la incorporación del lenguaje químico en la primera infancia para sentar las bases del desarrollo cognitivo y del aprendizaje continuo.

La aceleración del crecimiento de la complejidad externa acrecienta el nivel de importancia de la educación emergente *no solo en la infancia, sino a lo largo de toda la vida*. La primera infancia es particularmente crucial debido a la relativa gran plasticidad del cerebro en desarrollo, aunque la educación emergente sigue siendo esencial para los adultos también, ya sea a través de experiencias de aprendizaje formal, informal o educación autodirigida, que se adapta a las complejidades emergentes.

La educación es una preparación constante para la vida. No importa a qué tipo de educación nos refiramos, su objetivo final sigue siendo el mismo: seguir preparándose para la vida, es decir, equipar a los individuos con el conocimiento, las habilidades y las actitudes necesarias para navegar y prosperar en diversos contextos, y potencialmente hacerlos más y mejores personas, es decir, individuos relacionados sociológica y culturalmente. La educación en todas sus formas sirve al objetivo general de capacitar a los individuos para navegar eficazmente por la vida y enriquecer sus identidades personales y colectivas, permitiendo en definitiva, adaptarse con éxito al vertiginoso mundo cambiante.

Referencias

- Adbo, K. (2022). Emergent Chemistry: Using Visualizations to Develop Abstract Thinking and a Sense of Scale within the Preschool Setting, Active Learning -. In D. Ortega-Sánchez (Ed.), *Research and Practice for STEAM and Social Sciences Education*,. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.105216
- Adbo, K., & Vidal-Carulla, C. .. (2020). Learning About Science in Preschool: Play-Based Activities to Support Children's Understanding of Chemistry Concepts. *The International Journal of Early Childhood (IJEC)*, 52, 17–35. doi:<https://doi.org/10.1007/s13158-020-00259-3>
- Aragón Núñez, L., Sánchez Rodríguez, S., & García Salado, V. (2021). Sostener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar. *Revista Iberoamericana De Educación*, 87(1), 135–153. <https://doi.org/10.35362/rie8714606>
- Ashby, W. R. (1956). *An Introduction to Cybernetics*. London, United Kingdom: Chapman & Hall,. Retrieved 8 31, 2019, from <http://pespmc1.vub.ac.be/books/IntroCyb.pdf>
- Borsese, A. (2000). Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación Química*, 11(2), 220-227.
- Buffa, F. M. (2022). Desarrollo de estrategias cognitivas y metacognitivas asociadas al aprendizaje de la química en estudiantes de ingeniería. *Educación en la Química*, 28(2), 111-122. Retrieved 5 10, 2024, from <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/39>
- Burns, H. (2024a). magingin imagination: towards cognitive and metacognitive modeels. *Pedagogy, Culture & Society*, 32(2), 515–534. doi:<https://doi.org/10.1080/14681366.2022.2059547>
- Burns, H. (2024b). Metacognition 'Just' Imagination? Exploring the Relationship with Implications for Agency and Pedagogy. In *Metacognition in Learning - New Perspectives*. doi:10.5772/intechopen.114167,
- Canjongo-Daniel, E. P., González-Hernández, W., & Becalli-Puerta, L. H. (2022). La enseñanza-aprendizaje de la simbología química como parte del lenguaje químico en la Escuela Superior Pedagógica de Bié (ESPB). *Educación química*, 33(2), 37. doi:<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.76864>
- Carulla-Vidal, C. (2020). Children's Emergent Chemistry in The Preschool. *Doctoral Dissertation*,. Holmbergs. Retrieved 4 12, 2024, from <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1463364/FULLTEXT01.pdf>
- Carulla-Vidal, C., & Adbo, K. (2021, August 26). *Emergent chemistry - The development of abstract thinking in preschool science education*. Retrieved 5 3, 2024, from Education & Training - www.researchfeatures.com: <https://researchfeatures.com/wp-content/uploads/2021/08/Clara-Vidal-Carulla.pdf> <https://researchfeatures.com/emergent-chemistry-development-abstract-thinking-preschool-science>
- Champe, P. C., Harvey, R. A., & Ferrier, D. R. (2005). *Biochemistry*. New York: Lippincott Williams & Wilkins.
- Ciriaco, A. S. (2020). Implementación de habilidades lingüísticas específicas en el ciclo básico de educación secundaria: proyecto "Obtención de celulosa de algas patagónicas". *Educación En La Química*(26), 14-22. Retrieved 5 10, 2024, from <https://educacionenquimica.com.ar/index.php/edenlaq/article/view/103>
- Dick, A. S., & Tremblay, P. (2012, December). Beyond the arcuate fasciculus: consensus and controversy in the connectional anatomy of language. *Brain*, 135(12), 3529–3550. doi:<https://doi.org/10.1093/brain/aws222>

- Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires Diseño curricular para la educación primaria: primer ciclo y segundo ciclo; coordinación general de Sergio Siciliano. - 1a ed. - La Plata : Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2018. 450 p.
<http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/primaria/2018/dis-curricular-PBA-completo.pdf>
- Erduran, S. (2021). Habilidades del siglo XXI en educación en química. Promoviendo el pensamiento crítico sobre el conocimiento y métodos en química. *Educación En La Química*, 27(02), 144–157. Retrieved 5 10, 2024, from <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400002>
- Faupel-Badger, J. M., Vogel, A. L., Austin, C. P., & Rutter, J. L. (2022, November). Advancing translational science education. *CTS – Clinical and Translation science*, 15(11), 2555-2566.
 doi:<https://doi.org/10.1111/cts.1339>
- Galagovsky, L. R., Bekerman, D., Giacomo, M. A., & Alí, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(4), 785–799.
 doi:<https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400002>
- García-González, J. (2021, 5 11). ¿Qué sucede en el cerebro al imaginar? (U. I. I., Ed.) *Serie: 'Neurociencia Educativa' (XX)*. Retrieved 5 7, 2024, from <https://www.ui1.es/blog-ui1/que-sucede-en-el-cerebro-al-imaginar>
- Johnston, J. (2013). *Emergent Science - Teaching science from birth to 8*. London,: Routledge.
 doi:<https://doi.org/10.4324/9781315815510>
- Johnstone, A. (2000). Teaching of Chemistry-Logical or psychological? *Chemical Educatio Research Practice*.
 doi:1. 9-15. 10.1039/A9RP90001B
- Jones, E., & Nimmo, J. (1994). *Emergent Curriculum (X-Library Edition ed.)*. The National Association for the Education of Young Children.
- Keril, Z., & Elbatarny, H. S. (2021). The Power of Analogy-Based Learning in Science. *Journal of the Human Anatomy and Physiology Society*, 25(1). Retrieved 4 13, 2024, from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1295062.pdf>
- Loneragan, B. J. (1992). *Insight: A study of human understanding*. University of Toronto Press.
- Lorenzo, M. G. (2021, 8 26). Escribir y hablar en química: ¿Quimiqués o símbolos para construir conocimiento? *Enseñanza de Química*, 4(1), 24. Retrieved 5 11, 2024, from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/156831>
- Martín, J. D. (2018). El fenómeno de la emergencia. *Anales de Química*, 114(4), 249-256. Retrieved 5 3, 2024, from <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1109/1670>
- Montagut-Bosque, P. (2010, 4 30). Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. *Educación química*, 21(2), 126-138. de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?s.Educación_Quimic,21\(2\)](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?s.Educación_Quimic,21(2)). Retrieved 5 11, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000200004&lng=es&tlng=es
- Parsons, J.-D., & Davies, J. (2022). The Neural Correlates of Analogy Component Processes. *Cognitive Science*, 46(3). doi:10.1111/cogs.13116
- Poudel, U. (2020, August 11). *Chemistry in Everyday Life*. doi: <https://doi.org/10.31219/osf.io/vbwkr>

U. S. National Institutes of Health, National Cancer Institute. (2024, 4 12). *The Peripheral Nervous System*. Retrieved from SEER Training Modules:
<https://training.seer.cancer.gov/anatomy/nervous/organization/pns.html>

Raviolo, Andrés. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación química*, 20(1), 55-60. Recuperado en 05 de junio de 2024, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000100005&lng=es&tlng=es

Von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, New York, USA: George Braziller.