

Análisis Cualitativo de Redes Asociativas de Cognición en el aprendizaje científico del Agua

Qualitative Analysis of Associative Cognition Networks in Water Science Learning

DOI: 10.7203/DCES.46.26506

Alejandro De la Hoz Serrano

Universidad de Extremadura. alexdlhoz@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6362-3879>

Andrés Álvarez Murillo

Universidad de Extremadura. andalvarez@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9250-5118>

Luis Manuel Soto Ardila

Universidad de Extremadura. luismanuel@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1041-4077>

Lina Viviana Melo Niño

Universidad de Extremadura. lvmelo@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4771-058X>

Javier Cubero Juárez

Universidad de Extremadura. jcubero@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1658-1041>

Florentina Cañada Cañada

Universidad de Extremadura. flori@unex.es
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5544-0423>

RESUMEN: La influencia de la Neurocognición está cada día más presente en la investigación educativa. De la misma manera que se ha demostrado que las emociones influyen en los procesos de aprendizaje, existen otras variables neurocognitivas que son determinantes en los procesos de Enseñanza de las Ciencias, como pueden ser las Redes Asociativas de Cognición. El estudio se centra en el análisis de las Redes Asociativas de Cognición de escolares y estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria en el aprendizaje del Ciclo del Agua. El estudio tuvo un diseño descriptivo, a través de un análisis mixto y los softwares WebQDA, R y Gephi. Los resultados muestran las dificultades para asimilar diferentes conceptos, como las fases subterráneas o seres vivos, así como una falta de relación entre ellos. El estudio de Redes Asociativas de Cognición se presenta como un análisis fundamental en el aprendizaje de contenidos de ciencias y matemáticas, sostenibilidad y salud.

PALABRAS CLAVE: Redes Asociativas de Cognición, Agua, Análisis cualitativo, Neuropsicología, Enseñanza de las Ciencias

ABSTRACT: The influence of neurocognition is increasingly present in educational research. Just as emotions have been shown to influence learning processes, other neurocognitive variables are determinants in the processes of Science Education, such as Cognitive Associative Networks. This study focuses on the analysis of the Cognitive Associative Networks of schoolchildren and university students of the Primary Education Degree in the learning of the Water Cycle. The study followed a descriptive design, using a mixed analysis and the WebQDA, R and Gephi software. The results reveal difficulties in assimilating different concepts, such as underground phases or living beings, and a lack of connection between them. The study of Cognitive Associative Networks is presented as a fundamental analysis in the learning of science and mathematics content, sustainability, and health.

KEYWORDS: Cognitive Associative Networks, Water, Qualitative Analysis, Neuropsychology, Science Education

Fecha de recepción: abril de 2023

Fecha de aceptación: junio de 2023

La presente investigación ha sido apoyada por el proyecto PID2020-115214RB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/50110001103. Y se agradece al Ministerio de Educación y Formación Profesional la concesión de un contrato predoctoral (FPU20/04959).

1. INTRODUCCIÓN

Gracias a la teoría organicista de Piaget, sabemos que el desarrollo cognoscitivo de una persona puede ser analizado a través de sus estructuras cognitivas, que constituyen los denominados esquemas cognitivos, los cuales se pueden entender como un modelo mental que permite representar, organizar e interpretar la experiencia de un sujeto (Sanghvi, 2020).

En las últimas décadas, se ha teorizado sobre la capacidad de representación de estas estructuras cognitivas o modelos mentales. Como consecuencia, se ha incrementado el número de estudios acerca de cómo se han aplicado las ciencias de las redes a los diferentes campos científicos para el estudio de sistemas complejos, entre ellos cómo el cerebro humano procesa cognitivamente el lenguaje y la memoria. Un componente clave de la cognición es la capacidad de expresión de las ideas que poseen las personas a través del lenguaje. De hecho, la cognición “es el acto mental de comprender y expresar el conocimiento a través del pensamiento y la expresión lingüística, influenciada por la afectividad” (Stella, 2022, p. 144).

Fruto de estos resultados, sabemos que los modelos mentales internos de los sujetos pueden ser analizados gracias a las Redes Asociativas de Cognición. Las Redes Asociativas de Cognición (RAC) son las representaciones visuales de los modelos mentales, y están compuestas por diferentes Nodos que representan los conceptos y los diversos puentes que representan la relación entre estos conceptos. Estas redes se ven modificadas por el desarrollo encefálico y los lóbulos cerebrales de la persona, y el número y complejidad de sus esquemas determina la inteligencia del sujeto (Castro y Siew, 2020; Román, 2021; Stella, 2022).

Las Redes Asociativas de Cognición (RAC) engloban diferentes métodos cuyo objetivo es la obtención de las representaciones cognitivas a través de las asociaciones conceptuales en la mente humana, de manera que permite conocer no solamente el conocimiento manifiesta, sino el conocimiento latente de las personas (Soto-Ardila et al., 2020). Sin embargo, existe una gran variedad de redes, como las redes sociales, las redes semánticas o las redes conceptuales. En estas últimas, los Nodos representan los diferentes conceptos o contenidos que se trabajan de una materia en concreto, de manera que permite comprender aspectos relevantes en los procesos de aprendizaje de las personas (Siew et al., 2019).

A raíz de esto, actualmente, los modelos educativos se encuentran influenciados por los recientes e innovadores estudios en el desarrollo neurocognitivo o neurofisiológico (Román, 2021). Uno de los principales frentes de la investigación sobre la cognición, y en particular sobre el aprendizaje, es cómo los seres humanos organizan y modulan en el cerebro la información en su RAC, así como las relaciones que se puedan establecer entre los contenidos aprendidos y los procesos neurofisiológicos que se activan durante este proceso.

Los estudios en neurocognición explican que mientras se produce el aprendizaje, encontramos los “HUB” (conectores), los cuales son centros de comunicación e integración neurocognitiva de la información, siendo el lóbulo prefrontal y los lóbulos temporales, junto con estructuras subcorticales, los principales “HUB”, de manera que se integran las diferentes funciones cognitivas, como la atención, memoria, funciones ejecutivas, emociones y cognición social (Román, 2021). Éstos corresponderían con los Nodos principales de una Red Asociativa de Cognición, debido a que representan los conceptos más relevantes del modelo mental de la persona que permite conectar con el resto de los conceptos (Van den Heuvel y Sporns, 2013).

Además, gracias a los resultados de prestigio sobre el papel del dominio afectivo en la educación, centrándose en las emociones de estudiantes, profesores en activo y docentes en formación, especialmente en las áreas de ciencias (física, química, biología y geología) (Mellado et al., 2014), se ha demostrado que los parámetros afectivos influyen en procesos cognitivos como la memoria, atención, resolución de problemas, y resultados académicos, de manera que sostienen que el dominio cognitivo no puede desligarse del dominio afectivo.

Por ello, en cualquier proceso de aprendizaje, la persona que está aprendiendo está construyendo o reconstruyendo su RAC. Gracias a su análisis se pretende comprender la manera en la que los individuos organizan, estructuran y relacionan el conocimiento en su cerebro (Castro y Siew, 2020; Román, 2021; Stella, 2022). De esta manera, no basta con conocer los componentes del conocimiento de un sujeto, sino que se hace necesario conocer su organización y la relación que existe entre ellos (Soto-Ardila et al., 2020).

Con el fin de conocer estas estructuras cognitivas se han empleado diversas técnicas como el Análisis de Conglomerados o Contingencias y Redes Asociativas Pathfinder, a través de diversas herramientas informáticas como Gephi, Goluca o KNOT (Casas y Luengo, 2013; Soto-Ardila et al., 2019), representando gráficamente estas redes, es decir, las relaciones entre conceptos y su organización a través de la proximidad entre ellos. Estas Redes Asociativas de Cognición están presentes en los procesos de enseñanza de las ciencias y matemáticas, con el fin de determinar en qué medida se ha adquirido el conocimiento científico (Ahi, 2017), siendo determinante para comprender las dificultades que presentan los estudiantes sobre algunos de estos contenidos científicos.

Estos estudios surgen de la necesidad de conseguir una ciudadanía con mayor capacidad de desarrollo crítico sobre conocimientos científicos básicos, puesto que es prioritario una mejora de la alfabetización científica y digital (De la Hoz et al., 2021). A pesar de ello, existen estudios como los de Márquez y Bonil (2013), Cañal (2000 y 2008), Porlán et al. (2010), Hernández (2014) o Verdugo et al. (2019) que hacen referencia a la baja formación científica tanto de los estudiantes de etapas obligatorias como los del futuro profesorado de educación inicial.

Uno de los contenidos principales de la etapa obligatoria de Educación Primaria es el Ciclo del agua; posee un gran poder transversal, porque establece relaciones con otros temas importantes de nuestra sociedad, como los problemas medioambientales, la sostenibilidad y la salud. De acuerdo con Reyero, et al. (2007) el Ciclo del agua es la base de una gran cantidad de contenidos relativos al agua y su hidrología. Sin embargo, existen estudios que muestran la existencia de errores conceptuales e ideas previas que poseen los estudiantes en contenidos científicos sobre el agua (De la Hoz et al., 2020) y en concreto sobre el Ciclo del agua (Hernández, 2014).

Los estudiantes no tienen la percepción correcta de las características cíclicas y dinámicas del Ciclo del agua (Ramírez-Segado et al., 2021), presentando sus mayores dificultades en procesos o fases de éste como las aguas subterráneas, la relación entre la circulación del agua y los seres vivos, la formación de las nubes y el proceso de condensación. Tal y como dice Cardak (2009, citado en Ramírez-Segado et al., 2021):

Se centran fundamentalmente en los procesos de transformación del agua, pero no identifican, o lo hacen de forma incompleta, la circulación subterránea del agua y el impacto que las actividades humanas pueden tener en el ciclo natural del agua, lo que indica que el conocimiento que poseen del Ciclo del agua está limitado a un flujo de agua a través de sistemas sin vida. (p.10)

Esta falta de conocimiento puede deberse a múltiples causas: a) el desarrollo de actividades descriptivas que se basan en la memoria y alejadas de las ideas previas de los estudiantes, b) la falta de actividades que conlleven la observación directa de los fenómenos, c) la falta de actividades de experimentación basadas en el método científico, d) las limitaciones de las representaciones e ilustraciones de los libros de texto (Castellort, 2015a ; Reyero et al., 2007). De la misma manera, el estudio de Romine et al. (2015) puso de manifiesto la poca eficacia de algunos cursos de ciencias en el aprendizaje significativo de estudiantes universitarios para trabajar estas concepciones alternativas, por lo que es preciso mejorar los procesos de formación docente para una posterior enseñanza científica adecuada en las escuelas.

Algunos estudios muestran la importancia de trabajar estos conceptos a través de metodologías prácticas, contextualizadas y basadas en los procesos del método científico, como el modelado y experiencias prácticas de laboratorio (Forbes et al., 2015; Zangori et al., 2015, citado en Ramírez-Segado et al., 2021). También la utilización de herramientas tecnológicas como la Robótica Educativa (RE) ha permitido alcanzar buenos resultados en la enseñanza de contenidos de ciencias y matemáticas (Sánchez et al., 2019), puesto que favorece la aparición de emociones positivas, mejora de la motivación e interés y de la alfabetización científica, al mismo tiempo que del conocimiento de ciencias y matemáticas.

Si atendemos a los estudios de este contenido científico bajo esta línea neurocognitiva, han sido pocas las investigaciones que se han llevado a cabo con el objetivo de conocer y estructurar las RAC de los estudiantes en relación con el conocimiento científico relativo al Ciclo del Agua, sin haberse realizado en maestros en formación (Ramírez-Segado et al., 2021).

El estudio más destacado es el de Márquez y Bach (2007) en el cual se trabajaron diferentes modelos mentales relativos a los diagramas del Ciclo del Agua en función de los dibujos realizados por estudiantes entre 12 y 14 años. Sus resultados mostraron una mejoría de sus diagramas en el número de componentes estáticos y dinámicos. En este estudio se emplearon 6 modelos para estandarizar modelos mentales del Ciclo del Agua en estudiantes, dependiendo de los conceptos incluidos en los dibujos y de la concepción de este.

Posteriormente, Castellort (2015a) realizó un estudio acerca de la educación ambiental en tres escuelas de Educación Primaria en la que participaron en el Programa Agenda 21 Escolar de Barcelona. Respecto al Ciclo del Agua, los resultados de Castellort (2015a) fueron similares a los modelos mentales de Márquez y Bach (2007), los cuales “evidenciaron que el estudiantado no solo asimilaba mejor los procesos y cambios de estado implicados en el Ciclo del Agua, sino que sus modelos llegaban a ser más complejos y completos, con la inclusión de la circulación subterránea” (Castellort, 2015a, citado en Ramírez-Segado et al., 2021, p.12). Finalmente, el estudio de Ahi (2017) estudia los modelos mentales de estudiantes de infantil en Turquía a través de la técnica *talking drawings*.

Tanto el estudio de Castellort (2015a) como el de Ahi (2017) se basaron en el trabajo de Márquez y Bach (2007). Sin embargo, ambas investigaciones se realizaron con un sistema de codificación diferente, ya sea remodelando el del estudio previo o realizando uno propio. Además, ambos estudios realizaron un pretest y un posttest con el objeto de conocer el grado de mejoría de este conocimiento científico en sus muestras. Los resultados mostraron la construcción de modelos mentales más complejos, así como el empleo de códigos de los que no se poseía conocimiento previo.

Sin embargo, estos estudios se basaban en los diagramas obtenidos de ilustraciones creadas por los estudiantes, de las que se pueden sacar conclusiones valiosas sobre el conocimiento y la relación de contenidos científicos, y no sobre la estructuración del conocimiento en la mente humana. Es por ello que resulta necesario ampliar el campo de investigación acerca de cómo los estudiantes, en diferentes etapas educativas, estructuran la información y el conocimiento científico que poseen, de manera que permita comprender mejor la forma en la que los estudiantes aprenden dichos conocimientos científicos. El estudio de las RAC permite complementar la evaluación de una manera más completa de la forma de representación mental que los estudiantes poseen de contenidos científicos que presentan muchas dificultades de aprendizaje. Al mismo tiempo, su análisis en diferentes etapas educativas puede servir de gran ayuda para identificar las relaciones cognitivas entre similares concepciones erróneas de un mismo contenido científico en diferentes etapas educativas, lo que puede ayudar en futuras implicaciones educativas para que estas concepciones erróneas no continúen a lo largo del tiempo.

Estos resultados nos ayudan a la hora de planificar intervenciones educativas para la enseñanza científica del Ciclo del Agua, puesto que tener conocimiento de los conocimientos

conceptuales y de la falta de comprensión y relación cognitiva entre los diferentes conceptos, permite secuenciar intervenciones educativas para obtener una base sólida de aprendizaje.

Debido a que el Ciclo del Agua se presenta como un contenido con grandes dificultades, especialmente para establecer relaciones entre conceptos y comprender la importancia de ciertas fases y cambios que en muchas ocasiones suele ser olvidada (como la fase subterránea, la formación de las nubes, o la evapotranspiración), las intervenciones deben centrarse en estos conceptos como aspectos fundamentales de aprendizaje. Así, tal y como estudios previos (Castelltort, 2015a; Márquez y Bonil, 2013; Reyero et al., 2007) mencionan, la enseñanza del Ciclo del Agua debe realizarse de manera integral, atendiendo al dinamismo que posee, sin obviar ninguna de sus fases. De esta manera, al tener conocimiento de los Nodos centrales y otros más alejados, permite partir de los conceptos que los estudiantes poseen para conectar con el resto de los Nodos (conocimientos conceptuales) que presentan más dificultades.

Es por ello por lo que el objetivo de nuestro estudio ha sido analizar y comparar las Redes Asociativas de Cognición en el aprendizaje del Ciclo del Agua en escolares de Educación Primaria y en estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria de la Universidad X, con el fin de identificar posibles interferencias o desconexiones en estos dos ámbitos educativos, para poder plantear mejoras en las intervenciones docentes.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño y muestra de estudio

Esta investigación se desarrolla a través de un diseño descriptivo y un análisis de datos de naturaleza mixta (QUAL-Cuan), en la que se realiza principalmente un enfoque cualitativo a través de un sistema de categorías mixto, y un posterior uso de enfoque cuantitativo para la realización de pruebas estadísticas.

La población objeto de estudio fue seleccionada por conveniencia y muestreo no probabilístico. Dicha muestra está formada por 26 escolares de 6º curso de Educación Primaria del CEIP (Colegio de Educación Infantil y Primaria) -14 de sexo masculino y 12 de sexo femenino- y por 25 estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria -13 de sexo masculino y 12 de sexo femenino- de la Universidad de X.

2.2. Método de recogida de datos y análisis de resultados

Los datos para este estudio fueron obtenidos a partir de un cuestionario revisado y validado por 5 Expertos Universitarios en la disciplina de las Ciencias Experimentales, a través de un juicio de expertos que le otorgase validez de contenido. El cuestionario estaba constituido por la siguiente pregunta: “*Explica cómo funciona el Ciclo del agua en la Tierra. Relaciónalo con los cambios de estado en la materia*”. El cuestionario se distribuyó a los participantes de forma online utilizando la aplicación de *Google Forms*.

La recogida de datos se llevó a cabo en las aulas de manera presencial, habiéndoles explicado y con anterioridad, la finalidad y el motivo del cuestionario en relación con la presente investigación. Para ello, se obtuvo el consentimiento de todos los sujetos participantes, respetando así los principios éticos reconocidos por la Declaración de Helsinki y la actual legislación española, en relación con la recogida y tratamiento de los datos extraídos para la investigación.

Bajo el enfoque Cualitativo, la recopilación y el análisis de los datos fueron apoyados en el software WebQDA (Costa et al., 2017) el cual permite realizar un análisis cualitativo ayudando a almacenar, ordenar, categorizar y analizar a través de un sistema de categorías. El sistema de categorización que se llevó a cabo fue mixto, por lo que se partió de sistemas de categorías establecidos en estudios previos (Márquez y Bach, 2007; Castelltort, 2015b), pero con la

posibilidad y flexibilidad de cambiar mientras se realiza el análisis de los datos. Esto permite adaptar un sistema de categorización con validación científica a una muestra concreta, permitiendo obtener y comparar posibles nuevas categorías que permitan comprender algunas variables que con anterioridad no habían sido estudiadas. En la Tabla 1 se puede observar el sistema de codificación resultante.

TABLA 1. Sistema de codificación para indentificar las características del Ciclo del Agua

| | | | | |
|---|-------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|
| Características Físico-Químicas Ciclo del Agua | Cambios de estado | Evaporación | | |
| | | Condensación | | |
| | | Evapotranspiración | | |
| | | Fusión | | |
| | | Solidificación | | |
| | | Cambios de lugar | Precipitación | Lluvia Nieve Granizo |
| | Componentes dinámicos | | Infiltración | |
| | | Surgencia | | |
| | | Circulación atmosférica | | |
| | | Circulación superficial/Esorrentía | | |
| Circulación subterránea | | | | |
| Componentes espaciales (depósitos) | Sol/Temperatura | | | |
| | Depósitos atmosféricos | Nube (agua líquida y sólida) | | |
| | | Vapor de agua | | |
| | Depósitos continentales | Aguas superficiales | Glaciares/nieve Lagos Embalses Ríos Montañas | |
| | | Agua subterránea | Acuíferos | |
| | | Depósitos oceánicos | Océanos/Mares | |
| | Depósitos Seres Vivos | Seres Vivos | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios de Castellort (2015b) y Márquez y Bach (2007).

Las categorías que se añadieron fueron múltiples a lo largo de la codificación. Se añadieron las subcategorías *Lluvia*, *Nieve* y *Granizo* en la categoría previa de *Precipitación*, atendiendo a las

diferentes formas en las que se producía esta precipitación que la muestra de estudio conocía. Ejemplos de respuesta por las que fueron añadidas son los siguientes.

“Esta precipitación, dependiendo de la altitud y la temperatura puede caer en estado líquido como la lluvia, estado sólido como granizo o nieve”.

Dentro de los *Depósitos atmosféricos*, se ha diferenciado el *Vapor de agua*: *“Una vez realizado este proceso, el vapor de agua se condensa y se van formando las nubes, lo que conocemos como proceso de condensación”.*

Dentro de los *Depósitos continentales*, se ha añadido en las *Aguas superficiales* la categoría *Glaciares/nieve*: *“Esta precipitación cae en forma de nieve, y se acumula en capas de hielo y en los glaciares, los cuales pueden almacenar agua congelada por millones de años”.* También se ha añadido la categoría *Montañas*: *“Sale por la montaña circula por los ríos llega al océano o mar, luego se evapora y forma la nube que después se ira a la montaña lloverá y empieza todo de nuevo”.*

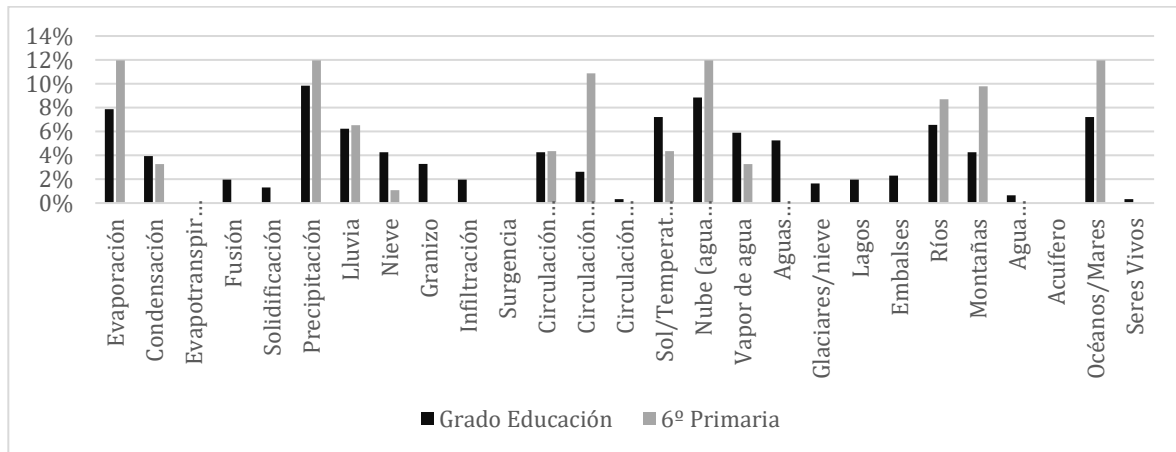
Posteriormente, se procedió a identificar la relación de proximidad que existía entre ellas, tal como se entiende en la técnica de Análisis de Contingencias (Osgood, 1959; 2009, citado en Soto-Ardila et al., 2019), con objeto de conseguir una representación gráfica de la Red Asociativa de Cognición de los grupos analizados. Este procedimiento se basa en el número de veces que aparecen dos o más categorías en un mismo texto. Sin embargo, hay que aclarar que en el proceso de codificación, no basta únicamente con aparecer en la misma sentencia gramatical, sino que es necesario que se establezca una conexión con rigor científico, de manera que exista una relación científica de los términos asociados. De este modo, gracias a la función del programa WebQDA de “Matrices triangulares” se pudo obtener los datos de contingencia entre las distintas categorías en forma de matriz de proximidad, lo que permite emplearlo posteriormente al software Gephi. El programa Gephi consiste en un software abierto para analizar redes y gráficos, de manera que resulta útil para mostrar grandes redes de datos en tiempo real e interactuar con ellas y poder analizarlas (Soto-Ardila et al., 2019).

Se creó un fichero incluyendo los nombres de las categorías, que fue utilizado como fichero de Nodos para la posterior representación gráfica en el programa Gephi. Igualmente, se creó un fichero en el formato de Aristas, a partir de los datos de proximidad, obtenidos de la matriz triangular. En este caso, la fuerza de proximidad entre las categorías de la matriz de WebQDA permite establecer las distancias entre los Nodos en el programa Gephi. Como consecuencia, aquellos nodos con mayor proximidad se corresponden con aquellos códigos que presenten mayor frecuencia en la conexión ente los códigos. De esta manera, aquellos Nodos que aparezcan en la zona central de la RAC, representan aquellos códigos con mayor frecuencia, así como mayor conexión entre ellos. Respecto al análisis Cuantitativo, se utilizó el software “Microsoft Office Excel 365” con el fin de hallar las variables estadísticas descriptivas: Frecuencias (F) y Porcentajes (%) de las respuestas, y un análisis estadístico inferencial sobre la variable sexo, así como entre las diferentes redes, a través del software R. Se trata de un programa de software gratuito orientado a la estadística y análisis de datos (Ocaña, 2019).

3. RESULTADOS

A continuación, se muestran los diferentes resultados obtenidos en el estudio. En primer lugar, en el Gráfico 1 se muestran los porcentajes de respuestas en función de cada categoría, en ambos grupos de estudiantes. En el Gráfico 2 se puede observar la frecuencia de respuestas por categoría de los estudiantes del Grado universitario de Educación Primaria. En ambas figuras se pueden observar las categorías con mayor número de frecuencia y porcentaje de respuesta en los estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria, las cuales corresponden con *Precipitación* (30) y *Nubes (agua líquida y sólida)* (27), seguido por *Evaporación* (24) y *Océanos/Mares* (22), siendo cada una de ellas superior al 7% del total de respuestas

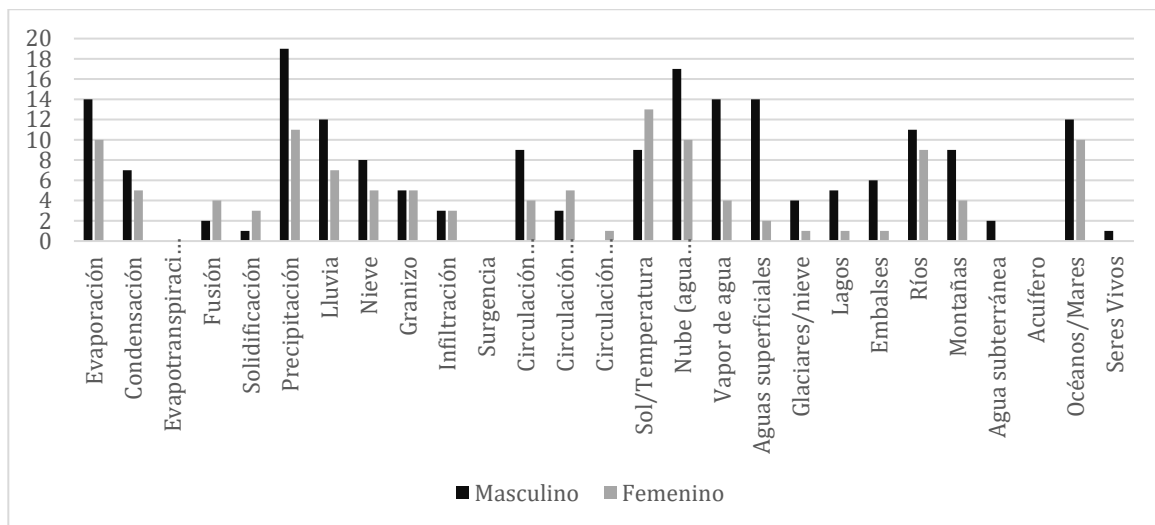
GRÁFICO 1. Porcentajes de respuestas en función de cada categoría en ambos grupos de estudiantes



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las menos mencionadas, destacan varias categorías sin que las mencionen, como *Evapotranspiración*, *Surgencia* y *Acuífero* y otras poco mencionadas como *Circulación subterránea* y *Seres Vivos* (1 vez citada por cada categoría) y *Agua subterránea* (2 citas).

GRÁFICO 2. Frecuencia de respuestas de los estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria

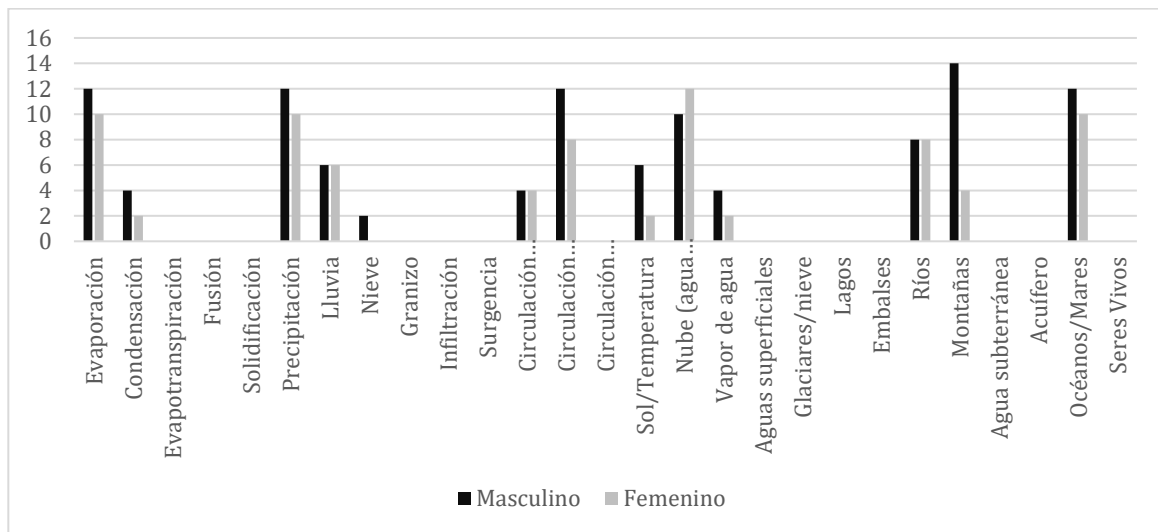


Fuente: Elaboración propia.

Si atendemos a los escolares de 6º de Educación Primaria, en los Gráficos 1 y 3 se pueden observar los porcentajes y las frecuencias de respuestas en función de cada. En este caso, las categorías más destacadas son *Evaporación*, *Precipitación*, *Nubes (agua líquida y sólida)* y *Océanos/Mares*, cada una siendo citada con un total de 22 veces (cada categoría representa casi un 12% del total), lo que supone entre ellas un 47,84% del total de respuestas.

Atendiendo a las menos destacadas, existen múltiples categorías con 0 veces citadas, como son *Evapotranspiración*, *Fusión*, *Solidificación*, *Granizo*, *Infiltración*, *Surgencia*, *Aguas superficiales*, *Glaciares/nieve*, *Lagos*, *Embalses*, *Aguas subterráneas*, *Acuíferos* y *Seres Vivos*.

GRÁFICO 3. Frecuencia de respuestas de los escolares de 6° de Educación Primaria



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variable Sexo, en los Gráficos 2 y 3 se puede observar las diferencias existentes en cada una de las categorías. En ambos casos se aprecia una mayor frecuencia de respuestas por parte del sexo masculino. En cuanto a aquellas categorías en las cuales existe una mayor frecuencia por parte del sexo femenino, no existe una coincidencia entre los escolares de Educación Primaria y los estudiantes universitarios del Grado de Educación. Mientras que en los estudiantes universitarios (Gráfico 2) las categorías son *Fusión*, *Circulación superficial/Escurrentía*, *Circulación subterránea*, y *Sol/Temperatura*, en los escolares (Gráfico 3) se encuentra únicamente *Nube (agua líquida y sólida)*.

Además, se realizó la prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov (K-S) de los datos correspondientes. Los resultados mostraron que existe una distribución normal ($p > 0,05$), de manera que la prueba inferencial a emplear es la prueba estadística t de Student. En primer lugar, de manera conjunta (Tabla 2), se puede observar la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el total de frecuencias de códigos mencionados entre los estudiantes del Grado universitario y los escolares de la etapa de Educación Primaria.

TABLA 2. Prueba t de Student entre grupos de estudiantes y variable Sexo

| | t | df | p |
|--------------|-------|----|-------|
| Total | -3,67 | 29 | 0,00* |

Diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

TABLA 3. Prueba t de Student sobre la variable Sexo

| | t | df | p |
|--|-------|----|------|
| Estudiantes universitarios Grado Ed. Primaria | -1,79 | 23 | 0,09 |
| Escolares 6° Ed. Primaria | -1,24 | 24 | 0,22 |

Diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

Tanto en los estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria como en los de 6º curso de la etapa de Educación Primaria (Tabla 3) no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre las respuestas dadas entre el sexo masculino y el sexo femenino en cuanto a la frecuencia de respuestas de las categorías del Ciclo del Agua. Sin embargo, el grado de significatividad en los estudiantes universitarios se encuentra próximo a 0,05.

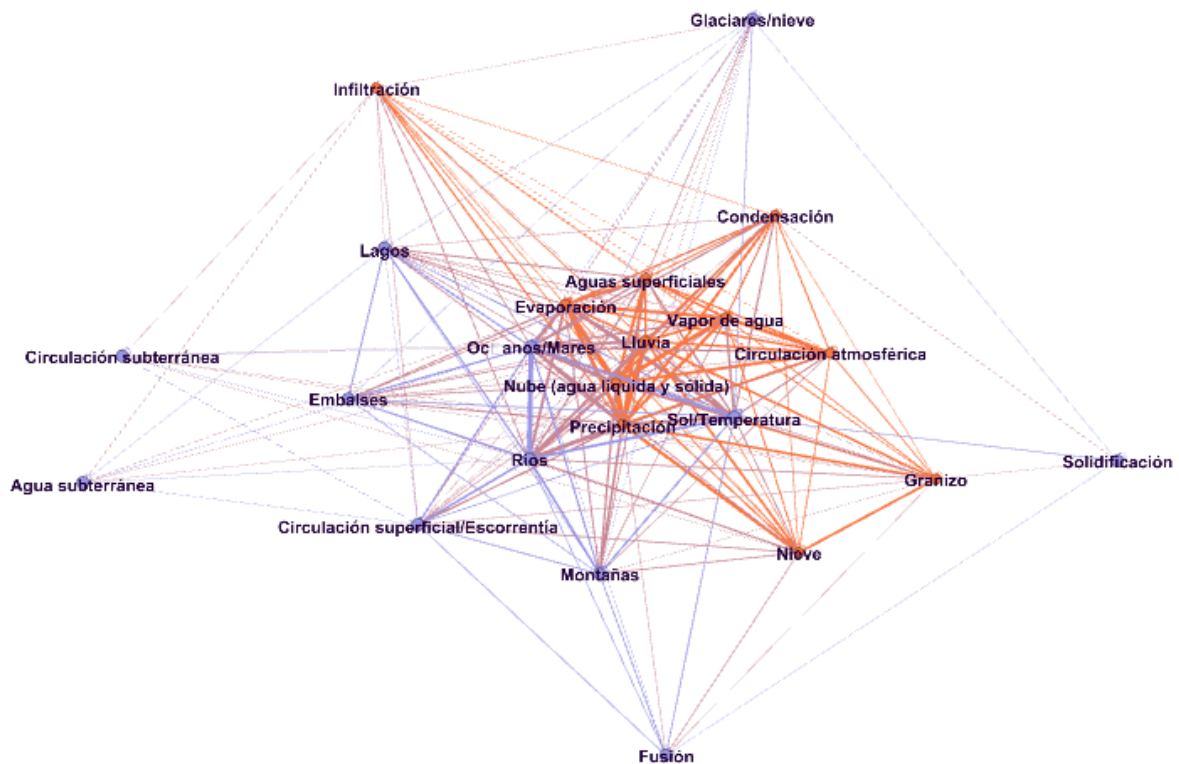
A partir de este sistema de categorías, se realizó una matriz triangular para poder exportarlo al programa Gephi. De este modo se obtuvo la representación de las Redes Asociativas de Cognición, las cuales se pueden observar en la Imagen 1 y 2.

Estas redes representan la organización cognitiva y la relación entre los diferentes Nodos (conceptos) pertenecientes al contenido del Ciclo del Agua. En ambas RAC se observa que los Nodos centrales coinciden, como *Precipitación*, *Nube (agua líquida y sólida)*, *Evaporación*, *Océanos/Mares*, *Ríos*, puesto que, como se ha mencionado anteriormente, representan los códigos con mayor frecuencia.

En otros nodos existen diferencias de proximidad, como *Sol/Temperatura*, *Condensación*, *Vapor de agua* o *Circulación atmosférica*, puesto que en la RAC de los estudiantes universitarios (Gráfico 2) se encuentra mucho más centrada y relacionada con los nodos más centrales que en la RAC de los escolares de primaria (Gráfico 3).

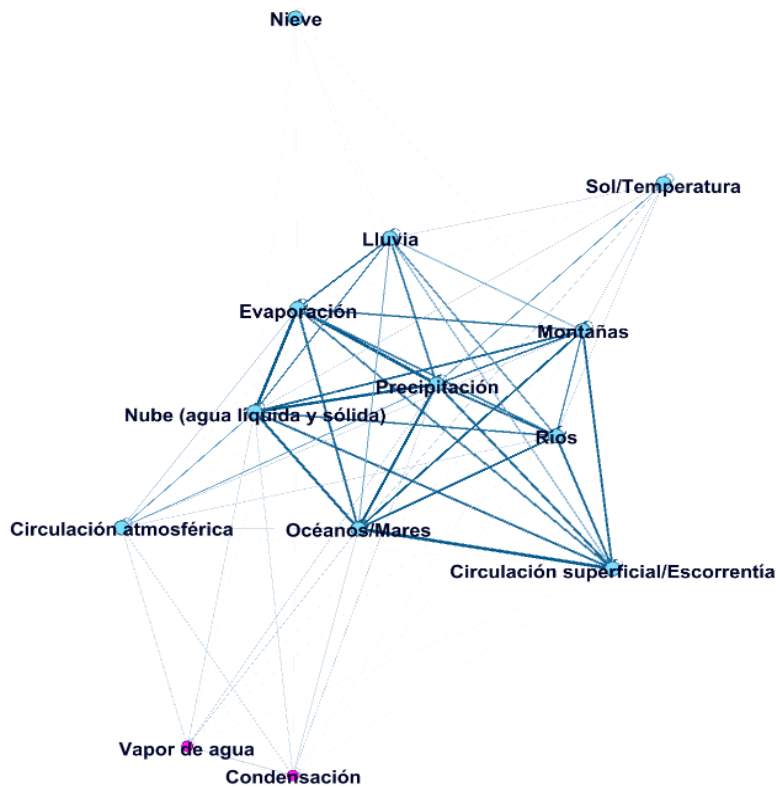
En la RAC de los escolares de primaria existe una cantidad inferior en cuanto a la cantidad de aparición de conceptos, fruto de la baja frecuencia de menciones de los mismos. De esta manera, muchos de los Nodos que en la RAC de los estudiantes universitarios se encuentran más distanciados, como *Glaciares/Nieve*, *Infiltración*, *Circulación subterránea*, *Agua subterránea*, *Fusión* o *Solidificación*, ni siquiera aparecen en la de los escolares de primaria.

IMAGEN 1. Red Asociativa de Cognición de los estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria



Fuente: Elaboración propia en el software Gephi

IMAGEN 2. Red Asociativa de Cognición de los escolares de 6º de Educación Primaria



Fuente: Elaboración propia en el software Gephi

4. DISCUSIÓN

Actualmente, a raíz de los diferentes estudios en materia de educación, sabemos que no basta con conocer únicamente el nivel de conocimiento de los estudiantes, sino también cómo éstos organizan y relacionan neurocognitivamente los diferentes contenidos y cómo evolucionan cuando van aprendiendo.

De acuerdo con las teorías neurocognitivas, es necesario comprender y analizar cómo el cerebro modula su Red Asociativa de Cognición (RAC) en los procesos de aprendizaje, con el fin de comprender la manera en la que integra y conecta los diferentes componentes didácticos, integrando los diferentes sentidos, la atención, memoria, funciones ejecutivas, emociones, cognición social (Román, 2021). En concreto, el estudio de las Redes Asociativas de Cognición sobre el aprendizaje de contenidos científicos pretende servir de apoyo en la comprensión del insuficiente conocimiento científico y de la cantidad de ideas previas que la literatura científica ha demostrado que siguen teniendo los estudiantes.

Los resultados que el software Gephi nos proporciona muestran los Nodos (conceptos, HUB conectores) más importantes, que son las más centrales, no sólo por su frecuencia de aparición, sino por la relación que mantienen con el resto de los Nodos, y los Nodos con poca relación y más aislados del resto (HUB regionales) (Van den Heuvel y Sporns, 2013).

Centrándose en el Grado de Educación Primaria, aquellos Nodos (Imagen 1) más juntos o estrechos coinciden con aquellos que tenían mayor frecuencia y porcentaje de respuesta, los cuales son *Precipitación*, *Evaporación*, *Nubes (agua líquida y sólida)* y *Océanos/Mares*. Los resultados del análisis cuantitativo muestran que estas categorías corresponden con una tercera parte (33,77%) del total de categorías citadas. Por otro lado, aquellas categorías sin citas no aparecen en la Red

Asociativa de Cognición, y aquellas con pocas menciones son las más alejados representan las categorías que menos respuesta obtuvieron como son *Circulación subterránea* y *Agua subterránea*, de la misma manera que ocurre con *Solidificación*, *Glaciares/nieve*, *Fusión*, *Lagos* e *Infiltración*, los cuales corresponden únicamente con un 10,18% del total de categorías mencionadas en los cuestionarios.

Con respecto a los escolares de la etapa de Educación Primaria, los Nodos más destacadas son *Evaporación*, *Precipitación*, *Nubes (agua líquida y sólida)* y *Océanos/Mares*, correspondiendo entre ellas un 47,84% del total de respuestas, es decir, casi la mitad únicamente con estas 4 categorías. En cuanto a los más alejados (Imagen 2), encontramos *Vapor de agua*, *Condensación* y *Nieve*, los cuales corresponderían con un escaso 7,61% del total de categorías citadas.

Estos resultados coinciden con otros estudios (Hernández, 2014; Ramírez-Segado et al., 2021) que presentan los errores conceptuales de los estudiantes de diferentes etapas educativas. De la misma manera, los futuros docentes presentan sus dificultades principales a la hora de identificar los procesos subterráneos y la presencia de los seres vivos como fases del Ciclo del Agua, además de obviar algunos cambios de estado, como la *Solidificación*, *Fusión* o *Evapotranspiración*, en la mayoría de las ocasiones.

Atendiendo a las categorías con menos frecuencia de los estudiantes universitarios, en la RAC no aparecen aquellas que no han sido mencionadas como *Evapotranspiración*, *Acuífero* y *Surgencia*, lo que coincide con las conclusiones de los estudios previos anteriores. Además, los *Seres Vivos*, a pesar de que ha sido mencionada en una ocasión, tampoco aparece: esto se debe a la escasa frecuencia de aparición, pero sobre todo a la desconexión que presenta con el resto de los componentes del Ciclo del Agua, un error conceptual que estudios previos reflejan (Ramírez-Segado et al., 2021).

En su RAC (Imagen 1), podemos apreciar que los procesos subterráneos no presentan mucha influencia en el proceso del Ciclo del Agua. Así, a pesar de que las categorías *Infiltración* y *Lagos* presentan la misma frecuencia (6) de respuesta, en la RAC aparecen en una posición diferente, manteniendo la *Infiltración* una posición muy alejada del núcleo, mientras que *Lagos* aparece más centradas y relacionada con otras categorías más relevantes de la RAC como *Evaporación*, *Aguas superficiales* u *Océanos/Mares*. Esto confirma los estudios previos (Valle, 2017; Verdugo et al., 2019) que muestran el poco conocimiento y la poca importancia que se le concede a esta fase del ciclo.

En este sentido, en los escolares de Educación Primaria, conceptos como *Infiltración*, *Circulación subterránea*, *Agua subterránea* ni siquiera aparecen en la red, lo cual indica dos circunstancias; una es que se refuerza los estudios previos en los que se comentaba la poca influencia y aprendizaje de estos contenidos; la otra se basa en la diferencia de argumentación y conocimiento del contenido científico, como consecuencia de una mayor formación en los estudiantes del Grado. Si bien esta circunstancia es normal por la diferencia de edad, también puede ser debido a la baja formación que presentan los escolares en la redacción y argumentación de conceptos científicos (Martín-Gámez, 2020).

En los estudiantes universitarios también se puede observar (Imagen 1) que el Nodo *Circulación superficial/Esorrentía* se encuentra muy próximo al de *Montañas* y *Ríos* y bastante alejado de otros como *Aguas superficiales*. Esto confirma los estudios previos (Reyero et al., 2007) que analizaron las ilustraciones de los libros de texto, y concluían que estas ilustraciones conllevan un aprendizaje inadecuado, arraigando ideas previas; entre ellas, que la precipitación se produce en las montañas y en ese punto se produce un movimiento superficial por los ríos. Como se puede comprobar, la manera en la que se relacionan estos conceptos está muy consolidada. También coinciden con los estudios de los diferentes modelos mentales de los escolares, en los cuales se refleja la concepción más superficial y cerrada del ciclo, haciendo mención a procesos básicos semejantes a los mencionados.

Esto también se aprecia en la Red Asociativa de Cognición de los escolares de Educación Primaria (Imagen 2), en la que las categorías *Circulación superficial/Escorrentía, Montañas y Ríos* se encuentran muy próximos, junto a los *Océanos/Mares*. Las recientes investigaciones (Ramírez-Segado et al., 2021) reflejan que los estudiantes suelen considerar los océanos, mares y ríos los principales almacenes de agua, obviando otros como los embalses y lagos, u otros estados como en los glaciares o la nieve. En ambas RAC se observa que estas últimas categorías se encuentran de manera alejada e incluso aislada.

Sin embargo, los estudiantes universitarios sí conciben la *Condensación* y formación de las nubes, asociado al de *Evaporación*. Un ejemplo de ello es la siguiente respuesta: “Una vez realizado este proceso, el vapor de agua se condensa y se van formando las nubes, lo que conocemos como proceso de condensación”.

En cuanto a la variable sexo, a pesar de que existe una mayor frecuencia de respuestas por parte del sexo masculino, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los dos grupos, aunque el grado de significatividad de los estudiantes del Grado de Educación Primaria ($p=0.086$) no se encuentra muy alejado de ser significativo.

La diferencia de frecuencias y categorías incluidas en las respuestas del cuestionario puede explicar estos grados de significatividad. Como muestra el Gráfico 2, existen varias categorías dentro de los estudiantes universitarios en las que el sexo femenino presenta mayor frecuencia de respuesta, mientras que en el Gráfico 3, respecto a los escolares de Educación Primaria, sólo ocurría este hecho con la categoría *Nube (agua líquida y sólida)*. De la misma manera, las diferencias significativas encontradas entre los escolares y los estudiantes universitarios explican la diferencia entre la frecuencia de categorías citadas, en la que los estudiantes universitarios presentan un mayor número de categorías y relaciones entre ellas en su Red Asociativa de Cognición. En este sentido, sería interesante continuar este estudio con un número mayor de muestra de estudio.

Los resultados mostrados nos permiten comprender las dificultades que presentan los estudiantes de diferentes etapas educativas, como la escolar obligatoria y la universitaria, para entender el Ciclo del Agua de una forma dinámica, cíclica e interrelacionando las diferentes fases de manera conjunta e integral y no aislada.

Como consecuencia, estos resultados pueden servir de gran utilidad para solventar este déficit de comprensión en el aprendizaje de contenidos científicos como es el Ciclo del agua, ya que entender la falta de conexión neurocognitiva que establecen los estudiantes entre algunos conceptos científicos permite secuenciar intervenciones educativas, partiendo de los conocimientos conceptuales centrales, para una correcta enseñanza del resto de conceptos científicos que presentan menos comprensión y conexiones neurocognitivas.

Los resultados de este análisis de RAC siguen la línea de estudios recientes (Aminth et al., 2017; Casas et al., 2015; Soto-Ardila et al., 2019, 2020), los cuales no analizan únicamente la frecuencia de las categorías empleadas, sino la relación entre diferentes conceptos. Sin embargo, este tipo de análisis es escaso, especialmente en la disciplina de las Ciencias Experimentales, por lo que se requiere una mayor aportación a la literatura científica de estudios que analicen las RAC en el aprendizaje de contenidos científicos.

5. CONCLUSIONES

Gracias al análisis cualitativo de las Redes Asociativas de Cognición, los estudios que muestran la necesidad de mejora del nivel de conocimiento científico pueden ser complementados al comprender la manera en la que los estudiantes organizan y relacionan en su cerebro la información. El análisis de las RAC junto con otros métodos cuantitativos permite evaluar de una manera más completa la forma de representación mental en los estudiantes de un contenido científico que presenta muchas dificultades didácticas.

Así, además de conocer los diferentes conocimientos conceptuales que los estudiantes no incluyen en el Ciclo del Agua, se puede apreciar las dificultades para comprender, relacionar y

conectar estos conceptos en su Red Asociativa de Cognición. Tanto los escolares de 6° de Educación Primaria como los estudiantes universitarios del Grado de Educación Primaria reflejan dificultades en la comprensión del Ciclo del Agua, ya que existe una falta de relación en muchos conceptos y fases y cambios del ciclo (como la fase subterránea o la presencia de seres vivos), sumado a la poca conectividad y distancia entre conceptos importantes para que haya un adecuado nivel de conocimiento científico del Ciclo del Agua.

Debido a todo ello, se hace necesario un mayor estudio en esta línea neurocognitiva, con el fin de investigar y analizar estas Redes Asociativas de Cognición en los estudiantes, al mismo tiempo que se fortalece su nivel de conocimiento científico, a través de la motivación y la atención, y con intervenciones didácticas activas. Por último, este tipo de análisis permite secuenciar y adaptar las intervenciones educativas con el fin de obtener una adecuada enseñanza de los conceptos y sus relaciones, de manera que el estudio de las RAC debe servir para guiar los procesos de enseñanza-aprendizaje de contenidos científicos.

6. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente artículo presenta una serie de limitaciones de estudio. Una de ellas es la baja muestra de estudio, tanto en el grupo de los escolares de Educación Primaria como en los estudiantes universitarios, por lo que en futuras investigaciones sería conveniente ampliar la muestra de estudio que permitiera generalizar resultados.

Por otro lado, sería adecuado realizar estudios complementarios con el análisis de RAC con otros factores relevantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conocimientos conceptuales, como son las emociones u otras variables cognitivas o metacognitivas.

Al mismo tiempo, se considera adecuado seguir la línea de este tipo de análisis tanto del mismo contenido científico en diferentes etapas educativas, como de otros contenidos. Además, una posible línea de estudio puede ser el análisis sobre cómo evoluciona las RAC con el empleo de intervenciones educativas.

Referencias

- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, 3-16
- Ahi, B. (2017) The effect of talking drawings on five-year-old turkish children's mental models of the water cycle. *International Journal of Environmental and Science Education* 12(3), 349-367.
- Amith, M., Cunningham, R., Savas, L. S., Boom, J., Schvaneveldt, R., Tao, C., & Cohen, T. (2017). Using Pathfinder networks to discover alignment between expert and consumer conceptual knowledge from online vaccine content. *Journal of biomedical informatics*, 74, 33-45.
- ANEP. (2014). Acciones educativas en Ciencia y Tecnología en ámbitos de educación formal y no formal-Primer informe. Uruguay. Recuperado de http://www.anep.edu.uy/sites/default/files/images/Archivos/publicacionesdirecciones/DSPE/pisa/pisa2015/Publicaciones/Libro_acciones_educativas.pdf
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en Primaria. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 46-56.
- Cañal, P. (2008). ¿Cómo orientar la formación inicial del profesorado de primaria en didáctica de las ciencias experimentales? En M. R. Jiménez Liso (Ed.). *Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 256- 263). Almería: Ed. Univ. Almería.

- Casas, L. M., Carvalho, J., González, M., y Luengo, R. (2015). Concepciones y creencias de los profesores en formación sobre las matemáticas y su enseñanza aprendizaje. Propuesta de una nueva metodología cualitativa. *Campo abierto*, 34(2), 85-104.
- Casas-García, L. M. y Luengo-González, R. (2013). The study of the pupil's cognitive structure: the concept of angle. *European Journal of Psychology of Education*, 28(2), 373-398.
- Castelltort A. (2015a) Actividades que contribuyen a la promoción de una nueva cultura ambiental del agua. *Comunicações* 22(2), 363-389. <https://doi.org/10.15600/2238121X/comunicacoes.v22n2ep363-389>
- Castelltort, A. (2015b). *Educar a favor d'una nova cultura ambiental de l'aigua*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Castro, N., y Siew, C. S. (2020). Contributions of modern network science to the cognitive sciences: Revisiting research spirals of representation and process. *Proceedings of the Royal Society A*, 476(2238), 20190825.
- De la Hoz, A., Sánchez, S., Vega, M. R., Benavente, M. J., & Cubero, J. (2020). Análisis del hábito de hidratación y su conocimiento en una muestra escolares de 10-12 años en la provincia de Badajoz (España). *Revista española de nutrición comunitaria*, 26(2), 1-10.
- De la Hoz, A., Cubero, J., Melo, L., Durán-Vinagre, M. A., & Sánchez, S. (2021). Analysis of digital literacy in health through active university teaching. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6674. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126674>
- Hernández, M.J. (2014) ¿Qué debería conocer todo ciudadano sobre el agua? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 77, 9-16.
- Lemke, J. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 5-12.
- López, N. E. (2018). Despertar de las vocaciones científicas, desafíos y oportunidades. *Revista Científica Estudios e Investigaciones*, 6, 79-81.
- Manzanero, A. L. (2006). Procesos automáticos y controlados de memoria: Modelo Asociativo (HAM) vs. Sistema de Procesamiento General Abstracto. *Revista de psicología general y aplicada*, 59(3), 373-412.
- Márquez C. y Bach J. (2007) Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 15(3), 280-286.
- Márquez, C. y Bonil, J. (2013). Las concepciones de maestros en formación inicial respecto a la educación científica recibida. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 107-133.
- Martín-Gámez, C. (2020). Conocimiento didáctico de profesorado en formación inicial sobre argumentación en el aula de ciencias de Primaria. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 24(3), 247-267
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Neri de Souza, Costa y Moreira (2011). Questionamento no Processo de Análise de Dados Qualitativos com apoio do software WebQDA. EDUSER: *Revista de Educação*, 3(1). <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/5996/1/49.pdf>
- Ocaña, R (2019). *Descubriendo R-Commander*. (3ª ed.). Andalucía: Escuela Andaluza de Salud Pública
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.

- Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M. y Benarroch, A. B. (2021). El agua en la literatura educativa de las dos últimas décadas. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1).
- Reyero, C., Calvo, M., Vidal, M.P., García, E. y Morcillo, J.G. (2007). Las ilustraciones del Ciclo del Agua en los textos de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 287-294.
- Román, F. (2021). La Neurociencia detrás del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Journal of Neuroeducation*, 1(2), 50-56.
- Romine, W. L., Schaffer, D. L. y Barrow, L. (2015) Development and application of a novel raschbased methodology for evaluating multi-tiered assessment instruments: Validation and utilization of an undergraduate diagnostic test of the water cycle. *International Journal of Science Education* 37(16), 2740-2768. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1105398>
- Sánchez, M. E., Gutiérrez, R. C. y Somoza, J. A. G. C. (2019). Robótica en la enseñanza de conocimiento e interacción con el entorno. Una investigación formativa en educación infantil. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (94), 11-28.
- Sanghvi, P. (2020). Piaget's theory of cognitive development: a review. *Indian Journal of Mental Health*, 7(2), 90-96.
- Siew, C. S., Wulff, D. U., Beckage, N. M. y Kenett, Y. N. (2019). Cognitive network science: A review of research on cognition through the lens of network representations, processes, and dynamics. *Complexity*, 19, 1-24.
- Soto, L. M., Caballero, A., Alzás, T., Verissimo, S. y Casas, L. M. (2019). Actitudes ante las Matemáticas: Análisis cualitativo del conocimiento grupal mediante software de representación de redes sociales. *CIAIQ2019*, 1, 72-81.
- Soto-Ardila, L. M., Caballero Carrasco, A., Carvalho, J. L. y Casas García, L. M. (2020). Nuevo método de análisis cualitativo mediante software para el análisis de redes sociales de la percepción grupal hacia las Matemáticas. *Píxel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 58, 27-50.
- Stella, M. (2022). Cognitive network science for understanding online social cognitions: A brief review. *Topics in Cognitive Science*, 14(1), 143-162.
- Valle, M. G. (2017). El conocimiento del ciclo del agua en el segundo ciclo de Educación Primaria. *Ikastorratza, e-Revista de didáctica*, (18), 2.
- Van den Heuvel, M. P. y Sporns, O. (2013). Network hubs in the human brain. *Trends in cognitive sciences*, 17(12), 683-696.
- Verdugo Perona, J. J., Solaz Portolés, J. J. y Sanjosé López, V. (2019). Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial: el caso de la comunidad Valenciana. *Revista de Educación*, 383, 133-162.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

De la Hoz Serrano, A., Melo Niño, L.V., Álvarez Murillo, A., Cubero Juárez, J., Soto Ardila, L.M. y Cañada Cañada, F. (2024). Análisis Cualitativo de Redes Asociativas de Cognición en el aprendizaje científico del Agua. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 46, 107-122. DOI: 10.7203/DCES.46.26506