

DEPÓSITO LEGAL ppi 201502ZU4666
*Esta publicación científica en formato digital
es continuidad de la revista impresa*
ISSN 0041-8811
DEPÓSITO LEGAL pp 76-654

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias

Exactas

Naturales

y de la Salud

Año 11 N° 30
Mayo - Agosto 2020
Tercera Época
Maracaibo-Venezuela

Los aportes de la Neurociencia a la enseñanza de las Ciencias Naturales: reflexiones desde la experiencia de los estudiantes de educación secundaria

Daniel Rubén Tacca Huamán*
Francisco Chire Bedoya**

RESUMEN

La investigación en neurociencia cognitiva aporta conocimiento sobre el funcionamiento cerebral que podría ser útil para la enseñanza de las ciencias naturales. Por ello, el objetivo principal de la investigación fue conocer, desde la experiencia de los estudiantes de educación secundaria, la contribución de los principios de la neurociencia a la enseñanza de las ciencias naturales. El enfoque fue cualitativo, con diseño fenomenológico y con 24 sujetos participantes que estudiaban el último año de educación secundaria. Se utilizó la técnica conocida como grupo focal y se elaboró una guía con 20 ítems. Los resultados indican que los sujetos informantes perciben un cambio positivo en la enseñanza de las ciencias naturales, especialmente en la motivación, presentación de contenidos, evaluación, actividades de indagación, experiencias prácticas, relación docente-estudiante y perspectiva de estudio en áreas científicas.

PALABRAS CLAVE: neurociencia; enseñanza; ciencias naturales; estudiantes; secundaria.

*Universidad Tecnológica del Perú, <https://orcid.org/0000-0002-0694-5262>,
C17500@utp.edu.pe

**Asociación Educativa Estándares, Perú, <https://orcid.org/0000-0002-3109-341X>,
francischire@gmail.com

Recibido: 30/01/2020

Aceptado: 20/03/2020

The contributions of Neuroscience to natural sciences teaching: reflection from the experience of high school students

ABSTRACT

The research in Cognitive neuroscience provides knowledge about brain functioning that could be useful for teaching the natural sciences. Therefore, the main objective of the research was to know, from the experience of high school students, the contribution of the principles of Neuroscience to the teaching of natural sciences. The approach of this study was qualitative, with a phenomenological design and with 24 participating subjects studying the last year of high school. The technique called focus group was used and a question guide with 20 items was prepared. The results indicate that the informant subjects perceive a positive change in the teaching of the natural sciences, especially in motivation, presentation of content, evaluation, research activities, practical experiences, student-teacher relationship and study perspective in scientific areas.

KEY WORDS: Neuroscience; teaching; natural sciences; students; high school.

Introducción

Cuando se estudia el proceso de aprendizaje en los adolescentes, es imposible dejar de lado los aportes de la psicología sobre el desarrollo cognoscitivo, el estadio de las operaciones formales de Piaget y las propuestas del aprendizaje sociocultural de Vygotsky. Durante la adolescencia, la maduración cognoscitiva permite, paulatinamente, que los jóvenes alcancen un razonamiento abstracto, elaboren juicios morales y realicen planes sobre su futuro (Papalia et al., 2010). Lo anterior significa que, los adolescentes desarrollan el pensamiento abstracto, adquieren la capacidad de emplear símbolos para representar conceptos, pueden comprender metáforas, analizar posibilidades y plantear hipótesis. La educación, como proceso de humanización, socialización y culturización, debe promover el desarrollo y fortalecimiento de estas habilidades “naturales”, pues son de vital importancia para la vida del adolescente y para el futuro adulto.

En la mayoría de países, el programa curricular del nivel secundario está organizado por materias. Esta segmentación permitió, en un inicio, profundizar y especializar el conocimiento sobre una determinada disciplina; sin embargo, como explican Sanmartí y Márquez (2017), esta educación tradicional no permite el desarrollo habilidades científicas. La enseñanza de las Ciencias Naturales en la secundaria no debe ser entendida como un proceso aislado de otras materias ni de la realidad; si bien se necesita cierto grado de

especialización, tanto a nivel escolar como universitario, es imposible que los estudiantes desarrollen habilidades “aprendiendo” un contenido enlatado y aislado. Según López (2015), uno de los principales problemas de la enseñanza de las ciencias es el uso de estrategias tradicionales que no contribuyen a la comprensión de temas relacionados con el desarrollo científico y tecnológico.

El principal objetivo de la enseñanza de las Ciencias Naturales es que el estudiante conozca y comprenda la complejidad del mundo en el que vive, para que luego pueda transformarlo (Tacca, 2011). Memorizar contenidos, fórmulas, ecuaciones, etc. descontextualiza el aprendizaje, no resulta viable en una educación globalizada y lleva al analfabetismo científico (Matthews, 2017). Como explica Romero-Ariza (2017), la alfabetización científica es un constructo que hace referencia a lo que las personas deben conocer y a las acciones que podrían realizar en un contexto donde aspectos de la ciencia y tecnología están implicados. En este sentido, continua el autor, para la evaluación de la alfabetización científica a través de la prueba PISA (Program for International Student Assessment) del año 2015 se consideró cuatro aspectos muy importantes: el contexto, el conocimiento, las competencias, y las actitudes. Según lo anterior, estas cuatro dimensiones no podrían ser evaluadas por separado, se deberían integrar y amalgamar en el desempeño de los estudiantes.

En la propuesta de Arteaga et al. (2016), se puede distinguir seis finalidades de la enseñanza de las ciencias, entre ellos: (1) promover la elección de estudios relacionados al ámbito científico, (2) facilitar la toma de decisiones democráticas respecto a temas científicos y tecnológicos, (3) desarrollar habilidades para el mundo laboral, (4) culturizar a los estudiantes, (5) desarrollar la capacidad de aprender fuera de clase y (6) fomentar los valores para aportar al contexto más cercano. No se trata únicamente de desarrollar contenidos y preservar el rol transmisor del profesor, se trata de enseñar a aprender para que el estudiante pueda construir su conocimiento.

Reimers y Chung (2016) plantea que las habilidades requeridas para el contexto actual son: pensamiento crítico, innovación, creatividad, pensamiento científico, autoconocimiento, autocontrol y trabajo en equipo. Con la enseñanza de las Ciencias Naturales se pueden desarrollar muchas habilidades en los estudiantes (Rivero et al., 2017); sin embargo, todavía es posible observar que algunos profesores, y no solo a nivel escolar, siguen con el dictado y exposición de contenidos, convirtiendo a las ciencias naturales en algo aburrido y tedioso

(Tacca, 2011). Para Arteaga et al. (2016), es necesario propiciar el aprender a aprender, desarrollar la observación, clasificación, modelación, la formulación de hipótesis, solución de problemas, motivar el trabajo académico, entre otros; lo anterior representa los principales retos al momento de enseñar ciencias.

Según Aguilera et al. (2018), enseñar ciencias haciendo ciencia es un reto que involucra corregir ciertas actitudes negativas, concepciones equivocadas y sobre todo mejorar la experiencia de aprendizaje a partir de sensaciones y emociones positivas. Si un profesor desea enseñar ciencias y generar actitudes positivas hacia ella, la mejor forma es a través de la indagación (Rojas-Bahamón et al., 2018) y considerando los aspectos afectivos y motivacionales (Bevins y Price, 2016). Existen diversos estudios que exponen resultados positivos de la indagación como estrategia para promover el pensamiento, la argumentación y la comprensión de las ideas científicas (Romero-Ariza, 2017). Por ejemplo, Flórez-Nisperuza y De la Ossa Albis (2018) reportaron que las actividades de indagación mediadas por el profesor tuvieron mayor efecto en el aprendizaje que aquellas actividades de trabajo netamente autónomo; lo anterior significaría que, si bien el estudiante es el centro del aprendizaje, el acompañamiento que ofrece el docente es relevante para el cumplimiento de los objetivos educativos.

Rivero et al. (2017) sugieren que cualquier mejora educativa necesita que los profesores conozcan los principios teóricos y prácticos de las nuevas propuestas, esto representa un reto que incluye la formación inicial del profesorado. Delord et al. (2017) explican que un profesor puede innovar y cambiar su forma de enseñanza si es que comparte sus experiencias, fortalece la reflexión colectiva y la ayuda mutua con los colegas. Delord y Porlán (2018) comentan que la evaluación de los aprendizajes es el tópico más resistente a la innovación; además, aclaran que para innovar en las clases es necesario el apoyo del área académica de la institución. Monroy y Peón (2019) sugieren integrar diversos enfoques pedagógicos en un modelo híbrido para responder adecuadamente a las actuales exigencias educativas; además, como los modelos pedagógicos son provisionales y no son infalibles, recomiendan que estos lineamientos generales incorporen a su propuesta los avances logrados en el campo científico y tecnológico. De esta manera, el docente puede contar con mayores recursos didácticos, tecnológicos y, sobre todo, basados en la investigación científica.

En los últimos años la neurociencia cognitiva ha contribuido en la comprensión de cómo se desarrollan las funciones superiores (Tacca, 2018). Hoy se sabe que el desarrollo del

cerebro es un proceso heterocrónico (Tacca, 2016); las hormonas intervienen en el proceso organizativo y en el funcionamiento del cerebro (Crone, 2019); el proceso de poda y mielinización integran conexiones que permiten la aparición de juicios y discernimientos basados en el análisis completo de una determinada situación, el cerebro busca la gratificación, la sociabilidad y las reacciones emocionales (Siegel, 2016); la memoria es una colección de conexiones neuronales que se recupera al momento de la acción y, en cuanto a la atención, se percibe solo aquello en lo que estamos interesados (Manes y Niro, 2014); el cerebro, con ayuda de los sentidos, está en la capacidad de construir circuitos neuronales con la información que percibimos producto de nuestras experiencias (Hüther, 2013); un ambiente estimulante, que brinda todas las posibilidades para desarrollar el potencial, maximiza la capacidad de generar ideas y estimula la creatividad (Bachrach, 2016); los estímulos liberan neurotransmisores y estos activan o desactivan ciertas redes neuronales, además, dichas redes se fortalecen con la repetición, las emociones, la novedad y la focalización de la atención (Bachrach, 2015). La bioquímica cerebral es la responsable de la construcción del conocimiento, por ello, González (2017) aconseja que los profesores deben considerar las características del funcionamiento cerebral en el desarrollo de las clases. Una enseñanza novedosa e interesante contribuye a cambiar la estructura y la actividad electroquímica del cerebro (Paniagua, 2013).

Como el aprendizaje de la ciencia está ligado a diversas capacidades y habilidades que, al parecer, se pueden desarrollar con la indagación; y, por otra parte, la neurociencia cognitiva ha descubierto cómo funciona el cerebro y que el aprendizaje lo modifica (Tacca et al., 2019), el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal conocer, desde la experiencia de los estudiantes de educación secundaria, la contribución de los principios de la neurociencia a la enseñanza de las Ciencias Naturales.

1. Diseño de la investigación

En la presente investigación se buscó recoger las experiencias de los estudiantes de educación secundaria sobre el proceso de enseñanza de las ciencias naturales por parte de sus profesores a partir de la incorporación de los principios y aportes de la neurociencia cognitiva. La información que se recolectó fue producto de la experiencia compartida y se basó en la subjetividad de las percepciones de cada estudiante; por lo que, según Hernández-Sampieri

y Mendoza (2018), el trabajo se desarrolló bajo el enfoque cualitativo con diseño fenomenológico.

1.1. Participantes

Fueron 24 sujetos informantes que cursaban el quinto año de educación secundaria en una institución educativa pública. Todos los estudiantes pertenecían al mismo año de escolaridad, tenían el mismo horario de estudio, compartían los mismos compañeros y los docentes desarrollaban el mismo programa curricular en la misma cantidad de horas por materia. Todos los participantes presentaron el consentimiento informado de sus padres o apoderados legales para participar en forma voluntaria durante la investigación. Representaron el 33% del total de los estudiantes del grado, siendo la edad promedio de 16.4 años, 13 fueron varones y 11 mujeres.

1.2. Instrumento de recolección de datos

Se realizó una revisión sistemática de la literatura especializada sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales y los resultados de las investigaciones en neurociencia cognitiva; además, se realizó una serie de visitas a la institución donde se pudo observar cómo se desarrollan las clases del área de Ciencias y Tecnología del quinto de secundaria. Con toda esta información, y luego de un proceso de reflexión, se identificaron las siguientes categorías a investigar: (1) secuencia metodológica, (2) experiencias prácticas, (3) relación docente-estudiante, (4) sistema de evaluación y (5) perspectiva de estudios en áreas científicas. En este proceso, se elaboró una batería de preguntas abiertas que en su redacción incluían aspectos relacionados con los aportes de la neurociencia cognitiva, de esta forma, los participantes podrían evaluar desde su perspectiva la posible contribución o no de dichos descubrimientos. Todos los ítems fueron organizados en una guía de preguntas. El instrumento denominado Guía de preguntas estuvo constituido por 20 ítems.

1.3. Procedimiento

Del total de estudiantes, 27 entregaron el consentimiento informado, pero solo 24 decidieron participar efectivamente. Se decidió usar la técnica denominada grupo de enfoque o *focus group*, ya que, como explican Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), esta técnica

permite comprender las experiencias de los sujetos informantes a través de su interacción. Se realizaron 4 grupos focales, cada uno con 6 integrantes distribuidos al azar. En cada sesión, los investigadores realizaron una breve presentación personal; luego de empatizar con los estudiantes, se informó sobre los objetivos del trabajo y se distribuyeron formando un círculo en el cual todos se podían observar y compartir información. Cada sesión duró, aproximadamente, 45 minutos y se desarrollaron todas las preguntas que se habían propuesto en la guía. Para un adecuado análisis de las respuestas, se obtuvo un registro en audio de todas las sesiones.

2. Resultados

Las respuestas de los participantes fueron analizadas según las categorías indicadas anteriormente, de acuerdo a esto se obtuvieron los siguientes resultados:

2.1. Categoría I: secuencia metodológica

En esta categoría, los participantes comentaron que en los últimos dos años percibieron que los docentes de ciencias cambiaron la forma de iniciar las clases. Todos recordaban que, en los primeros años de secundaria, las clases empezaban con un saludo y rápidamente se colocaba el título del tema que el profesor iba a dictar. Sin embargo, todos transmitieron gran satisfacción porque sienten que los profesores se esfuerzan en presentar alguna imagen o video que llama su atención y que se relaciona con el tema a tratar; también revelan que gracias a que el profesor les hace recordar lo trabajado la clase anterior, ellos pueden evocar con mucha mayor facilidad los principales conceptos y actividades desarrolladas.

En cuanto al desarrollo de la clase, los estudiantes manifestaron que en años anteriores las lecciones las recibían en carpetas que prácticamente no se movían, se dedicaban a escuchar, tomaban nota cuando el profesor dictaba y las actividades las realizaban por la calificación que iban a obtener y no por desarrollar la actividad misma. Durante este año, los estudiantes percibieron que las actividades grupales en el aula han aumentado: a todos les parece que es mejor aprender en grupo que de forma individual, pues les permite identificar las fortalezas y debilidades de los integrantes que hay que mejorar. Según los participantes, aprenden más cuando el profesor plantea una situación problemática relacionada con su

contexto más cercano, con vivencias propias de la comunidad o de la ciudad donde viven. Además, perciben que los profesores están más preocupados por su aprendizaje, debido a que plantean las preguntas: ¿Cómo va el trabajo? ¿Entendieron la explicación? ¿Puedes apoyar a tu compañero? Expresan que hay más libertad para expresarse, pueden proponer ideas que el profesor no ha previsto y si estas son aceptadas por sus compañeros, el profesor la incorpora como parte de la clase.

En el cierre y evaluación del trabajo en el aula, los estudiantes explican que los profesores ya no usan el color rojo para calificar los cuadernos o pruebas, ahora utilizan azul, verde u otro color. A tres estudiantes no les interesa el cambio de color, dos no se dieron cuenta, pero el resto ha interpretado este cambio como positivo, ya que perciben que el color rojo se asocia con el peligro o les trae recuerdos negativos de pruebas desaprobadas en el pasado. Así mismo, consideran positivo que los profesores realicen un balance de los aprendizajes ya que de esta forma pueden darse cuenta de sus aciertos y errores en la resolución de las actividades. Consideran que ahora comprenden mejor lo que pasa a su alrededor, perciben que en los últimos meses han aprendido a relacionar lo desarrollado en el colegio con el mundo que los rodea.

2.2. Categoría 2: experiencias prácticas

Durante las experiencias prácticas, los estudiantes han identificado otro cambio en la dinámica de las clases de Ciencias Naturales. A diferencia de años anteriores, hoy son conscientes que es muy importante formular hipótesis en el trabajo de las ciencias, consideran que esta respuesta tentativa a la pregunta de investigación es muy importante porque de alguna forma guía su trabajo y al final deben argumentar si fue correcta o no. El valor atribuido a los debates y a la argumentación es positivo. Consideran que este tipo de dinámicas les permite contrastar activamente sus teorías, argumentos e ideas. Una de sus actividades preferidas es la de socializar sus puntos de vista porque están convencidos que la participación grupal enriquece su aprendizaje.

La manipulación de los equipos y materiales en el laboratorio sigue siendo parte fundamental en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Algunos estudiantes comentan que sus padres solo escucharon como es un tubo de ensayo o un matraz, nunca pudieron experimentar porque el laboratorio no existía o porque no estaba implementado. Se sienten afortunados porque el colegio donde estudian les brinda la oportunidad, en la medida de lo

posible, de trabajar con material de vidrio, de plástico y reactivos; ellos lo llaman: “hacer ciencia de verdad”. Han aprendido que para observar un fenómeno es necesario usar los cinco sentidos, son conscientes que la información entra por todos los sentidos y no solo por la vista. Muestran una reacción positiva cuando recuerdan la sesión de clase donde el profesor les plantea una experiencia que ellos no pueden resolver a priori. La consideran retadora y prueban varias veces la hipótesis (repiten el experimento) hasta obtener un resultado coherente con los principios que plantean al inicio. No se sienten frustrados si sus hipótesis están equivocadas, se sienten satisfechos de que el trabajo realizado cumpla con los pasos del método científico y la construcción argumentativa sea lógica y coherente.

Comentan que en algunas ocasiones han salido del colegio a recolectar muestras biológicas, siempre con los permisos respectivos y apoyo del docente. Perciben que de esta forma la enseñanza de las ciencias naturales, por parte del docente, se hace vivencial y significativa. Dentro de las recomendaciones, las que obtuvieron apoyo de la mayoría de participantes fueron: (1) incrementar las clases prácticas porque consideran que así aprenden más y (2) implementar no solo su laboratorio, sino los laboratorios de ciencia de todos los colegios.

2.3. Categoría 3: relación docente-estudiante

Consideran que los profesores han adoptado una actitud empática al estar más cercanos dentro y fuera del aula. Ellos manifiestan que mientras desarrollan las actividades, los profesores se acercan a apoyarlos o preguntan si todo está claro. Según comentan los informantes, en años anteriores se les recriminaban por el uso errado de algún implemento del laboratorio y los profesores resaltaban los errores en las pruebas escritas y orales; sin embargo, ahora se han percatado de un cambio de actitud, ya que los profesores los alientan a seguir aprendiendo, a formular nuevas hipótesis, a experimentar y a probar nuevos procedimientos. Este cambio se considera positivo porque han encontrado un apoyo emocional, son conscientes que como estudiantes adolescentes se pueden equivocar, a pesar de ello, valoran la actitud proactiva y empática de los docentes para promover el aprendizaje de las ciencias naturales. De todos los participantes, cuatro tienen al menos un hermano que está cursando estudios universitarios y manifiestan, según testimonio del familiar directo, que la enseñanza de las ciencias en la universidad no es igual que en el colegio. Saben que el

nivel académico es diferente, pero según expresan, no esperan ver un profesor aburrido, que solo escribe en la pizarra y que deja fórmulas para memorizar.

2.4. Categoría 4: sistema de evaluación

Uno de los comentarios más resaltantes y recurrentes en esta categoría fue: “el examen parcial y final ya no son tan importantes”. Los estudiantes explicaron que con la nueva “forma” de evaluación de los profesores, estos exámenes no influyen mucho en la calificación final. Según comentan, en años anteriores solo se evaluaba de esa forma y era un sistema donde se “jugaban la vida” en un curso, ya que si se desaprobaba ambos exámenes se desaprobaba la asignatura. Sin embargo, hoy reconocen que los profesores han asignado un valor importante al trabajo en aula, a las presentaciones que realizan, a la participación, a los trabajos que entregan, a las actividades de campo, a los experimentos realizados y al trabajo colaborativo. Para ellos, esta “forma de evaluación” es mejor ya que se considera el trabajo continuo en cada clase y así recuerdan más rápido los términos especializados y las teorías pues los utilizan constantemente. Según comentan, en el sistema anterior, estudiaban uno o dos días antes de los exámenes, les costaba trabajo recordar la información y no podían explicar ciertos procedimientos; pero ahora, los recuerdan por la frecuencia de uso del conocimiento científico.

Otro cambio importante que comentan es que antes se evaluaba con preguntas de opción múltiple o de falso y verdadero, pero ahora han visto un incremento de las preguntas abiertas. En este sentido, comentan que al inicio tuvieron problemas para responder dichas preguntas, pues no estaban acostumbrados a argumentar sus ideas y a justificar sus conclusiones. Sin embargo, hoy son conscientes que la argumentación de ideas es una habilidad que necesitan desarrollar.

2.5. Categoría 05: Perspectiva de estudios en áreas científicas

En esta parte del estudio, más de la mitad de los participantes manifestaron que no les interesaba estudiar una carrera ligada a las ciencias naturales, a pesar que en las pruebas psicológicas de orientación vocacional los resultados mencionaban que poseían algunas aptitudes para dichas carreras. Por otra parte, ocho participantes declararon que si les interesaría estudiar Ingeniería, Química, Biología, Medicina, Enfermería u otra carrera

relacionada con las ciencias. Cuando fueron consultados del porqué de su decisión, los ocho manifestaron que en los últimos meses han comprendido que las ciencias naturales son importantes para la vida del hombre, ayuda a comprender el mundo y con la investigación científica se puede producir conocimiento valioso para el progreso de la sociedad. Según explicaron, los factores en orden de importancia para tomar dicha decisión fueron: (1) los resultados del test vocacional donde se identificaron las aptitudes hacia la ciencia, (2) la metodología de análisis crítico en la enseñanza de las ciencias y (3) el posible beneficio que traerán a su comunidad.

Según comentan, por conversaciones con estudiantes universitarios cercanos a ellos, son conscientes que en los niveles superiores de estudio la “forma” como se enseña las ciencias naturales no es “tan divertida” ni “tan activa”. Los estudiantes de secundaria actualmente se concentran en obtener buenas calificaciones para poder postular a la universidad y, una vez dentro, afirman que se adaptarían al sistema “antiguo” de enseñanza.

3. Discusión y conclusiones

Como se puede apreciar, los principios de la neurociencia cognitiva han contribuido a la enseñanza de las ciencias naturales según la experiencia de los estudiantes de educación secundaria. Si bien las preguntas no incluían tecnicismos propios de la neurociencia ni de la psicología, los participantes pudieron brindar información valiosa y evidenciaron el cambio producido en las clases de Ciencias Naturales.

Según la información recolectada, los cambios realizados al inicio de clases han tenido buen recibimiento por parte de los estudiantes. La presentación de imágenes y otros recursos coincide con los planteamientos de Bachrach (2016), quien comenta que el aprendizaje se beneficia cuando se enseña con imágenes y texto y cuando se presentan ambos recursos al mismo tiempo. En este sentido, Small y Vorgan (2009) explican que un grado adecuado de estimulación del cerebro puede convertirse en algo sano y placentero; de esta forma, es posible que los estímulos que se presentan al inicio de las clases hacen que los contenidos teóricos de las ciencias sean percibidos como algo accesible y no generan expectativas negativas en los estudiantes. Esto parece coincidir con la propuesta de Waipan y Lerker (2017) sobre la captura de la atención como primer paso para el aprendizaje, luego, según los autores, es necesario mantener cierto grado de expectativa y ofrecer oportunidades de logro para mantener la motivación.

En cuanto a la importancia de recordar lo trabajado en la clase anterior, Blakemore y Frith (2016) explican que la formación de imágenes visuales puede crear cambios en el estado emocional, incluso en el sistema hormonal e inmunitario. Esto significaría que, al recordar los saberes previos, los estudiantes pueden evocar imágenes mentales y también recordar las sensaciones y emociones asociadas a dicho recuerdo. Un inicio emocional y disruptivo es vital, como sugiere Bachrach (2016), el cerebro recuerda primero el componente emocional, luego vienen los detalles, el aspecto, etc. Según Siegel (2016), ciertos estímulos gratificantes y novedosos ayudan a la liberación de dopamina, neurotransmisor asociado a la sensación de bienestar. Esto significaría, que un inicio emocionalmente positivo podría contribuir al aprendizaje. Lo anterior resulta ser importante no solo para la enseñanza de las ciencias naturales, sino para todas las áreas curriculares de los diferentes niveles educativos.

Según Oliverio (2018) el objetivo de utilizar los conocimientos sobre el cerebro es aprovechar su capacidad y estimular diversas áreas para crear conexiones neuronales que almacenan conocimiento. Massa et al. (2015) explican que cuando se habla de crear conocimiento, se hace referencia a un proceso complejo en el que se establecen relaciones permitiendo la articulación de conceptos para formar preposiciones y teorías. Como se ha visto, la clase magistral no puede ser vista como única fórmula válida para que el estudiante se apropie del conocimiento científico. Si bien la explicación es importante, según los resultados del presente trabajo, el diálogo, los debates y el interrogatorio didáctico constituyen estrategias válidas y funcionales para abandonar el pensamiento dogmático. El pensamiento en equipo permite plantear diversas soluciones a un problema y promueve el aprendizaje dialéctico.

En opinión de los estudiantes, la aplicación del método científico y del aprendizaje por indagación ha mejorado la dinámica educativa en la enseñanza de las ciencias naturales. Waipan y Merker (2017), explican que la acción de memorizar no garantiza el aprendizaje; sin embargo, cuando el sujeto experimenta y se emociona construye redes de información más significativas. Según Perez y Meneses (2018), en la actualidad existen diferentes propuestas para la planificación, ejecución y evaluación de las actividades indagatorias; sin embargo, la problemática, las hipótesis, el contraste de las hipótesis, la interpretación de resultados, la elaboración de conclusiones y la comunicación de los mismos, son elementos indispensables en cualquier escenario. Lo que se ha evidenciado, es que los estudiantes consideran que este tipo de metodología les ha permitido aprender en forma dinámica, significativa y sobre todo

vivencial. Lo anterior permite afirmar, siguiendo el planteamiento de Fraiha et al. (2018), que con la indagación es posible potenciar el desarrollo de habilidades relacionadas con la resolución de problemas.

Según Bachrach (2015), el cerebro es dinámico y va cambiando su organización y funcionamiento en respuesta a las actividades que el sujeto realiza o a las experiencias que vive. De esta forma, asegura el autor, es posible que para desarrollar ciertas habilidades es necesario introducir un cambio en la rutina, este nuevo hábito debe ser practicado, repetido y probado varias veces hasta que las conexiones sinápticas se fortalezcan y constituyan una estructura cerebral nueva. Esto indicaría que mientras más se ejerciten ciertas habilidades y actitudes, los estudiantes pueden desarrollar destrezas específicas relacionadas con el quehacer científico. Por ello, era necesario cambiar la forma como se enseñaba las ciencias naturales; se ha pasado del “dictado” tradicional a una enseñanza que promueve constantemente la construcción de argumentos, la elaboración de hipótesis, la realización de experimentos, etc. Si se analiza en perspectiva, esta forma de enseñar ciencias estaría fortaleciendo el desarrollo de la actitud científica en los estudiantes.

Por otra parte, todo indicaría que la implementación de actividades retadoras en la enseñanza de las Ciencias Naturales contribuye a un mejor aprendizaje. Las actividades de baja demanda cognitiva pueden presentar resultados positivos; sin embargo, la comprensión de información, la conexión de conceptos y su potencial aplicación necesitan un contexto de exigencia que no se puede olvidar (Salcedo, 2019). Las actividades retadoras que se implementaron tienen un componente emocional; como explica Hüther (2013), las emociones nacen cuando se perciben estímulos que no corresponden a nuestras expectativas, que rompen la armonía actual de los procesos cerebrales. Según Waipan y Lerker (2017), el cerebro está acostumbrado a la seguridad que le ofrecen los patrones de resolución de problemas; sin embargo, cuando aparece un estímulo que no encaja con lo que el cerebro sabe y puede hacer, casi automáticamente empieza a buscar la forma de solucionarlo, incorpora una nueva rutina y guarda de manera profunda y significativa la información. De esta forma, un estímulo sorpresa, disruptivo o conflictivo, cognitivamente hablando, se convierte en pieza fundamental en la enseñanza de las ciencias naturales.

Parece que la preocupación de los profesores durante el desarrollo de las clases es bien recibida por los estudiantes. Si bien durante la adolescencia se produce un avance importante en el desarrollo emocional y mental de la persona (Manes y Niro, 2014), la comprensión y

gestión de las emociones termina constituyendo el pilar de las relaciones interpersonales en todas las etapas de la vida (Oliverio, 2018). Es el sistema límbico, según Bachrach (2015), el responsable de las emociones; este sistema neurológico es el que “decide” si la información se guarda como un recuerdo agradable o no y también modula la motivación. El ser humano es un ser social, la empatía no solo involucra el aspecto afectivo de la persona, sino también ciertos procesos reflexivos (Manes y Niro, 2014). Waipan y Merker (2017) explican que el clima en el aula supone una interacción socio-afectiva y una convivencia saludable, por lo que, la convivencia entre pares, el acercamiento del profesor, el lenguaje asertivo, inclusivo y motivador que emplea en las clases parecen contribuir a un adecuado ambiente de aprendizaje.

En cuanto a la evaluación, se ha observado que los estudiantes valoran el cambio de discurso del profesor en cuanto a resaltar los avances y no los errores. Siegel (2016) recomienda centrarse en los aspectos positivos del proceso de aprendizaje, sin castigos e impulsando la reflexión sobre las posibles mejoras. Según Waipan y Merker (2017), los adolescentes buscan sentirse valorados, tener cierta independencia para tomar decisiones y mostrar a los demás que pueden solucionar problemas. De esta forma, el proceso de evaluación deja de ser un proceso de calificación, y pasa a convertirse en un momento para reflexionar lo aprendido e impulsar las posibilidades de mejora.

Una revelación interesante se produjo cuando un grupo de estudiantes comentaron sus sensaciones sobre el color que emplea el profesor para corregir los avances y las pruebas. Como explica Canté (2017), los colores que se usan en una presentación o durante la clase pueden convertirse en desencadenes psicológicos que evocan emociones, sentimientos y logran cambiar la percepción del sujeto y mejora el aprendizaje. Si bien la evidencia encontrada sugiere que algunos de los estudiantes han asignado un valor al color de las revisiones, es probable que se necesite mayor investigación sobre el aspecto valorativo que realizan las personas para corroborar los principios de la psicología del color.

La enseñanza tradicional no se caracterizaba por dar espacio a la creatividad de los estudiantes. El contexto y los factores socioculturales influyen en la estimulación o inhibición de la capacidad creativa (Manes y Niro, 2014); es por lo anterior que, si no se presta atención a las ideas o propuestas innovadoras de los estudiantes, el entorno educativo habrá perdido todo sentido de existencia. Si no se promueve la innovación, los estudiantes están en peligro de repetir el círculo vicioso del aprendizaje memorista por el cual pasaron, probablemente,

sus padres. La enseñanza de las Ciencias Naturales en este nivel tiene la oportunidad de sembrar la semilla de la innovación, de promover ideas creativas y de incentivar el uso del pensamiento divergente.

El presente estudio, por su naturaleza cualitativa, ha recogido la percepción de los estudiantes respecto a las actividades didácticas que planifica y pone en ejecución el profesor en las clases de ciencias naturales. Se ha podido conocer que la aplicación del conocimiento del cerebro y de aspectos fundamentales de la neurociencia cognitiva ha contribuido a mejorar la enseñanza y el aprendizaje en sus tres componentes: conceptual, procedimental y actitudinal. Como explican Waipan y Merker (2017), si la percepción que construyen los estudiantes sobre las ciencias naturales no es gratificante y positiva, es posible que se pierda un gran capital humano que, de ser encaminado, puede convertirse en un talento del futuro.

Si bien esta investigación se ha desarrollado a nivel escolar, es válido plantear las siguientes interrogantes ¿Se obtendrán las mismas percepciones en otros colegios respecto a los aportes de la neurociencia a la enseñanza de las ciencias naturales? ¿Es posible replicar las experiencias descritas por los participantes en otras áreas curriculares? ¿En qué medida las percepciones de los estudiantes son objetivas? ¿Se puede implementar los principios de la neurociencia a la docencia universitaria? ¿Los docentes estamos dispuestos a innovar? La investigación en neurociencia cognitiva ha contribuido al conocimiento del cerebro cuando el sujeto aprende, pero según Blakemore y Frith (2016), hoy se sabe poco de lo que sucede en el cerebro cuando uno enseña. Sin embargo, es necesario estar atentos a los futuros aportes de la neurociencia y psicología ya que, por el volumen de información que se produce a través de la investigación científica, es probable que lo que se entiende como cierto ahora no se desfase en unos cuantos años.

Referencias

- Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, A., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J., & Perales-Palacios, F. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, (381), 259-284. Recuperado de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/54384/19144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arteaga, E., Armada, L., & Del Sol, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176. Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/321>

Bachrach, E. (2015). *En Cambio. Aprende a modificar tu cerebro para cambiar tu vida y sentirte mejor*. Buenos Aires: Sudamericana.

Bachrach, E. (2016). *Il cervello geniale. Migliora la tua vita con le scoperte delle neuroscienze*. Milano: TEA

Blakemore, S., & Frith, U. (2016). *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Barcelona: Editorial Ariel.

Bevins, S., & Price, G. (2016) Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29. doi:10.1080/09500693.2015.1124300

Canté, J. (2017). Psicología del color aplicada a los cursos virtuales para mejorar el nivel de aprendizaje en los estudiantes. *Grafica*, 5(9), 51-56. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Grafica/article/view/v5-n9-cante>

Crone, E. (2019). *El cerebro adolescente: Cambios en el aprendizaje, en la toma de decisiones y en las relaciones sociales*. Madrid: Narcea Ediciones.

Delord, G. & Porlán, R. (2018). Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 35, 77-90. doi:10.7203/DCES.35.12193

Delord, G., Porlán, R. & Harres, J. (2017). La importancia de los proyectos y redes innovadoras para el avance de la Enseñanza de las Ciencias: El caso de un profesor de la Red IRES. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 653-665. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10498/19514>

Flórez-Nisperuza, E., & De la Ossa Albis, A. (2018). La indagación científica y la transmisión-recepción: una contrastación de modelos de enseñanza para el aprendizaje del concepto densidad. *Revista Científica*, 31(1), 55-67. doi:10.14483/23448350.12452

Fraiha, S., Paschoal, W., Perez, S., Tabosa, C., & Silva, C. (2018). Atividades indagativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*, 40(4).

González, S. (2017). La Neurociencia en la enseñanza universitaria. *Sinopsis educativa. Revista venezolana de investigación*, 17(1-2), 46-52.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill Education

Hüther, G. (2013). *Il cervello umano: istruzioni per l'uso. Come percezioni, emozioni e conoscenza possono trasformare le nostre capacità intellettive*. Roma: Castelvecchi.

López, Z. (2015). La enseñanza de las ciencias naturales desde el enfoque de la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación ASCTI, en educación básica-media. *Revista científica*, 2(22), 75-84. doi:10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a6

Manes, F., & Niro, M. (2014). *Usar el cerebro. Conocer nuestra mente para vivir mejor*. Buenos Aires: Planeta.

Massa, M., Foresi, M., & Sanjurjo, L. (2015). *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela media*. Santa Fe: Homo Sapiens Ediciones.

Matthews, M. (2017). *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia*. México: FCE.

Monroy, M., & Peón, I. (2019). Modelo pedagógico de integración sinérgica para la enseñanza de las ciencias experimentales. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(19). doi:10.23913/ride.v10i19.573

Oliverio, A. (2018) *Il cervello che impara. Neuropedagogia dall'infanzia all'età adulta*. Bergamo: Giunti.

Paniagua, M. (2013). Neurodidáctica: una nueva forma de hacer educación. *Fides et Ratio - Revista de difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 6(6), 72-77. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v6n6/v6n6_a09.pdf

Papalia, D., Olds, S., & Feldman, R. (2010). *Desarrollo Humano*. México: Mc Graw Hill.

Perez, S., & Meneses, J. (2018). La competencia científica en las actividades de aprendizaje incluidas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2). doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2101

Reimers, F. y Chung, C. (2016). *Enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI: metas, políticas educativas y currículo en seis países*. México: FCE.

Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Azcárate, P., & Porlán, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 29-52. doi:10.5565/rev/ensciencias.2068

Rojas-Bahamón, M.; Arbeláez-Campillo, D. F.; Prieto, J. D. (2018). The investigation as an environmental education strategy, *Revista de la Universidad del Zulia*, 9 (25), 89-97.

Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=920/92050579001>

Sanmartí, N. & Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16. doi:10.17979/arec.2017.1.1.2020

Salcedo, A. (2019). Las ideas fundamentales de la estadística en textos escolares de matemáticas. En J. M. Contreras, M. M. Gea, M. M. López-Martín y E. Molina-Portillo (Eds.),

Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística. Recuperado de www.ugr.es/local/fqml26/civeest.html

Siegel, D. (2016). *Tormenta cerebral. El poder y propósito del cerebro adolescente*. Barcelona: Alba Editorial.

Small, G., & Vorgan, G. (2009) *El cerebro digital. Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente*. Barcelona: Urano.

Tacca, D. (2011). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación educativa*, 14(26), 139-152. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/4293/3429>

Tacca, D. (2016). ¿Cómo aprende el que aprende? La importancia de las emociones en el aprendizaje. *Revista Peruana de Psicología y Trabajo Social*, 5(1), 53-65.

Tacca, D. (2018). *Compendio Pedagógico*. Lima: Estándares Ediciones.

Tacca, D., Tacca, A., & Alva, M. (2019). Estrategias neurodidácticas, satisfacción y rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 10(2), 15-32. doi:10.18861/cied.2019.10.2.2905

Waipan, L., & Lerker, A. (2017). *El cerebro adolescente va al aula: Neuroeducación adolescencia y escuela secundaria*. Buenos Aires: Bonum.