

La simbología de las reacciones químicas: una estrategia didáctica para su aprendizaje, a partir del modelo cognitivo de ciencia

The symbology of chemical reactions: a didactic strategy for its learning, based on the cognitive model of science

Liliana Tróchez López,¹ Ricardo Benítez Benítez² y Danny Arteaga²

Resumen

En este trabajo se reportan los resultados de una propuesta didáctica diseñada para facilitar el aprendizaje de las reacciones químicas en estudiantes de educación media (grado 10) de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria Margarita Legarda. La metodología de trabajo se basó en el modelo cognitivo de ciencia dando cumplimiento a cuatro etapas y enfocándose principalmente en los aportes de Ronald Giere y Mercé Izquierdo, quien lo adaptó a la ciencia escolar. En una primera fase se identificó las dificultades que presentaron los estudiantes para comprender la noción de las reacciones químicas. Luego se caracterizó el modelo para su posterior aplicación. A partir de dicha caracterización, se implementó una secuencia pedagógica para contribuir y mejorar la comprensión de la temática. Finalmente, el alcance de la propuesta se analizó a partir de la aplicación de encuestas dirigidas, preliminares y posteriores al desarrollo de la actividad de clase. Para esto se hizo una comparación exhaustiva de los resultados infiriendo que la mayoría de estudiantes mejoraron ostensiblemente en la comprensión de las reacciones y ecuaciones químicas. En los diarios de campo se evidenció el cumplimiento de las cuatro dimensiones del modelo, resultados que permiten ver la propuesta como una buena alternativa para llevar a cabo los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos en química, donde el actor central siempre sea el estudiante, teniendo en cuenta sus conocimientos previos, dificultades de aprendizaje y las características propias de su contexto.

Palabras clave: Reacción Química, Modelo Cognitivo, Pedagogía, Aprendizaje Activo, Innovación en el aula.

Abstract

In this work, the results of a didactic proposal designed to facilitate the learning of chemical reactions in high school students (grade 10) of the Margarita Legarda Agricultural Technical Educational Institution are reported. The methodology was based on the cognitive model of science, complying with four stages and focusing mainly on the contributions of Ronald Giere and Mercé Izquierdo, who adapted it to school science. In the first phase, the difficulties that students presented in understanding the notion of chemical reactions were identified. The model was then characterized for its subsequent application. Based on this characterization, a pedagogical sequence was implemented to contribute and improve understanding of the topic. Finally, the scope of the proposal was analyzed through the application of targeted surveys, preliminary and subsequent to the development of the class activity. For this, an exhaustive comparison of the results was made, inferring that the majority of students improved significantly in their understanding of chemical reactions and equations. In the field diaries, compliance with the four dimensions of the model was evident, results that allow us to see the proposal as a good alternative to carry out the processes of teaching and learning concepts in chemistry, where the central actor is always the student, taking into account their prior knowledge, learning difficulties and the characteristics of their context.

Keywords: Chemical Reaction, Cognitive Model, Pedagogy, Active Learning, Classroom Innovation.

CÓMO CITAR:

Tróchez López, L., Benítez Benítez, R., y Arteaga Fuertes, D. A. (2024, julio-septiembre). La simbología de las reacciones químicas: una estrategia didáctica para su aprendizaje, a partir del modelo cognitivo de ciencia. *Educación Química*, 35(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.86939>

¹ Institución Educativa Técnica Agropecuaria Margarita Legarda, Colombia.

² Grupo de Investigación Química de Productos Naturales QPN, Universidad del Cauca, Popayán 19003, Colombia.

Introducción

El aprendizaje de las reacciones químicas es un tema central y de mucha importancia en la enseñanza de las ciencias naturales - química, tanto a nivel superior como en la educación media. La química como ciencia teórico-experimental es útil para la comprensión de muchos fenómenos del mundo que rodea a los estudiantes, pero su entendimiento es algo complejo, en un principio por la concepción que ellos tienen sobre su estudio, al considerar que se centra en entidades no visibles, ni observables (Furió y Domínguez, 2007), también por manejar altos niveles de abstracción (Quílez-Pardo y Quílez-Díaz, 2016). Además, porque en el desarrollo rutinario de sus clases se maneja un lenguaje técnico que muchas veces no resulta habitual en la vida cotidiana de cada estudiante (López, López y Rojano, 2018; Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003). Sumado a esto, otros factores determinantes que pueden incidir en la problemática del aprendizaje son: uso de modelos pedagógicos tradicionales donde el profesor orienta sus clases de manera expositiva, sin dar participación activa al estudiante en el desarrollo de aprendizajes significativos (Muñoz-Osuna et al., 2014), la dificultad inherente de la asignatura, falta de motivación y aceptación de los estudiantes sobre las ciencias en general (Oliver, Eimer, Bálsamo y Crivello, 2011). Particularmente, en la temática de las ecuaciones que son la esencia misma de las reacciones químicas, es aún más complejo, al ser un contenido central de la química debe incluir saberes previos como estructura atómica, teorías de enlace y nomenclatura química. Además, este conocimiento aborda los tres tipos de lenguaje: macroscópico, simbólico y submicroscópico (Galagovsky, Bekerman, Di Giacomo y Alí, 2014). Razón por la cual, el diseño de metodologías educativas debe partir de la necesidad real de los estudiantes (Hodson, 2003), pretendiendo que el aprendizaje de los conceptos en ciencia, *a priori* algo abstractos para ellos (Ariza y Quesada, 2014), sea más accesible dando lugar a estrategias didácticas que modelen el lenguaje simbólico y permitan su acercamiento a la comprensión de dichos fenómenos (Aragón, Oliva y Navarrete, 2013). El aula invertida y el trabajo colaborativo (Jato, Fausto y Domínguez, 2021; Arteaga, Chavarro y Lenis, 2023) emergen como estrategias de aprendizaje modelo, donde el protagonismo les permite a los estudiantes generar su propio conocimiento de manera activa y significativa, logrando así una formación integral, dinámica y autónoma (Espinosa, González y Hernández, 2016). Se considera también como una alternativa para motivar el aprendizaje significativo, la conexión entre temas químicos con experiencias propias del entorno para que el estudiante los relacione, interprete y comprenda eficazmente (Ferrera, Méndez y Sosa, 2018; González y Crujeiras, 2016; Justi, 2006). Para conseguirlo es necesario «reelaborar el conocimiento de los científicos» de manera que se pueda proponerlo a los estudiantes en las diferentes etapas de su aprendizaje. Este hecho constituye el campo de estudio de la llamada «transposición didáctica». La meta es generar conciencia de la transformación que sufre un determinado contenido cuando se presenta a los estudiantes. Se tiende a creer que se está enseñando la ciencia «verdadera» y que hay una sola forma de llevar a cabo la transposición didáctica, la cual se deduce de la propia ciencia. Pero lo cierto es que antes de ser expuesto, el conocimiento se ha transformado a lo largo de un proceso bien elaborado (Rabino, García, Moro y Minnaard, 2005).

En el contexto rural específico donde se desarrolló la presente investigación, la docencia se convierte en una labor compleja, las condiciones socioculturales de la población afectan significativamente el desempeño escolar de los estudiantes, problemáticas sociales,

culturales y económicas impactan negativamente en su vida escolar. Esto unido al bajo nivel de escolaridad de los padres, el 90% no supera la básica primaria, hecho que los lleva a descuidar la formación académica de sus hijos, no ven en ellos el estudio de las ciencias como primera opción, razón por la cual no motivan, ni ayudan a despertar el interés, el asombro por el estudio de los fenómenos químicos y en general en el proyecto de vida que ellos puedan tener a futuro. Es así como en esta investigación se propone implementar una secuencia didáctica, a partir de la caracterización del modelo cognitivo de ciencia (Izquierdo et al., 1999) pretendiendo favorecer el aprendizaje de las reacciones y ecuaciones químicas en estudiantes del grado décimo, en la cual se coordine el trabajo colaborativo y la ludificación en el aula como metodologías de aprendizaje activo. Con nuestra propuesta pretendemos estudiar varias características: ¿cuál es la manera adecuada para que los estudiantes aprendan significativamente?, ¿cómo adquieren autonomía en su formación en ciencias?, ¿cómo despertar su curiosidad, plantear interrogantes y argumentar sus concepciones científicas?.

El desarrollo de nuestra investigación tuvo lugar gracias al cumplimiento de cuatro etapas, por tanto la metodología y análisis de los resultados se discutirán en torno a ellas: en la primera etapa “*indagación*” mostramos el análisis de la población de estudio, problema educativo abordado y relacionamos que tipo de metodologías usan las instituciones educativas para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas. En la etapa de “*diseño*” presentamos como se estructuró la propuesta didáctica a partir del modelo cognitivo de ciencia, en la tercera etapa “*implementación*” resumimos paso a paso la metodología llevada a cabo para poner en marcha la propuesta. Finalmente presentamos la etapa de “*evaluación*” del impacto de la propuesta didáctica en el aprendizaje de las reacciones químicas desde un lenguaje científico enmarcado en el nivel simbólico.

Metodologia

Para la aplicación de la secuencia didáctica se contó con la participación del grado decimo 10º de la institución educativa, integrado en su momento por veinte (20) estudiantes. La propuesta investigativa se llevó a cabo siguiendo un tipo de investigación cualitativa, con un enfoque histórico – hermenéutico, buscando describir e interpretar los factores que inciden en el bajo desempeño académico de los estudiantes en el área de estudio. Fue de tipo cualitativo porque buscó interpretar la realidad del contexto donde se desarrolló la clase de química. El método de investigación seleccionado para desarrollar la investigación fue la etnografía, un método muy utilizado para analizar, describir e interpretar el ámbito sociocultural concreto de la clase. La ruta metodológica para dar cumplimiento al propósito planteado se desarrolló en cuatro etapas (Figura 1).

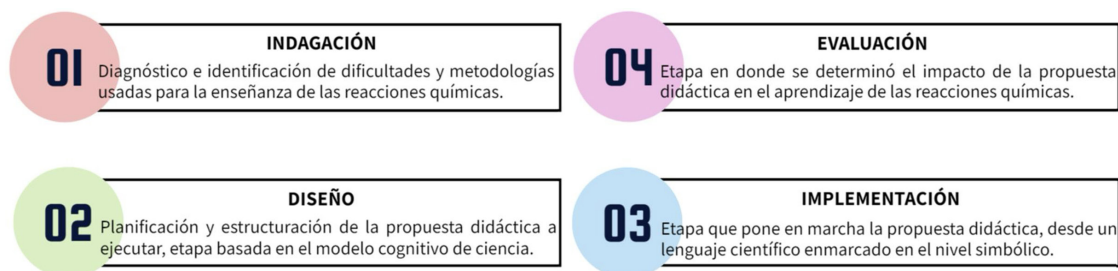


FIGURA 1. Secuencia de etapas para el desarrollo de la estrategia didáctica. Fuente: propia de esta investigación.

En este proceso se aplicaron técnicas como la observación participante y encuestas dirigidas para obtener la información respectiva. Los datos recolectados en cada actividad fueron usados exclusivamente con fines investigativos, el compromiso de confidencialidad fue firmado a través de un consentimiento informado entre padres de familia, investigadores e institución educativa.

Resultados y discusión

El propósito principal de la investigación fue diseñar una propuesta didáctica como estrategia metodológica para el aprendizaje de las ecuaciones que son la esencia misma de las reacciones químicas. Las actividades se desarrollaron teniendo como guía el modelo cognitivo de ciencia para implementar la ciencia escolar en la clase de química, a continuación se explicará cómo se propuso cada dimensión del modelo y los resultados obtenidos.

Indagación

En esta primera etapa se identificó las metodologías más usadas para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones y ecuaciones químicas. Con dicho propósito se realizó una encuesta a siete (7) profesores que orientan química en diferentes instituciones educativas de la región. Se indagó sobre varios aspectos: datos de la población de estudio, recursos institucionales, contenidos de la clase de química, estrategias y actividades de evaluación. En cuanto a la población de estudio, se encontró que la edad promedio de los estudiantes osciló entre los 15-17 años, los docentes laboran en instituciones educativas privadas (3) y oficiales (4), su experiencia orientando la asignatura de química está entre los tres meses y los 20 años. La mayoría de instituciones educativas tienen una dotación básica para orientar las clases de química (Tabla S1), aunque algunas de ellas no cuentan con laboratorios de química y no hay servicio de internet, aspectos negativos que limitan las prácticas pedagógicas, se entiende que la aprehensión de conceptos químicos es fortalecida cuando los estudiantes tienen la posibilidad de realizar experimentos que complementen el desarrollo de sus competencias científicas (Espinosa, González y Hernández, 2016).

En lo referente a las estrategias y los contenidos programáticos en la unidad de reacciones químicas hay ciertas similitudes, sin embargo es preciso señalar que su uso está ligado al contexto educativo de cada institución (Tablas S2-S3). Un aspecto importante en la indagación de metodologías tiene que ver con las estrategias de aprendizaje activo que cada profesor propone (Tabla 1), contextualizadas de acuerdo a las respuestas que dieron a la pregunta, ¿Qué otro medio emplearía para la enseñanza de la unidad “reacciones químicas” con los *estudiantes de su institución*?

Docente	¿Qué otro medio emplearía para la enseñanza de reacciones químicas con los estudiantes de su institución?
D1	Visitas técnicas a empresas donde apliquen procesos químicos.
D2	Observación de videos sobre las reacciones químicas, laboratorios virtuales, guías de trabajo.
D3	Plataformas virtuales o clases interactivas, prácticas de laboratorio.
D4	Simuladores virtuales, animaciones, app, programas y principalmente más experiencias prácticas.

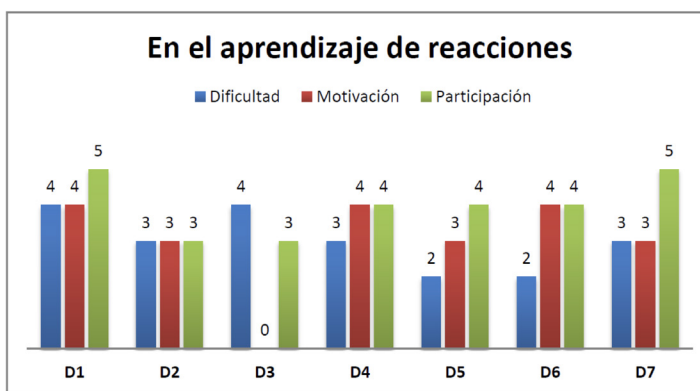
TABLA 1. Estrategias para la enseñanza de la unidad “Reacciones químicas”. Fuente: propia de esta investigación.

D5	Documentales y laboratorios.
D6	Simuladores de laboratorio, simuladores de ejercicios sobre reacciones químicas, prácticas de laboratorio de reacciones químicas del entorno cotidiano.
D7	Videos donde se expliquen los temas, reacciones químicas sencillas en el laboratorio, Experimentos (elaboración de una torta o pan, reacción del bicarbonato de sodio).

Los modelos pedagógicos usados para el desarrollo de las clases de química y sus actividades de evaluación son variados, buscando mejorar el aprendizaje de la temática los profesores han venido implementado estrategias basadas en modelos constructivistas, cognitivos, significativos y conductistas (Tabla S4). En nuestro estudio también se analizaron las respuestas de los profesores en cuanto al grado de dificultad, motivación y la participación que sus estudiantes han tenido para aprender la temática de las reacciones químicas y por ende de sus ecuaciones.

Como se observa (Figura 2), el grado de dificultad que presentan los estudiantes para el aprendizaje de las reacciones químicas, fue valorado entre 3-4, en una escala donde 5 es el nivel máximo. Según estos indicadores se infiere que existe cierta dificultad para que ellos comprendan reacciones químicas. También se confirma cuando mencionan la posibilidad de alcanzar mejores resultados si tuvieran más actividad con sus estudiantes en el laboratorio o mejorar su aprendizaje a partir de relacionar mejor los contenidos de los procesos químicos con situaciones de la vida cotidiana (Muñoz, Blanco y Franco, 2015).

FIGURA 2. Grado de dificultad, motivación y participación que tienen los estudiantes en el aprendizaje de las reacciones químicas. Escala: Nivel mínimo (1); Nivel máximo (5). Fuente: propia de esta investigación.

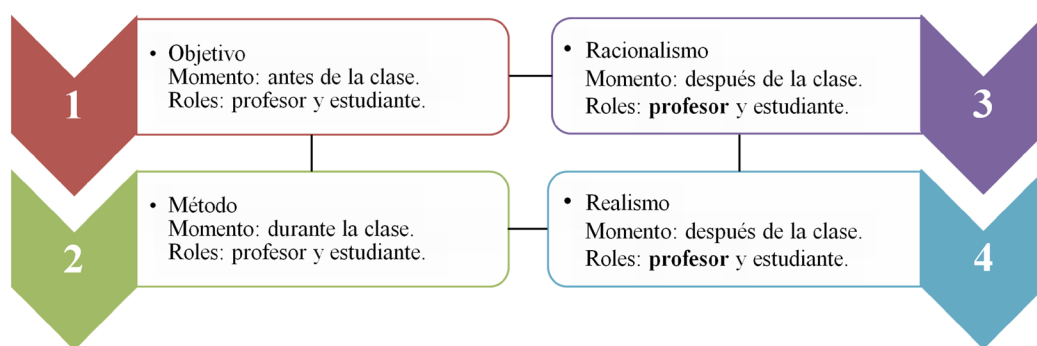


En cuanto al grado de motivación de los estudiantes para el aprendizaje de las reacciones químicas se observa una alta motivación. Específicamente los docentes (D1, D4 y D6) calificaron la motivación de sus estudiantes sobre una escala de 4, podría deberse al uso de actividades complementarias para involucrar y aterrizar los contenidos en fenómenos de la vida cotidiana para facilitar en los estudiantes su aprendizaje, prácticas pedagógicas que les brindan mayor protagonismo en las clases. Todo este análisis fue de gran utilidad para el diseño de nuestra propuesta, se tomaron los aspectos más positivos de las prácticas pedagógicas de los profesores encuestados. Se considera pertinente escuchar su opinión ya que son ellos quienes han tenido la experiencia de orientar la temática empleando variadas estrategias en las que han dado importancia a la aplicación de los conocimientos teóricos en la vida real y contexto de los estudiantes.

Diseño y planeación

La actividad base de esta propuesta didáctica fue el aprendizaje de la simbología de las reacciones químicas, donde se utiliza el nivel simbólico en la representación tanto de las ecuaciones como reacciones químicas. Al ser un lenguaje científico, no habitual en la vida de los estudiantes, requiere de un proceso de planeación y acercamiento, la clave está en el diseño de estrategias de aprendizaje que los acerquen mucho más a su comprensión. El desarrollo de la experiencia educativa en el aula de clases tuvo en cuenta el modelo cognitivo de ciencia, se basó en teorías del aprendizaje específicas sustentadas en los referentes teóricos citados (Giere, razonamiento científico de cómo se construye el conocimiento en ciencias, especialmente el concepto de modelo utilizado para la interpretación del mundo real) e (Izquierdo, modelo cognitivo de ciencia aplicado a la ciencia escolar). Se propuso poner en práctica las cuatro dimensiones que lo describen: objetivo, método, racionalismo y realismo (Figura 3) y a partir de la participación activa, tanto del docente como de los estudiantes en cada etapa, recolectar datos que demuestren como se pueden evidenciar estos cuatro componentes en el aprendizaje.

FIGURA 3. Dimensiones del modelo cognitivo de ciencia aplicado a la ciencia escolar. Fuente: Giere (1999) e Izquierdo (1999) modificado.



La propuesta pedagógica se implementó a través de la aplicación de algunas estrategias de aprendizaje activo como aula invertida, trabajo colaborativo y ludificación en el aula. Para esto se programó el cumplimiento de una serie de actividades, tareas definidas en espacios asincrónicos y sincrónicos que debieron ser cumplidas por parte del profesor y estudiantes.

Por parte del profesor (investigadora). De manera asincrónica definir la metodología de trabajo, guía de estudio y el tipo de reacciones que tendrá lugar a estudiar con los estudiantes (Tabla 2). Usando materiales didácticos preparar un banco de símbolos donde estén todas las fórmulas de los compuestos incluidos en la actividad, así como la simbología usada en la formulación de las ecuaciones y reacciones químicas: flechas, coeficientes, condiciones de reacción, abreviaturas de los estados físicos, entre otros.

TABLA 2. Propuesta para el estudio de la simbología en las reacciones y ecuaciones químicas. Fuente: propia de esta investigación.

Reacción	Descripción textual y ecuación balanceada
1	<p><i>El magnesio sólido reacciona con dos moléculas de ácido clorhídrico líquido para producir cloruro de magnesio en solución acuosa más hidrógeno gaseoso y energía.</i></p> $\text{Mg}_{(s)} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_{2(ac)} + \text{H}_{2(g)} + \text{energía}$
2	<p><i>Nitrato de plata en solución acuosa reacciona con cloruro de sodio acuoso para producir cloruro de plata como precipitado más nitrato de sodio acuoso.</i></p> $\text{AgNO}_{3(ac)} + \text{NaCl}_{(ac)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)} + \text{NaNO}_{3(ac)}$

3	<p>Sulfato de aluminio acuoso más seis unidades de hidróxido de sodio acuoso reaccionan produciendo dos unidades de hidróxido de aluminio sólido más tres unidades de sulfato de sodio en solución acuosa.</p> $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(\text{ac})} + 6 \text{NaOH}_{(\text{ac})} \rightarrow 2 \text{Al}(\text{OH})_{3(\text{s})} + 3 \text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$
4	<p>El hidróxido de magnesio, conocido comúnmente como leche de magnesia al ser mezclado con una solución de ácido clorhídrico, reacciona produciendo cloruro de magnesio y agua.</p> $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_{2(\text{ac})} + 2 \text{H}_2\text{O}$
5	<p>El nitrato plumboso puede descomponerse para producir óxido plumboso, óxido de nitrógeno (IV) y oxígeno gaseoso.</p> $2 \text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(\text{s})} \rightarrow 2 \text{PbO}_{(\text{s})} + 4 \text{NO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$
6	<p>El ácido sulfhídrico, producto de la contaminación se puede transformar al hacerlo reaccionar con ácido nítrico para producir óxido de nitrógeno (II), azufre sólido y agua.</p> $3 \text{H}_2\text{S}_{(\text{g})} + 2 \text{HNO}_{3(\text{ac})} \rightarrow 2 \text{NO}_{(\text{g})} + 3 \text{S}_{(\text{s})} + 4 \text{H}_2\text{O}$

Por parte de los estudiantes. Antes de la clase diseñar fichas didácticas donde representen la simbología encomendada previamente por el profesor (Figura 4). Consultar la guía de estudio de la temática que se va a desarrollar en clase “simbología de las reacciones químicas.” En el encuentro sincrónico se formarán equipos de trabajo y se les entregarán tarjetas con el enunciado de una reacción química y las condiciones físicas del proceso en el que transcurre. Cada grupo tendrá a su disposición toda la simbología necesaria para realizar su representación. Los estudiantes en trabajo colaborativo, deben emplear un tiempo limitado para organizar cada fórmula en la ecuación química, de acuerdo al enunciado propuesto. Posteriormente expondrán con los demás grupos la ecuación química planteada. Una vez concluido el ejercicio, habrá revisión si la representación es correcta se asignará un puntaje.



FIGURA 4. Fichas modelo para trabajar en la simbología de las reacciones químicas. Fuente: propia de esta investigación.

Implementación

Esta propuesta de innovación educativa se desarrolló en la Institución Educativa Técnica Agropecuaria Margarita Legarda, corregimiento de Santa Leticia-Puracé (Colombia) con estudiantes de grado 10, por un período de 12 meses en el transcurso del año escolar (dos semestres), un total de 20 estudiantes divididos en 7 grupos experimentales participaron de todas las actividades propuestas. Las sesiones de trabajo se hicieron de manera presencial, en el horario habitual de la clase de química (2 horas) y bajo el modelo de trabajo colaborativo.

El objetivo de la ciencia escolar

Para representar las reacciones y ecuaciones químicas se utilizan fórmulas, símbolos de los elementos, flechas, números, etc, simbología útil para mostrar las sustancias que intervienen en los procesos químicos, las condiciones ambientales en que ocurren y demás características que brindan información de las reacciones. Todo este conocimiento constituye el lenguaje universal de la química que todo estudiante debe conocer para entender las reacciones químicas y poder profundizar en el estudio de este tema y otros relacionados.

Momento antes de la actividad de clase. En primer lugar se les entregará en fichas a cada equipo uno de los enunciados (Tabla 2) para que arme la ecuación de la reacción química, ejemplo: “El magnesio sólido reacciona con dos moléculas de ácido clorhídrico líquido para producir cloruro de magnesio en solución acuosa más hidrógeno gaseoso y energía”, se explicará detalladamente las reglas de la actividad de ludificación en el aula, sistema de puntuación, tiempo y demás. El reto consiste en que cada grupo debe representar la ecuación química de dicha reacción con toda su simbología correspondiente, según lo detalla la descripción dada.



Se les dará un tiempo máximo de cinco minutos, cada grupo debe anunciar que va terminando el trabajo para asignarle su puntaje, el primer grupo recibirá el máximo puntaje (7 puntos), el siguiente (6 puntos), y así sucesivamente, hasta el último grupo que ganará un punto. En caso de que un grupo presente algún error se la asignará tan solo un punto. Una vez se haya cumplido el tiempo se revisará a cada grupo su trabajo para poder asignarle la puntuación. Y se continuará así con otra reacción hasta haber completado lo planteado (Tabla 2).

Método de la ciencia escolar

Momento durante la actividad de clase. Se inició la clase haciendo un repaso de la teoría sobre el reconocimiento de símbolos químicos (*material revisado previamente en casa*) y la simbología de las reacciones químicas. Esta retroalimentación se hizo a través de la formulación de preguntas, donde los estudiantes participaron libremente (Figura 5). En dicho momento se advirtió que la mayoría de ellos tuvo claro el significado de cada símbolo que aparecía en la ecuación química de cualquier reacción.

FIGURA 5. Estudiantes participando durante la clase de reconocimiento de símbolos químicos. Fuente: propia de esta investigación.



Posteriormente se organizaron los equipos de trabajo, se les suministró todo el material necesario para desarrollar la actividad, luego se explicó que el trabajo consistía en que cada grupo debía armar sobre mesa la ecuación de la reacción descrita con los cartones impresos disponibles para cada grupo, que la clave estaba en haber leído la guía y tener claro todos los símbolos necesarios (Figura 6).

FIGURA 6. Estudiantes participando durante la actividad simbología de las reacciones químicas. Fuente: propia de esta investigación.



A cada grupo se entregó la primera ficha con la lectura de la primera reacción que debían representar. Se controló el tiempo máximo para realizar la tarea (5 minutos), durante este tiempo el grupo tres terminó primero y lo hizo saber; luego el grupo uno, el seis, cinco, cuatro y finalmente el dos. Cumplido el tiempo y en orden de entrega se revisó la ecuación propuesta por cada grupo. Un caso particular se observó en la ecuación del grupo tres, tuvieron un error en la fórmula del hidrógeno gaseoso ya que representaron el símbolo químico del hidrógeno (H) en lugar de la molécula de hidrógeno (H_2). Posteriormente le fue asignada su puntuación.

De la misma manera se corrigió a los demás grupos y luego de asignar los puntos, se socializó en el tablero la forma correcta de representar la ecuación química. Después de que todos visualizaron sus aciertos y fallas se continuó secuencialmente con las demás reacciones. En el desarrollo de la clase se vieron estudiantes muy interesados, incluso algunos que no son muy extrovertidos se les vio entusiasmados en colaborar con su grupo para cumplir el reto.

El racionalismo de la ciencia escolar

Momento después de la actividad de clase. Se observó en los estudiantes una mejor comprensión de los conceptos, sin embargo tres estudiantes tuvieron cierta dificultad para identificar la simbología. Los estudiantes pudieron identificar la mayor parte de los símbolos utilizados para representar las ecuaciones químicas. Esto se observó cuando lograron representar en los símbolos correspondientes cada palabra del enunciado problema (reacción química dada). También ordenaron cada símbolo en la ecuación química, aunque tuvieron incompletas algunas de las ecuaciones, especialmente en la asignación del estado de agregación de cada sustancia, pero esto se pudo atribuir a que la actividad se hizo midiendo el tiempo empleado en completar la ecuación química.

El realismo de la ciencia escolar

Momento después de la actividad de clase. Se evidenció cuando el estudiante encontró que el conocimiento nuevo adquirido tenía utilidad en su vida real, porque lo comprendió, aplicó y lo valoró como necesario para interpretar su entorno y realidad. La clase se desarrolló pensando en los estudiantes del grado décimo que están en un nivel donde tienen la capacidad de comprender el medio natural en el que viven y con el que interaccionan a diario. Se buscó incentivar en ellos la participación activa en la clase dado que en diálogo con ellos han expresado el interés por tener clases activas que los motiven a participar y a interactuar con sus compañeros y aprender conocimientos que le sean útiles para su diario vivir. El estudiante comprendió el sentido de desarrollar las actividades de aplicación acordes al tema estudiado, puesto que, al final de la clase respondió una prueba que evaluó la actividad desarrollada en la clase, donde se le preguntó por el aprendizaje que tuvo, su validez y posible aplicación de dicho conocimiento en su vida cotidiana.

Evaluación del impacto de la propuesta didáctica

Para evaluar el impacto de la propuesta didáctica se aplicó a los estudiantes una encuesta preliminar con el fin de explorar las ideas previas respecto a la temática a tratar. Luego se aplicó una segunda encuesta después de desarrollada la actividad para estimar los resultados de la misma. Se hizo una comparación de las dos encuestas y como resultado se observó que los estudiantes habían mejorado su comprensión de la temática “simbología de las reacciones químicas”. Además, se evidenció el racionalismo de Giere (Giere, 1999) que consistió en que los estudiantes comprendieron los conceptos y se notó un mejoramiento en este sentido, igualmente se les vio más dispuestos a aplicar este conocimiento en otras actividades de la clase. Posteriormente, se tuvo una conversación con ellos donde mostraron mucho interés no solo en el tema estudiado sino por la forma en como se desarrolló dicha actividad. Un proceso de retroalimentación muy importante, ya que de primera mano se tienen elementos clave para el mejoramiento de actividades a desarrollar en el futuro. A los estudiantes les agradó la metodología empleada para el aprendizaje de dicho conocimiento porque sintieron que tuvieron una participación activa en la clase (Tabla S5), observaron la importancia de adquirir este conocimiento y poder interpretar este nuevo lenguaje de la química (González y Crujeiras, 2016).

Los estudiantes han tenido un cambio de actitud en la forma como se enfrentan a las temáticas de química, en general han mostrado una disposición distinta, más comprometida con su formación, leen, se entusiasman por aprender, preguntan cuál será la nueva clase y piden mayor profundidad en los temas, se inquietan por cual es la importancia de la

química y de las reacciones químicas. Es de mencionar que también las notas se han visto influenciadas positivamente por el desarrollo de estas actividades de acuerdo al concepto del modelo cognitivo de ciencia.

En la actividad, representación de la simbología de la reacciones y ecuaciones químicas, reconocieron la presencia de reacciones químicas en la vida cotidiana, las identificaron como transformaciones que les ocurren a los materiales que encuentran en su entorno, es decir, como cambios en la composición de alimentos, de medicamentos, de insumos, y de otros cuerpos de la naturaleza, por efecto de factores ambientales del contexto específico de Santa Leticia. Para ello se les pidió previamente a los estudiantes que realizaran una consulta sobre las reacciones químicas, posibles usos y aplicaciones. Esta indagación la realizaron orientados por una guía propuesta por el docente de acuerdo a la estrategia de aprendizaje de aula invertida, después hicieron una exposición como se mencionó en la metodología de dicha actividad. En ella evidenciaron algunos tipos de reacciones químicas que se pueden presentar en la naturaleza, haciendo alusión especial a la localidad de Santa Leticia, luego se hizo una actividad lúdica en la cual participaron de manera activa y como resultado presentaron una evaluación final en la cual se mostraba que los estudiantes ahora reconocían las reacciones químicas y no sólo esto, sino que había una mejor disposición por comprender mejor dichos fenómenos químicos. Si bien, aunque habían algunas fallas en el reconocimiento de algunos de los fenómenos, era evidente que los estudiantes habían manifestado mayor interés.

Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten concluir que la aplicación del modelo cognitivo de ciencia fue una alternativa eficaz y relevante para desarrollar procesos de enseñanza-aprendizaje de la química, particularmente de las reacciones y ecuaciones químicas. Se evidenció la necesidad de innovar en las maneras de orientar contenidos para que tanto el estudiante como el profesor desempeñen aquellos roles que mejoren constantemente el proceso educativo, el estudiante como el centro activo de la clase y el profesor como un orientador en la aprehensión de dichos conocimientos. Al preparar las sesiones de clase con los elementos del modelo y el método innovador implementado se demostró que para innovar en una temática en particular, es necesario el desarrollo de las cuatro dimensiones del modelo cognitivo aplicado a la ciencia escolar: objetivo, el método, la racionalidad (los juicios) y el realismo. Todo esto representa que para mejorar en cualquier actividad académica, en cada unidad didáctica deben estar claramente definidos los objetivos, competencias, metodologías y los posibles resultados que se obtendrán al finalizar la misma, sin olvidar al estudiante como el principal protagonista, se debe tener en cuenta las características propias de su contexto, conocimientos previos, dificultades de aprendizaje, además de otras consideraciones. La aplicación de la propuesta didáctica sobre reacciones químicas basada en el modelo cognitivo de ciencia facilitó el logro de aprendizajes significativos en los estudiantes con quienes fue aplicada, sustentada en los resultados y en las evidencias presentadas. El análisis de efectividad, impacto y pertinencia mostró que como estrategia educativa constantemente motivó a los estudiantes haciéndolos partícipes más activos en su propio proceso de aprendizaje, les fomentó autonomía y autorregulación en dicho proceso. Se fomentó el uso de propuestas didácticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las reacciones químicas en el grado 10º, los hallazgos en la investigación permitieron inferir cumplimiento en el propósito general de la propuesta.

Aunque quedan algunos aspectos donde se pueda mejorar, este hecho será el inicio y el precedente para la construcción de metodologías educativas innovadoras en la enseñanza de la química, estrategias que paulatinamente se podrían implementar en la institución educativa de referencia y de la región. Consideramos un punto clave y donde podríamos enriquecer nuestra propuesta (a futuro) es el tamaño de la muestra, para que sea mucho más representativa debemos tener mayor población de estudio extendiendo el análisis a otras instituciones educativas a nivel regional y nacional. Quizá también se puedan realizar análisis comparativos entre los resultados obtenidos con estudiantes de diferentes instituciones educativas tanto públicas como privadas, además de establecer relación de los mismos con estratos sociales.

Agradecimientos

Agradecemos a la Maestría en Educación de la Universidad del Cauca (501100005682), Institución Educativa Técnica Agropecuaria Margarita Legarda. Un reconocimiento póstumo al profesor José Omar Zúñiga (Q.E.P.D) por hacer parte del equipo de trabajo hasta su sensible fallecimiento.

Referencias

- Aragón, M. M., Oliva-Martínez, J.M. y Navarrete, A. (2013). Evolución De Los Modelos Explicativos De Los Alumnos En Torno Al Cambio Químico A Través De Una Propuesta Didáctica Con Analogías, *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v31n2.832>
- Ariza, M. R., y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Arteaga, D., Chavarro Córdoba, M. y Lenis Velásquez, L. A. (2023). Active Learning strategies on organic nomenclature using digital tools and collaborative work. *Educación Química*, 34(2), 59-80. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.2.83509>
- Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las Prácticas De Laboratorio: Una Estrategia Didáctica En La Construcción De Conocimiento Científico Escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>
- Ferrera Velázquez, T. I., Méndez Vargas, N. T., Sosa Fernández, P. J. (2018). La reacción química en el bachillerato: una propuesta didáctica, *Educación Química*, 29(4), 79-91. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.63474>
- Furió-Mas, C., Domínguez-Sales, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*, 25(2), 241-258. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3775>
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., y Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 107-121. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3945>

- Galagovsky, L. R., Bekerman, D., Di Giacomo, M. A., Alí, S. (2014). Algunas Reflexiones Sobre La Distancia Entre “Hablar Química” Y “Comprender Química”. *Ciênc Educ Bauru*, 20(4), 785-799. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000400002>
- Giere, R. (1999). Un Nuevo Marco Para Enseñar El Razonamiento Científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-70.
- González Rodríguez, L., Crujeiras Pérez, B. (2016). Aprendizaje de las Reacciones Químicas a través de Actividades de Indagación en el Laboratorio sobre Cuestiones de la Vida Cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2018>
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Rosa M., y Sanmartí, N. (1999). Caracterización Y Fundamentación De La Ciencia Escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79-91. <https://n9.cl/p49nc>
- Jato-Canales, S., Fausto-Frias, S., Dominguez-Liriano, J. D. D. (2021). Flipped Classroom as a Teaching Method in the Didactic Unit Chemical Reactions of the Fifth Grade of the Dominican Secondary Level. *Revista Caribeña de Investigación Educativa*, 5(1), 19-39. <https://doi.org/10.32541/recie.2021.v5i1.pp19-39>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3798>
- López Guerrero, M., López Guerrero, G., Rojano Ramos S. (2018). Uso de un simulador para facilitar el aprendizaje de las reacciones de oxido reducción. Estudio de caso en la universidad del Málaga. *Educación Química*, 29(3), 79-98. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.3.63728>
- Muñoz-Campos, V., Blanco-López, A., Franco-Mariscal, A. J. (2015). La elaboración de yogur como contexto para el aprendizaje de la reacción química mediante modelización. *La enseñanza de las ciencias: desafíos y perspectivas*, Ourense Educación Editora, 265-269.
- Muñoz-Osuna, F., Arvayo-Mata, K., Villegas-Osuna, C., González-Gutiérrez, F., Sosa-Pérez, O. (2014). The collaborative method as an alternative for experimental work in Organic Chemistry. *Educación Química*, 25(4), 464-469. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70068-0](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70068-0)
- Oliver, M. C. Eimer, G. A. Bálsamo, N. F. y Crivello, M. E. (2011). Permanencia y abandono en Química General en las carreras de ingeniería de la Universidad tecnológica nacional – Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Argentina. *Avances en Ciencia e Ingeniería*, 2(2), 117-129. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3679056>
- Quílez-Pardo, J., y Quílez-Díaz, A. M. (2016). Clasificación y análisis de los problemas terminológicos asociados con el aprendizaje de la química: obstáculos a superar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 20-35. <http://hdl.handle.net/10498/18011>
- Rabino, M. C., García, M. B., Moro, L., Minnaard, V. (2005). Una Propuesta Para Secuenciar Contenidos En Ciencias Naturales Desde Una Perspectiva Lakatosiana. *Oei-Revista Iberoamericana De Educación*, ISSN 1681-5653, 1-9.

Material suplementario

La simbología de las reacciones químicas: una estrategia didáctica para su aprendizaje, a partir del modelo cognitivo de ciencia

TABLA S1. Recursos con los que cuentan las instituciones educativas encuestadas. Fuente: propia de esta investigación.

Docente	Biblioteca	Laboratorio de química	Internet	Computador	Video beam	T.V	Tablero
1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
3	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
5	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
6	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
7	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI

TABLA S2. Estrategias y contenidos de la clase de química. Fuente: propia de esta investigación.

Docente	Relación de Prácticas de Laboratorio (reacciones químicas)	Presentación de Informe de Laboratorio	Usa un texto guía
1	2	Si	Si
2	2	Si	Si
3	0	NR	Si
4	5	Si	No
5	1	Si	Si
6	15	Si	Si
7	5	No	Si

TABLA S3. Contenidos que orientan los docentes en la unidad de reacciones químicas. Fuente: propia de esta investigación.

Docente	Unidad de Reacciones Químicas
1	Funciones químicas y grupos funcionales, tipos de reacciones químicas y balanceo de ecuaciones químicas.
2	Conceptos generales, ecuación química, clases de reacciones, balanceo de ecuaciones, experimentos sobre clases de reacciones, ejercicios y mapas conceptuales.
3	Definición de reacción química, clasificación de reacciones, ley de acción de masas, equilibrio químico y velocidad de una reacción.
4	Procesos industriales, farmacéuticos, en la industria de alimentos, procesos bioquímicos, reacciones cotidianas y del ambiente.
5	Conceptos básicos de propiedades de los elementos, estados de oxidación, formación de enlaces, ley del octeto y nomenclatura.
6	Formación de enlaces químicos, clases de reacciones químicas, balanceo de reacciones químicas y estequiometría.
7	Conceptos generales y clasificación de las reacciones químicas, balanceo, práctica experimental (reacciones de combustión, reacción de Na y H ₂ O, reacción de precipitación NaCl y AgNO ₃).

TABLA S4. Del desarrollo de la clase y evaluación de la unidad “Reacciones químicas”. Fuente: propia de esta investigación.

Docente	Estrategias para mejorar el aprendizaje de las Reacciones Químicas	Evaluación
1	Clases participativas, talleres con acompañamiento.	Escritas y prácticas
2	Desarrollo de laboratorios virtuales y ejercicios propuestos en clase.	Orales, escritas y prácticas
3	Asesorías, intentar involucrar al estudiante en el proceso de aprendizaje, aterrizar temáticas a situaciones reales.	Escritas
4	Realización de experimentos a partir de propuestas curiosas del estudiante. Servir de guía para que los estudiantes relacionen las experiencias con los conocimientos.	Orales, escritas y prácticas
5	Desarrollar ejercicios, aplicación de lo visto en clase en actividades cotidianas y lecturas relacionadas con la temática.	Escritas y prácticas
6	Realizar prácticas de laboratorio de reacciones químicas con materiales del entorno, utilizar simuladores virtuales, los estudiantes realizan videos de reacciones químicas y las exponen en la clase.	Orales, escritas, prácticas y simulacros
7	Prácticas de laboratorio con reacciones químicas como: la combustión, la precipitación y la preparación de un pastel.	Orales, escritas, prácticas

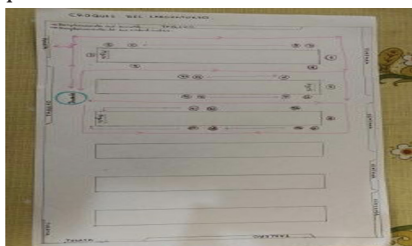
TABLA S5. Diario de campo actividad simbología reacciones químicas. Fuente: propia de esta investigación.

DIARIO DE CAMPO No. 4	
Nombre del observador: LILIANA TRÓCHEZ LÓPEZ	
Actividad del observador:	
Hora de entrada: 7:30 a.m	Hora de salida: 9:30 a.m
Lugar: Salón de clase grado 10° I.E.TA Margarita Legarda	Grupo: 10°
Temática: “simbología de las reacciones químicas”	
DESCRIPCIÓN	REFLEXIÓN
<p>Inicio</p> <p>Se inició la clase saludando a todos los estudiantes, se les explicó la actividad que se iba a desarrollar.</p> <p>Se organizó el curso en equipos de 3 estudiantes, salieron seis grupos. A cada grupo se le dio todo el material necesario para desarrollar la actividad, luego les expliqué que el trabajo consistía en que cada grupo debía armar la ecuación de la reacción descrita, sobre la mesa con los cartones impresos disponibles para cada grupo, que la clave estaba en haber leído la guía y tener claro todos los símbolos necesarios.</p>	<p>Los estudiantes se mostraron animados al iniciar la clase, saludaron alegremente y recordaron que se revisara la tarea dejada la anterior clase.</p> <p>Ante la solicitud de revisar la tarea, comencé a animar su participación formulando preguntas sobre la lectura que debieron hacer en casa y aunque al inicio no lograban concentrarse porque aún estaban en sus diálogos poco a poco fueron prestando atención, entonces intervine nombrando aquellos que más conversaban para que expusieran su trabajo.</p>

Todos los grupos se dispusieron mirando hacia el tablero, ubicados de tal manera que dejaran un espacio libre para que los integrantes de cada grupo pudieran moverse en el momento de participar, y así poder salir al tablero. En el centro del salón frente al tablero se ubicó un escritorio con los elementos necesarios para poder escribir en el tablero la información

Solicitada

Croquis del salón o del escenario.



En este croquis se muestra como se organizaron para esta clase los estudiantes y el profesor en el espacio donde se desarrolló la clase. En él se indican los desplazamientos tanto del profesor como de los estudiantes durante la clase. También se presentan algunos detalles generales del espacio del salón.

Se considera que esta ubicación y organización fue la más adecuada para facilitar la movilidad en el salón, así como permitió una participación e interacción entre los estudiantes y el profesor.

Desarrollo

Primero se entregó a cada uno de los grupos un trozo de papel con la lectura de la primera reacción que debían representar. Se controló el tiempo máximo de cinco minutos para realizar la tarea durante este tiempo el grupo tres terminó primero y me lo hizo saber, luego el grupo uno, el seis, cinco, cuatro y finalmente el dos. Una vez cumplido el tiempo hice la revisión de la ecuación a cada grupo en el orden de terminación. Entonces observé la ecuación del grupo tres y encontré que tenían un error en la fórmula del hidrógeno gaseoso que ubicaron el símbolo químico del hidrógeno

(H) en lugar de la molécula de hidrógeno (H_2) y se fueron asignando su puntuación.

De la misma manera corregí a los demás grupos y luego de asignar los puntos, socialice en el tablero como era forma correcta de haber representado la ecuación. Después de que todos comprendieron sus errores continuamos con las siguientes reacciones. De las seis ecuaciones que se habían propuesto para realizar en el período de clase, solo se alcanzó a realizar cinco. El timbre anunció la finalización de la hora de clase.

Durante la actividad los estudiantes estuvieron muy concentrados y atentos para participar.

Todos los grupos participaron en la dinámica y ganaron puntos, aunque algunos grupos más que otros, lo importante es que se les vio motivados y ningún estudiante se negó a salir al tablero. Incluso los más tímidos estuvieron dispuestos cuando les llegó el turno.

Se observó a los estudiantes más concentrados en el desarrollo de la clase, más alegres especialmente muy atentos a la participación de sus compañeros, ya que, si se equivocaba alguno en su participación era corregido inmediatamente.

En el desarrollo de la clase se vieron estudiantes muy interesados en participar en la actividad, incluso algunos que no son muy extrovertidos se les vio entusiasmados en colaborar con su grupo para cumplir el reto.

Finalización

Al finalizar la actividad se les entregó a los estudiantes un cuestionario referente a la actividad de clase realizada, una parte de las preguntas indagó sobre lo aprendido en la clase y la otra parte indagó sobre la aceptación de esta actividad.

En esta sesión de la clase se logró recoger las apreciaciones de los estudiantes respecto a que les pareció la clase.

Todos los estudiantes colaboraron en el momento de llenar la encuesta propuesta.

Se observó una buena actitud al finalizar la clase comparada con otras clases, pues no se les notaba cansados sino al contrario muy animados.