

CAPITULO V

pH: Una Experiencia Científica En La Primaria⁸.

*Leticia Guadalupe Navarro Moreno*⁹

Pares evaluadores: Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.¹⁰

RESUMEN

La enseñanza de la ciencia se ha convertido en una necesidad en todos los países debido a que, entre otras cosas, es necesario ampliar la educación científica en las poblaciones con la finalidad de que las personas tengan una mejor calidad de vida. La educación en ciencias tiene como finalidades formar criterios analíticos; desarrollar habilidades de observación y de manejo de información; generar conceptos mentales; fomentar o incrementar la curiosidad científica y ayudar a establecer una explicación racional del mundo, por lo cual desarrollarla a nivel básico, como es el caso de la primaria, resulta una necesidad para una nación en crecimiento y con tantas deficiencias en los procesos educativos como lo es la República Mexicana. El presente trabajo tiene como objetivo transmitir la experiencia obtenida con alumnos de una escuela primaria de la Ciudad de México y que, la misma pueda servir de ejemplo a profesionistas o personas interesadas en realizar programas de educación en ciencias dirigidos específicamente a este nivel. La base del trabajo fue enseñar con el “querer hacer” los conceptos de pH, las medidas cualitativas y cuantitativas y un ejercicio de método científico para entender y aplicar los conocimientos. Entre los resultados se observó la gran capacidad y gusto de los niños por la ciencia y la importancia de la inclusión de estas actividades en las primarias así como la participación de los maestros de cada grupo.

Palabras Clave: Educación básica, ciencia, pH, bioquímica.

⁸ Derivado del proyecto de investigación: **Investigación Educativa**

⁹ Profesor de Tiempo Completo Titular “B”, Universidad del Papaloapan, Campus Tuxtepec, Oaxaca, correo electrónico: navarroleticia483@gmail.com.mx.

¹⁰ Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. www.ciencialatina.org

pH: An Scientific Experience In Primary School

ABSTRACT

Science teaching has become a necessity in all countries because, among other things, it is necessary to expand scientific education in populations in order for people to have a better quality of life. Science education aims to form analytical criteria; develop observation and information management skills; generate mental concepts; encourage or increase scientific curiosity and help establish a rational explanation of the world, which is why developing it at a basic level, as is the case of primary school, is a necessity for a growing nation with as many deficiencies in educational processes as the Mexican Republic. The objective of this work is to transmit the experience obtained with students from a primary school in Mexico City and that it can serve as an example to professionals or people interested in carrying out science education programs specifically aimed at this level. The basis of the work was to teach with the "want to do" the concepts of pH, qualitative and quantitative measurements and an exercise of the scientific method to understand and apply the knowledge. Among the results, the great capacity and taste of children for science and the importance of including these activities in primary schools, as well as the participation of group teachers, were observed.

Keywords: Basic education, science, pH, biochemistry

INTRODUCCIÓN

Flores Camacho, en su libro “La enseñanza de la Ciencia en la Educación básica en México” menciona que este país se encuentra alejado de la ciencia y la tecnología. Lo anterior lo atribuye al subdesarrollo, el cual ha generado una creencia muy arraigada relacionada con la idea de que tanto la ciencia como la tecnología no forman parte de la cultura, razón por la cual la inversión en estos campos resulta una actividad sin fundamento. Menciona que el principal problema es el alejamiento de la educación en ciencias en la escuela primaria ya que a lo largo de la historia de la educación, en este país las ciencias han ocupado un lugar secundario. Dentro del *currículum* de la educación primaria, las clases de ciencias ocupan poco tiempo y se toman como actividades complementarias y sin importancia para la vida cotidiana. El autor finaliza diciendo que aunque se han realizado esfuerzos dentro de los planes de estudio, estos no han llegado a cambiar la percepción de la mayoría de los docentes sobre esa visión del aprendizaje de la ciencia como algo marginal en el proceso educativo (Flores- Camacho, 2012). Por lo anterior, se puede afirmar que la educación deficiente constituye uno de los grandes problemas que afectan a México, sobre todo el relacionado con la enseñanza de las ciencias. Mucho se ha hablado sobre todos los problemas que aquejan a la educación; los cuales pasan por los planes de estudio, los métodos educativos, las metodologías de estudio, la capacitación, los conocimientos y la responsabilidad de los profesores, el nivel económico, el sindicato y la falta de motivación de los estudiantes (Calderón, 2006).

Todo lo anterior se refleja, de forma lamentable en todos los estudiantes, incluidos los de Licenciatura y, algunas veces en los de posgrado. Es por ello que los profesores de las licenciaturas en ciencias biológicas y de la salud se quejan a menudo de la falta de conocimientos, de interés, de entusiasmo y el deficiente método para el proceso de aprendizaje que tienen los alumnos, llevándolos, como consecuencia, a la memorización más que al razonamiento y la estructura conceptual del conocimiento. Tradicionalmente la educación, en cualquiera de las áreas, ha consistido en la transmisión de un cuerpo de conocimientos, suponiendo que el profesor es la fuente emisora del mismo y que el alumno es el receptor. Aunque como concepción pedagógica, este enfoque actualmente se considere ya inadecuado, en la práctica se sigue utilizando. Tradicionalmente los profesores del nivel superior van ubicando el problema y culpando a sus colegas del nivel inmediato inferior; es decir, el profesor de posgrado culpa al de licenciatura, para el del nivel licenciatura la culpa es del bachillerato, y así sucesivamente hasta llegar a la primaria (Gellon et al, 2005). Sin duda es la educación básica (primaria y secundaria) en

donde se pueden enaltecer las características necesarias para obtener un buen desarrollo académico y un amplio gusto por las ciencias. Entre estas características se pueden mencionar: la curiosidad, el pensamiento crítico independiente, que incluye la capacidad de cuestionar, resolver problemas, registrar información y concluir, interés por el mundo, el trabajo en equipo y la observación (Charpak et al., 2006, Lena et al, 2011, Navarro, 2015).

Fuster, en 1994 menciona que los niños y las niñas, como cualquier otra persona, van adquiriendo, a lo largo de su vida, un conjunto de muchas ideas que les permiten ir encontrando sentido a su vida. Pueden comprender la necesidad de comer, la existencia de una fuerza que hace que las manzanas caigan de los árboles, la necesidad de la lluvia, etc. Esto genera un gran número de ideas, algunas correctas, algunas no. Sin embargo, éstas surgen de forma natural y se pueden ligar al hecho de que muchos estudiantes tienen ideas espontáneas cuando se enfrentan a un fenómeno cotidiano. El autor afirma que conocer las ideas de partida que poseen los estudiantes es necesaria para poder conectar con la visión del mundo que ellos tienen y así poder transformarlo hacia una visión más científica de la realidad. Como base en lo anterior se puede plantear que el aprendizaje por investigación en los estudiantes de educación básica, como propuesta metodológica, implicará la propuesta de un trabajo que incluya las diferentes etapas del método científico, delimitando problemas, planteando hipótesis, seleccionando materiales y metodologías para sus procesos experimentales, el registro y análisis de los resultados y el establecimiento de conclusiones y perspectivas (Fuster, 1994, Contreras, 2007).

En 1993, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por sus siglas en inglés) planteó fundamentos que justifican la importancia, contribución e incorporación de las ciencias y la tecnología a la educación primaria. Entre otros, destacaron los siguientes: a) Las ciencias pueden ayudar a los niños a pensar de manera lógica sobre los hechos cotidianos y a resolver problemas prácticos y sencillos, lo que resultará valioso en cualquier lugar y trabajo que desarrollen., b) Las ciencias y sus aplicaciones a la tecnología pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas y a hacerlas socialmente útiles y c) Las ciencias pueden ayudar a los niños en otras áreas, especialmente en lenguaje y matemáticas. La importancia de la enseñanza de las ciencias y la tecnología se evidenció más cuando en 1993 la UNESCO recomendó a las autoridades educativas del mundo que se revisaran las disposiciones para la enseñanza de las ciencias y la tecnología en todos los niveles y para todas las personas. En 2001 se dictó la conferencia Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias, la

Tecnología y las Matemáticas (ICSTME, 2001) en la cual 360 especialistas en pedagogía se reunieron para promover la enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas en bienestar del desarrollo humano. La reunión giró en torno a los seis grandes temas sociales: 1) La igualdad entre los sexos, 2) La integración de los grupos marginados, 3) La mundialización, 4) El conocimiento de las ciencias, la tecnología y las matemáticas por parte del público, 5) La ética y los derechos humanos y 6) La cultura de paz (https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127417_spa).

En México, en el año de 1997 se inició el proyecto Ciencia y Tecnología para Todos (NTA), producto conjunto de la Real Academia de Ciencias y la Academia de Ciencias de Ingeniería, autoridades y escuelas públicas, con el objetivo de mejorar el nivel de conocimientos de alumnos y maestros en la ciencia y la tecnología. En los niños, la educación científica parte de las ideas que son resultado de sus experiencias, de acuerdo con su desarrollo biopsicosocial. Es decir, parten de las experiencias cotidianas de su entorno. Estos procesos de conocimiento inicial constituyen el punto de partida en la acomodación del conocimiento, para finalmente lograr la formulación de áreas conceptuales (Castro, 2004).

En relación con lo anterior, el Instituto Nacional de Educación Pública de Oaxaca, ha mencionado que lo esencial en la enseñanza de las ciencias es organizar las experiencias de aprendizaje desde la perspectiva del quehacer científico; es decir, que los estudiantes aprendan por medio de la elaboración y realización de proyectos de investigación. Mencionan el caso de varios autores que han elaborado propuestas para aprender en la escuela mediante la realización de “tareas de investigación”. Entre dichas propuestas se encuentra una en la cual la propuesta es la realización de tareas de investigación, siguiendo los pasos del método científico: observación, planteamiento del problema, hipótesis, experimento y conclusiones. Otras de ellas son la “de las cajas negras”; “ciencia, tecnología y sociedad”, y el programa “investigación en la escuela”, impulsado por algunos académicos españoles (Hidalgo, 2015).

Posiblemente, el problema de la enseñanza de las ciencias podría estar relacionado con la didáctica. En relación con lo anterior Caballero, en 2007 menciona lo siguiente: “La Didáctica de las Ciencias y en especial la de las Ciencias Naturales constituyen hoy temas de gran interés investigativo sobre todo en los países latinoamericanos como resultado de la necesidad que se contextualiza en la impronta del medio ambiente y su deterioro consecuente con el accionar irracional del hombre, lo que exige la formación de una conciencia científica que logre acciones intervencionistas del hombre en su

entorno, todo lo cual se materializa a partir del desarrollo de un conocimiento de la naturaleza más profundo y que genere en consecuencia modos de actuación diferente para con el medio ambiente, demostrando en ello la posesión no solo de saberes, sino de actitudes medioambientales propias de hombres con un sólida cultura científica”

(Caballero, 2007).

Tomando como base lo anterior se puede afirmar que la educación científica deberá comenzar a edades tempranas, es decir en la educación básica. Es en este nivel en el que fácilmente se pueden inculcar y/o mejorar valores, inquietudes, habilidades y estructuras mentales de razonamiento a los estudiantes, debido a que a esta edad los niños tienen un alto grado de sensibilidad, un gran potencial, mucha imaginación y una alta curiosidad la cual puede y debe de ser utilizada para iniciar el camino a las ciencias, no necesariamente como fin último, sino como herramienta para permitir la exploración de otras áreas. Gopnik, Meltzoff y Kuhl, prolongando los trabajos de Piaget han postulado que el infante pone en práctica desde pequeño un conjunto de comportamientos que son los mismos que los que muestran los científicos: piensan, elaboran conclusiones, hacen predicciones, buscan explicaciones y realizan experiencias. Finalizan afirmando que los infantes y los científicos son los mejores aprendices que se pueda imaginar (Charpack et al, 2006).

En México no se tienen estructuras en recursos humanos y materiales encaminados a establecer prácticas en ciencias desde la primaria y los profesores con tales inquietudes frecuentemente se ven limitados a enseñar una serie de conocimientos manejados en los libros de texto o libros de apoyo, que la mayoría de las veces no se encuentran suficientemente sustentados y solo parcialmente desarrollados. Sin embargo, y aún con los problemas actuales de nuestro país, se han desarrollado algunas iniciativas cuyo fin es el de acercar a los niños a la ciencia. Entre ellos se pueden citar los museos participativos, los cuales se basan en la idea de que aprender se logra solo mediante la experimentación (Gellon, 2005). Los alumnos de primaria pueden desarrollar una visión y habilidades cognitivas y psicomotoras para entender la actitud científica y así poder dar respuestas a muchas preguntas que se generan a partir de la observación de su entorno y de los fenómenos que los afectan directamente. Un pretexto frecuentemente empleado para no abordar temas de ciencia con los niños, es la creencia de que los niños poseen un reducido nivel de conocimientos y conceptos; sin embargo, se ha observado que estos estudiantes pueden generar marcos conceptuales que les ayudan no solo adquirir conocimientos y conceptos, sino desarrollar habilidades que le permiten hacer una crítica al conocimiento y tener una visión de la forma de aplicar el método científico para obtener

sus propias conclusiones y en todo el camino generar una actitud racional para explicar el universo.

Existen varias maneras para lograr que los niños se interesen por la ciencia. La primera de ellas es por imitación, prueba de lo anterior se puede encontrar al leer las cartas que le fueron enviadas a Einstein durante su vida por un sin número de niños quienes querían ser como él (Calaprice, 2005). El segundo es por medio de la narración de temas de interés general que se imparten a los niños de diversas partes con el fin de lograr que ellos desarrollen interés por la actividad científica. Como ejemplo de lo anterior se tienen las conferencias para niños que se desarrollaron en la Universidad de Tubinga Alemania durante un verano por parte de varios científicos (UNESCO, 2001). La tercera se relaciona con algunos intentos de enseñar ciencia a los niños mediante pequeños experimentos, prueba de ello son los trabajos con pequeños preescolares y con alumnos de primaria a los cuales no se les estableció un programa de trabajo sino que realizaron actividades individuales no vinculadas unas con otras (Vega, 2006). Los niños acuden a la escuela con miles de preguntas sobre todo lo que los rodea y son capaces de observar e imaginar respuestas, aún sin contar con el método científico, o mejor dicho lo aplican sin darse cuenta. Los niños pueden plantear estrategias sencillas para encontrar la respuesta a un problema entendiendo el proceso racional si se les guía correctamente. En este contexto es en donde la educación de las ciencias podría jugar su mejor papel, ya que con ayuda de la misma se puede promover la curiosidad y enseñar a los niños a canalizarla y a contrastarla racionalmente en procesos cognoscitivos y en forma productiva en su desarrollo intelectual, independientemente de su inclinación profesional posterior (Janssen, 2002).

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se muestra parte de la experiencia al trabajar con 106 alumnos (integrantes de los 6 grados escolares) de una escuela primaria de la Ciudad de México (Navarro et al, 2006). El tema de estudio fue el pH. A los alumnos se les enseñó el concepto, la forma de medirlo, como interpretarlo y el reconocimiento de su importancia para los seres vivos. El lenguaje, los conceptos y la forma de trabajar fueron diferentes en los bloques establecidos para abordar el tema. Los bloques fueron constituidos de acuerdo al nivel de madurez y edad de los estudiantes: 1: primero y segundo; 2: tercero y cuarto; y 3: quinto y sexto grados. Este trabajo formó parte de un programa más amplio (de 3 años) donde se trataron problemas de contaminación mediante el uso del método científico. Para el trabajo se obtuvieron los permisos y autorizaciones firmadas de los padres y los

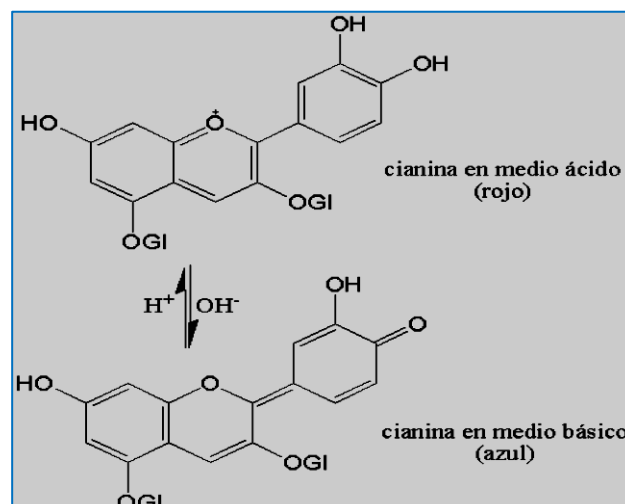
profesores. Los directivos de la escuela autorizaron y permitieron realizar el trabajo, apoyándolo significativamente. El trabajo tuvo una duración de 6 meses, con clases de 2 horas a la semana por grupo, incluyendo pláticas, prácticas y sesiones de revisión.

El trabajo se dividió en dos partes: la experimental y la aplicación de los diferentes instrumentos de medición cualitativa integrados por tres cuestionarios con preguntas abiertas, los cuales fueron analizados posteriormente para adquirir información adicional relacionada con la ciencia en alumnos y profesores.

Parte experimental.

Para llevar a cabo los distintos experimentos se usó un indicador de pH elaborado a base de pigmentos naturales, tiras para medir pH, papel filtro y material básico de laboratorio (vasos de precipitados, pipetas Pasteur, tubos de ensayo, etc). Cabe mencionar que los estudiantes solamente utilizaron materiales propios de un laboratorio, con la finalidad de ayudarles a adquirir la experiencia en su manejo y cuidado. El proceso de elaboración del indicador se describe a continuación.

Preparación de un extracto de pigmento natural. Para obtener el papel indicador de pH se preparó un extracto acuoso de hojas de col morada (Heredia 2006) (*Brassica oleracea*), las hojas se colocaron en un recipiente de aluminio al cual se le agregó agua hasta cubrirlas. Se calentó a ebullición por 10 minutos, después de lo cual se dejó reposar por un tiempo de una hora a temperatura ambiente. El líquido azul (extracto acuoso) que contiene las antocianinas de la hoja de la col morada se colocó en un frasco de cristal ámbar y se almaceno a temperatura ambiente hasta su uso, el extracto fue estable por dos días en refrigeración. Una parte del líquido se colocó en un recipiente extendido de vidrio. Se recortaron cuadros de papel filtro de aproximadamente de 5 por 5 centímetros y fueron colocados en el recipiente para impregnarse del extracto durante 5 minutos,



posteriormente fueron retirados y secados a temperatura ambiente sobre placas de vidrio. El color del extracto líquido o impregnado en el papel posee propiedades ácido-base que lo hacen cambiar su color al cambiar el pH, adquiriéndose una coloración azul a pH básico y una rosa a pH ácido, gracias al cambio de protonación de la antocianina, como se muestra a continuación (Heredia, 2006, Val-Castillo, 2020). En esta figura OGI significa una O-glucosa.

Para llevar a cabo los experimentos se utilizaron diferentes materiales, entre ellos aceite de cocina, extracto de pila, solución saturada de detergente, jugos de frutas, refresco de cola, suero para rehidratar, limpiadores líquidos, alcohol comercial, jarabe para tos, solución de cloro comercial y aceite quemado de coche. Como sustancias control se utilizaron soluciones saturadas de carbonato de sodio, vinagre comercial y agua. Además de las anteriores, los estudiantes eligieron sustancias como: extractos en agua de componentes internos de baterías de uso común, detergentes y aceite automotriz. Estos materiales fueron trabajados con extrema precaución debido a la naturaleza tóxica de los mismos. Los alumnos fueron entrenados manualmente y solo se trabajó de los grupos de cuarto grado en adelante.

Instrumentos de medición cualitativa.

Para analizar si los niños lograron adquirir nuevos conocimientos y habilidades, competencia, satisfacción y entusiasmo por las actividades científicas, se aplicaron tres cuestionarios. El primero relacionado con el pH; el segundo con la percepción y conceptos sobre la enseñanza de la ciencia tanto a los alumnos como a los profesores. El tercer cuestionario se enfocó a la experiencia de los profesores sobre el proceso de enseñanza de la ciencia. Los cuestionarios se aplicaron en conjunto, y las dudas sobre las preguntas fueron contestadas en entrevistas colectivas con alumnos y profesores.

Cuestionario I. Preguntas de conocimientos para alumnos y profesores:

- 1.- *¿Qué característica se mide por medio del pH?*
- 2.- *¿Cómo se puede medir el pH?*
- 3.- *¿Si el vinagre tiene pH 4?8, es ácido o alcalino?*
- 4.- *¿Si el bicarbonato de sodio tiene pH 9?3, es ácido o alcalino?*
- 5.- *¿Qué pH tiene el agua?*
- 6.- *¿Qué le pasa al pH cuando al vinagre se le pone bicarbonato?*
- 7.- *¿De dónde a donde va una escala de pH?*
- 8.- *¿Qué es neutralizar el pH?*
- 9.- *¿Qué es una disociación de un ácido?*

10.- *¿Qué es un protón?*

Questionario II. Preguntas sobre ciencia para alumnos y profesores:

1.- *¿Qué es la ciencia?*

2.- *¿Para qué sirve la ciencia?*

3.- *¿Te interesa la ciencia?*

4.- *¿Te parece difícil entender la ciencia?*

5.- *¿Sabes para qué sirve un experimento?*

6.- *¿Te parece divertido hacer experimentos?*

7.- *¿Te gusta hacer experimentos científicos?*

8.- *¿Cuál crees que es la importancia de la ciencia para un país?*

Questionario III. Preguntas sobre la educación de la ciencia para profesores:

1.- *¿Cuál considera que es la importancia de la ciencia en nuestro país?*

2.- *¿Cuál considera que es la importancia de la ciencia en la educación primaria?*

3.- *¿Cómo considera que se debe enseñar la ciencia a los niños de primaria?*

4.- *¿Considera importante implementar programas de enseñanza de la ciencia en la educación primaria?*

5.- *¿Cuáles problemas considera que enfrentaría la implementación de programas de enseñanza de la ciencia en la primaria?*

6.- *¿Cuántas horas a la semana se podría dedicar a la enseñanza de la ciencia en la primaria?*

7.- *¿Qué temas incluiría en un programa de enseñanza de la ciencia para alumnos de primaria?*

8.- *¿Qué opina de tiempo invertido al programa implementado en los alumnos de primaria?*

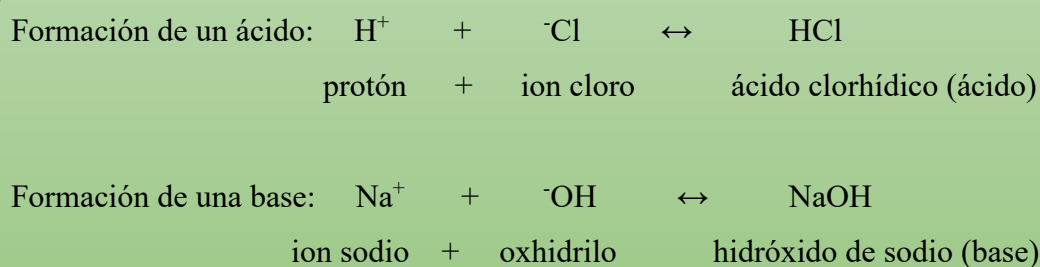
9.- *¿Considera que se presentó un desarrollo conceptual en los niños después del trabajo en la enseñanza de la ciencia?*

10.- *¿Cómo calificaría el aprovechamiento de los alumnos en el trabajo de enseñanza de la ciencia?*

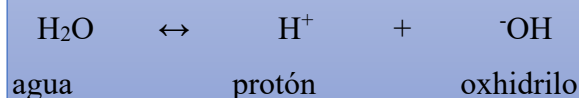
RESULTADOS

a) La parte práctica.

En la primera sesión, que fue la introductoria, el primer concepto a enseñar fue el de “bioquímica”. Se les explicó que la bioquímica es una ciencia que estudia las reacciones químicas que ocurren dentro de los seres vivos, haciéndoles entender que estas reacciones ocurren todos los días en nuestro organismo; para ello se les ofrecieron diversos ejemplos buscando que fueran de su interés y relacionados con la vida diaria haciendo énfasis en la contaminación y los daños a la salud. Para todos los grados, el concepto fue conectado con las reacciones químicas y para los alumnos de quinto y sexto grados se hizo mayor énfasis en las reacciones de disociación que permiten a las moléculas liberar protones (ácidos) o hidroxilos (álcalis), explicando la formación de ácidos, bases, iones y sales de acuerdo a las siguientes reacciones. Se les explicó que el ion positivo se asociaba con el ion negativo y que de ello resultaba un ácido o un álcali y viceversa.



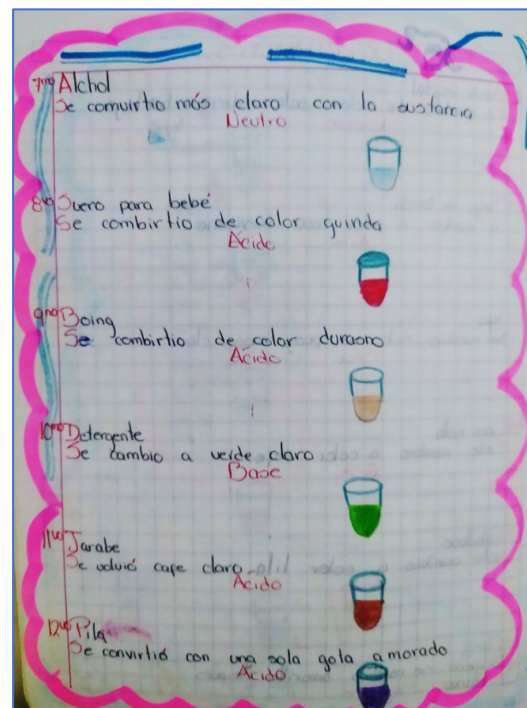
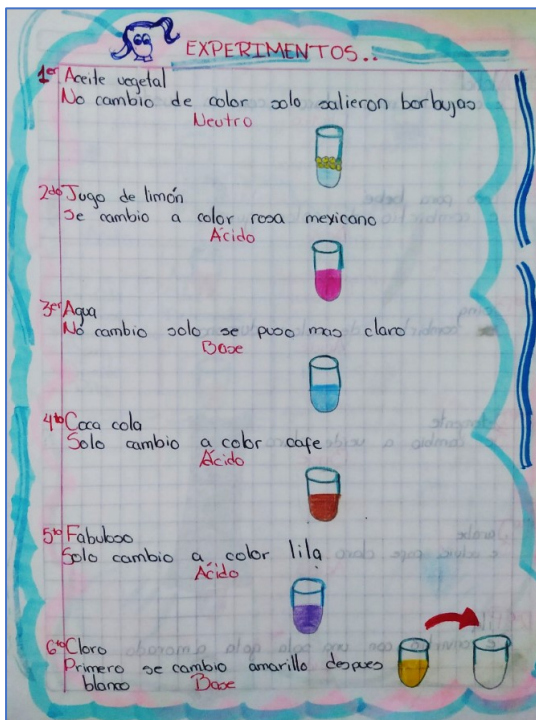
Como siguiente punto se les explicó la disociación del agua. Los niños pudieron adelantar y predecir sobre la disociación del agua y así comprender que el agua se disocia en un protón y un oxhidrilo, según el siguiente equilibrio. Se les explicó que cuando la cantidad de protones y oxhidrilos es igual se dice que el pH es neutro y que cuando esto no se cumple se tiene sustancias ácidas y básicas.



Utilizando como base los conceptos anteriores, se procedió a explicar lo que es el pH. Se les mencionó que el pH es una forma de determinar qué tan amarga o no amarga es una sustancia y se les mencionaron como ejemplos el limón, el agua y la leche como sustancias con diferente valor de pH. A los estudiantes de los grados más avanzados (quinto y sexto) se les mencionó, de forma adicional, que el pH es la cantidad de protones

de una disolución, y que cuando hay muchos protones en una solución, dicha sustancia es ácida y cuando hay pocos la sustancia es alcalina. Se explicó que es necesario tener una evaluación numérica (un valor de pH), y que para ello existe una escala que va de 0 a 14 (cómo si fuera una recta numérica, de las que ellos sabían utilizar), donde entre más pequeño es el valor más ácida es la sustancia y entre más alto es, se tratará de una sustancia alcalina. Una vez entendido lo anterior se continuó con la explicación de las diferentes metodologías existentes para medir el pH. Las formas de medir el pH se explicaron como metodologías cualitativas, semicuantitativas y cuantitativas. Estas se explican a continuación.

- **La forma cualitativa.** La medición del pH utilizando el indicador acuoso de color morada se realizó de dos maneras. La primera en medio líquido, para lo cual los alumnos utilizaron tubos de ensaye, gradillas, goteros y pipetas Pasteur. Los estudiantes colocaron dos mililitros de indicador en tubos de ensaye; después de esto, colocaron el mismo volumen de cada una de las muestras y observaron la coloración obtenida anotando sus observaciones.



- Después utilizaron el papel preparado con el indicador de pH. Realizaron dibujos sobre el papel utilizando pinceles impregnados con vinagre, bicarbonato de sodio o agua y registraron sus observaciones.

De esta manera, los alumnos identificaron los cambios de color y pudieron clasificar cualitativamente a las sustancias como ácidas, básicas o neutras. El siguiente paso

consistió en el uso, manejo e interpretación del papel pH comercial. Para los alumnos el uso de un indicador con cambio de color resultó ser el método más práctico, atractivo y significativo ya que ellos pudieron relacionar fácilmente un cambio de color con el pH. Un ejemplo se ilustra a continuación.



- **La forma semicuantitativa.** En esta etapa los alumnos trabajaron de manera individual y por equipo. Se les dieron a conocer todas las precauciones necesarias para manipular las muestras y los reactivos. Para realizar la medición del pH con el papel indicador comercial los alumnos se organizaron en equipos de trabajo. Cada equipo preparó una serie de tubos de ensayo y los etiquetó para poder identificarlos posteriormente. Colocaron un mililitro de cada muestra problema con una pipeta Pasteur. Posteriormente introdujeron, con ayuda de unas pinzas, la tira de indicador de pH, secaron el excedente sobre un trozo de papel absorbente y esperaron 10 segundos a que se estabilizaran los colores en la tira. Realizaron la evaluación comparando los colores de la tira con los colores de la escala proporcionada por el fabricante. Una vez determinado el valor de pH de las diferentes sustancias, los estudiantes elaboraron una recta numérica con valores de cero hasta catorce en la cual marcaron los datos obtenidos de sus diferentes muestras localizando los colores obtenidos en las zonas ácidas, básicas y neutras.

de diferentes soluciones que en ese momento se les ocurrían y tenían a su alcance: jugos, refrescos, leche, chocolate y agua de lluvia. Alguno de los alumnos preguntó si podía medir el pH de su saliva, al recibir la respuesta afirmativa, se procedió a recuperar un poco de su saliva en un vaso de precipitados y se realizó la cuantificación del pH. Para este momento los niños querían medir o por lo menos saber el pH de todas las sustancias que se les ocurrían, incluyendo la sangre, la orina, el sudor y el semen. Al preguntar sobre el organismo, los estudiantes entendieron que el pH es un factor muy importante en el organismo ya que cumple funciones muy importantes en el sudor, la saliva, el estómago, la orina, la sangre y las células. Se les explicó que la modificación del pH puede ser causa del desarrollo de algunas enfermedades; que el ácido causa alteraciones del esmalte de los dientes así como daños a la mucosa gástrica y que la alcalinización de algunos fluidos puede estar relacionada con algunas infecciones o disminuir la solubilidad de varios compuestos. Entendieron que la neutralización es empleada con frecuencia para tratar cambios patológicos del pH, como el uso de gotas para los ojos, geles alcalinos en el tratamiento de gastritis por ácidos gástricos o tratamientos alcalinos o ácidos en la piel.

Los niños realizaron sus observaciones, registros y comparaciones en sus cuadernos y anotaron sus conclusiones para su discusión en el laboratorio y en sus salones de clase. Ellos adquirieron nuevos conocimientos, los cuales fueron construyendo ellos mismos al llevar a cabo sus propios experimentos. Adquirieron conocimientos nuevos sobre el pH y lo definieron como “*algo que nos indica si una sustancia es ácida o no*”.

b.- Implementación de los instrumentos de medición.

A continuación, se muestran las respuestas de los estudiantes y los profesores a las preguntas de los diferentes cuestionarios aplicados. Primero se muestran las respuestas de alumnos y profesores de la parte experimental y después las respuestas a las preguntas relacionadas con la ciencia, su importancia y las opiniones de todos los participantes.

Porcentaje de niños que acertaron en las respuestas a las preguntas de conocimientos para alumnos.						
Preguntas	Grado académico (primaria)					
	1 (n=17)	2 (n=11)	3 (n=19)	4 (n=18)	5 (n=21)	6 (n=20)
¿Qué característica se mide por medio del pH?	0	9.9	10.5	100	100	100
¿Cómo se puede medir el pH?	0	18.2	15.8	88.9	81.0	100
¿Si el vinagre tiene pH 4.8, es ácido o básico?	23.5	18.2	21.1	100	100	60
¿Si el bicarbonato de sodio tiene pH 9.3, es ácido o básico?	23.5	27.3	15.8	100	100	70
¿Qué pH tiene el agua?	17.6	36.4	21.1	94.4	90.5	100
¿Qué le pasa al pH cuando al vinagre se le pone bicarbonato?	0	9.9	5.3	88.9	85.7	90
¿De dónde a donde va una escala de pH?	11.8	36.4	21.1	100	100	100
¿Qué es neutralizar el pH?	5.9	9.9	26.3	27.8	28.6	20
¿Qué es una disociación de un ácido?	0	0	5.3	5.6	14.3	10
¿Qué es un protón?	0	0	0	5.6	0	5

Los resultados demostraron que los alumnos de los grados cuarto, quinto y sexto presentaron un mayor porcentaje de conceptos aprendidos. No obstante, a medida que la dificultad de los conceptos avanzó, el porcentaje de comprensión fue disminuyendo. Las dos últimas preguntas relacionadas con la disociación de un ácido y el significado de la palabra protón fueron los más difíciles de comprender. De la misma manera el concepto de neutralización no resultó significativo para los estudiantes, por lo que su aprendizaje no fue alto. Los conceptos anteriores resultan muy específicos de un trabajo de rutina en un laboratorio universitario o de investigación, sin embargo cambiando la forma de explicarlo y usando más ejemplos prácticos, posiblemente se logrará un mejor porcentaje de comprensión. Los alumnos de los tres primeros grados trabajaron muy bien sus experimentos y lograron aprender conceptos como ácido, base y escala de pH, seguramente porque al realizar la parte experimental, la experiencia fue altamente significativa para ellos.

Cuando las mismas preguntas fueron aplicadas a los profesores que dirigían los grados escolares, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla. El número de profesores fue de 6. El trabajo con los niños siempre fue apoyado por los profesores responsables de cada grupo. Ellos participaron de forma activa en cada una de las actividades que sus estudiantes desarrollaban en las aulas. Por esa razón se les aplicaron

las mismas preguntas que a sus estudiantes. Los profesores adquirieron nuevos conocimientos, siendo tres de ellos los que más se les dificultaron, a saber: neutralización, disociación y protón. Los profesores manifestaron que, la mayoría, no tenían conocimiento de lo que es el pH y su importancia. Los conceptos que aprendieron e incorporaron a su campo de conocimiento fueron precisamente el de pH, ácido, base y escala de pH. Estas observaciones indican que los profesores también son personas que pueden aumentar su cultura científica al participar en un programa de enseñanza de las ciencias para sus estudiantes.

Preguntas	Porcentaje de acierto en las respuestas a las preguntas de conocimientos para profesores (n= 6)
¿Qué característica se mide por medio del pH?	100
¿Cómo se puede medir el pH?	100
¿Si el vinagre tiene pH 4.8, es ácido o alcalino?	100
¿Si el bicarbonato de sodio tiene pH 9.3, es ácido o alcalino?	100
¿Qué pH tiene el agua?	100
¿Qué le pasa al pH cuando al vinagre se le pone bicarbonato?	100
¿De dónde a donde va una escala de pH?	100
¿Qué es neutralizar el pH?	50
¿Qué es una disociación de un ácido?	33
¿Qué es un protón?	17

Preguntas sobre ciencia para alumnos y profesores. En este caso la tabla que se presenta a continuación muestra las opiniones tanto de los estudiantes como de los profesores de grupo implicados en este proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. La importancia de realizar las preguntas radicó en el hecho de que existe una corriente denominada “alfabetización científica”, en ella se pretende establecer programas para que las personas, incluidos los profesores, puedan adquirir conocimientos científicos de forma fácil y didáctica. Este podría ser un método para que los profesores al actualizarse pudieran aumentar sus conocimientos y de esa forma incluirlos en sus asignaturas y transmitirlos a sus estudiantes. Lo anterior podría lograr que el miedo que tiene los profesores a las cuestiones científicas disminuyera y como consecuencia pudieran apreciar más las bondades de la ciencia y los beneficios que puede proporcionar (Gil, 2006., Garmendia., 2015, Gallego-Torres, 2021).

Respuestas frecuentes a las preguntas sobre la enseñanza de la ciencia de alumnos y profesores		
	Alumnos (n= 98)	Profesores (n= 6)
¿Qué es la ciencia?	Aprender. Descubrir. Inventar. Conocer. Conocimientos que hacen las cosas más interesantes.	Conjunto de acciones que sirven para obtener conocimientos. Un método de estudio. La manera que tienen los científicos de conocer las cosas. Conjunto organizado de conocimientos.
¿Para qué sirve la ciencia?	Para hacer descubrimientos y conocimientos para beneficio de la humanidad. Para hacer estudios, inventos y soluciones para cuidar el medio ambiente. Aprender cosas nuevas. Descubrir algo diferente.	Para resolver problemas económicos y tecnológicos del país. Enseña a las personas cosas nuevas y de interés general. Ayuda al avance de la sociedad. El desarrollo de la humanidad.
¿Te interesa la ciencia?	Si (85.7 %)	Si (83.3 %)
¿Te parece difícil entender la ciencia?	Si (82.7 %)	Si (100 %)
¿Sabes para qué sirve un experimento?	Para ayudar a cuidar el medio ambiente. Enseña cosas que nosotros no vemos. Se descubren cosas nuevas. Para hacer mezclas.	Para comprobar una idea. Para descubrir cosas nuevas. Para conocer más. Aplicar el método científico.
¿Te parece divertido hacer experimentos?	Si (91.8 %)	Si (100%)
¿Te gusto hacer experimentos científicos?	Si (92.9 %)	Si (100 %)
¿Cuál crees que es la importancia de la ciencia para un país?	Hacer descubrimientos y conocimientos para beneficio de la humanidad. Para ser mejores. Para ayudar a todos.	Entre más educado sea un país mejores condiciones de vida tendrá. Vital. Para su desarrollo. Para competir con los países desarrollados. Mejorar la educación.

Las preguntas giraron alrededor de lo que significa la ciencia, su importancia y su papel en la educación. De la misma manera se les pregunto por los experimentos y si eran de su agrado o no. Para los estudiantes la ciencia significa aprender, descubrir cosas e inventar otras y conocer para adquirir conocimientos que vuelven las cosas más interesantes. Por su lado, los profesores respondieron que la ciencia es un método de estudio que tiene los científicos para conocer las cosas y que está conformado por acciones que los ayudan a obtener sus conocimientos y a organizarlos. Cuando se les preguntó para que creían ellos que sirve la ciencia, los estudiantes respondieron que es usada para descubrir y conocer en beneficio de la humanidad, cuidar el medio ambiente y que es algo diferente y se aprenden cosas nuevas. Los profesores mencionaron que la

ciencia tiene como finalidad resolver problemas económicos y tecnológicos de nuestro país, así como para el avance de la sociedad ya que la ciencia puede enseñar a las personas cosas nuevas y de su interés y que con ellos se puede lograr el desarrollo de la humanidad. Un elevado porcentaje tanto de alumnos como de profesores mencionaron que la ciencia se les hace un proceso difícil, pero aun así les gusta. Para los alumnos, la importancia de la ciencia en el país radica en que los descubrimientos son en beneficio de la humanidad y que sirven para ser mejores y ayudar a todos. Por otro lado, los maestros de grupo indicaron que entre más educado sea un país, mejores condiciones de vida tendrá, que la ciencia es vital para el desarrollo y así poder competir con otros países mejorando la educación.

En relación con los experimentos, del 90 al 100% de los alumnos y los profesores mencionaron que les gusta hacer experimentos y les resultan divertidos. Cuando se les preguntó la importancia de llevar a cabo un experimento, los alumnos comentaron que estos enseñan cosas que no se pueden ver y que con ellos se descubren cosas nuevas, además de que puede ayudar a cuidar el medioambiente. Los profesores señalaron que los experimentos ayudan a comprobar ideas al aplicar el método científico generando conocimientos y descubriendo cosas nuevas.

En la institución en donde se trabajó había alumnos cuyos padres eran miembros de laboratorios de investigación, hospitales o escuelas y por ello se les hicieron familiares las palabras ciencia y experimento, sin embargo, la gran mayoría fue el trabajo con este proyecto de enseñanza de la ciencia, su primer acercamiento. Los profesores no habían tenido contacto con este tipo de actividades y quedaron muy contentos con todas ellas.

El tercer instrumento fue dirigido exclusivamente para los profesores, en este se les preguntó sobre sus conocimientos de la educación en ciencias para niños de primaria. Los profesores consideraron que México requiere de conocimiento científico para el beneficio de la humanidad. Lo anterior serviría para ayudar a la resolución de problemas de dependencia económica y tecnológica; ayudar a los niños a entender y para cubrir las expectativas del medio ambiente cultural. Mencionaron que la importancia de la ciencia en la educación primaria radica en la formación de alumnos responsables que podrán conocer su realidad, analizarla desarrollando su pensamiento y que es básica porque es el inicio de aprendizajes necesarios para niveles superiores. Afirmaron que la ciencia debe enseñarse mediante experiencias e información al nivel de los niños, con experimentos y usando su libro de ciencias naturales. Consideran que es importante la implementación de programas de ciencias a nivel primaria para detectar niños con habilidades y evitar

fugas de cerebros. Sin embargo, mencionaron, hay problemas dentro del desarrollo de esta actividad como el poco tiempo de los programas base de sus materias lo que limitaría el tiempo para esta actividad; el material a trabajar; la capacitación de los docentes; el conocimiento del manejo del método científico de los docentes y la dificultad de los temas a tratar. Ellos consideran que dos horas sería un tiempo adecuado. Cuando se les pidió evaluaran el trabajo llevado a cabo en sus salones, los docentes mencionaron que el tiempo invertido fue bueno, que los alumnos o gran parte de ellos desarrollaron la capacidad de comprender los conceptos mediante la experimentación y que su aprovechamiento fue bueno. Finalmente consideraron que los temas a incluir en los cursos de ciencias, además de los vistos en los cursos proporcionados por la autora de este trabajo, deberían incluir tecnología, alimentación, medio ambiente y física, además mencionaron que se deberían de incluir, adicionalmente, temas de interés para los niños, lo que habrá la posibilidad de temas libres de interés personal.

Actualmente se ha publicado la necesidad de una educación en ciencias inclusiva para todos los alumnos sin importar su situación social, geográfica o racial. Es difícil de creer que aún en medio de la modernidad que muchos países cursan, existan tantos donde los estudiantes no sepan lo que es la ciencia y los beneficios que esta aporta a la vida de quien la práctica. Entonces tener la oportunidad de educar a los niños en ciencias abrirá un camino directo hacia el cambio de paradigmas tanto en los profesionales como en los estudiantes.

Respuestas más frecuentes de los profesores sobre la educación de la ciencia en la primaria (n=6)	
¿Cuál considera que es la importancia de la ciencia en nuestro país?	Necesidad de conocimiento y el beneficio para la humanidad. Resolver problemas de dependencia económica y tecnológica. Porque los niños entenderían mejor lo que se les enseñe. Para cubrir las expectativas del medio ambiente cultural
¿Cuál considera que es la importancia de la ciencia en la educación primaria?	Crea niños-adultos responsables. Enseñar a los niños a conocer la realidad, analizarla y optimizar recursos. Para que los alumnos desarrollen su pensamiento. Como inicio del aprendizaje para niveles superiores. Es básica.
¿Cómo considera que se debe enseñar la ciencia a los niños de primaria?	Con experiencias e información adaptable al niño. Con experiencias prácticas y divertidas. Con experimentos. Utilizando el libro de ciencias naturales.
¿Considera importante implementar programas de enseñanza de la ciencia en la educación primaria?	Evitar fugas de cerebros y hacer el seguimiento de niños con habilidades para la ciencia. Con programas integrados a las materias que cursan. Si, ya que no se da importancia a estos temas. Si.
¿Cuáles problemas considera que enfrentaría la implementación de programas de enseñanza de la ciencia en la primaria?	Lo apretado de los programas de estudio. El tiempo dedicado para el programa de estudios. El material para trabajar. La capacitación para trabajar. El conocimiento y manejo del método científico. La dificultad de los temas a tratar.
¿Cuántas horas a la semana se podría dedicar a la enseñanza de la ciencia en la primaria?	Dos horas. Una hora. No hay tiempo.
¿Qué temas incluiría en un programa de enseñanza de la ciencia para alumnos de primaria?	Tecnología y ciencia. Alimentación, medio ambiente y física. Temas de interés para los niños.
¿Qué opina del tiempo invertido al programa de enseñanza de la ciencia implementado en los alumnos de primaria?	Excesivo (0.0 %). Bien (100 %).
¿Considera que se presentó un desarrollo conceptual en los niños después del trabajo en la enseñanza de la ciencia?	Si (83.3 %). Suficiente (16.7 %).
¿Cómo calificaría el aprovechamiento de los alumnos en el programa de enseñanza de la ciencia aplicado?	Bueno (83.3 %). Suficiente (16.7 %).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Lucía Pérez Moreno (2003), ha indicado que en México la enseñanza de las ciencias se ha modificado en las últimas tres décadas para fomentar el desarrollo de destrezas; en el pasado, se hacía énfasis en la memorización de datos y fórmulas, mientras que hoy se reconoce la importancia del “saber hacer”. Los resultados de la presente experiencia indicaron que es posible introducir a los estudiantes al mundo de la ciencia usando experimentos sencillos, logrando un mejor aprovechamiento que el obtenido al dar una clase totalmente teórica a los alumnos de la primaria, teniendo en cuenta que ellos no contaban con las bases necesarias para comprender un concepto que aún para los estudiantes de licenciatura resulta en sí mismo muy complejo. Jurado, en 2014 ha manifestado que en los últimos años y de forma paralela al pensamiento constructivista de la ciencia, se ha comenzado a trabajar sobre el establecimiento del diseño de unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias en las aulas de las escuelas de educación básica. Enfatiza que en el presente, ya no se debe pedir memorizar la ciencia, en lugar de ello se necesita que se aprenda a manipularla y conectarla con otras materias utilizando la indagación. En este tipo de enseñanza los estudiantes se convierten en personas activas y es muy importante su participación dentro de la creación de nuevos experimentos (Jurado, 2014). En relación con la anterior ya se ha publicado literatura con experiencias de trabajo en ciencias con niños de nivel básico y varios autores han planteado que los alumnos, de esas edades, tienen las características necesarias para poder investigar: observación, creatividad, interés, asombro, capacidad de análisis, de observación y de plantear propuestas relacionadas con lo estudiado (Charpak et al, 2006., Lena et al 2011, Navarro, 2022). En este trabajo se observó que los alumnos fueron capaces de adquirir nuevos conocimientos, siendo los de quinto y sexto quienes lo hicieron de una manera más integral. Los estudiantes de los primeros grados mostraron una capacidad de entender y manejar los conceptos de manera sorprendente. Lo anterior se logró gracias a que los estudiantes adquirieron una nueva concepción en relación al significado de la ciencia, pudiéndola relacionar con conceptos como aprender, descubrir, inventar, experimentar, conocer la naturaleza y ayuda a la humanidad. Un ejemplo es el de un estudiante de quinto año *“la ciencia significa, para mí, la evolución de la inteligencia del ser humano y es muy interesante para Mí entenderla y saber de ella”*. En cuanto a la adquisición de habilidades y el nivel de satisfacción y aceptación del programa de acercamiento a la ciencia, la mayoría de los alumnos mencionaron que es necesario estudiar ciencias. De igual manera, se mostraron entusiastas y entendieron la importancia de la

experimentación para la adquisición de los conocimientos. Como ejemplo, la siguiente respuesta: *“los experimentos son divertidos, interesantes y que con ellos se pueden averiguar cosas nuevas”*. Los resultados han demostrado que este tipo de actividades de enseñanza de la ciencia constituyen una nueva área de estudio dentro de la investigación educativa. Es por ello que estos datos ayudan a confirmar que, como mencionan algunos autores, en los niños la educación científica parte de las ideas que son resultado de sus experiencias, de acuerdo con su desarrollo biopsicosocial, es decir de su entorno. La ruta de conocimiento consiste en acomodar el conocimiento, para lograr la conformación de áreas conceptuales (Castro, 2004). Este trabajo apunta a la enseñanza vivencial de la ciencia, al igual que algunos otros investigadores quienes afirman que el enfoque del cambio conceptual de la enseñanza de las ciencias aborda la perspectiva pedagógica cognitiva o constructivista y que el programa de enseñanza vivencial de las ciencias establecerá los criterios de los conceptos que ayudarán en el abordaje de los diferentes temas a través de distintas estrategias de enseñanza (Castro, 2004).

Una parte muy importante dentro del proceso de enseñanza de las ciencias es la participación de los profesores. En relación con lo anterior, se ha mencionado que dos factores que influyen en la práctica educativa de los profesores son sus creencias y sus concepciones. Estas determinan las prácticas y las reformas educativas. Las concepciones son un componente muy importante para tomar decisiones sobre las prácticas de los maestros, las cuales serán transmitidas a los alumnos, quienes las van integrando a su ser hasta convertirlas en propias (Fernández, 2011). En esta experiencia, a los profesores se les aplicaron diferentes cuestionarios, los cuales incluían preguntas relacionadas con conceptos sobre ciencia, su opinión sobre la importancia de la ciencia en la educación básica en México. Los profesores mostraron la adquisición de diferentes conceptos relacionados con el pH, aunque el manejo de conceptos más abstractos represento una confusión del profesor y por ello menos acierto en las respuestas esperadas. Las opiniones de los profesores indicaron que es importante implementar programas de ciencia en niños de primaria para el beneficio de los estudiantes haciéndola divertida y usando experimentos sencillos. Ellos consideran que los temas deben ser diversos y que algunos de ellos deben ser elegidos por los propios estudiantes, lo que es un aporte muy interesante y apoya las ideas de ciencia vivencial y constructivista que se plantea por este y otros trabajos de investigación. Sin embargo, para llevar a cabo este tipo de actividades, uno de los problemas es el tiempo ya que ellos afirmaron su necesidad de terminar el amplio programa de estudios marcado por la SEP y que les es exigido por los directores, lo que

hace muy difícil implementar programas adicionales de enseñanza de la ciencia. Este es un punto que se debe trabajar y que los países, como México, deben considerar dentro de sus planes de estudio. En relación con ello se ha establecido que el nivel de educación para un país es esencial para su desarrollo. No obstante, estas palabras deberán de convertirse en realidad para poder ver los resultados de este tipo de esfuerzos en países como México. Finalmente se puede decir que esta experiencia, la cual forma parte de un proyecto más grande que se ha llevado a cabo desde hace aproximadamente 20 años, ha ayudado a establecer la idea de que se debe establecer en los estudiantes de nivel básico, un pensamiento crítico y analítico para ayudarles a desarrollar hábitos que sean indispensables para su formación integral y que los niños cuentan con una amplia capacidad de observación, curiosidad y análisis. Si todas estas características son enriquecidas con la experiencia vivencial y manual, se podrán generar habilidades cognitivas y manuales que serán muy importantes en la generación de conocimientos significativos en los estudiantes, eliminando, de esta manera, el aprendizaje por memorización.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Calaprice. A. (2005). Querido profesor Einstein. Correspondencia entre Albert Einstein y los niños. Editorial Gedisa. Colección Campo de Estrellas.

Calderón Salinas. J. V. (2006) ¿Y la Educación Básica? *Revista de Educación Bioquímica*. 25(3), 69-71.

Castro Tovar. R. D. (2004). Enseñanza de las ciencias en Educación Básica: una estrategia hacia el logro de los aprendizajes científicos. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades. SOCIOTAM XIV (2)*, 73-96.

Caballero Camejo, C. A., & Recio Molina, P.P. (2007). Las tendencias de la Didáctica de las Ciencias Naturales del Siglo XXI. *VARONA*, (44), 34-41.

Cohen Dorothy, H, (1999). Como aprenden los niños. SEP/FCE.

Contreras, A., & Díaz Quero, V. (2007). La enseñanza de la ciencia. *Laurus*, 13(25), 114-145.

Charpak, G., Léna. P., & Quéré. Y. (2006). Los niños y la Ciencia. La aventura de *La mano en la masa*. Siglo XXI Editores.

Flores Camacho, F (2012). La enseñanza de la educación Básica en México. Primera edición. Instituto nacional para la Evaluación de la Educación. México.

Hidalgo Guzmán, J. L. (2015). La enseñanza de las ciencias en la educación básica. *Ciencias*, 115-116, 16-25.

Fernández Nistal. M. T., Pérez Ibarra. R. E., Peña Boone. S. H., & Mercado Ibarra. S. M. (2011). Concepciones sobre la enseñanza del profesorado y sus actuaciones en clase de ciencias naturales de educación secundaria. *Revista mexicana de Investigación Educativa*, 16(49), 571-596.

Fuster, J. (1994). Las ciencias en la educación primaria. *Comunicación, lenguaje y educación*. 22, 75-84.

Garmendia Mujika, M., & Guisasola Aranzabal, J. (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: El proyecto Zientia Live!. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 294-310.

Gallego Torres, A. P., & Ballesteros Ballesteros, V. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 14 (26), e1855. <https://doi.org/10.22430/21457778.1855>

Gellon, G., Rosenvasser. E., Furman. M., & Golombek. D. (2005) La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla. Editorial Paidós SAICF.

Gil Pérez, D., & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-35

Janssen, U., Steuernagel, Ulla. (2002). Una universidad para los niños. Ocho científicos explican a los niños los grandes enigmas del mundo. Editorial Ares y Mares.

Jurado, E. (2014). Selección de experiencias científicas en aulas de Primaria, bajo un modelo de apoyo externo. Memorias, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. 08 al 10 de octubre de 2014, Bogotá. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número Extraordinario. ISSN Impreso: 0121-3814, ISSN web: 2323-0126. 1194-2002.

Heredia Avalos, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.* 3(1), 89-103.

Lena, P., Quéré, Y., & Salvait, B. (Coord). (2011). 29 Conceptos clave para Disfrutar la Ciencia. Fondo de Cultura Económica, México.

Navarro, Moreno, L. G. (2015). Educación científica en comunidades oaxaqueñas. En: "Problemas del Desarrollo Económico y Social" Universidad de la Sierra Sur. R. M-Hernández-Vázquez (Coord).

Navarro Moreno, L.G., & Regules Carrasco, J. (2022). El viaje de la ciencia hacia las comunidades rurales. Una experiencia en Oaxaca, México. Editorial Académica Española.

Navarro Moreno, L. G., Calderón, S. J. V., & García, J. A. B. (2006). La ciencia es para todos, incluso para los niños. *CONVERSUS*. 49, 53-55.

Pérez, M. L. (2003). Nuevos caminos para la enseñanza de las ciencias. *CONVERSUS*. 20(20).

UNESCO (2001). Conferencia Internacional sobre la enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas (ICSTME 2001). Disponible en:

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127417_spa

Val-Castillo, O. (2020). Estudio de sustancias naturales como indicadores de pH. Una propuesta didáctica. *An. Quim.* 116(2), 88-98.

Vega, S. (2006). Ciencia 0-3 laboratorios de ciencias en la escuela infantil. Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L.