

Educación en Ciencias y Multiculturalidad

Aprender y Enseñar Ciencias en Comunidades Indígenas

Leticia Gallegos Cázares
Reyna Elena Calderón Canales
Beatriz Eugenia García Rivera
Fernando Flores Camacho
Humberto Ángel Albornoz Delgado



2022



Educación en Ciencias y Multiculturalidad

Aprender y Enseñar Ciencias en Comunidades Indígenas



Universidad Nacional
Autónoma de México



Instituto de Ciencias
Aplicadas y Tecnología

Educación en Ciencias y Multiculturalidad

Aprender y Enseñar Ciencias en Comunidades Indígenas

Leticia Gallegos Cázares
Reyna Elena Calderón Canales
Beatriz Eugenia García Rivera
Fernando Flores Camacho
Humberto Ángel Albornoz Delgado

2022

Educación en Ciencias y Multiculturalidad
Aprender y Enseñar Ciencias en Comunidades Indígenas

Primera edición: xx de xxxxxxxx de 2022
D.R.© 2022 Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México
Alcaldía Coyoacán
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

Coordinación general del proyecto
Leticia Gallegos Cázares

Autores
Leticia Gallegos Cázares
Reyna Elena Calderón Canales
Beatriz Eugenia García Rivera
Fernando Flores Camacho
Humberto Ángel Albornoz Delgado

ISBN:

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Financiamiento

Dirección General de Educación Indígena (SEP-DGEI).

CONACYT-SEB-2012-01-189113. Proyecto: Construcción del pensamiento científico en niños, niñas y docentes de comunidades indígenas: el conocimiento astronómico.

CONACYT-CGEIB-189352. Proyecto: Construcción del pensamiento científico en niños, niñas y docentes de comunidades indígenas sobre el tema de seres vivos.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México

Directorio

Dr. Enrique Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Venegas
Secretario General

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda
Abogado General

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria
Secretario Administrativo

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda
Secretaria de Desarrollo Institucional

Dr. William Lee Alardín
Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Rodolfo Zanella Specia
Director del ICAT

Agradecimientos

Nuestro profundo reconocimiento al cuerpo docente, alumnas y alumnos de la zona escolar 503 del municipio de Cuautempan, Puebla.

Al Dr. Eustacio López Marcos, entusiasta colaborador de este proyecto.

Al Maestro Margarito López Marcos por abrirnos el camino hacia estas comunidades.

El resultado de este trabajo es la suma de los esfuerzos combinados de muchas personas, agradecemos a cada una de ellas.

I Introducción.....	10
II Distintas Perspectivas del Mundo. El enfoque multicultural.....	17
El desarrollo del conocimiento en la concepción de los pueblos indígenas.....	19
La cultura científica.....	21
La cultura de lo cotidiano	23
La cultura escolar	24
El enfoque multicultural. La coexistencia de las distintas formas de ver el mundo.....	27
III La propuesta educativa	29
La multiculturalidad en la enseñanza de las ciencias en contextos culturales diversos	30
El proceso educativo para la cultura de la comunidad étnica	34
El proceso escolar para la enseñanza de las ciencias	36
Una propuesta multicultural para la enseñanza de las ciencias en comunidades indígenas.....	44
IV Proceso de Intervención e investigación	48
El inicio. Construcción de los espacios y condiciones para el trabajo.....	49
El proceso de investigación.....	61
V Materiales Educativos y la Intervención en las Aulas.....	66
Desarrollo y características de los materiales	66
Equipos de experimentación para las actividades	67
Desarrollo de las secuencias de aprendizaje.....	79
Colores y Sombras..	79
Seres Vivos	82
Astronomía. La Tierra y el Conocimiento del Cielo	87
VI Logros: transformación de las dinámicas de trabajo entre estudiantes y docentes.....	102
Cambios en las aulas.....	102
Las transformaciones en las ideas de los estudiantes.....	106
Los colores y las sombras.....	106

El conocimiento de los seres vivos y su diversidad.....	112
Astronomía: La Tierra y el conocimiento del cielo.....	122
VII Logros: los resultados de investigación.....	129
El modelo cultural cotidiano	130
El modelo cultural escolar	133
El modelo cultural étnico	135
Referencias.....	138
Anexo. Desarrollo de material educativo para la implementación de la propuesta	144
Contexto y usuarios.....	146
Directrices de Diseño	147
Colores y Resta de colores	148
Suma de colores.	148
Sombras.	149
La Tierra y el conocimiento del cielo.....	149
Rompecabezas de las comunidades.....	150
Tarjetas de los seres vivos.....	151

I Introducción

El primer paso para iniciar este proyecto fue plantear estas preguntas ¿cómo abordarlo? y ¿cuáles son los aspectos más relevantes que deben servir de guía para desarrollarlo?, ¿cómo analizar y evaluar los logros alcanzados? Para atender estas preguntas, se establecieron dos consideraciones que guiaran el trabajo, una relacionada con la forma en que se abordarían las características culturales de la población, y otra sobre el enfoque que enmarcaría los procesos de aprendizaje y enseñanza de las ciencias para los estudiantes. Cada una de ellas se describe en las siguientes líneas.

Sobre los aspectos culturales el posicionamiento definido fue el de respetar la cosmovisión cultural manifestada a través de las creencias, leyendas y concepciones sobre la naturaleza de las comunidades con las que se trabajó. De tal manera que no hubiera, por parte del desarrollo de las actividades que se realizaban desde el marco escolar, una sobreimposición de los conocimientos científicos sobre dichos aspectos culturales étnicos. En este sentido, la ciencia también se concibe como una cultura más, que tiene sus procesos, estructuras y creencias, que manifiestan otras formas de concebir la naturaleza. Esto, como se describirá más adelante, requiere reconocer y respetar ambas culturas, lo que enmarca el trabajo dentro de un enfoque multicultural.

Sobre la segunda consideración, el posicionamiento elegido fue trabajar a partir del desarrollo de una estrategia educativa centrada en una visión sobre la enseñanza de las ciencias que implica la construcción de concepciones y representaciones por las y los niños. De esta forma las acciones didácticas y los materiales educativos que, además de estar diseñados para las condiciones ambientales de infraestructura y contexto de las comunidades donde se aplicarían, son promotores del desarrollo de procesos de razonamiento y de indagación de la naturaleza. Para lograr ese enfoque,

como se describirá más adelante, se partió de la investigación actual sobre los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Previo a desarrollar de manera amplia las razones y fundamentos de estas dos consideraciones que guiaron el proyecto, brevemente se describirá cómo se llegó al planteamiento de este y su introducción en las comunidades donde se realizó.

El grupo de académicos que se involucró en el desarrollo y las investigaciones derivadas de este trabajo se ha especializado en el tema de la educación en ciencias desde hace varios años, investigando los problemas de aprendizaje, las formas de construcción de las nociones científicas en niños y jóvenes, capacitando profesores y elaborando materiales educativos para la enseñanza de las ciencias. Dentro de las diversas poblaciones a las que se han enfocado dichas investigaciones y desarrollos destacan los niños de educación preescolar y primaria. En estos niveles educativos, se tuvo una primera aproximación con profesores y niños de escuelas rurales en proyectos para enseñar ciencias a los que fuimos invitados por el Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) y de los cuales surgió la necesidad de llevar a cabo un proyecto de desarrollo e investigación mucho más amplio y profundo, particularmente en comunidades indígenas.

Las comunidades en las que se llevó a cabo el proyecto que aquí se describe, son comunidades Nahuas que habitan en el municipio de Cuautempan, en la Sierra Norte del Estado de Puebla (ver figura 1).



Figura 1. Municipio de Cuautempan, en la Sierra Norte de Puebla.

En estas comunidades hay escuelas indígenas y rurales, pero el proyecto se llevó a cabo solamente en escuelas indígenas multigrado y bilingües. El primer paso fue explicar el proyecto al coordinador de la zona y a un profesor que lo acompañó a este primer encuentro, ambos estuvieron de acuerdo con los propósitos del proyecto, sin embargo, la aceptación de este debía ser de los docentes de la zona con quienes se había platicado en la sala de maestros del Municipio de Cuautempan. Una vez que todos estuvieron de acuerdo, fue el responsable de la zona quién determinó las tres escuelas indígenas en las que se trabajaría de manera específica, también se acordó que los procesos de capacitación abarcaran a todos los docentes de la zona y no solamente a las escuelas participantes. Los

profesores se comprometieron a participar en el proyecto durante un año, sin embargo, los resultados observados por ellos lo extendieron a 5 años. Las tres escuelas participantes contarían con materiales para que los alumnos trabajaran la propuesta didáctica, para lo cual se asignó al proyecto un aula. Las escuelas seleccionadas fueron: “Juan Francisco Lucas” en Vista Hermosa, “Miguel Hidalgo” en Tecapagco y “Niños Héroes” en Cerro Verde todas ellas pertenecientes al Municipio de Cuautempan. Para iniciar, se acudió a estas escuelas para presentarse con la comunidad local y acondicionar un salón de ciencias en cada una de ellas. Estos salones de ciencias montados en las escuelas fueron renombrados por los profesores como **Kaltaixmatilis Semanauak** (Casa de saber del mundo en náhuatl, ver figura 2).



Figura 2. Las escuelas de Vista Hermosa, Tecapagco y Cerro Verde.

El acondicionamiento de los salones estuvo a cargo de los propios académicos participantes con apoyo de docentes. El equipamiento consistió, inicialmente, en un conjunto de materiales para la enseñanza de la ciencia, los cuales fueron desarrollados por el grupo de investigación que el equipo de trabajo conforma, partiendo de desarrollos que se habían aplicado en otros contextos, tanto urbanos como rurales y que habían mostrado ser adecuados para los niños (Gallegos, et al., 2008, 2009). Con ellos, en cada escuela se habilitó el área o salón de ciencias en el que alumnos y docentes trabajarían diversos temas de ciencias naturales (ver figura 3).

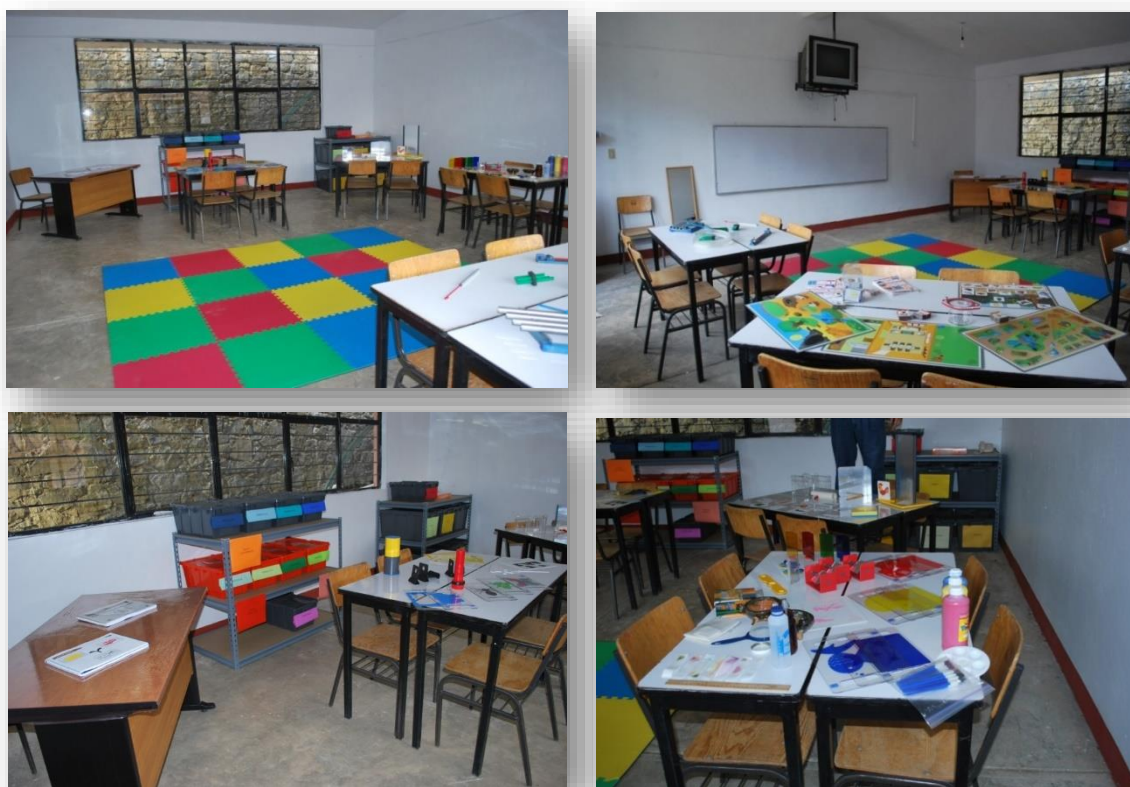


Figura 3. Ejemplo del salón de ciencias

Kaltaixmatilis Semanauak (Casa de saber del mundo) instalado en las tres comunidades.

Al mismo tiempo que se habilitaban los salones en las tres escuelas, se inició el proceso de formación docente, cuyas características se describirán adelante. De esta forma los salones de ciencias estuvieron listos cuando terminó la fase inicial de la capacitación y los profesores pudieron iniciar con el proceso de intervención en aula. Cabe resaltar que la aplicación en aula, en cuanto a los procesos de enseñanza estuvo a cargo de sus profesores(as), mientras que el equipo de investigación se encargó de observar y registrar los datos sobre cómo ocurrían dichos procesos. El trabajo de los profesores y las profesoras con su grupo sobre la enseñanza de los temas de ciencia en las aulas ocurría después de los cursos a los docentes. Adicionalmente, y como parte del proceso de investigación y validación del proyecto, se llevaron a cabo entrevistas con niños(as) y docentes sobre sus ideas o concepciones sobre los temas científicos desde la escuela, así como el registro de ideas sobre estos aspectos desde la perspectiva de las ideas y creencias propias de su cultura étnica.

El trabajo en las comunidades tuvo una duración de 10 años, en los cuales de manera periódica asistimos a las comunidades, unas veces para dar cursos a los docentes (durante los primeros 5 años), otras para observar lo que ocurría en las aulas, otras más para hacer entrevistas, para llevar a cabo actividades de conocimiento de las ideas y creencias étnicas de la región, o bien para realizar actividades de difusión, como un tianguis de ciencia (que marcó el inicio de las actividades del proyecto, ver figura 4) y una noche de observación de estrellas (como parte de las actividades del tema de astronomía).



Figura 4. "Tianguis de la ciencia" en la explanada de Cuautempan.

En el primer capítulo se describe el enfoque multicultural que guio la realización del proyecto, documentando su pertinencia para abordar la enseñanza de las ciencias, comparándolo con otras aproximaciones y estableciendo sus ventajas y límites para lograr el aprendizaje de los temas científicos en los niños de primaria de las comunidades participantes. En el segundo capítulo se establecen las consideraciones sobre los procesos de aprendizaje de las ciencias que orientaron los procesos de formación docente y de trabajo en el aula. En capítulos subsecuentes se detallan los procesos de intervención y los logros con los alumnos. En el penúltimo capítulo se presenta la forma en que se llevó a cabo el proceso de investigación y algunos de sus resultados más significativos. En el último capítulo, se plantea una propuesta con lineamientos generales para la enseñanza de las ciencias en comunidades indígenas (y rurales).

II Distintas Perspectivas del Mundo. El enfoque multicultural

Como se ha apuntado, nuestro primer acuerdo para iniciar este trabajo fue reconocer que las distintas culturas tienen un valor intrínseco y forman parte del conocimiento de la humanidad. Esto significa que sus ideas y conocimientos no deben ser puestos en una balanza que las compare con ideas y conocimientos procedentes de otros enfoques y culturas. Dicho reconocimiento es, en la actualidad, ampliamente promulgado por todos los países. Este es también el posicionamiento que comparten los educadores y quienes se dedican a la investigación y el desarrollo de propuestas educativas en torno a la enseñanza de las ciencias en distintas culturas. Al respecto hay una gran cantidad de investigaciones y acciones que describen esta situación. Por ejemplo, hoy por hoy, hay un amplio reconocimiento del valor que tienen los conocimientos que han desarrollado los grupos étnicos en las diversas culturas del mundo, en particular los relacionados con la botánica y el entorno ecológico, o los dedicados a la preservación de los recursos naturales (Aikenhead, 2001; Bang y Medin, 2010; Betchel, 2016; Harding, 1994; Snively y Corsiglia, 2000). Además, diversos investigadores que han abordado la construcción de los conocimientos de pueblos originarios han puesto de manifiesto que existen conocimientos y experiencias de las comunidades indígenas que las llevan a construir su relación con el mundo (Aikenhead y Michell, 2011) de una forma distinta a la propuesta por la ciencia de la escuela y que estas formas de relación, que han perdurado, la mayoría de las veces por mucho tiempo, han dado lugar a concepciones más holísticas con la naturaleza.

Por otro lado, se tienen los conocimientos científicos, que son aquellos que han construido las comunidades científicas y que, a través de un largo proceso histórico han ido estableciendo campos de conocimiento cada vez más especializado, desarrollando diversos procesos de indagación y

justificación, así como formas de garantizar la confiabilidad y acuerdo entre pares del conocimiento que se va construyendo, además de contribuir con la tecnología y los cambios en las formas de vida de todas las sociedades. Los conocimientos científicos, a diferencia de los de las culturas originarias, se han universalizado y se generan en todas partes del mundo, contribuyendo a un aumento considerable de conocimientos específicos y de desarrollos tecnológicos. El resultado es una sociedad actual en la que la ciencia y la tecnología son parte de sus procesos de desarrollo socioeconómico y que forma parte de una cultura global que se concretiza en la escuela y constituye en sí misma una perspectiva del mundo distinta a la de las culturas Indígenas u originarias, perspectiva que actualmente toda sociedad, en alguna medida, comparte como resultado del proceso de enculturación.

Adicional a estas dos perspectivas del mundo, la de las culturas científica y la de los pueblos o comunidades étnicas, que no pueden entenderse sino en un entorno social o colectivo, hay otra perspectiva que las personas desarrollan en torno a la naturaleza y que procede de la forma en la que cada sujeto cognitivamente interacciona con su medio ambiente. De esta forma, cada persona en su desarrollo, va construyendo sus formas de interpretación de lo perceptible, como consecuencia de la forma en la que interacciona con su entorno. Esto se traduce en lo que se ha denominado sentido común y que da lugar a ideas que la investigación en enseñanza de las ciencias ha caracterizado como ideas previas o concepciones alternativas.

A continuación, se describirán más detalladamente cada una de estas perspectivas del mundo, en las que cada persona se encuentra inmersa en mayor o menor medida, dependiendo de su entorno y su propio desarrollo conceptual. Como elemento adicional, se incluirá una breve descripción del entorno cultural de la escuela que, como veremos, también tiene características específicas que llevan a definirla como cultura escolar.

El desarrollo del conocimiento en la concepción de los pueblos indígenas

Una caracterización de la naturaleza de este conocimiento, la encontramos en Wilson (2001) y en Hatcher, Barlett, Marshall y Marshall (2009), para quienes el conocimiento étnico de diversas culturas comparte algunas de los siguientes elementos: es local por lo que corresponde con aspectos sociales y culturales específicos de cada región; se transmite de forma oral a través de narraciones que aluden a su ámbito local. Estas narraciones son formas de representar situaciones o problemas y, en muchas ocasiones, son metáforas desarrolladas como elementos auxiliares para la solución de problemas o comprensión de temas relevantes para su cultura; no requiere de comprobación, basta con que corresponda con los valores sociales de la cultura o de las narraciones que se hacen de ellas. En particular, es suficiente con que sean afirmadas por los ancianos de la comunidad; los conocimientos indígenas son funcionales y basan su explicación en la relación que existe entre los elementos participantes, lo que puede alterar o cambiar su significado con relación al contexto cultural en el que se desarrollan, en este sentido, es un conocimiento holístico, es decir que no hay división entre conocimientos, sujetos del conocimiento y la naturaleza.

Estas características generales sobre el conocimiento de poblaciones originarias o indígenas, son compartidas por otros investigadores que han caracterizado ese conocimiento y buscado tender puentes en torno a la enseñanza en los diversos contextos culturales (Aikenhead, 2001; Aikenhead y Ogawa, 2007; Kim, 2017; Ogawa, 1995). Estos puentes o cruces de frontera (bording-crossing) han sido la guía de diversos programas de ciencia para comunidades indígenas en muchos países y tienen la finalidad de entrelazar ambos tipos de conocimiento y enseñar los conocimientos de los pueblos en el espacio escolar de las ciencias, esto es, una enseñanza integrativa o intercultural. Sin embargo, estos puentes establecen relaciones

entre el conocimiento de los pueblos con los conocimientos científicos, sólo en su aspecto práctico. Esto es, en cómo proceder. Por ejemplo, en los usos de plantas o de cultivos, así como formas de preservación y protección del medio ambiente, pero no se han podido establecer lazos más estrechos pues la forma de concebir la construcción de ese conocimiento con el conocimiento científico es muy diferente y tienen enfoques epistemológicos inconmensurables en muchos aspectos. En particular la ciencia actual, como veremos más adelante, difiere de las formas de construir y validar el conocimiento de acuerdo con lo descrito previamente por Wilson (2001) y Hatcher et al. (2009) para las comunidades indígenas.

Además de las diferencias entre lo que podríamos llamar la cultura indígena y la cultura de la ciencia, incluida la ciencia escolar, en cuanto a formas de construir y validar el conocimiento, hay una gran diversidad de fenómenos de la naturaleza que se manifiestan cotidianamente para los cuales no es posible encontrar, con la misma claridad que con los aspectos ecológicos y botánicos, conocimientos que puedan ser compartidos entre las culturas. Algunos ejemplos son, los fenómenos térmicos, los fluidos, el movimiento de los planetas, fenómenos atmosféricos eléctricos, por mencionar algunos y para los cuales es necesario investigar si, por ejemplo, las formas de conocimiento de los pueblos indígenas han desarrollado algunos conocimientos y cómo los utilizan.

Por su parte, la construcción y validación del conocimiento científico, entendido este como la ciencia actual que se desarrolla en todos los países del mundo, está orientado por lo que se ha denominado la Naturaleza de la Ciencia. En la Naturaleza de la Ciencia se plantea la pregunta de cómo construir conocimiento que permita comprender e intervenir en los procesos y fenómenos naturales interpretados desde la cultura científica en la que han sido generados y donde están presentes herramientas conceptuales como las distintas formas de representación (ecuaciones, gráficas, símbolos,

formas de organizar escritos, etc.), los procesos inferenciales, esto es, las formas válidas de obtener conclusiones y explicaciones, las reglas de coordinación (relaciones entre conocimiento y observables, como se da en el caso de las mediciones), las estructuras como modelos y teorías, los procesos de validación del conocimiento y el estatus del conocimiento que, si bien para la ciencia actual es transitorio, es confiable y válido hasta que surja nuevo conocimiento que lo complete, lo aumente o lo sustituya parcial o completamente.

La cultura científica

En la ciencia se relaciona al conocimiento con la comunidad y la sociedad en la que se investiga y se elabora el conocimiento

A diferencia de las culturas indígenas, que son locales y preservadoras, la cultura científica es resultado de una construcción evolutiva y colectiva, en la que han participado comunidades de diversos países a lo largo de la historia, actualmente, en cada país hay comunidades científicas. El proceso histórico que ha seguido la construcción de la cultura científica, es un proceso con cambios sobre cómo concebir qué es el conocimiento científico y qué le da validez para considerarlo como tal. Ha habido teorías y formas de interpretar los procesos naturales que actualmente ya no son válidos, criterios de validez que han cambiado, así como las formas de informar, representar y compartir ese conocimiento. Por ejemplo, en la posición del positivismo lógico que dominó la concepción de ciencia por al menos la primera mitad del siglo XX, la ciencia tenía como cierto que el conocimiento establecido científicamente correspondía con la realidad, esto es, se tenía acceso a ella, siempre y cuando los procesos lógicos estuvieran claramente establecidos y el criterio de validez de ese conocimiento estaba determinado por esa correspondencia con la realidad a través del experimento, sea en su forma directa o en su forma falsacionista.

Sin embargo, para la segunda mitad del siglo XX y hasta la fecha, esa percepción cambió por una concepción en la que el conocimiento es válido solo dentro de los parámetros determinados por una teoría y donde incluso la experimentación y la interpretación de sus resultados depende de los elementos estructurales de la teoría donde se formulan y desarrollan (Kuhn, 1970; Amsterdamsky, 1975). Desde luego que también en esta concepción, las comunidades establecen las reglas de confiabilidad del conocimiento y los procesos que deben llevarse a cabo para garantizar que es un conocimiento válido y confiable. Todos estos procesos son determinados y acordados por las comunidades científicas y las que estudian la ciencia como la filosofía y la historia de la ciencia. Están presentes los debates y puntos de vista distintos sobre diversos temas de lo que es el conocimiento científico y su relación con la realidad, pero hay acuerdos generales que caracterizan la Naturaleza de la Ciencia, como son:

El conocimiento científico es tentativo, sujeto a cambio. Esto reconoce que el conocimiento científico ha cambiado y podrá seguir cambiando a la luz de encontrar nuevas relaciones entre el conocimiento o nuevas teorías, que no solo implica nuevo conocimiento sino que el conocimiento previo puede dejar de ser válido o interpretarse de manera distinta; tiene una base empírica, esto es, debe estar conectado de alguna manera con lo medible y observable, sin que esto implique que sólo si se prueba empíricamente es verdadero, sólo que hay un cierto nivel de relación entre lo inferido y lo observado o medido; involucra necesariamente las inferencias y razonamientos humanos, su creatividad e imaginación, esto implica explicación e innovación; está social y culturalmente inmerso, lo que relaciona al conocimiento con la comunidad y la sociedad en la que se investiga y se elabora el conocimiento (Adaptado de Lederman y Lederman, 2014).

Desde luego que estas son características básicas y generales y sobre algunos puntos hay diversos enfoques y también hay intensos debates filosóficos en torno a aspectos más puntuales, en especial sobre la relación con la verdad, la universalidad y otros temas.

Es conveniente hacer notar que, si bien lo descrito es parte de lo que implica la Naturaleza de la Ciencia, da cuenta de los elementos que están presentes en la ciencia escolar, como actualmente se concibe, y en la cual el aprendiz o el alumno, toma parte activa en sus procesos de aprendizaje de las ciencias.

La cultura de lo cotidiano

Las ideas previas pueden ser explicadas como un reflejo de la cultura doméstica, son construcciones conceptuales de los estudiantes que generan a partir de las acciones diarias y las explicaciones necesarias para ser funcionales y resolver problemas inmediatos

Además de las culturas ya descritas, que tienen sus raíces en comunidades o sociedades que al paso del tiempo han ido construyendo sus procesos y formas de interpretación e interacción con los fenómenos naturales, es posible establecer una cultura de lo común o cotidiano, la que, a diferencia de las anteriores, tiene su raíz en la interacción de los sujetos en lo individual con los procesos o fenómenos naturales. Esta interacción está regulada, en su inicio, por las capacidades del cuerpo de percibir los fenómenos e interpretarlos, proceso que se ha denominado “embodiment” o corporeización (Barsalou, 2008; Boroditsky, y Ramscar, 2002; Lozada y Carro, 2016) y que da lugar a procesos de razonamiento inferenciales, con los cuales el sujeto desde la infancia hasta la adultez, construye un conjunto, no necesariamente estructurado (diSessa, 1993), de formas de comprender

e interpretar cómo ocurre lo que percibe. El resultado de este proceso, que es dependiente de las capacidades cognitivas y perceptivas de las personas y, por lo tanto, no depende de las sociedades y culturas en las que se desarrolla, es un conjunto de ideas o concepciones que se han denominado ideas previas o concepciones alternativas y, que como muestra la investigación educativa, se encuentran en todos los niños y sujetos de las diversas regiones y culturas en el mundo. Ideas que, además, se caracterizan por ser resistentes al cambio y, que en su mayoría no pueden ser removidas (Duit, 1999).

La presencia de estas ideas previas generadas en el contexto cotidiano, comparten espacios en la mente de los alumnos, junto con las ideas memorizadas en la escuela, lo que ocurre en una doble vía en la que las interacciones son escasas o nulas, como lo han descrito desde hace varios años West y Pines (1985). ¿Qué es lo que hace que estas ideas se presenten?, ¿qué es lo que hace que permanezcan?, ¿son un impedimento para el conocimiento escolar de los alumnos? Son apenas algunas de las preguntas que nos hemos hecho y que todavía debiéramos hacernos todos los días cuando pretendemos enseñar ciencias en la escuela.

La cultura escolar

La didáctica de las ciencias es igual en todas las aulas, independientemente del contexto social o cultural y está alejada de la propia propuesta oficial

Las escuelas primarias de todo el país, incluyendo las escuelas indígenas, rurales y migrantes, están regidas por un solo currículo nacional que es regulado y dirigido por la Secretaría de Educación Pública (SEP). En este currículo, la ciencia escolar tiene una perspectiva basada en la Naturaleza de la Ciencia. En la Naturaleza de la Ciencia se establecen los elementos

deseables que se espera que los alumnos logren, en particular, que desarrollen interés por preguntarse cómo se construye el conocimiento que permite comprender e intervenir en los procesos y fenómenos naturales, que puedan desarrollar procesos de indagación, de interpretación y de comunicación de los conocimientos científicos. Que se comprenda que la ciencia es una empresa colectiva y que proporciona conocimiento confiable. Para ello, los alumnos deberán poder hacer uso de herramientas conceptuales como las representaciones, los procesos inferenciales, las reglas de coordinación (relaciones entre conocimiento y observables, mediciones) así como comprender que la ciencia es parte del desarrollo de las sociedades y que tiene implicaciones en ella que todos debemos conocer para poder tomar decisiones sobre los problemas actuales.

Así, el currículo escolar gira en torno a cómo se ha construido la manera de comprender e interaccionar con el mundo natural desde la perspectiva de la Naturaleza de la Ciencia, lo que implica que, al considerar sus características, reconocemos que la cultura de la ciencia en la escuela, que en adelante designaremos como la *ciencia de la escuela* (Neus Sanmartí, 1997), desde la que se enseña, se encuentra social y epistemológicamente inmersa dentro del contexto de la Naturaleza de la Ciencia. En el caso de las escuelas indígenas, la cultura étnica de la zona no tiene ninguna consideración en el currículo oficial, ni siquiera plantea preguntas sobre si debe o no considerarse o si hay casos (por los temas del currículo) en los que es necesario tomar en cuenta ese contexto, y como en todo el país, el currículo de la ciencia, que se enseña, corresponde a la *ciencia de la escuela* que promueve y regula las competencias y los conocimientos que los alumnos deberán alcanzar.

Congruente con las concepciones actuales sobre la Naturaleza de la Ciencia descritas previamente, la enseñanza de la ciencia, en el currículo nacional mexicano, tiene una perspectiva educativa orientada por el constructivismo,

en el cual, el alumno es reconocido como el constructor de sus conocimientos en función de sus representaciones y estructuras cognitivas. Desde esta perspectiva, el conocimiento se construye activamente a partir de la reconstrucción continua de las ideas que se confrontan con la fenomenología, que requiere interpretarse y sobre la que se actúa cotidianamente.

Sin embargo, en la escuela en general está presente un currículo no declarado, oculto (Bernstein, 1988), donde estas características de la ciencia escolar que son promovidas y estructuradas en el currículo oficial de la SEP, no son reconocidas por una gran mayoría de docentes. Por el contrario, casi siempre, las acciones de los profesores en las aulas no corresponden con la visión curricular, sino por el contrario, son opuestas a las premisas del constructivismo. El resultado es una *ciencia escolar* de facto, que considera el conocimiento estático, con reglas de construcción rígidas y con procesos inferenciales limitados, lo que genera y promueve en los alumnos la simple aceptación de hechos y la aplicación de algoritmos, que están lejos de expresar la concepción actual de la ciencia y de su aprendizaje en la escuela, el que al menos en forma declarativa, se aprecia en el currículo escolar. Lo anterior expone la compleja situación que presenta la enseñanza de las ciencias en las aulas de las escuelas de educación básica en nuestro país y que está ligada a procesos de formación docente desactualizados, que siguen centrados en una visión de la ciencia superada hace ya muchas décadas.

El enfoque multicultural. La coexistencia de las distintas formas de ver el mundo

El conocimiento indígena, el de la ciencia escolar y el cotidiano, mantienen características y representaciones distintas sobre los mismos fenómenos

García, Pulido y Montes del Castillo (1997) han propuesto que todas las personas somos multiculturales, ya que cada individuo tiene acceso a múltiples culturas con las que interacciona a través de pensamientos, acciones y conocimientos en situaciones específicas que están enmarcados en culturas distintas. Así, cada cultura es reconstruida por el sujeto y juntas constituyen su visión del mundo, compuesta de los conocimientos, valores, creencias etc., en cada una de las culturas en que el sujeto es competente (Keesing, 1974).

También, desde las perspectivas de la filosofía de la ciencia, se ha reconocido que coexisten diversas formas culturales de pensamiento en los sujetos. Por ejemplo, Wilfred Sellars (1971) ha analizado la existencia de al menos una cultura del sentido común y otra científica y, por su parte Gastón Bachelard (1970), ha ejemplificado cómo en cada sujeto, aún en los que se dedican a la ciencia, coexisten ideas que corresponden a distintas formas de pensamiento, ideas que afloran en situaciones de contextos específicos. Por su parte, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, El-Hani y Mortimer (2007) también han manifestado que en los alumnos coexisten diversas ideas, formando perfiles conceptuales, lo que implica también, que son sujetos multiculturales.

Lo anterior implica que las personas, en todo momento, en su estructura cognitiva, tienen recursos cognitivos, conceptuales y representacionales que usan cuando lo demanda el contexto de un cierto ámbito cultural. Así, con el uso del lenguaje, las ideas que se construyen son correspondientes al

entorno cultural en el que una persona se encuentre en determinado momento y lugar. Ejemplos de ello es cuando los alumnos responden a preguntas dentro del ámbito escolar y cuando lo hacen fuera de ella. Las ideas que expresan están reguladas por su adaptación cognitiva a cada ambiente; escolar o extraescolar. Otro caso es cómo en ciertas comunidades, los sujetos no expresan sus ideas cuando se encuentran en comunidades culturales distintas y tratan de responder conforme a ese otro entorno cultural, lo cual pueden hacer porque tienen elementos de esa otra cultura.

García et. al., (1997) proponen que existen al menos cuatro culturas en las que estamos inmersos, para este trabajo, se han seleccionado tres, por considerarlas las más relevantes para orientar el proyecto de enseñanza de las ciencias en comunidades Indígenas. Estas son:

- *La cultura doméstica o de lo cotidiano. Representa aquella que se desarrolla en el lugar donde ocurre la interacción día a día con el mundo social y natural cercano, inmediato.*
- *La cultura del grupo étnico al que se pertenece. Esta cultura se ubica en relación con la cultura originaria de las personas y está relacionada con sus costumbres, tradiciones, leyendas, historia y lengua, que forman parte de toda una cosmovisión.*
- *La cultura escolar. Determinada por el lugar donde se aprenden los valores y conocimientos definidos por la institución escolar a través del currículo y las prácticas escolares.*

La cultura científica como tal, se toma en cuenta a través de la ciencia escolar en la que, si bien se encuentran sólo algunos aspectos de la cultura de las comunidades científicas, es lo suficientemente representativa de los procesos y formas explicativas que se han construido en la cultura científica. Por ello, y puesto que el proyecto está enfocado en la enseñanza de la ciencia en la escuela básica, se ha enfocado en las tres culturas descritas.

III La propuesta educativa

Del capítulo precedente, se tiene el reconocimiento de que somos sujetos multiculturales, que ante diferentes escenarios somos capaces de elaborar, desarrollar y comprender conocimientos de naturaleza distinta y que los usamos en cada contexto cultural. Así, en nuestra vida cotidiana las ideas previas funcionan de manera automática cuando estamos inmersos en ese contexto y se hacen inferencias y explicaciones de acuerdo con el sentido común. En el ámbito escolar, como se ha descrito, la cultura se determina de la Naturaleza de la Ciencia que se lleva a la escuela a través del currículo, la forma de interpretar, desarrollar y comprender tiene, la intención de estar en consecuencia con ese ámbito cultural y, quienes pertenecen a una cultura diferente, como el caso de culturas indígenas o de migrantes, en su ámbito cultural de origen también desarrollan pensamientos, interpretaciones y comprensión de acuerdo con los parámetros de dicha cultura. De esta forma, al contar con esa multiculturalidad, asumimos roles distintos y formas de pensar diferenciadas, que nos permiten coexistir y cohabitar en todos esos ambientes culturales.

Por lo anterior, esta propuesta educativa, basada en la multiculturalidad, tiene como guía, en principio, que los procesos de enseñanza también deben estar diferenciados. Sin embargo, esto no es tan simple como pudiera parecer, pues en los procesos educativos y en el desarrollo de los sujetos se dan tensiones entre esas diferentes culturas, sobre todo cuando los alumnos, los profesores y demás actores educativos se cuestionan hasta dónde es posible esa independencia de ideas y creencias sobre los procesos naturales, y si unas explicaciones deben sustituir a otras, o bien, intercalarse de tal manera que se amalgamen. Por consiguiente, es necesario proponer un proceso educativo que apoye ese proceso multicultural y ayude a disminuir tensiones en los sujetos sobre la valoración de sus propios conocimientos.

A continuación, se expondrá la propuesta educativa, analizando en cada caso los puntos de partida y la justificación del enfoque educativo propuesto.

La multiculturalidad en la enseñanza de las ciencias en contextos culturales diversos

¿Qué características debiera tener una propuesta educativa para la enseñanza de las ciencias en comunidades indígenas?

La respuesta a esta pregunta ha merecido un amplio debate y, como es de esperar, se han desarrollado diversas posiciones o enfoques. Por un lado, se encuentra, el reconocimiento de las diversas culturas como fuentes válidas de conocimiento y, por otro lado, la cultura científica que ha mostrado relevantes avances en la comprensión de la naturaleza y el desarrollo tecnológico. Esto ha generado propuestas que se han desarrollado desde los extremos. Uno es el enfoque en el que se establece que en las comunidades indígenas sólo deben enseñarse los conocimientos sobre la naturaleza generados por su propia comunidad, y otro es el enfoque que plantea que los conocimientos de las comunidades indígenas no deben tomarse en cuenta para la enseñanza de la ciencia de la escuela. Sin embargo, estas posiciones extremas han ido perdiendo vigencia en las últimas décadas y son cada vez menos visibles. Los esfuerzos actuales se han enfocado en buscar procesos donde se rescaten y preserven las ideas de los pueblos originarios, sin dejar de reconocer la necesidad de que los alumnos se formen también en las ciencias naturales que la ciencia escolar enseña. Así, en el contexto internacional, se han elaborado propuestas de integración, transculturación (cross-cultural) y procesos de aculturación paralelos (Aikenhead, 2001; Bang y Medin, 2010; Cober y Loving, 2001; Harding, 1994; Ogawa, 1995). En todos estos casos se reconoce que el conocimiento

y su construcción es un proceso cultural en el que participan la cultura del educando, del educador y la escuela, a través de su currículo.

En el contexto mexicano, también se han desarrollado propuestas para comunidades indígenas, que presentan distintos enfoques. Jiménez Naranjo (2011) reconoce al menos tres:

- 1) Centrados en la adquisición del aprendizaje del currículo, en busca de la equidad e igualdad para lograr la construcción de una ciudadanía democrática.
- 2) Articulación del conocimiento local y las prácticas escolares. En ellas se trata de establecer un vínculo con los contenidos escolares, el conocimiento familiar y de la comunidad.
- 3) Interrelación entre lo local y lo global, a través de un diálogo entre culturas.

En todos estos casos se busca establecer un vínculo o relación entre el conocimiento escolar y el étnico.

Sin embargo, esto ha implicado diversas consideraciones en torno a la equivalencia de esos conocimientos, pues implicaría, de ser ese el caso, considerar que ambos tipos de conocimiento pueden transitar entre una cultura y otra, que son construidos con parámetros y criterios semejantes, lo cual, como se ha descrito previamente, no ocurre. Las formas de construcción del conocimiento científico están orientadas por la Naturaleza de la Ciencia y por el Aprendizaje de la Ciencia de las comunidades indígenas por otro tipo de consideraciones epistemológicas y ontológicas.

La búsqueda de interconexiones entre ambos tipos de conocimiento, está en consonancia con las propuestas de distintos investigadores (Aikenhead, 2001; Bang, Megan y Medin, Douglas, 2010) que presentan la alternativa de generar puentes, cruces de frontera (bording-crossing) e interculturalidad

que tienen en común la búsqueda e integración de elementos comunes a todo tipo de conocimiento y que descartan usar uno u otro conocimiento en contextos distintos. Si bien, en diversos países este enfoque ha sido dominante y se han elaborado propuestas curriculares con esa orientación. Por otro lado, los casos más prometedores de esa integración o interculturación, para el caso de la ciencia, atienden principalmente aspectos relacionados con la preservación de la ecología y el uso y cuidado de la agricultura y las plantas medicinales, mientras que, otros campos de la ciencia quedan totalmente ajenos a esos esfuerzos integradores, dejando a los alumnos en situaciones complejas y tensiones para comprender por qué unos conocimientos sí valen la pena y pueden ser compartidos con los conocimientos científicos y otros no.

Así puede verse que, como lo señalan García, Pulido y Montes del Castillo (1997) hay diversas influencias entre las culturas con las que toda persona convive diariamente, por lo que coincidimos con estos autores en que todos somos sujetos multiculturales, y accedemos a las múltiples culturas con las que interactuamos mediante nuestros pensamientos, acciones y conocimientos, que están ligados a situaciones específicas que los enmarcan en culturas distintas. Cada una de estas culturas es reconstruida por el sujeto y constituyen su visión del mundo basada en los conocimientos, valores, creencias etc., en cada una de las culturas en que el sujeto es competente (Keesing, 1974).

Bajo esta perspectiva multicultural, el enfoque educativo aquí propuesto evita en todo momento someter a los alumnos a tensiones interculturales, pues lo que busca es el fortalecimiento de las diferentes formas de conocimiento, con la intención expresa de que los alumnos reconozcan que son conocimientos diferentes, que tienen validez en sus propios contextos culturales y que por ello son valiosos, por lo que es importante comprenderlos y usarlos de acuerdo con el entorno cultural en el que uno

se encuentre. Así, la ciencia debe incluirse y enseñarse en la escuela de acuerdo con los elementos que proporciona la naturaleza de la ciencia para que los alumnos puedan comprender desde esa perspectiva los fenómenos que se les presentan y no queden excluidos del ámbito general de la cultura escolar. Por otra parte, hay que hacer esfuerzos para que los conocimientos correspondientes a su cultura originaria, también sea enseñada para comprender cómo se interpretan los fenómenos desde ese entorno cultural y por qué son relevantes para preservar sus conocimientos (Quintriqueo, Gutiérrez y Contreras, 2012; Quintriqueo, Quilaqueo y Torres, 2014; Gallegos et al., 2016, 2017; El-Hani y Mortimer, 2007). De esta forma, la propuesta que se llevó a cabo para la enseñanza de las ciencias en las comunidades indígenas está centrada en llevar al aula los procesos actuales de la construcción y reconstrucción de representaciones con los elementos que plantea la naturaleza de la ciencia para el aprendizaje de las ciencias y, por otro lado, busca rescatar los temas científicos que se llevaron a cabo en el proyecto, desde las tradiciones, leyendas y conocimientos que sobre esos temas se encuentran en su comunidad, para presentarlos de manera paralela, sin intentar mezclarlos, pero reconociendo su función y validez en su entorno cultural.

Por lo que toca a la cultura de lo cotidiano, que, para el caso de los fenómenos naturales, se encuentra sintetizada en las ideas previas o concepciones alternativas, en esta propuesta se trata dentro del ámbito escolar, pues es una problemática general y pertinente a la enseñanza de las ciencias, así que se toma en cuenta para desarrollar las estrategias didácticas que partan de las concepciones alternativas y promuevan su reconstrucción acercándolas al conocimiento de la ciencia escolar.

El proceso educativo para la cultura de la comunidad étnica

Las ideas étnicas responden a los valores culturales de la etnia de la que provienen

La cultura étnica también está presente en las explicaciones de diversos hechos cotidianos que se expresan a través de alguna creencia que comparte la comunidad. Por ejemplo, en algunas culturas al color rojo se le asigna una “propiedad” de protección hacia las personas, animales u objetos que consideran de valor. Otro ejemplo es la idea de la “fuerza de ciertos colores”, que se traduce en que un color se impone sobre otros a los que no se puede ver cuando se combinan (Gallegos et al., 2014). Estas ideas se registran y, en algunos casos documentan, en leyendas, relatos y cuentos. Pareciera que es posible que se presente en otras etnias, sin embargo, no de forma generalizada en todas las culturas, como sucede con las concepciones alternativas representativas de la cultura cotidiana. Estas ideas relacionadas con las etnias se identifican en la literatura como “conocimientos o saberes indígenas” (en ocasiones se les llama ciencia indígena) y constituyen un conjunto, que forma y determina su comportamiento ante los procesos o fenómenos naturales. Así, por ejemplo, en las comunidades donde se llevó a cabo el proyecto, las personas no señalan el arco iris por temor a que el dedo que apunta hacia él sufra algún daño. Este conocimiento está ligado a las formas de interpretación de los observables y de acciones que se han repetido desde mucho tiempo atrás y que están sujetas o reguladas por las formas de concepción de lo posible en la interacción entre las personas y su entorno natural.

Este conjunto, sin embargo, no está estructurado, pues cada idea o creencia está asociada a un fenómeno y no se relaciona con otros, por lo que, para recuperar dichas ideas, el proceso seguido fue coleccionarlas como un conjunto de creencias sobre una cierta temática que se pueden encontrar en

la cultura de la comunidad indígena y, con ayuda de los profesores que hablan y escriben la lengua de la comunidad, elaborar libros bilingües (náhuatl – español) ilustrados para los niños. En estos materiales, de forma paralela, se construyen explicaciones de la ciencia escolar y se relatan las historias y cuentos. Dichos libros constituyen para los niños la primera fuente escrita en su idioma sobre las historias y leyendas de las ideas de su comunidad acerca de algunos aspectos de la naturaleza, como lo son las historias sobre los colores que se han descrito. De esta forma se pueden apreciar los dos tipos de comprensión de los procesos naturales, sin que uno se superponga a otro, o bien, evitando que se construyan explicaciones combinadas que hacen perder toda coherencia a ambos tipos de conocimiento. Para este proyecto se elaboraron tres de esos libros para los niños, uno sobre los colores, otro sobre los seres vivos y uno más sobre astronomía. Estos materiales y su estructura, así como ejemplos de su contenido se expondrán en capítulos posteriores (ver figura 5).



Figura 5. Los libros bilingües desarrollados para los niños.

Debido a que la aproximación educativa sobre las ideas y creencias de la comunidad se da de manera que no se intersecta con la de la ciencia escolar, los libros son usados por los profesores de la comunidad, en los momentos que consideran adecuado, su uso fue diverso, como lecturas o discusiones en clase, relatos de los niños sobre lo que ellos han vivido o percibido de acuerdo con esas historias o conocimientos, etc. Este proceso libre para los

profesores obedece a dos factores, uno tiene que ver con interferir lo menos posible con las formas de interacción entre los miembros de la comunidad, en este caso profesores y alumnos, pues ambos, son en su mayoría originarios de la comunidad indígena. La otra es que, como la mayoría de los profesores pertenece a esas comunidades, tienen a la mano diversos recursos para establecer diálogos con los niños y dar el valor que corresponde a sus conocimientos tradicionales.

El proceso escolar para la enseñanza de las ciencias

La cultura escolar responde a los valores y estructura de la Naturaleza de la Ciencia

Correspondiente con el enfoque educativo que parte de una visión constructivista y que retoma lo descrito sobre la Naturaleza de la Ciencia, la propuesta desarrollada para la enseñanza de las ciencias en el proceso escolar, tiene fundamento en la concepción del aprendizaje como transformación y construcción representacional, lo que implica el refinamiento de las teorías de aprendizaje que se han denominado teorías del cambio conceptual. Estas teorías tienen su origen en la propuesta de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) quienes en un artículo pionero acogieron muchas de las inquietudes que, en esa época, se presentaban sobre la enseñanza de las ciencias. En ese artículo los autores se basan en: la dinámica de transformación que siguen las teorías científicas a lo largo de la historia que había sido desarrollada por Kuhn (1970) y, en el análisis del significado de los conceptos en los alumnos, que las ideas previas o concepciones alternativas habían puesto de manifiesto una década antes (Flores, 2004).

Consideraciones sobre los alumnos

La enseñanza tradicional de la ciencia está relacionada con una didáctica cuya estrategia se basa en la memorización y en la respuesta inmediata a un problema

A partir de la idea de cambio conceptual se generaron, a lo largo de los años, diversas propuestas sobre la forma en la que los conceptos pueden ser transformados por los alumnos, tales como: considerar al cambio conceptual como un proceso de reemplazo, esto es, los conceptos que lo alumnos tienen podrían ser sustituidos por los conceptos científicos cuando los alumnos reconocieran lo inadecuado de sus ideas. Otras propuestas consideraron que el problema es más complejo y debiera tratarse como un cambio continuo y dinámico en el que los alumnos, a lo largo de cierto tiempo, reconstruyen sus concepciones y modelos, o bien, elaboran nuevos ante nuevas circunstancias y contextos que se presentan en el ámbito escolar.

Es innegable que las teorías de cambio conceptual han promovido el desarrollo de nuevas formas y procesos de enseñanza y se han llevado a cabo modificaciones en las aulas, textos y currículos, sin embargo, la situación en las escuelas sigue mostrando que pocas ocasiones se logra ese cambio conceptual en los alumnos, y que permanecen los problemas de comprensión de los temas científicos y las ideas previas. Sin embargo, estas teorías han dado pie a seguir analizando los procesos de aprendizaje con un enfoque dinámico y centrado en las formas de comprensión de los alumnos. Esto ha dado lugar, por ejemplo, a una derivación de los modelos de cambio conceptual hacia la noción de construcción y transformación representacional.

Este cambio de enfoque obedece a que la noción de representación amplía la función de los conceptos (al mismo tiempo que los incluye) pues en ella también se encuentran las diversas formas de expresar las ideas, su relación con otras y una clara dependencia con el contexto en el que se aplican. En la concepción educativa de transformación y construcción representacional, la idea no es la de sustitución de conceptos, sino que las ideas que construyen los alumnos en su entorno cotidiano sean un elemento más dentro de sus recursos de representación, y éstos puedan coexistir con nuevas representaciones, o bien, irse transformando en un proceso largo y continuo. Por ejemplo, como expresan Caravita y Halldén (1994): “Nosotras argumentamos que el propósito del aprendizaje, de la ciencia, por ejemplo, no es la de abandonar viejas ideas a favor de nuevas, sino, por el contrario, extender nuestro repertorio de ideas acerca del mundo físico y cultural, en orden de refinar su organización y coherencia” (Caravita y Halldén, 1994, p. 106, citado en Flores, 2004).

La representación es la entidad que construimos y que nos permite dar cuenta de los procesos de la interacción que los sujetos tenemos con el mundo físico y socio cultural y es siempre relativa a los campos de conocimiento. Así, cuando percibimos algún fenómeno construimos una representación de este que nos permite darle sentido y, en su caso, llevar a cabo alguna acción. La simple evocación o mención, por ejemplo, de un concepto como el calor, nos implica una construcción mental en la que incluimos sensaciones que hemos tenido, procesos en los que está involucrado, aspectos escolares como definiciones, imágenes de un texto, etc., esto es, todo un conjunto de elementos, incluidos los conceptos escolares y las ideas previas, que funcionan en la mente de los sujetos para representarse términos y procesos naturales o sociales.

Las representaciones tienen, entonces, una funcionalidad dentro de los sistemas de construcción del conocimiento, sus aproximaciones

epistemológicas y psicológicas están estrechamente relacionadas. Sin embargo, no hay que concebir a las representaciones, como en muchas ocasiones ocurre, como una mera abstracción de parte de lo observable o de la realidad, ni tampoco como una mera expresión gráfica o simbólica. “Las representaciones, entonces, no son abstracciones en el sentido de que los sujetos hacen un recorte de lo percibido, sino que están ligadas a la propia percepción a través de la interacción intencionada, que se expresa como una construcción mental para actuar en o sobre lo percibido.” (Flores et al, 2019 p. 19).

Con lo descrito se podrá apreciar que comprender el aprendizaje ya no es solamente atender a la comprensión y transformación de los conceptos, sino a las construcciones que hacen los sujetos para dar sentido e interaccionar con su entorno, a través de las formas en las que pueden expresar esas relaciones, como son expresiones verbales, simbólicas, gráficas, etc. Con esas representaciones explicitadas en alguna o varias de esas formas, es posible llevar a cabo inferencias y construir explicaciones.

Para que las representaciones que los alumnos construyen y transforman sobre los fenómenos naturales sean congruentes con la ciencia escolar, el proceso cognitivo que deben llevar a cabo los alumnos debe estar dentro del marco de la Naturaleza de la Ciencia que se ha establecido para la escuela y que se ha descrito previamente. De esta forma la manera de interaccionar con los fenómenos o procesos naturales, en el ámbito escolar, debe ser bajo procesos didácticos en los que los alumnos tengan la experiencia directa de los fenómenos, que los puedan percibir de distintas formas y expresarlas en formas representacionales diversas, como dibujos, esquemas, palabras y, en su caso, símbolos, los que tienen que estar articulados para que formen estructuras explicativas, esto es que no se limiten a la descripción sino a establecer relaciones entre lo que se observa para inferir causas y efectos.

De acuerdo con el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia, la interacción de los alumnos con los procesos o fenómenos naturales, así como la interiorización de diversos conocimientos que forman parte del currículo, requiere que los alumnos puedan representarlos y construir explicaciones viables, que en equipo puedan trabajar y discutir ideas y llegar a consensos argumentados, ser capaces de relacionar sus ideas y argumentos con lo que es observable y poder comunicar de manera clara sus ideas, así como poder integrar sus conocimientos en representaciones más estructuradas, como los modelos.

Retomando los aspectos descritos, la propuesta escolar se caracteriza por incluir estos elementos:

- Los alumnos precisan contar con oportunidades para interaccionar con los fenómenos, tiempo suficiente de análisis y reflexión para que construyan y transformen sus representaciones de los procesos naturales. Esto implica un proceso centrado en el alumno.
- Favorecer procesos de indagación en la que los alumnos puedan proponer y explorar ideas en torno a observaciones, inferencias y explicaciones. Esto indica que no sólo basta con proporcionar actividades experimentales, sino fomentar la construcción de explicaciones que muestren un proceso argumentativo claro.
- Establecer formas de registro para los alumnos, así como tiempo y espacio para la confrontación de ideas. El registro de las acciones e ideas constituye un elemento relevante para la conformación de las representaciones, así como para tener a mano los elementos para inferir, argumentar y comunicar.
- Generar situaciones en las que los alumnos puedan establecer relaciones de sus construcciones representacionales y explicaciones con otros casos, ejemplos o fenómenos, que les permita ir estructurando una conceptualización más articulada y completa de una determinada temática escolar.

Desde luego que los procesos de construcción en los alumnos no ocurren sólo por proporcionar actividades y fomentar discusiones y registros, se requiere de una atenta guía y apoyo docente, aspecto que como veremos más adelante, requiere también de una propuesta para los docentes, dadas las condiciones que imperan en su formación y práctica docente.

Para poder llevar a cabo una intervención educativa como la delineada en los cuatro puntos anteriores, es necesario tomar en cuenta el punto de partida con el que los alumnos abordan los temas, así como el conjunto de ideas previas o concepciones alternativas que han construido desde su interacción cotidiana con el entorno. Con respecto a las ideas previas o concepciones alternativas, dentro del campo de la didáctica de las ciencias, se ha motivado su investigación desde hace varias décadas. La literatura al respecto muestra que esas representaciones son las construcciones intencionales que cada sujeto genera para explicar y dar cuenta de los fenómenos naturales en lo cotidiano y no corresponden a las representaciones y explicaciones que demanda la escuela y, más aún, que, en muchos casos, conllevan problemas complejos limitan u obstaculizan los procesos de aprendizaje.

Esto, por otro lado, ha llevado al reconocimiento que esos procesos de aprendizaje, constituyen procesos complejos a los que alumnos y profesores están sometidos y que precisan reconocerlos como elementos que demandan atención y no simplemente, como muchas veces ocurre, ignorar las ideas previas de los alumnos o pretender que podrán superarse solo por realizar alguna actividad experimental o porque se presentan explicaciones en el aula, ya sea a través de los textos o por las explicaciones dadas por los docentes.

La enseñanza de la ciencia escolar implica reconocer que los alumnos han construido sus propias representaciones o ideas previas y que lograr incidir en que reconozcan la validez de la ciencia escolar y que sea funcional para

ellos implica también, como se establece en la Naturaleza de la Ciencia, que los alumnos desarrollen procesos de indagación, lo que incluye aceptar explicaciones nuevas, comparaciones, elaborar nuevas representaciones y cómo dar validez o confiabilidad a esas explicaciones, pues no solo les sirven para adaptarse al ámbito escolar y pasar el examen, sino que las representaciones de la ciencia escolar les posibilitan nuevas formas para hacer inferencias y explicarse los fenómenos cotidianos de manera más amplia y fructífera. Además del proceso de comprensión de los conocimientos científicos, la labor de la escuela, en cuanto a la enseñanza de la ciencia, es que los alumnos también puedan comprender que el conocimiento científico es construido por una comunidad y que en la escuela se preservan algunas de las características, que son establecidas por los grupos escolares y que obedecen a las reglas básicas que establece la comunidad científica expresadas en la Naturaleza de la Ciencia.

Consideraciones sobre los docentes

Derivado del trabajo de investigación y de experiencias educativas de las décadas previas, actualmente se cuenta con una gran variedad de elementos tanto teóricos como prácticos para mejorar la enseñanza de las ciencias en la escuela, de la cual los currículos forman una parte, si bien relevante, no suficiente para ayudar a articular esos conocimientos y experiencias en los salones de clase. A pesar de numerosos esfuerzos que se han hecho por mejorar lo que ocurre en las aulas, los estudios nos muestran resultados poco satisfactorios en cuanto al aprendizaje de los alumnos y, de manera relevante, sobre lograr cambios en las formas tradicionales de actuar en las aulas. Esto se debe a múltiples factores, entre los que se encuentran una preparación desfasada en las escuelas formadoras de maestros con respecto a los enfoques actuales y tradicionales de enseñanza, procesos inadecuados e insuficientes en la actualización docente, materiales educativos que perpetúan prácticas tradicionales, espacios reducidos para la innovación de

los docentes por cargas y controles administrativos, entre muchos otros (Flores, 2012). El hecho es que la enseñanza de las ciencias no ha mejorado en nuestro país y, en las comunidades indígenas, en las que las ciencias son prácticamente irrelevantes, comparadas con español y matemáticas, debe considerarse el entorno cultural diverso que presentan y al cual tampoco se ha dado el tratamiento adecuado que marca, por ejemplo, la investigación y las buenas prácticas que en diversos países se han implementado.

Por ello, todo proyecto de intervención en aula debe contemplar cómo apoyar a los docentes en la comprensión del enfoque de enseñanza y las consideraciones sobre el aprendizaje, así como de las acciones propuestas, y las formas de proceder en el aula. Pero este apoyo no debe darse de forma prescriptiva, sino por el contrario, es necesario lograr un proceso de inmersión del docente en la propuesta. Esta inmersión implica que el proceso de construcción y transformación representacional esperado y de desarrollo de habilidades y elementos de análisis de los procesos naturales planteados desde de la Naturaleza de la *Ciencia*, también ocurra en los docentes.

Este planteamiento implica que los docentes lleven a cabo todo el proceso planteado para los alumnos. Esto es que los cuatro aspectos básicos de la propuesta señalados se cumplan también en ellos y, por consiguiente, se requiere de un proceso de formación en el que lleven a cabo todas las acciones, las reflexiones, explicaciones e inferencias, construyan y transformen sus propias representaciones, trabajen en equipo para establecer consensos argumentados, comuniquen a otros docentes sus ideas y validen dichas ideas con argumentos y actividades de observación y experimentación.

Si no se lleva a cabo ese proceso de inmersión y se queda en las instrucciones prescriptivas del “debe hacer”, el docente no puede percibir el esfuerzo

cognitivo que implica el proceso de aprendizaje y la necesidad de los recursos representacionales, conceptuales y de habilidades que se requieren para la comprensión de la ciencia escolar y, por consiguiente, sin esa interiorización de los procesos de aprendizaje, sus formas de enseñanza terminarán en lo rutinario de su práctica docente previa.

Por lo que hasta ahora se ha expuesto, se requiere establecer las consideraciones pertinentes sobre la propuesta de enseñanza de la ciencia escolar, tomando en cuenta lo correspondiente a las comunidades indígenas y al ámbito escolar, de forma tal que una propuesta multicultural, incluya el desarrollo en paralelo en ambos entornos culturales, además de otros elementos que también deben ser precisados, los cuales se describirán a continuación.

Una propuesta multicultural para la enseñanza de las ciencias en comunidades indígenas

Las tres culturas son inconmensurables localmente entre sí, por lo que no deben ser interrelacionadas en un proceso educativo

A partir de considerar el enfoque multicultural en el que las tres culturas descritas, doméstica, étnica y escolar, tienen procesos de construcción de conocimiento específicos a cada una de ellas y que esos conocimientos son funcionales en el ámbito o dominio en el que se construyen, para la propuesta de enseñanza de las ciencias en las comunidades indígenas se ha considerado que:

1. Todos somos sujetos multiculturales. En particular, las tres culturas: doméstica, étnica y escolar determinan cada una, los modelos que los sujetos construyen para explicar e interaccionar con los fenómenos

naturales. Por lo que deben estar presentes en todo proceso de intervención escolar.

2. Las culturas doméstica, étnica y escolar, de manera independiente, han sido estudiadas como problemas de aprendizaje en el área de enseñanza de las ciencias durante varias décadas. Por lo que:

a) La cultura doméstica, como se ha descrito previamente, se relaciona con las actividades e inferencias cotidianas. Las ideas que se generan en este entorno corresponden a aquellas que en la literatura se identifican como ideas previas, concepciones alternativas, teorías de los niños, entre otras. Este conocimiento está ligado a los observables de la acción del sujeto con su medio, tienen un ámbito de aplicación directo, como estimar el peso de los objetos o determinar qué objetos se calentarán más rápido; tienen un carácter implícito, esto es, forman parte de los aspectos cognitivos generales de los sujetos que han sido construidos por la interacción individual y están presentes en el proceso de desarrollo humano, por lo que se encuentran, de manera semejante, en todas las culturas y contextos sociales. En la presente propuesta educativa este conocimiento es el punto de partida para el diseño didáctico, se considera que, por su cotidianeidad, los niños en todo proceso de aprendizaje parten de él y, por lo tanto, es un referente necesario de tomar en cuenta para la construcción y reconstrucción del conocimiento de la ciencia escolar a través de procesos como la transformación representacional.

b) La cultura del grupo étnico se identifica por las ideas que son desarrolladas a partir del grupo cultural al que se pertenece. Estas, como se ha apuntado, se conocen como “conocimientos, saberes o ciencia indígena” y cuyas características de integración sujeto-entorno, son holísticas y transmitidas en formas transmisión oral, como se ha señalado en secciones precedentes. En este conocimiento, las acciones del sujeto están reguladas por las ideas

que sostiene una comunidad específica respaldada por una etnia. Lejos de considerar que este conocimiento debe ser transformado o evitado, aquí se parte de la idea de recuperarlo en el ámbito de la escuela, pero sin que sea comparado o contrastarlo con el conocimiento de la ciencia escolar.

- c) La cultura escolar, es la que se desarrolla en el ámbito de la escuela y está regulada, a través del currículo, por la comunidad científica escolar que la sustenta. Sus contenidos y formas de enseñanza forman parte de la cultura científica que se enseña de manera global. Pues, como se ha apuntado, se considera que el conocimiento científico es una aportación al desarrollo de la humanidad y, donde la ciencia escolar es el medio por el que las personas pueden desarrollar formas de aproximarse a los procesos naturales en las que identifiquen, aunque sea de forma parcial, cómo se construyen los conocimientos científicos y algunas de sus aportaciones más significativas. Este conocimiento escolar de la ciencia es el objetivo de aprendizaje que plantea el currículo y que promueve la igualdad de posibilidades de representación de la naturaleza y sus procesos en los estudiantes en el ámbito nacional y global.
3. Las tres culturas mencionadas se basan en representaciones que son inconmensurables localmente, ya que se fundamentan en supuestos paradigmáticos distintos, esto es, que tienen concepciones con orígenes ontológicos distintos y procesos de construcción incompatibles, es decir, los conceptos y teorías en cada una de ellas pueden ser entendidos, pero no traducidos ni deducidos entre ellas. Por esta razón, las tres culturas deben verse reflejadas en una propuesta multicultural de forma independiente, ya que obedecen a paradigmas distintos.

Los tres aspectos descritos constituyen la base de la propuesta y orientaron todo el proceso de construcción de materiales educativos, propuestas de intervención en clase, formación de los profesores y el proceso de investigación que se llevó a cabo, el cual se describirá en el siguiente capítulo, al igual que los procesos de intervención y de formación docente.

IV Proceso de Intervención e investigación

Para lograr llevar a cabo el proyecto, el primer paso a seguir implicó desde luego, presentarlo a la comunidad que sería partícipe de él, si aceptaba colaborar, y darles a conocer con claridad los objetivos que se perseguían. Para ello, contamos con el apoyo y participación de una académica de la Universidad Pedagógica Nacional, quien conocía la comunidad y tenía vínculos con ella, por lo que estableció contacto con los profesores responsables de las escuelas indígenas de la zona, los que estuvieron de acuerdo con que se llevara a cabo en su comunidad y en participar, siempre y cuando las profesoras y profesores de la zona estuvieran también de acuerdo. Así fue que se definió la primera reunión con los docentes, en la que se les platicó del proyecto, su propósito y, una vez aceptada su participación, se establecieron los compromisos para implementarlo, originalmente acordado para un año de trabajo, lo que finalmente se convirtió en cinco años de trabajo de campo, como resultado de los efectos y beneficios que los profesores reconocieron tanto en su práctica docente como en los logros de sus alumnos.

Cabe destacar que, para generar la propuesta y la posterior realización del proyecto, se contó con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través de la Dirección General de Educación Indígena (DGEI) y, desde luego del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM. La participación de la DGEI contempló, además de aspectos como dar formalidad y reconocimiento a los cursos, generar los apoyos económicos para la reproducción de algunos de los materiales educativos para las escuelas, los que fueron desarrollados específicamente para el proyecto dentro del Grupo de Cognición y Didáctica de la Ciencia por parte de los académicos participantes en este trabajo, mismos que se describirán más adelante.

El inicio. Construcción de los espacios y condiciones para el trabajo

Una vez que los profesores de la zona estuvieron de acuerdo, se definieron tres escuelas indígenas para llevar a cabo el proyecto con los niños. La primera acción fue acondicionar un salón o un espacio para el proyecto en esas escuelas, donde se establecieron todas las condiciones necesarias para el trabajo, como espacios para que los niños llevaran a cabo las actividades, se introdujeron todos los materiales educativos para la experimentación con los fenómenos correspondientes a los tres temas elegidos: colores, sombras, seres vivos y astronomía (ver figura 6).



Figura 6. Ejemplo del salón de ciencias que se acondicionó en las escuelas.

La segunda acción fue definir el proceso de formación docente a través de los cursos. Vale la pena señalar que estos cursos no estuvieron dirigidos ni restringidos solo para los profesores de las tres escuelas participantes (a las que se les suministraron los materiales didácticos), ya que fueron desarrollados con todos los docentes de la zona, quienes posteriormente contaron con toda la dotación de materiales didácticos generados, como resultado de la colaboración y acuerdos con la DGEI. En cada curso, y de

acuerdo con la temática abordada, se realizó un proceso de discusión y análisis conceptual con los profesores, además de que llevaban a cabo todas las actividades diseñadas para los estudiantes de todos los niveles (desde preescolar hasta sexto año), y se planteaban todos los aspectos didácticos y pedagógicos requeridos para la implementación del trabajo con sus grupos.

La unidad didáctica

La unidad didáctica, fue uno de los elementos centrales dentro de la estructura didáctica y de la capacitación, ya que en ella se visualizaban aspectos de: la organización y planeación, el desarrollo del proceso didáctico y la didáctica escolar que se seguiría. En la figura 7 se muestra gráficamente la estructura que se sigue y que a continuación se describe. Cada uno de los temas que se trataron en el curso tenía como eje la unidad didáctica que presentaba de acuerdo al tema y nivel una secuencia de aprendizaje.

Organización y planeación. Para este rubro se consideró que los profesores debían de introducir los temas del proyecto fuera del tiempo que su planeación didáctica había establecido. Para ello se consideró el tiempo y el tipo de acciones que implicaría cada una de las actividades propuestas. Los objetivos que se presentan en el documento del profesor son explícitos, así como la necesidad de dar tiempo para la búsqueda de las ideas previas de sus alumnos. Los contenidos de aprendizaje y los recursos materiales fueron desarrollados de manera expresa para el logro de los objetivos presentados en cada caso.

Desarrollo del proceso didáctico. Los temas se desarrollaron a partir de una secuencia de actividades. La secuencia presenta de manera general la descripción del tema, el mapa de actividades a seguir, la fase de cierre o terminación de la secuencia y el proceso de evaluación. Cada una de las actividades presenta una descripción detallada de las acciones y logros de

aprendizaje que se espera logren los niños, por lo que se describe de manera detallada: materiales, la introducción al contexto (en el cual tiene significado la explicación y experimentación propuesta), la indagación de ideas (que corresponden con la cultura cotidiana), el desarrollo de las actividades (en todos los casos con el uso de materiales diversos), la fase de discusión sobre lo que los niños observan y analizan y la conclusión. Cada secuencia puede presentar diverso número de actividades dependiendo del tema y del grado escolar en el que se aplicó.

Didáctica escolar. En este apartado se hacen explícitas las acciones que se pide a los docentes que realicen: la preparación de los materiales para el trabajo de clase, la atención sobre las ideas de los alumnos, la búsqueda de predicciones por parte de los alumnos, el poner a prueba las ideas de los alumnos (a través de actividades experimentales, la observación de los fenómenos, su posible análisis y discusión con sus compañeros y con el maestro), la construcción de explicaciones por parte de los niños y la reconstrucción del marco interpretativo en el que se espera que los niños cuenten con posibilidades de comprender y explicar los fenómenos (ver figura 7).



Figura 7. Esquema de la unidad didáctica que sirve como guía de acción para los docentes.

El nivel escolar y el tema son elementos básicos que implicaron adecuaciones en las unidades didácticas. De esta forma la Unidad didáctica de tercer ciclo contenía todas las actividades y la de primer ciclo la cantidad mínima de actividades a realizar. A partir de este diseño fue posible analizar para los distintos niveles escolares los logros paulatinos en el aprendizaje de los alumnos, así como los cambios e innovaciones necesarias tanto en los materiales escritos (libro de maestro y cuaderno de registro del alumno) como en los prototipos diseñados para la realización de las actividades.

Capacitación docente para la intervención en aula

La capacitación de los docentes que participaron en el proyecto consistió en la realización de todas las actividades que los alumnos debían realizar para cada uno de los temas. Cabe señalar que las actividades de la propuesta didáctica están comprendidas dentro de una unidad didáctica.

Los profesores acudían al curso y en la siguiente semana ellos lo aplicaban los niños en sus escuelas, de tal forma que el grupo de investigación seguía la aplicación inmediata de las actividades propuestas. En cada curso no se cubrían todas las actividades de la secuencia, por lo que los profesores y alumnos esperaban al siguiente curso para continuar, mientras eso sucedía los maestros en ocasiones implementaban algunas actividades paralelas que consideraban de acuerdo al nivel escolar pertinentes.

Los cursos a los profesores se diseñaron por temas, cada tema comprendió tres cursos que se desarrollaban durante una semana por mes. Durante la semana siguiente a la impartición del curso los profesores impartían la clase con los materiales recibidos. El total de tiempo de impartición de los cursos, fue de 12 meses (correspondiente a cuatro temas), dado que siempre se respetó la dinámica de las actividades escolares y los tiempos de aplicación

en aula, lo que implicó dos años de asistencia continua a la escuela en periodos de aproximadamente mes y medio, en ocasiones este tiempo se ampliaba dado que se respetaban todas las festividades y actividades escolares. Los cursos de capacitación fueron impartidos por el grupo de investigación, la observación en clase implicada fue realizada por una parte del mismo grupo de investigación. Los días de trabajo de cada curso se dividían en dos momentos, en el primero se trabajaba desde la didáctica de la escuela y el conocimiento científico, en el segundo momento los profesores, ante la solicitud del grupo de investigación, exponían actividades relacionadas con el tema, aspectos culturales que les parecían importantes o de interpretación de los materiales presentados.

Los cursos fueron pensados en tres grandes fases: Fase 1. Introducción al tema, Fase 2. Reconstrucción conceptual y Fase 3 Reestructuración de la didáctica escolar en el aula de ciencias. A continuación, se describe cada una de ellas.

Fase 1. Introducción al tema, permitió indagar sobre las ideas de los profesores acerca del tema, realizar la primera sección de las actividades programadas, resolver problemas conceptuales y procedimentales de las actividades diseñadas, explorar las ideas de los profesores desde su perspectiva cultural, explorar acerca de las dificultades de representación que tenían los profesores sobre los materiales utilizados. Las actividades de la secuencia de la primera fase de los cursos, era aplicable a todos los niveles escolares. Además de los aspectos conceptuales, el trabajo con los docentes estuvo centrado en la propuesta didáctica, en las acciones y objetivos del trabajo con los alumnos.

Fase 2. Reconstrucción conceptual, retomó lo visto en la fase anterior en cuanto a los conceptos y problemas que los profesores hubiesen tenido en la implementación en el aula. Los profesores debían expresar todo lo que

habían realizado y mostrar evidencias de lo que sus alumnos lograron. En esta fase la didáctica de la propuesta fue el centro de atención, en este curso se trabajó sobre aspectos de planeación de las actividades, integración con el currículo y la forma de evaluación del aprendizaje de los estudiantes.

Fase 3. Reestructuración de la didáctica escolar en el aula de ciencias, consideró nuevamente los problemas conceptuales, sin embargo, la finalidad de esta fase es el análisis de la práctica docente. Para ello todos los profesores debían expresar los problemas que tenían en el trabajo en el aula, la forma en la que lo habían resuelto y analizar en conjunto si las acciones llevaron a los alumnos a una mejor comprensión del tema y a una construcción de los conceptos científicos más adecuada que la que tenían previamente. La evaluación que ellos realizaron sobre las actividades y las formas de evaluación de los alumnos fue un aspecto muy importante y enriquecedor para la reconstrucción de la propuesta en su conjunto para el grupo de investigadores involucrados.

A continuación, se presenta a manera de ejemplo la forma en la que el tema de colores se desarrolló.

Tema de colores

La fase 1 para los docentes correspondió al tema de los colores. La dinámica que se siguió fue mostrar a los profesores los procesos de suma y resta de color, hicieron las combinaciones con pinturas para el proceso de resta de color y con luz de color para observar la suma de color. Al principio, fue complejo que pudieran manejar los colores con las proporciones necesarias para obtener lo que se proponía en las actividades, por lo que incorporó la utilización de plastilinas (masillas caseras) de colores, con lo que se facilitó el proceso de mezclar los colores. Esta era una situación no prevista, pero que evidencia la necesidad de contemplar el uso de materiales más cercanos

a sus acciones cotidianas, por lo que esto también se incorporó a la propuesta de trabajo que se llevaría a cabo con los niños (ver figura 8).



Figura 8. La participación de los profesores durante el primer curso realizado.

Con esta estrategia, los profesores pudieron expresar todas sus dudas, trabajar en equipo, aspecto que, por sus propias declaraciones, prácticamente no hacían. También señalaron sus concepciones culturales sobre los colores con lo que el proceso se enriqueció y se aprovechó para hacer notar el enfoque multicultural de la propuesta. Consecuentemente, el proceso de formación de profesores del primer curso ocurrió en dos fases: la primera, referente a la escuela, donde lo que hemos denominado didáctica escolar y correspondió a las acciones que siguieron los profesores durante los cursos, de manera que llevaran a cabo todas las actividades para lograr, en ellos mismos, un proceso de transformación conceptual y

representacional en torno a las nociones tanto cotidianas como científicas que implicaba el tema propuesto; la segunda fase, correspondió a la identificación del conocimiento étnico del tema. Así, durante esa segunda fase los profesores expresaron sus ideas y conocimientos de acuerdo a sus creencias, discutían esas ideas y establecían consensos con respecto a cómo se concebía el tema desde su cultura étnica, sin que esto último fuera completamente explícito para ellos en esta etapa. La duración de este primer curso fue de una semana en un centro para profesores de la comunidad. Al mismo tiempo que se desarrolló el curso, otros miembros del equipo de la UNAM se dedicó a preparar los salones de ciencia de las tres escuelas participantes.

Una vez terminada cada fase del curso de colores, los profesores impartieron su clase, con el material escrito que se les brindó y con el que fueron capacitados. Un miembro del grupo de investigación estuvo presente durante la aplicación de la estrategia por parte del profesor(a) en la escuela. Sin embargo, su presencia era sólo para observar el desarrollo de la actividad y dar apoyo posterior al docente (fuera de clase). Los profesores se habían comprometido en seguir la didáctica que se llevó a cabo con ellos mismos y que inició con el análisis de las ideas de los estudiantes sobre el tema. De tal forma que los niños explicitaban sus ideas o concepciones sobre el fenómeno tratado.

Cabe resaltar que dejar que los niños expresen sus ideas, se tomen en cuenta y analicen no era una práctica que se llevara a cabo por la mayoría de los docentes, como ellos mismo lo hicieron notar, por lo que al principio fue uno de los problemas o barreras que se presentaron, pues fácilmente se regresaba al esquema en el que sólo habla el profesor. Sin embargo, hubo un gran esfuerzo por parte de los docentes y esta situación fue cambiando paulatinamente, así que los niños se expresaban cada vez con mayor libertad

y con mayor interés por participar en las discusiones, entre ellos y con el profesor o profesora.

La generación de hipótesis y de explicaciones, por parte de los niños y los docentes, son la base del diseño didáctico, que tiene como finalidad promover la construcción y explicitación de ideas. Durante el proceso se recuperaron las ideas previas (cultura cotidiana) y reconstrucción de las ideas a partir del marco de interpretación que brinda la ciencia de la escuela. En cada caso se emplearon elementos de organización y redescrición, como hemos mencionado, se considera que todos hemos construido una representación del mundo y que sobre ella se vuelven a reconstruir las ideas a partir de nuestros referentes, tanto experienciales como cognitivos (Karmiloff Smith, 1994). Esta organización para la redescrición de ideas se encuentra, además de en las discusiones en clase, en las actividades que los niños tienen que plasmar en sus cuadernos de registro, que se diseñaron expresamente para ello. Una muestra de esos cuadernos puede verse en la figura 9.

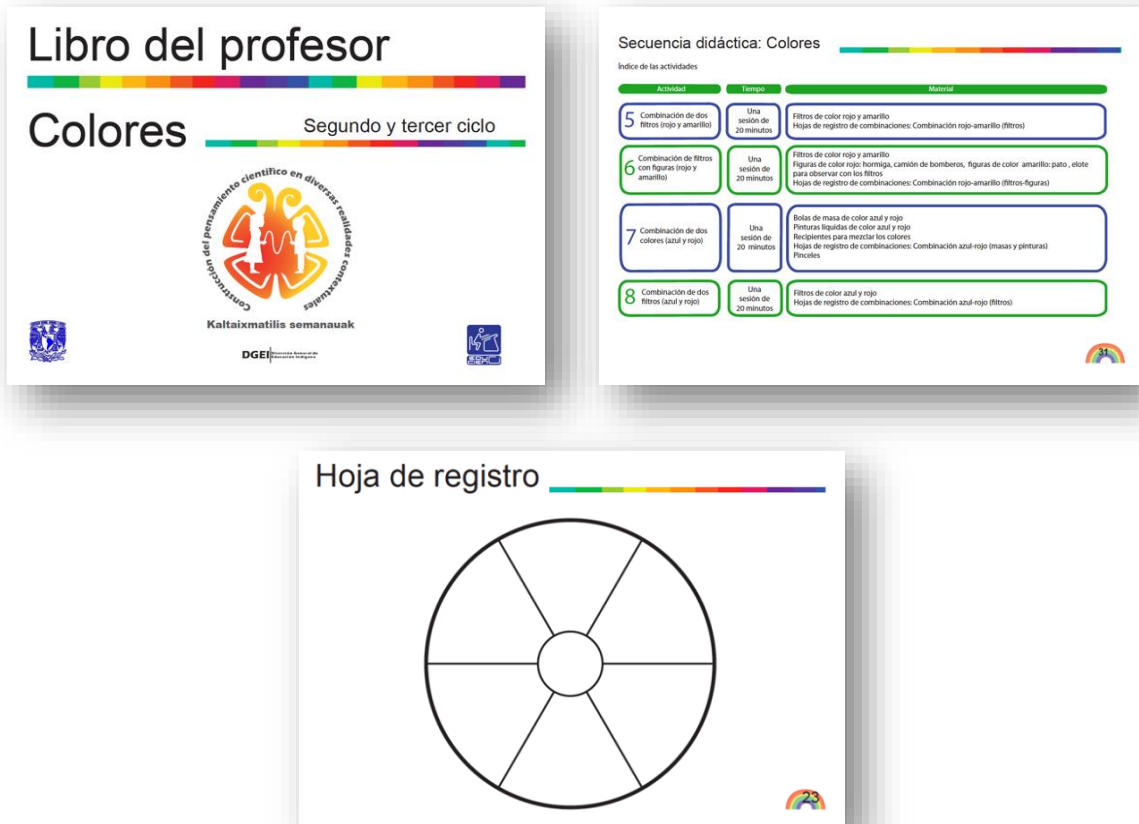


Figura 9. Ejemplo de los cuadernos de registro que los alumnos tuvieron como uno más de los materiales didácticos consideraron en la propuesta.

Para el tema de colores y con la finalidad de permitir la contrastación de ideas entre los alumnos y reconstruir sus concepciones sobre la mezcla de colores y, en general sobre algunos aspectos de la luz se desarrollaron materiales ex profeso, esto sucedió con todos los temas tratados en el proyecto.

Una vez terminada la primera fase del curso de colores y con ello una primera aproximación de los profesores con sus alumnos en las aulas, se procedió a la segunda fase en la formación de los docentes.

La segunda vez que se trabajó con los profesores, (fase de reconstrucción), se revisó nuevamente la parte conceptual, se aclaraban todo tipo de dudas y, se puso especial énfasis al análisis de las ideas y explicaciones que pudieron recuperar de sus alumnos. Los profesores relataban cómo llevaron a cabo la aplicación de las actividades en sus aulas y mostraron las evidencias de esa aplicación. En esta fase de recuperación, el centro del análisis estuvo más en la didáctica y no en los conceptos físicos, ya que, en este momento se abordó con los profesores la necesidad de la planeación, del desarrollo y de la evaluación de las actividades. Se destacó que es en esta fase que los profesores pueden analizar con más detalle su propia práctica docente.

Este proceso de formación, que implicó construcción y reconstrucción conceptual y didáctica permitió, además de realizar ajustes en las actividades, que los docentes fueran desarrollando las habilidades y conocimientos necesarios para transformar su práctica docente. Hay que recordar que las actividades diseñadas implicaban una nueva forma de aproximarse a la enseñanza de las ciencias, distinta en muchos aspectos a lo que los docentes hacen tradicionalmente en las aulas, lo cual está fuertemente arraigado en la enseñanza memorística.

La tercera fase, como se ha mencionado, consistió en la reestructuración de la didáctica escolar en el aula de ciencias. En esta fase los profesores, además de que platicar nuevamente sobre dudas conceptuales y aspectos del funcionamiento de los materiales, nos centramos en que los docentes exploraran sus ideas sobre la forma en la que ellos habían actuado dentro de la escuela siguiendo la propuesta escrita en los materiales con los que contaban. Este proceso resultó complejo ya que en muchas ocasiones ellos no podían ver las diferencias entre la propuesta aplicada y lo que “siempre hacen en la escuela”, inclusive expresaban que el aporte principal era “más información científica adecuada y materiales para su enseñanza”. Estas

afirmaciones nos mostraron la complejidad de la tarea, sin embargo, cada curso y tema fue transformando de manera paulatina su práctica docente, tal y como se muestra en las publicaciones y tesis realizadas con este trabajo.

Este mismo proceso se repitió para los otros tres temas, la formación de sombras, los seres vivos y su diversidad, y astronomía, específicamente forma de la Tierra y el día y la noche, aunque con los docentes se trataron más temas como se describirá más adelante. Cabe señalar que todos los temas implicaron problemas conceptuales y de enseñanza con mayor complejidad, por lo que en algunas ocasiones tuvimos que volver a impartir la triada de fases, este fue el caso de los seres vivos y de astronomía lo que implicó que nuestra estancia en las comunidades y en el proceso de capacitación se alargara hasta cinco años.

EL conocimiento de la cultura étnica de los docentes

En cuanto al conocimiento de los docentes sobre sus ideas correspondientes a su cultura étnica para todos los temas, colores, sombras, seres vivos y astronomía, tuvieron un lugar independiente en los cursos, ya que hubo sesiones dedicadas a ello como ya se ha señalado. En algunas ocasiones, la cultura étnica aparecía en los cursos de manera natural cuando los profesores indicaban algún aspecto que relacionaban con alguna de las actividades de la propuesta. Por ejemplo, en una de las actividades de colores, se propone que los niños dibujen un arco iris, esto fue un detonante para que, en la sección de la cultura Nahuatl, se platicara sobre lo que los padres y abuelos de los profesores o profesoras sabían, como “no se debe señalar el arco iris con el dedo porque se te lastima”, ante expresiones como esta siempre existía una afirmación “a mí me pasó y me dolía mucho” o algo similar dependiendo del tema. O por ejemplo en el caso de la actividad de los planetas del sistema solar, los profesores discutían acaloradamente entre

ellos en Nahua, cuando se les preguntó qué sucedía, ellos respondieron “nada, es que no sabemos cómo llamar a los planetas ¿por qué? Porque en Nahua no existe esa palabra”.

Si bien, como se ha mencionado, todas las actividades mostraban ideas que debían analizarse y valorarse desde el aspecto de la cultura Nahua, para conocer las ideas de los niños se consideraron actividades como recorridos por los alrededores con maestros y alumnos para el caso de los seres vivos o de grupos focales con los profesores y padres de familia para el caso de algunos temas de astronomía. Para astronomía se realizó una actividad nocturna para maestros y padres de familia en la que podían observar las estrellas y la luna. Esta sesión extraescolar enriqueció nuestra comprensión sobre las dificultades de representación de los conceptos científicos vistos como cotidianos, por ejemplo, una madre de familia le dice a su pequeño “no se ve el conejo” cuando mira a través del telescopio la luna y buscando el “conejo de la luna”. De igual manera se realizó una charla con padres de familia y de la comunidad, acerca del tema de los seres vivos y sus características y al igual que los profesores y los niños en la escuela, narraron sus ideas y conocimiento con respecto a estos temas desde su entorno étnico, por ejemplo, la relación entre las fases de la luna y su relación con las cosechas. Cabe señalar que todas las actividades siempre fueron voluntarias y la comunidad en general siempre respondió de manera entusiasta durante todo el tiempo en que se desarrolló el proyecto.

El proceso de investigación

La investigación tuvo varios propósitos. Uno era conocer las ideas y representaciones de los alumnos en torno a los cuatro temas en los tres contextos culturales. Otro, conocer las ideas de los docentes sobre esos mismos temas y en los tres contextos culturales y un tercer propósito conocer el desarrollo conceptual de los niños y los cambios en su forma de

interaccionar en la escuela a partir de las acciones que se implantaron en clase y los materiales que se diseñaron para el proyecto.

Para conocer las ideas y representaciones que los niños tienen de cómo ocurren los procesos correspondientes a los tres temas abordados se llevaron a cabo entrevistas individuales, antes y después del proceso de intervención en el aula. Estas entrevistas se llevaron a cabo en sus escuelas y con la presencia de sus profesoras y profesores, si bien las y los estudiantes son bilingües, los docentes apoyaban con la traducción del náhuatl y viceversa, para asegurarse que los niños comprendían las preguntas cuando era necesario. Las entrevistas fueron realizadas por los investigadores participantes en el proyecto y, en promedio tuvieron una duración de 30 minutos por entrevista. Para la realización de las entrevistas se solicitó el consentimiento de los padres y madres de familia, a los docentes y a los propios entrevistados.

En todos los casos los niños contaban con materiales para que pudieran llevar acciones con las que ejemplificaran lo que decían o incluso para que, reflexionando sobre sus propias acciones, expresaran sus ideas. Por ejemplo, en el caso de los colores en la entrevista contaban con pinturas, hojas de registro con las que podían identificar que dos colores se podían combinar y así los alumnos hacían la combinación y explicaban lo que observaban; o como en el caso del tema de la forma de la Tierra, donde contaban con una tableta digital en la que podían seleccionar diversas formas de la Tierra y colocar personas en las imágenes para expresar sus ideas y representaciones. Del total de niños y niñas de las escuelas, se tomó una muestra. El total de niñas y niños entrevistados por cada tema fue: para los colores 25 niñas y 25 niños; para seres vivos 18 niñas y 18 niños y, para astronomía 20 niños y 11 niñas. El formato en el que se registraron de las entrevistas fue la videograbación.

Un ejemplo de cómo se llevaron a cabo las entrevistas con los alumnos es el siguiente. La guía de entrevista sobre los colores incluyó 15 preguntas, sobre cuatro tareas que implicaron la mezcla de colores: Tarea 1, la mezcla amarillo-azul; Tarea 2, la mezcla amarillo-rojo; Tarea 3, la mezcla rojo – azul; Tarea 4, la mezcla amarillo-azul-rojo.

Las entrevistas comenzaron con la identificación de los colores para después continuar con la predicción del color resultante a partir de cada mezcla. A continuación, se realizaba la combinación y después de que el estudiante entrevistado observaba el color resultante se le solicitaba una explicación de lo que observó, como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Estructura general de la guía de entrevista para el tema de colores.

Si durante la entrevista el estudiante no conocía o no recordaba el nombre del color, se proporcionaba un material adicional – círculo cromático – donde se mostraban los colores para que, en caso de no recordar, pudiera señalar su predicción. De esta forma la respuesta no dependería de su desconocimiento del nombre del color. Cabe señalar que en todo momento durante la entrevista los entrevistados podían describir, formular hipótesis y explicar el fenómeno.

Una vez concluido el proceso de intervención, nuevamente se realizaron entrevistas. Se emplearon las mismas preguntas, pero esta vez sin realizar las tareas. Es decir, se pedía al entrevistado identificar los colores, hacer una predicción y elaborar una explicación de las combinaciones de los colores teniendo como referencia sólo los botes con las pinturas, pero sin realizar la acción de mezclarlas.

Para el tema de sombras, la entrevista se dividió en tres apartados. En el primero se indagó sobre la necesidad de tener ojos y de requerir luz para ver las cosas. En la segunda parte, se abordó la identificación y clasificación de distintos materiales y sus cualidades ópticas y, en la tercera parte, se indagaron sus ideas sobre qué es una sombra y cómo se forma. Como en el caso de los colores, durante la entrevista los estudiantes podían llevar a cabo acciones con los materiales y resolver problemas específicos que permitieron conocer sus concepciones sobre el fenómeno analizado.

En cuanto a conocer las ideas de niñas y niños sobre las ideas de su entorno cultural, se llevaron a cabo actividades fuera de la escuela. Una de esas actividades fue un recorrido por los alrededores donde participaba todo el grupo junto con los docentes y los investigadores y, sobre el camino se hacían preguntas de manera que los niños nos explicaran sus ideas o sus conocimientos, por ejemplo, sobre la importancia del color rojo para la protección contra maleficios, o los atributos de ciertas plantas algunas por su forma y otras por su color. Lo mismo ocurrió para el caso de los seres vivos, pues en el recorrido ya referido, las niñas y niños nos contaban sus experiencias o las de sus familiares en torno historias y concepciones sobre lo vivo, por ejemplo, sus ideas sobre las montañas y su relación con animales y plantas. Para el caso de astronomía se llevó a cabo una Noche de Estrellas, donde participaron no solo los alumnos y profesores, sino también los padres de familia. En esa noche de estrellas se proporcionaron telescopios para que observaran la luna y los planetas y se escucharon los relatos que la

comunidad tenía, sobre todo en torno a la luna y al día y la noche y también se trabajó con un grupo focal sobre estos temas (figura 11).



Figura 11. Actividades realizadas con la comunidad escolar.

Para conocer las ideas y representaciones de los docentes, en primer lugar, se obtuvieron de su participación en los cursos, en los cuales los docentes expresaban sus ideas de cómo ocurren y se explican los fenómenos, como la mezcla de colores, la formación de las sombras, las características de los seres vivos o cómo se forma el día y la noche. Muchas de esas ideas corresponden a lo descrito por los libros escolares, pero muchas otras mostraban sus ideas previas o concepciones alternativas correspondientes al entorno cotidiano. Además, como se ha descrito, tenían un espacio para que se comentaran las ideas de su comunidad (étnicas) en torno a los temas tratados. En este caso los docentes expresaban de manera voluntaria sus relatos, ideas y creencias y eran afirmadas por otros o bien, contaban un relato con algunas diferencias. Adicional a estas sesiones en los cursos, hubo entrevistas semiestructuradas a las profesoras y profesores que participaron en la puesta en marcha del proyecto. Estas entrevistas fueron semejantes a las de los alumnos y se utilizaron los mismos materiales y tipos de preguntas, ahondando un poco más cuando la situación lo permitía. Como en el caso de los alumnos, las entrevistas duraron aproximadamente 30

minutos y fueron videograbadas. El total de maestras y maestros entrevistados por tema fue de 5 maestros y 5 maestras por cada tema.

Con respecto a la forma de la Tierra y cómo ocurre el día y la noche, fue muy poca la información proporcionada por los docentes con relación a sus ideas y creencias culturales étnicas, pues como ellos indican esas ideas se han ido perdiendo y en las comunidades ya no se habla de ello. Para completar la información parcial que se tenía se recurrió a fuentes bibliográficas sobre la cosmología Nahua (Báez, 2004; León-Portilla, 2017) y a referencias de la comunidad cercana de Cuetzalan, Puebla. Con ello se pudo completar el modelo cosmológico que antecede a las ideas fragmentadas que proporcionaron los docentes de la comunidad, recordando que esos docentes son nativos de esa comunidad o de comunidades aledañas.

El proceso de investigación ha llevado varios años no solo por la recolección de la información sino por el análisis de los datos y el desarrollo de los referentes de interpretación de los mismos, lo cual ha sido reportado en diversas publicaciones. En un capítulo posterior se presentarán resúmenes de esos hallazgos.

En el capítulo siguiente, se describirá cómo se fueron desarrollando los materiales y el proceso de llevarlos al aula para cada uno de los temas abordados.

V Materiales Educativos y la Intervención en las Aulas

Desarrollo y características de los materiales

Para desarrollar los materiales educativos, se partió de la experiencia con los materiales para los otros temas, este material fue original desde su concepción para este proyecto. En todo momento se consideraron dos

aspectos. Uno, el poder analizar nuevos elementos de las ideas de los niños sobre estos temas provenientes de diversas investigaciones reportadas en la literatura. El otro aspecto, a partir de los ajustes que se fueron haciendo, observando los resultados con los cursos a los profesores y las diversas aplicaciones en las aulas con los alumnos. Los materiales educativos se dividen en cuatro componentes: equipos para experimentación y desarrollo de actividades en clase; cuadernos de registro para los alumnos; libros para los profesores; y libros que presentan en forma paralela los aspectos científicos y los culturales, escritos en español y náhuatl.

Equipos de experimentación para las actividades

Los materiales didácticos son una parte fundamental de este proyecto educativo. Actividades y materiales buscan que los estudiantes construyan representaciones, lo que implica relaciones y explicaciones a partir de la interacción con objetos y la realización de acciones orientadas al proceso de aprendizaje. Debido a que en el proceso de aprendizaje se consideran muy relevantes los procesos de representación de los alumnos, los materiales son muy diversos y permiten aproximarse a los procesos de diversas maneras. Las actividades diseñadas, permiten que los alumnos identifiquen el proceso y no solo se enfoquen en los materiales, como ocurre en otras investigaciones.

Las actividades propuestas constituyen una secuencia que permite a los estudiantes identificar y representar el fenómeno (en este caso los colores y las sombras) a partir de acciones que llevan a evidencias (combinaciones de colores que llevan de manera implícita a la construcción del proceso de sustracción del color o la formación de sombras), esto es, el proceso es reconocido a través de la observación de la acción sobre los materiales y que, posteriormente, puede ser transferido a otros materiales.

En el caso de la secuencia para el tema del color se utilizaron materiales para explorar el proceso de la combinación del color. Estos materiales se componen de masas de colores para modelar, pinturas líquidas, marcadores, flores naturales y filtros acrílicos de colores. También se elaboró un círculo cromático impreso que fue usado como organizador de las combinaciones de colores y que los alumnos y profesores podían utilizar en cualquier momento para apoyar sus ideas sobre los resultados de las muestras de colores. Este círculo cromático permitió a los estudiantes elaborar predicciones para posibles combinaciones. La figura 12 muestra los materiales desarrollados y utilizados en las actividades.

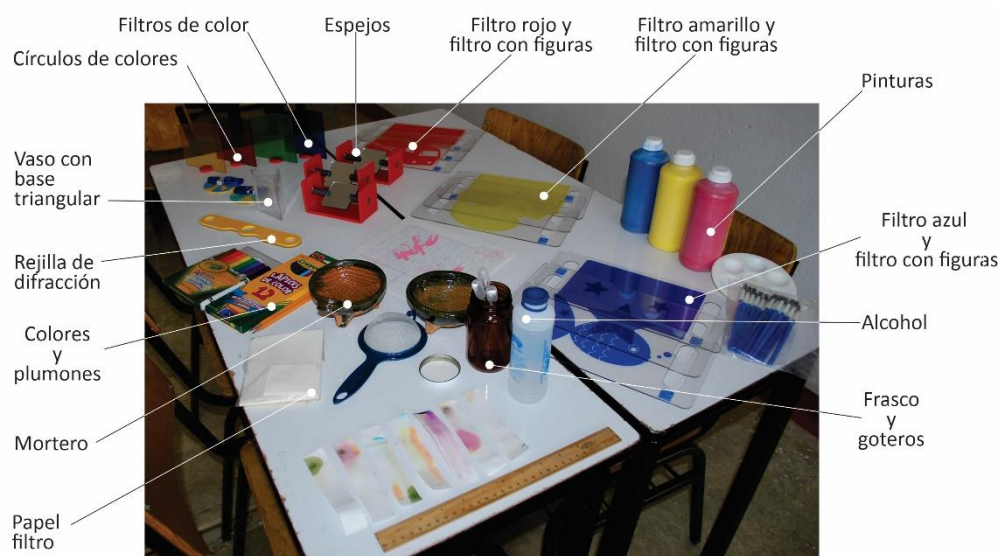


Figura 12. Material para las actividades de mezcla de colores.

Otro material relevante son los cuadernos de registro para los alumnos. Estos cuadernos de registro presentan las actividades a desarrollar, pero con los espacios para que los alumnos reporten sus actividades, sea de forma gráfica o escrita cuando así lo requiera la actividad. Funcionan como organizadores de datos, esto es, contienen preguntas, guías e imágenes que contribuyen al proceso de construcción de representaciones, relaciones y conceptos y los alumnos los tienen siempre a mano para poder utilizarlos en cualquier momento, de forma que pueden recurrir a las acciones que

previamente han llevado a cabo y usarlos como elementos para recordar o para corroborar ideas (ver figura 13).

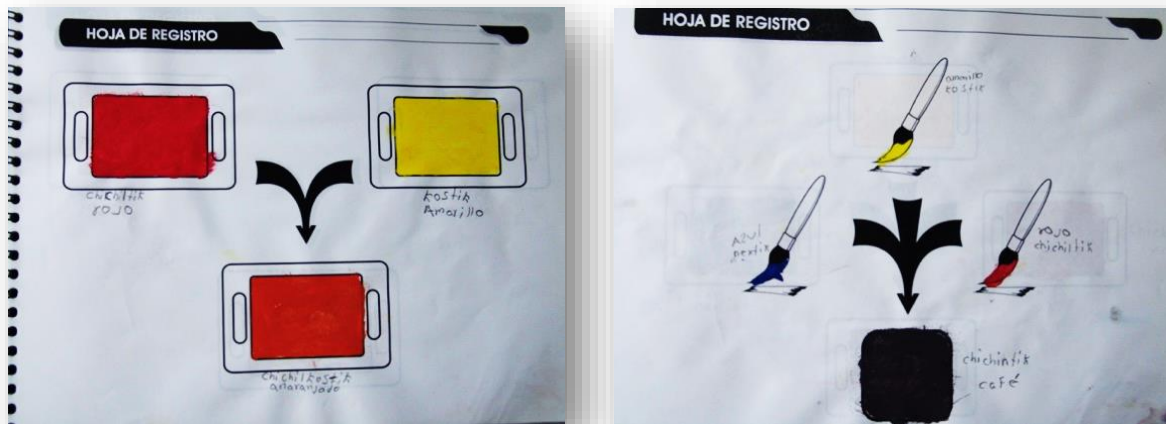


Figura 13. Ejemplo del trabajo que registra el alumno en su cuaderno.

En el caso de las sombras, los materiales empleados fueron: superficies con distintas cualidades ópticas, esto es, transparente, translúcida y opaca, así como transparentes de algún color, lámparas sordas, tarjetas perforadas, superficies con diseños de figuras distintas para proyectar sombras, figuras para que los alumnos reprodujeran sombras con sus manos y brazos, así como figuras translúcidas de colores y un visor que permite u obstruye el paso de luz para mostrar la necesidad de la luz para ver los objetos. En la figura 14 se muestran estos materiales.

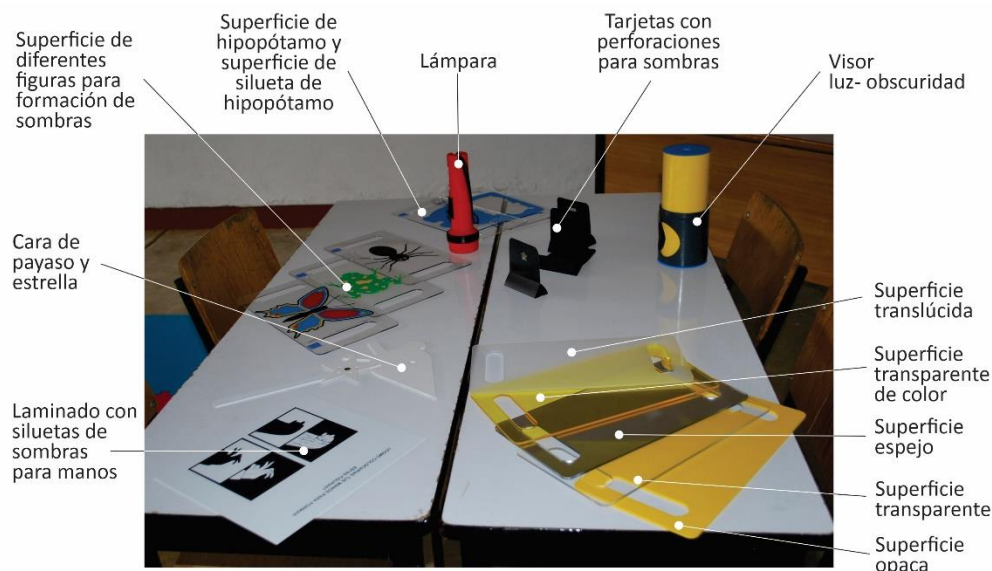


Figura 14. Material para las actividades de sombras.

En el caso del tema de los seres vivos, en su primera aplicación, los materiales consistieron de lo siguiente:

Rompecabezas que representan las localidades de Jalacingo, Papalotla, San José Río Bravo, Tecapagco y Tenepanigia (Municipio de Cuautempan, Puebla). Se seleccionaron lugares que representan la diversidad ambiental de la zona, al mismo tiempo que incluyen elementos comunes entre las distintas localidades del municipio. Cabe señalar que Papalotla y Tecapagco son las dos localidades donde la estrategia fue probada en la escuela, por lo que resultó idóneo que los niños contaran con una representación cercana a su entorno. Su diseño partió de las propuestas de los dibujos a mano alzada elaborados de los profesores durante la primera fase del curso de seres vivos en la capacitación. Las imágenes muestran las características del ecosistema, como es la fauna, flora, presencia de ríos, y montañas, además de la infraestructura de la localidad. Se cuidó que los elementos bióticos y abióticos fueran claramente identificables, por lo que en algunos casos no se respetó la escala real de los mismos y quedaron sólo como ilustrativos,

adicionalmente se colocaron los nombres en español y náhuatl de algunos elementos que conforman la imagen (ver figura 15).

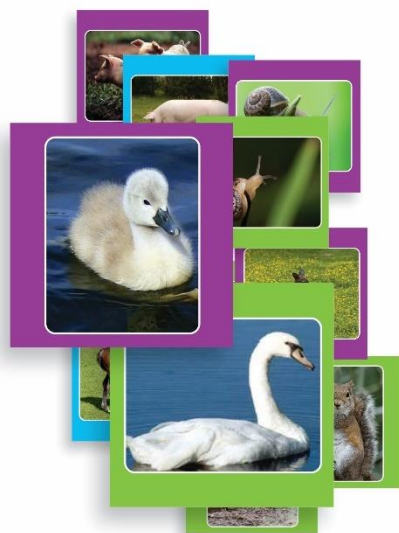


Figura 15. Materiales de seres vivos: rompecabezas de la región y memorama.

El material de seres vivos también cuenta con: *Lámina con paisaje de bosque, sobre la que se colocan tarjetas adheribles de seres vivos y factores abióticos.* En la parte inferior hay un recuadro dividido en dos columnas: Seres vivos y No vivos, donde los alumnos pueden ubicar las tarjetas, de acuerdo con su clasificación. *Lotería de los seres vivos.* Incluye los cartones para jugar y las

tarjetas descriptivas con texto e imagen de ejemplos de diversas plantas y animales, así como de objetos y elementos de la naturaleza, donde se resaltan características que distinguen a los seres vivos; nutrición, respiración y reproducción.

Seres vivos. Compuesto de 18 tarjetas con imágenes de distintos plantas y animales. Cada tarjeta en la parte frontal tiene la ilustración de un organismo con su nombre en español y náhuatl. Representan parte de la diversidad de los organismos, al mostrar diversas formas, estructuras y colores que forman parte de la riqueza de ambos grupos de seres vivos. *Láminas de cuatro ecosistemas: bosque tropical, desierto, mar y bosque templado.* Incluye diversos ejemplos de plantas y animales de estos ambientes con el objetivo de relacionar las características que éstos presentan de acuerdo al su hábitat. *Memorama “Respiración en los animales”.* Comprende un juego de 15 pares de tarjetas, cada par se conforma por una tarjeta que, en la parte frontal muestra la ilustración de un organismo y su nombre, mientras que la otra tarjeta tiene un texto alusivo a las características de la respiración del organismo que se ilustra. Para utilizar el memorama se debe unir el par que corresponde a la descripción del organismo de acuerdo con la descripción de la forma en que respira (ver figura 16).



Tarjetas de padres y sus crías



Tarjetas ciclo de la vida

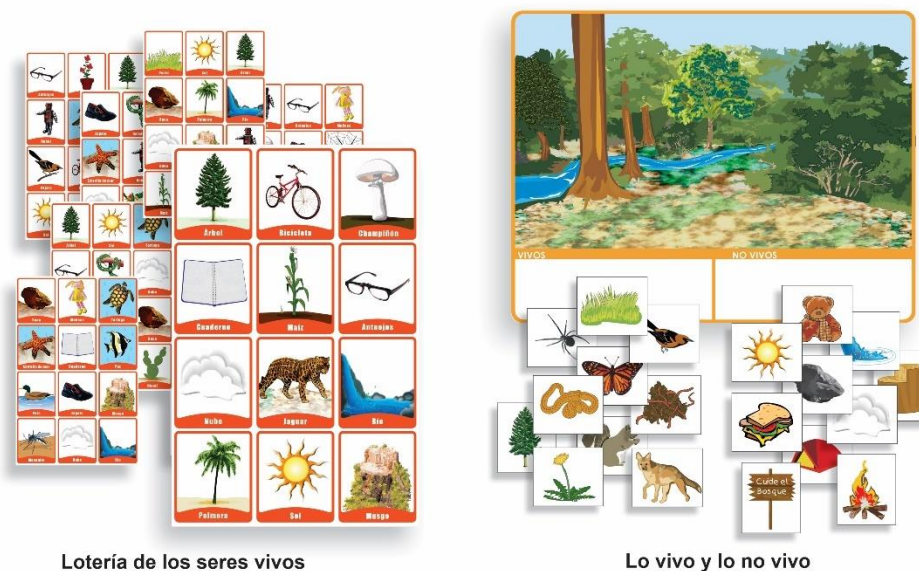


Figura 16. Muestra de los materiales desarrollados para el tema de seres vivos.

Los materiales del tema de astronomía fueron principalmente modelos en tres dimensiones para que los niños pudieran manipularlos y tener una perspectiva viso-espacial de los procesos del día y la noche, las fases de la luna y la formación de eclipses. Uno de los modelos consistió en una base y un brazo-soporte con una lámpara, ambos giratorios. En la base se podía colocar una plataforma y un objeto (figura o muñeco) para que al girarlo se pudieran observar las sombras que se producían, cuando el brazo-soporte con lámpara estaba fijo. También se tiene la posibilidad de dejar fija la plataforma y mover el brazo-soporte con lámpara, para simular el movimiento aparente del sol (la fuente de luz) y observar también la sombra de la figura sobre la plataforma, de manera que se pudiera observar que ambos tipos de movimiento relativo producen la misma sombra. Este dispositivo también permitía la sustitución de la plataforma por una esfera, simulando la Tierra y nuevamente, ver cómo se producen las sombras cuando es la Tierra la que gira o es la fuente de luz la que gira. Este dispositivo se muestra en la figura 17.



Figura 17. Modelos Tierra-Luna y Sol-Tierra-Luna, desarrollados para trabajar el tema de astronomía.

En la misma figura 17, se muestra otro modelo del sistema Sol-Tierra-Luna, el cual conserva los elementos básicos del sistema como el sol como fuente

de luz, la Tierra que gira en torno al sol en un plano, y la luna que gira en torno a la Tierra y simultáneamente al sol junto con la Tierra. La Tierra tiene un eje de inclinación de 23.5° y la luna gira en el plano correspondiente, de manera que se pueden observar las fases de la luna y la producción de eclipses de sol y de luna. De la misma forma, como la Tierra también gira sobre su propio eje, se puede observar cómo ocurre el fenómeno día y noche, así como las estaciones del año. Otros materiales que se utilizaron fueron esferas de unicel y lámparas sordas.

En el anexo de este libro se presenta una breve descripción de los aspectos ergonómicos y técnicos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de los materiales experimentales y visuales.

Los materiales que se elaboraron para los niños de las comunidades participantes y que rescatan sus relatos e ideas culturales étnicas, a la vez que se muestran las ideas de las ciencias, son resultado de un largo proceso de recopilación pero sobre todo de análisis para hacer correspondencias entre los relatos y costumbres, y cómo se interpretan los procesos naturales en las ciencias pero, como se ha descrito, haciéndolos explícitos de forma paralela, sin que uno pretenda sustituir o sobre imponerse al otro, sino que los niños puedan tener por escrito su tradición verbal, en forma adecuada para las edades de los alumnos de primaria.

Estos libros están profusamente ilustrados y están escritos tanto en español como en náhuatl. Los textos originales en español fueron elaborados por los investigadores a partir de los relatos de los niños y profesores de las comunidades participantes y su traducción al náhuatl lo hicieron algunos

profesores de la misma comunidad, todos los participantes cuentan con los créditos correspondientes¹.

Los libros elaborados son tres: *Kosamalot* (Colores en lo alto). En él se describen historias sobre los colores, relacionadas con sus relatos o costumbres en los que los colores tienen algún significado. Cada relato se presenta de forma muy breve y se acompaña con una ilustración en el color aducido y, a continuación, hay una actividad con la que se indica cómo formar ese color y se deja un espacio en un dibujo semejante para que la niña o niño pueda llevar a cabo la mezcla del color.

Este libro está orientado a los niños más pequeños. La figura 18 es un ejemplo de lo descrito para el color morado.



¹ Estos libros son gratuitos y pueden consultarse en la página
https://www.icat.unam.mx/secciones/depar/sub4/codici/cogn_libros.html

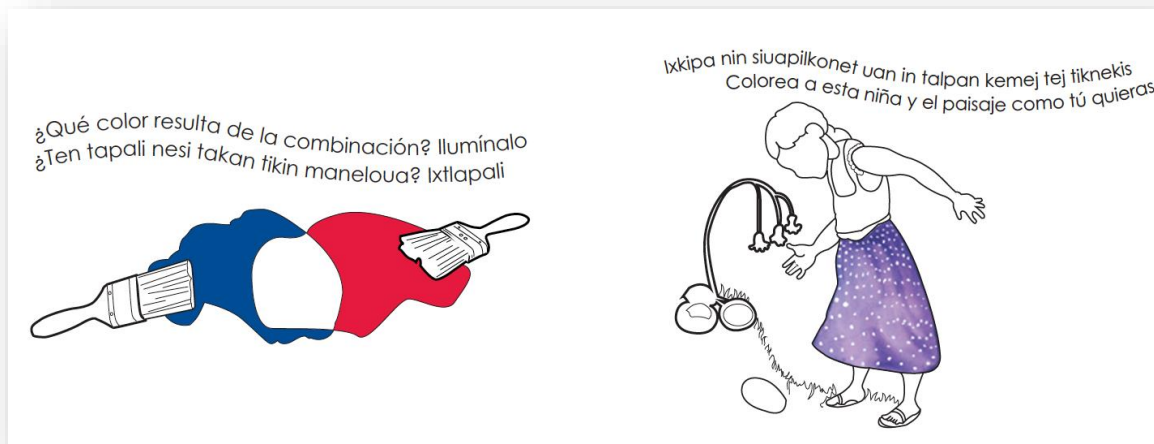


Figura 18. El relato sobre el color morado y la actividad para iluminar, parte del libro Kosamalot.

El libro sobre los seres vivos *Tlen Yoltoke* (Lo vivo). Tiene una estructura diferente al de los colores. En él se promueve la observación del entorno en el que viven. Por ejemplo, se relata algo de su cotidianidad en el paisaje y una ilustración de ese entorno, la actividad pide que en sus recorridos observen por ejemplo los animales y plantas y los describan, o bien observen fenómenos que ocurren con plantas y animales, como el crecimiento o la respiración, y que puedan observar y describir o dibujar. Como en el libro de los colores los textos se encuentran en las dos lenguas. Un ejemplo de este libro se muestra en la figura 19.

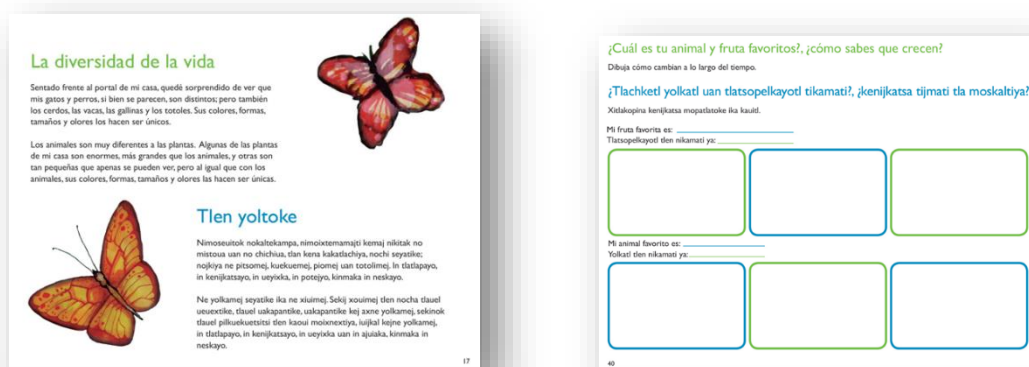


Figura 19. Una sección del libro *Tlen Yoltoke* (Lo vivo).

El libro sobre aspectos de astronomía *Tlachianij in iluikatl* (Observadores del cielo). Está orientado hacia los niños más grandes, los del último ciclo (quinto y sexto) y por ello tiene actividades más complejas y amplias, al mismo tiempo que los relatos de la comunidad también son más elaborados y con textos más extensos. Por ejemplo, la actividad sobre las fases de la luna, describe con imágenes desde un mismo paisaje cómo se ven las fases de la luna, se presenta una explicación de la fase observada, la actividad continúa pidiendo a los alumnos que describan lo que se hace en su comunidad con la siembra o la cosecha, de acuerdo con las fases de la luna y, al final se muestra un relato de la comunidad titulado “gusanos y estrellas”, donde se cuenta sobre unos gusanos fosforescentes que se observan en cierta época y que, de acuerdo con relato, caen del cielo, de las estrellas. En la figura 20 se muestran algunas páginas de este material.



Figura 20. Algunas de las páginas que integran el Libro *Tlachianij in iluikatl*.

Como podrá notarse, los materiales desarrollados para este proyecto, que se fueron afinando y, en su caso, elaborando con los propios relatos de la comunidad, constituyen un conjunto de elementos que llevan implícito el enfoque de la multiculturalidad, pues en ellos se recupera la cultura escolar, con actividades y acciones que se llevan a cabo en la escuela, la cultura cotidiana, en la que se invita a los alumnos a la observación de la naturaleza en su vida cotidiana y, la cultura étnica de la comunidad, que queda plasmada en las ideas y relatos que se recopilaron de los niños y profesores.

Desarrollo de las secuencias de aprendizaje

Los materiales desarrollados para las secuencias de aprendizaje partieron en primera instancia del trabajo previo realizado por el grupo de investigación del ICAT, sin embargo, cada tema tuvo su propia caracterización y secuenciación de acuerdo a las necesidades de las escuelas multigrado bilingües. A continuación, se describe las fuentes conceptuales de las que se partieron y la producción de las secuencias trabajadas.

Colores y Sombras. Para el caso de los colores, los aspectos que se tomaron en cuenta para la construcción de las actividades de las secuencias estuvieron orientadas por la investigación que de este tema se ha realizado en estudiantes a nivel internacional, con aspectos específicos sobre la presencia de la luz o con relación a ciertos fenómenos ópticos (reflexión, refracción, etc.). Los estudiantes investigados en estos trabajos proceden en su mayoría de secundaria o niveles superiores y son pocos los estudios que reportan las ideas de estudiantes de menor edad o de poblaciones de culturas diversas. Una idea común que se ha reportado en esas investigaciones, es que los estudiantes consideran al color como un atributo de los objetos, esto es, el color es una propiedad del objeto y es parte de sus características, otra idea común es que la luz blanca está desprovista de color (Anderson y Karqvist 1983; Anderson y Smith, 1986; Galili y Lavrik,

1998; Gallegos et al. 2008, 2009; Guesne, 1985; Valanides y Angeli, 2008). De ahí que los estudiantes consideren que la luz solamente ayuda a ver los objetos, pero no su color, ya que éste les pertenece a ellos. Esta misma idea aparece en otros estudios, donde se utilizaron filtros de colores sobre la luz blanca, en este caso, los estudiantes participantes dijeron que los filtros dan el color a los rayos de luz (Watts, 1985).

El caso de la formación de sombras también ha resultado de interés para los investigadores (DeVries, 1986; Guesne, 1985; Galili y Hazan, 2000; Feher y Rice, 1988; Gallegos et al. 2008, 2009; Hierrezuelo y Montero, 1989; Selly, 1996). Entre las dificultades para su comprensión que tienen los estudiantes están las relacionadas con el reconocimiento de que la luz juega un papel activo en la formación de las sombras, y en dejar de atribuir a las sombras propiedades de objeto o de las relaciones que establecen entre el objeto y la pantalla o superficie donde se forma la sombra, pero no con la luz.

Otro aspecto relevante es que estudiantes y docentes comparten las mismas dificultades conceptuales en ambos temas, lo que hace muy complejo su abordaje en el aula (Atwood y Christopher, 2004; Atwood, Christopher, y McNall, 2005; Bendall, Goldberg y Galili, 1993; Fehar y Rice, 1987; Trundle, Atwood y Christopher, 2002; Yalcin et al, 2009).

Con esos elementos y los que se habían desarrollado en proyectos previos, en los que se encontraron ideas semejantes en niños mexicanos (Gallegos et al, 2008), se propusieron y llevaron al aula las siguientes actividades. En el preescolar y primer ciclo se realizaron 14 actividades, organizadas para que los niños puedan llevar a cabo una misma mezcla de colores con distintos materiales. Por ejemplo, las primeras tres actividades están dirigidas a combinar los colores amarillo y azul. En la primera se utilizan pinturas, en la segunda filtros de colores amarillo y azul y, en la tercera combinaciones de filtros con figuras también con los colores amarillo y azul.

Las siguientes tres actividades utilizan rojo y amarillo con el mismo proceso que para el amarillo y azul, las siguientes tres con azul y rojo. En la décima actividad los niños identifican los colores básicos en el círculo cromático y, en las siguientes tres actividades repiten la secuencia de las anteriores, pero con la combinación de tres colores, amarillo, azul y rojo. Al final queda una actividad libre que deberán llevar a cabo con los colores que han estado utilizando.

Para el segundo y tercer ciclo, se repiten las acciones descritas con los mismos colores hasta la actividad 14, en las actividades 15 y 16, en lugar de pinturas y filtros, se utilizó combinación de luz de colores, primero azul y rojo y, en la siguiente verde-azul y verde-rojo. Para finalizar, se llevaron a cabo combinaciones con todos los colores para apreciar el círculo cromático para la luz de colores y cómo se forma la luz blanca. Es importante hacer notar que las primeras actividades las llevan desde los más pequeños hasta los más grandes pues, es la primera vez que todos los niños llevan a cabo esas actividades y, sobre todo, es relevante que todos los ciclos escolares lleven a cabo el proceso completo para garantizar que cuentan con los elementos de representación de lo que ocurre con todos los colores.

El caso de las sombras también se dividió en preescolar y primer ciclo y, segundo y tercer ciclo. En el primer caso, las actividades estuvieron centradas en el reconocimiento de la luz para ver el entorno, en las cualidades ópticas de distintos materiales y cómo se forman las sombras por estar en el paso de la luz, para finalizar con el sol como fuente de luz y la producción de su propia sombra. Estas actividades se llevaron a cabo también con los alumnos de segundo y tercer ciclo, pero adicionalmente se dio más libertad para la producción de sombras y se puso énfasis en cómo es la trayectoria de la luz.

Como se ha descrito previamente, los docentes llevaban al aula lo que habían hecho en sus cursos, de manera que el procedimiento didáctico era el mismo, desde luego con las características propias de las formas de actuar de los docentes y, también, con algunas limitaciones conceptuales que presentaron. Por ejemplo, se identificó que la gran mayoría de los docentes identificaban como colores primarios el blanco, negro, azul, rojo y amarillo, pero no podían establecer una relación entre los colores primarios y secundarios. Muchos de ellos tampoco fueron capaces de utilizar el círculo cromático para mostrar la organización o relación entre colores primarios y secundarios o complementarios. Otra idea entre los docentes es aquella que se refiere a que los colores permanecen inalterados, es decir que consideran que, cuando los colores se mezclan no se genera un nuevo color, indican que se observa uno o todos los colores que se mezclan, pero no se genera un nuevo color. Como mencionamos anteriormente, estas dificultades son compartidas entre docentes y estudiantes, de ahí la importancia de conocerlas para la elaboración de las actividades, pero sobre todo, para poder apoyar a los profesores después de sus intervenciones con los alumnos e ir, paulatinamente, construyendo un proceso en el aula donde este tipo de dificultades conceptuales se vayan resolviendo poco a poco, sin imposiciones y con la intervención de los alumnos que, a diferencia de su práctica pasada, podían preguntar, comentar y proponer ideas tanto explicativas como de nuevas actividades.

Seres Vivos. El tema de los seres vivos es uno de los principales ejes de la enseñanza básica de las ciencias y tanto en el currículo de la SEP de 2011 como en el de 2018 se encuentra desde el nivel preescolar hasta la secundaria. La complejidad del tema no es menor porque, aunque a simple vista pareciera sencillo distinguir a una planta de un animal, establecer criterios para esta diferenciación y comprender qué implica cada una de esas funciones para lo vivo, es uno de los principales problemas a los que se

enfrentan los estudiantes durante la educación básica. Como lo muestran múltiples investigaciones, que parten de los trabajos pioneros de Jean Piaget los cuales datan de la primera mitad del siglo XX, el animismo es una cualidad que los niños, desde los cuatro o cinco años, utilizan para definir lo que está vivo, es decir, lo que está vivo para un niño pequeño es aquello que tiene sentimientos, deseos, intenciones, o está vivo porque funciona o realiza una actividad. En esta categoría pueden entrar tanto los seres vivos (árbol, perro, conejo), como objetos (bicicleta, muñeca, auto, robot) y algunos elementos de la naturaleza (sol, agua, nubes, aire).

Después de Piaget, la transformación del concepto de ser vivo en la infancia ha sido estudiado por autores como Inagaki y Hatano (2008); Leddon et al. (2011); Lee y Kang (2012), entre muchos otros. Por ejemplo, Gottfried y Gelman (2005) señalaron que los niños de preescolar pueden diferenciar sin dificultad que los animales son distintos a los objetos y, de manera general, reconocen que los animales tienen un comportamiento asociado a la idea de que son animados (porque se mueven), y este es el primer criterio o característica que utilizan para distinguir a los animales como seres vivos; establecen la distinción de lo animado vs lo inanimado. Esta característica se va refinando, desde la dicotomía animado - inanimado, que incluye todo tipo de movimiento o acción, hasta aquel movimiento que se da en forma autónoma y no es resultado de un agente externo que lo provoque (por ejemplo, cuando los niños explican que las nubes están vivas porque el viento las mueve).

Autores como Opfer y Gelman (2001) y Opfer y Siegler (2004), destacan lo importante que es el que los niños consideren que las acciones que realizan los seres vivos las hacen para obtener un beneficio propio, esto es, hay una intencionalidad en dichas acciones, por lo que el movimiento ya no se usa solo en términos de “se mueve o no se mueve” sino que se piensa en “se mueve para...”. Venville (2004) y Villarroel (2013) defienden esta posición,

pues señalan que conforme los niños avanzan en edad y escolaridad, hay una transición en la construcción de la clasificación y conceptualización de ser vivo, a partir de los cambios en la idea del movimiento, que se dirige progresivamente hacia la noción de animacidad aplicada solo a animales y plantas, al sacar de esta categoría a los elementos de la naturaleza (como el sol y las nubes). Kiel (1992), argumenta que cuando los niños tienen a su alcance información y hechos acerca del mundo biológico (se les orienta en la identificación de otros criterios para clasificar a los seres vivos, como la idea que se reproducen, crecen y cambian) pueden establecer diferencias entre las personas, animales y plantas, con las cosas que no son vivas. Esto significa que el primer grupo que se piensa como seres vivos son los animales, y en el que entran más fácilmente los elementos de la naturaleza y los artefactos u objetos, que la plantas, por la característica del movimiento, que es más perceptual y cercano. Así, el reconocimiento de que las plantas son seres vivos, pero no así los artefactos, el sol o las nubes, por ejemplo, es más tardío en el desarrollo cognitivo, y se relaciona con la incorporación de más criterios de clasificación, como la reproducción, la nutrición o el crecimiento.

A pesar de que muchos de estos procesos se van dando con el desarrollo de los niños, las investigaciones muestran que esto no es tan sencillo y no ocurre de manera inmediata sin el apoyo escolar, pues aunque puede verse como una trayectoria conceptual clara y definida, que se va construyendo y enriqueciendo paulatinamente, los alumnos deben enfrentarse a serios problemas para lograrla, ya que necesitan desligarse de algunos de los criterios que han ido estableciendo en su interacción cotidiana con el entorno, y que los lleva a considerar otro tipo de atributos ajenos a los biológicos, para asignarlos a lo que consideran como vivo, y con los que construyen sus representaciones cotidianas o intuitivas, como sucede con el movimiento.

Debido a la problemática descrita, en este tema se optó por no iniciar con una estrategia didáctica predeterminada, sino que se comenzó con la recuperación de las ideas que los profesores tenían sobre los seres vivos. Para ello, se elaboró un cuestionario diagnóstico que brindara información de su propia caracterización de los seres vivos y sus concepciones acerca de lo que es un ser vivo; sobre las diferencias que consideran hay entre los organismos y los objetos y toda materia inanimada. También saber qué reconocen como características de los seres vivos. Otros aspectos que se averiguaron son sus ideas sobre los cuidados que requieren los seres vivos, diferencias entre plantas y animales, sus ideas sobre la nutrición y la respiración en plantas y animales, las relaciones de semejanza entre padres e hijos y temas más amplios como biodiversidad, evolución, ecosistemas y la relación que hay entre el clima y los organismos.

Los resultados obtenidos mostraron que los profesores tenían serias complicaciones para poder caracterizar a los seres vivos. La gran mayoría utilizó criterios distintos para definir a las plantas y a los animales como vivos y si bien el movimiento, que comen, crecen y se reproducen estaban presentes en sus respuestas, al momento de definir esos criterios, o indicar cómo se presentan en diferentes ejemplos de organismos, resultó difícil para los docentes. Hubo quienes no pudieron establecer, con criterios biológicos, la diferencia entre el crecimiento de un río y el de un animal o de una planta, o bien, no podían decir con certeza si las plantas tenían hijos, o si los hongos eran plantas y tenían vida. Es posible señalar que, casi en su totalidad, los docentes no mostraron un manejo conceptual integrado y organizado, pues mucha de la información que manejaban la citaban de memoria, resultado de aplicar los mismos ejercicios año con año con sus alumnos.

Con estos hallazgos y con los antecedentes de investigaciones previas como las señaladas, se estableció una trayectoria y organización del tema, con la finalidad de apoyar a los niños (y de manera paralela a los profesores) a:

identificar a los seres vivos a partir de una serie de características que comparten; conocer a qué hacen referencia dichas características desde el contexto biológico; diferenciar grupos de seres vivos mediante el reconocimiento de formas alternativas en que se presentan esas características; comprender que, a pesar de la diversidad, es posible definir un conjunto de atributos para generar clasificaciones que nos ayuden a organizar al mundo biológico para poder estudiarlo.

A partir de lo anterior, se desarrolló la propuesta didáctica “Los seres vivos y su diversidad” que tiene como propósito ayudar a los alumnos en la jerarquización, integración y diferenciación de la información prevista a lo largo de los seis años de este periodo escolar, con la intención de que, al final de la primaria, puedan tener un sistema de categorización que les permita comprender la unidad y diversidad de la vida, proponer ejemplos de su entorno e incluir otros que les ayuden a extrapolar lo que conocen de los organismos que les son familiares e identificar las diferencias que presentan.

Para el primer ciclo se desarrollaron seis actividades: la identificación del lugar donde viven, donde describían todo lo que les rodeaba, la segunda actividad se enfoca en el reconocimiento de los vivo y no vivo dentro de ese mismo entorno. La tercera actividad consistió en jugar una lotería sobre la identificación de lo que está vivo y no, la siguiente actividad se centró en describir la variedad de los entes vivos de su entorno, y las actividades quinta y sexta se enfocaron en los procesos de reconocimiento del cambio y de la identificación de los padres de diversos seres vivos.

Para los ciclos segundo y tercero, se llevaron a cabo las mismas primeras cuatro actividades que para el primer ciclo, claro que con las diferencias que marcan los propios niños al ser mayores. Después se desarrolló una actividad sobre la biodiversidad y una siguiente que hacía énfasis en la diversidad, pero relativa a las formas de nutrición, hubo una actividad más

sobre biodiversidad centrada en la respiración. Se retomaron las actividades de reconocimiento de cambio y de identificación de los padres de diversos seres vivos, para finalizar con dos actividades sobre los procesos de reproducción, una titulada *“Los hijos de las plantas”* y otra *“El pollito del huevo, ¿y el puerquito?”*.

Adicional a la estrategia de trabajo en el aula, que es utilizada por el profesor como guía de todos los aspectos que desarrollará con el grupo, se generó el cuaderno de registro para el alumno, en el que como se ha descrito, el alumno va resolviendo los ejercicios planteados por actividad, de acuerdo con el trabajo de cada sesión. También se elaboró un texto para los profesores, en el que se describe a detalle el tema de los seres vivos, desde su caracterización hasta la explicación de lo que cada característica o criterio biológico significa, la diversidad de formas en que se presenta en distintos grupos de seres vivos, conectándolos con procesos adaptativos y evolutivos.

Si bien, los profesores se forman con las mismas actividades que se llevan a cabo con los niños, como ya se ha descrito previamente, en el material dedicado a ello y, en los cursos, los temas se abordan con mayor amplitud y tratando de resolver sus dudas y problemas presentados. Así, en el material o libro para el profesor se profundiza en temas como las plantas, los animales y las características generales de los seres vivos, la célula como base de la organización de la vida, la reproducción, el crecimiento, el desarrollo y la muerte, las diferencias de nutrición entre plantas y animales, la respiración, adaptación y evolución, cómo se ha reconocido la evolución a través de los fósiles para finalizar como la transformación del ambiente.

Astronomía. La Tierra y el Conocimiento del Cielo. Estos temas han representado siempre un reto para la enseñanza básica pues implican diversos procesos de desarrollo conceptual en los alumnos, que han

mostrado ser complejos y difíciles, pues involucran concebir escalas de tamaño y tiempo lejos de la percepción cotidiana, así como de sistemas inobservables. Por consiguiente, también han sido motivo de diversos trabajos de investigación y de propuestas para su enseñanza, así como es uno de los temas preferidos en la divulgación de la ciencia para los niños.

Como en los casos anteriores sobre los colores y las sombras y los seres vivos, si bien se habían identificado las principales dificultades sobre el aprendizaje de esos temas que se ha investigado previamente, el primer curso con los profesores mostró importantes aspectos a tomar en cuenta para transformar las actividades y llevar a cabo la propuesta con los niños. En este caso se identificaron aspectos no previstos como son: *Los Puntos cardinales*. Se encontró confusión entre los docentes para identificar cómo se orienta con base en los puntos cardinales. Después de varios comentarios con los profesores, se encontró que esos problemas se derivaban de que, para la mayoría de ellos, las direcciones Norte-Sur, corresponden a la salida y puesta del sol y no en la dirección Este-Oeste. Como podrá apreciarse, este problema se trasladó a otras actividades, como la construcción de un reloj de sol, el reconocimiento de las estaciones del año en esquemas, y en la determinación de la posición de constelaciones, que se requirieron en las actividades correspondientes.

Los Planetas. Se encontró también que los planetas no parecían tener ningún significado para varios de los profesores y que no los podían diferenciar de las estrellas pues, en su concepción, todo lo observable en el cielo nocturno (excepto la luna) son estrellas. En el proyecto se ha procurado reconocer, junto con los profesores, las relaciones entre las ideas, tradiciones y lengua de su comunidad. Por ello, para tratar de comprender el problema que los planetas representaban para ellos, les preguntamos cómo nombraban a los planetas en la lengua náhuatl y nos dijeron que no hay un vocablo para ello, solo para estrella. Esto tiene implicaciones relevantes pues no hay una

concepción de planeta como un cuerpo celeste con características propias y, por tanto, hablar de los planetas al inicio del curso no tenía sentido, porque no les asignaban el significado o interpretación esperado, aunque evidentemente los conocían por estar en el currículo.

Cómo gira la Tierra. Otra de las dificultades encontradas con los docentes fue poder reconocer el sentido de giro de la Tierra. Esto se hizo patente cuando se analizaba con ellos, en un modelo esférico de la Tierra, la sombra de un objeto a lo largo del día y con ello se identificaba la orientación de salida y puesta del sol. Este problema está asociado a la identificación de los puntos cardinales.

Las dificultades encontradas en los docentes y los alumnos para la comprensión de estos temas – salvo el caso de los planetas, para los que la lengua náhuatl no tiene un vocablo – no son nuevos ni exclusivos de esta comunidad. Se han presentado en diversas investigaciones sobre las nociones de forma de la Tierra y de fenómenos como el día y la noche, las fases de la luna o la formación de los eclipses. Las razones son diversas y cómo se ha apuntado en las investigaciones (Gallegos, et al., 2017; Bryce y Blown, 2013; Lelliott y Rollnick, 2010)) tienen su origen en la construcción de explicaciones desde el plano cotidiano observacional y en dificultades intrínsecas de orden cognitivo y conceptual para establecer otros referentes que les permitan interpretar las representaciones que usualmente se les presentan en textos y otros materiales.

Uno de esos problemas cognitivos es la dificultad de la descentración, es decir, la posibilidad de construir, para una persona, representaciones distintas, en las que la persona no es el centro desde donde la representación se construye y cobra sentido. Así, en este el caso de los eventos astronómicos, lograr construir representaciones donde lo observable cotidiano, como la superficie plana de la Tierra, la salida y puesta

del sol, y todo lo visible del cielo desde la persona, no es relevante, sino que se requiere de una representación desde lo no observable, como situarse fuera de la Tierra para concebirla como cuerpo esférico celeste, no solo es complejo, sino que implica salirse de su mundo. Tener la capacidad de abstracción de estar fuera de ese mundo.

Sumado a lo anterior, se encuentra el factor de escala. Los factores de escala han sido uno de los problemas de comprensión en la ciencia, sea desde la escala humana hacia lo muy pequeño o hacia lo muy grande. En este caso, pasar de lo que a escala cotidiana se considera grande hasta la escala de un planeta como la Tierra, implica un esfuerzo de abstracción notable. Como también que en esa escala se debe concebir que lo que observamos como nuestro horizonte no es más que una pequeñísima superficie que nos parece plana sólo debido a su relación con el tamaño de la superficie esférica de la Tierra. Con relación al tamaño, también se encuentra la reconstrucción de la distancia, por ejemplo, hacerse una imagen mental o representación de las diferencias de distancia entre la Tierra y la luna y entre la Tierra y el sol. Todos estos aspectos de tamaños y distancias si bien llegan a ser admisibles y, en cierto sentido imaginables, en general no es un proceso fácil e inmediato para las personas y es muy complejo para los niños.

La percepción de movimiento es otro de los retos que enfrenta la comprensión del fenómeno del día y la noche. El movimiento interiorizado o corporeizado, está asociado a la sensación que tenemos del movimiento y, por lo tanto, es reconocible solo cuando el sujeto lo percibe en sí mismo o bien lo ve en otro objeto. Por ello el que la Tierra tenga un movimiento de rotación sin que éste sea percibido es otro proceso complejo de interpretar.

Relacionado con representarse el movimiento de rotación de la Tierra a pesar de no percibirlo, está el movimiento relativo, pues es necesario convencerse que describir el día y la noche con el movimiento del sol (salida y puesta), es

equivalente a describir el mismo fenómeno con la rotación de la Tierra. Este paso requiere de la representación de ambos movimientos para describir el mismo observable –el día y la noche– y, por ello, como se verá en la descripción de las actividades, ocupa una parte importante de las mismas.

Como podrá notarse, la comprensión de estos temas requiere de procesos cognitivos y epistemológicos en los profesores y alumnos que les permitan construirse nuevas representaciones que les sean interpretables con los elementos que tienen a disposición los niños (cognitivos y representacionales) y con los cuales puedan encontrar y elaborar explicaciones coherentes y creíbles para ellos, además de que puedan percibir que esas representaciones de los objetos astronómicos y sus procesos, ayudan a comprender de manera más clara lo que observan cotidianamente.

Las actividades que se llevaron a cabo al aula para trabajar este tema fueron las siguientes.

Primer ciclo

¿Cuándo es de día y cuándo de noche?

En el primer ciclo se desarrollaron cuatro actividades relativas al día y la noche. La primera de ellas inicia con la exploración de las características que permiten determinar cuándo es de día y cuándo de noche por parte de los niños. Esto es, que describan cómo saben que es de día y de noche y las actividades que llevan a cabo en el día y la noche. La segunda actividad se enfoca en la forma de la Tierra. Para ello, se muestran diversas imágenes que los niños tienen que seleccionar y explicar. Estas imágenes muestran desde una Tierra plana hasta una redonda. En esa misma actividad se les presentan diversas posibilidades de lo que ocurre con el sol y la luna para que suceda el día y la noche. Esta actividad no es más que exploratoria pues, como se verá más adelante, es un problema no resuelto incluso para los niños de los grados superiores, por lo que solo tiene la intención de que se inicie la posibilidad de considerar diversas alternativas para explicar el día y la noche.

El foco central de las actividades es la aproximación hacia la comprensión de que es posible una explicación alternativa a la salida y puesta del sol. Así, una vez que se hacen las descripciones, se lleva a cabo una actividad donde se puede identificar la sombra de una persona a diferentes horas del día. Para ello, se utiliza un modelo que se muestra en la figura 21. En ese dispositivo es posible, inclinando el plano, poder observar la forma de la sombra de la figura en distintas posiciones, por ejemplo, al amanecer, en el transcurso de la mañana, al mediodía, al atardecer y, al anochecer. El objetivo es que se pueda establecer una relación entre posición de la persona y su sombra con relación a la fuente de luz (que representa al sol). Así en la actividad, la plataforma donde se encuentra la figurilla o muñeco, la inclinación se va modificando y la observación de la forma de la sombra se

relaciona con el sentido hacia donde gira para determinar el proceso de la sombra desde la mañana hasta la noche.

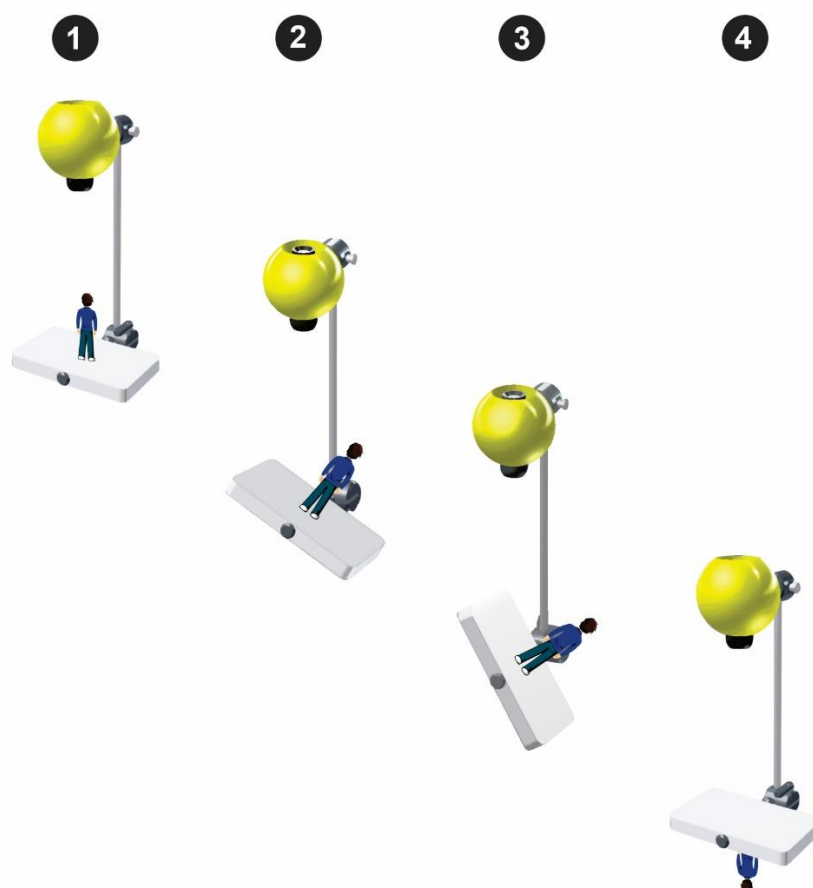


Figura 21. Secuencia de inclinaciones mostrando las sombras proyectadas del objeto.

Desde luego que se hace especial énfasis en que los alumnos comprendan que lo que están utilizando es un modelo y que es una forma de representar lo que observan con su sombra durante el día.

Como la observación cotidiana implica que es el sol el que se desplaza y no la superficie donde uno se encuentra parado, la siguiente actividad, es observar la formación de las sombras, pero ahora, dejando la superficie o

plataforma estática y moviendo la fuente de luz. Con ello también se podrá notar que las sombras que se forman son las mismas y que, por consiguiente, para un observador que no puede notar el movimiento de la plataforma (es decir de la Tierra) es indistinguible si es ésta la que se mueve o es la fuente de luz, en este caso el sol, la que se mueve.

Desde luego que la intención de ambas actividades no es resolver de manera definitiva el problema del movimiento de la Tierra y que debido a ese movimiento ocurre el día y la noche, sino ir estableciendo en los alumnos la posibilidad de que ese movimiento de la Tierra puede explicar lo que observan cotidianamente, como la formación de su sombra a distintas horas del día y que, por lo tanto, puede haber una explicación distinta al movimiento del sol para dar cuenta de cómo transcurre el día y la noche. Ver la figura 22.

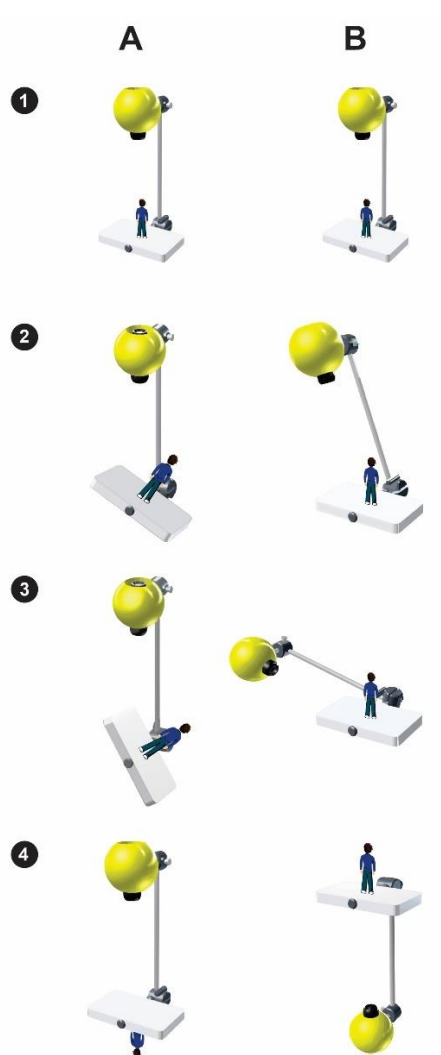


Figura 22. Equivalencia en la generación de sombras si es la fuente o el objeto el que se mueve.

El día y la noche. La siguiente actividad fue repetir esta posibilidad de explicar el día y la noche con el movimiento de la Tierra o bien, con el movimiento del sol, pero, en este caso, en lugar de una plataforma, se utilizó una esfera sobre la cual se coloca la figurilla o muñeco. La actividad se lleva a cabo, nuevamente observando cómo son las sombras conforme transcurre el día, ahora con la sombra proyectada sobre la esfera. En un caso se hace girar la esfera (derecha a izquierda) y en el otro se hace girar la fuente de luz (izquierda a derecha). En las actividades los niños y profesores, producen

las sombras a distintas horas del día y comparan sus observaciones. Al usar esferas, si bien, los muñecos están fuera de escala, es una introducción a que la forma redonda también es un medio posible para explicar lo que se observa y establecer la posibilidad de concebir a la Tierra como una gran o enorme esfera. Uno de los problemas que aquí se presentaron, principalmente, en el curso a los docentes, fue la comprensión de que el movimiento en ambos casos es en sentido contrario, es decir, que si se toma en cuenta el movimiento de la plataforma el sentido de giro de esta es de derecha a izquierda, con el objeto de frente, como en la figura 23, mientras que lo que se mueve es la fuente de luz, es de izquierda a derecha.

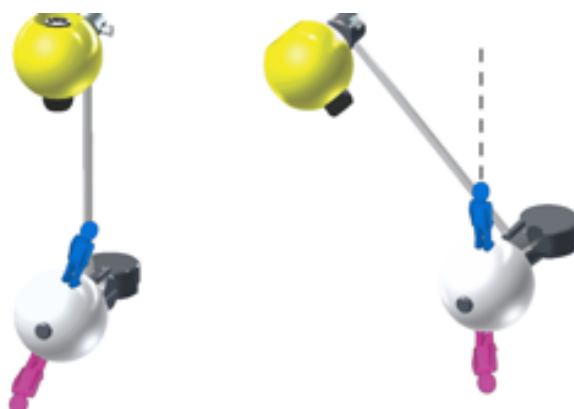


Figura 23. En esta figura se muestra la sombra que se produce por la inclinación de la esfera en relación con la fuente de luz.

Segundo ciclo.

Para el siguiente ciclo escolar, que comprende los niños de tercer y cuarto grado, se presentaron siete actividades. Las dos primeras estuvieron centradas en la forma de la Tierra, la primera en la que los alumnos elaboran un modelo en tres dimensiones sobre su concepción de la forma de la Tierra y, en la segunda, con el uso de animaciones por computadora diseñadas para ellos, donde se presentan diversas formas posibles de la Tierra y de entre las cuales deben elegir una en función de sus propias representaciones

con base en sus ideas de dónde vive la gente y de si conciben un límite o no de la Tierra, como ocurrió en el primer ciclo. La tercera actividad está orientada al reconocimiento de los puntos cardinales que, como se ha hecho notar, presenta dificultades tanto en docentes como en alumnos. Para ello se partió de la identificación de la salida (Este) y puesta (Oeste) del sol, identificadas con sus brazos extendidos. Brazo derecho para el Este e izquierdo para el Oeste, y su cara mirando al Norte y su nuca al Sur. Si bien esta actividad contribuye a la orientación, como se observó con profesores y niños, no resuelve todos los problemas, al ser trasladados a otras situaciones como el sentido de giro de la Tierra.

Las dos siguientes actividades están nuevamente centradas en el proceso día y noche. Esto debido a que los alumnos presentan dificultades similares a las de los niños del primer ciclo. También, a que los cursos son impartidos de manera simultánea en los tres ciclos y no hay antecedentes entre un ciclo y otro, de manera que los niños no han tenido actividades previas sobre estos temas. Las actividades sobre el día y la noche corresponden, entonces, en cuanto a forma y acciones a las descritas para el primer ciclo, esto es, describir las sombras que se observan cuando la fuente de luz está fija y sobre una superficie en la que se encuentra una figurilla o muñeco y con ello identificar el movimiento para determinar desde el amanecer hasta el anochecer. La siguiente actividad consistió en dejar fija la superficie con el muñeco y mover ahora la fuente de luz, como si fuera el sol y, nuevamente, observar la sombra para determinar la transición del amanecer hasta el anochecer. Como en el caso anterior, la intención es que los alumnos puedan notar que ambas formas de proceder son equivalentes para explicar las sombras y con ello el día y la noche. Desde luego los problemas que se presentaron de orientación y de dirección del giro son los mismos que se manifestaron en el primer ciclo.

Posterior a esa actividad, y continuando con la intención de que los niños puedan percibir que el movimiento de la Tierra es una explicación tan buena para la sucesión día – noche que la del movimiento del sol, la actividad ahora en lugar de contar con una superficie plana, se pasó al caso de tener una esfera y en ella un muñeco o figurilla de manera que también pudiera observarse su sombra con una fuente de luz como se muestra en la figura 17.

La primera actividad con este dispositivo fue que giraran la esfera poco a poco y observaran la sombra que se producía identificando desde el amanecer hasta el anochecer. Como en los casos anteriores, uno de los problemas de inicio fue determinar el sentido del giro de la esfera, lo que de nueva cuenta requirió reconocer los puntos cardinales y trabajar sobre la confusión recurrente de que el Norte es por donde sale el sol. Para ello, se llevaron a cabo varias acciones de orientación y en las esferas se indicó, marcando el polo norte y el polo sur, una vez que se había reconocido la orientación Este-Oeste, como muestra en la figura 24.

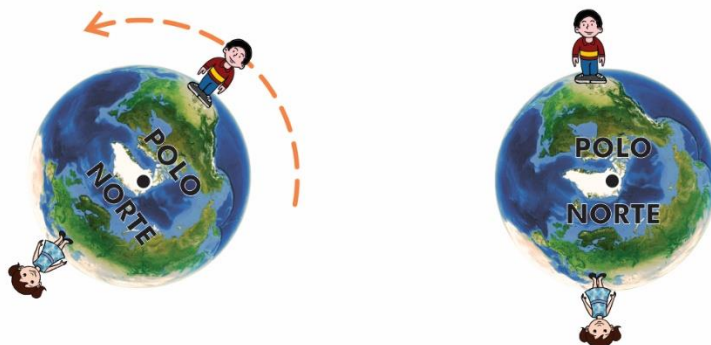


Figura 24. Orientación y giro de la Tierra, visto desde el polo norte.

Con ello los niños y profesores determinaron la forma de la sombra en el amanecer y en alguna hora de la mañana, comparándola con la que han observado cotidianamente, así como en el mediodía y en la tarde hacia el anochecer. En esta actividad también se llevó a cabo la misma acción, pero

ahora moviendo la fuente de luz y determinando nuevamente las sombras en las mismas horas.

La siguiente actividad fue utilizar una representación del sistema Sol-Tierra-Luna, con un modelo en el que pueden observarse todos sus movimientos en tres dimensiones. Este aparato que simula los movimientos de esos tres astros se muestra en la figura 25. Con él se describen los movimientos de la Tierra, de rotación y su relación con el día y la noche y de traslación o revolución alrededor del sol, indicando el transcurso de un año. También se puede representar el movimiento que la luna tiene en derredor de la Tierra. Con esta actividad se pretende ayudar a la construcción de una representación de ese sistema desde la perspectiva de un observador externo al sistema, es decir, de un observador fuera y lejos de la Tierra.

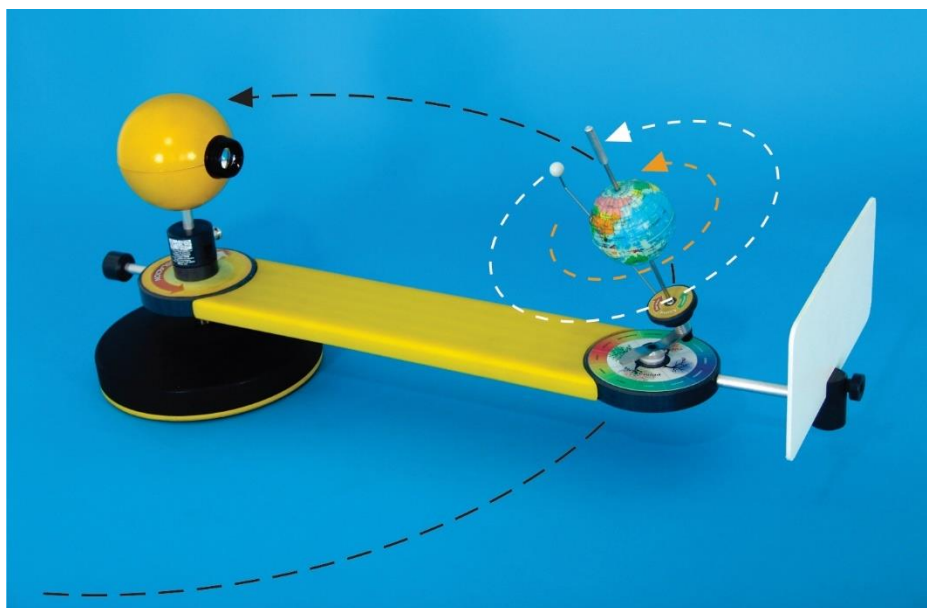


Figura 25. Modelo Sol-Tierra-Luna desarrollado para trabajar el tema de Astronomía.

El tema de las fases de la luna se abordó con dos actividades. La primera usando una lámpara y una esfera, con la intención de hacer una analogía de cómo el sol ilumina a la luna y por lo cual es posible que pueda verse. La segunda actividad es una simulación con la lámpara y la esfera y ellos,

observando desde una posición como si fuese la Tierra, cómo se va iluminando la luna y podrán observar sus fases. La actividad se complementa con la observación de las fases de la luna asociada a un calendario en un programa de cómputo, como se muestra en la figura 26.

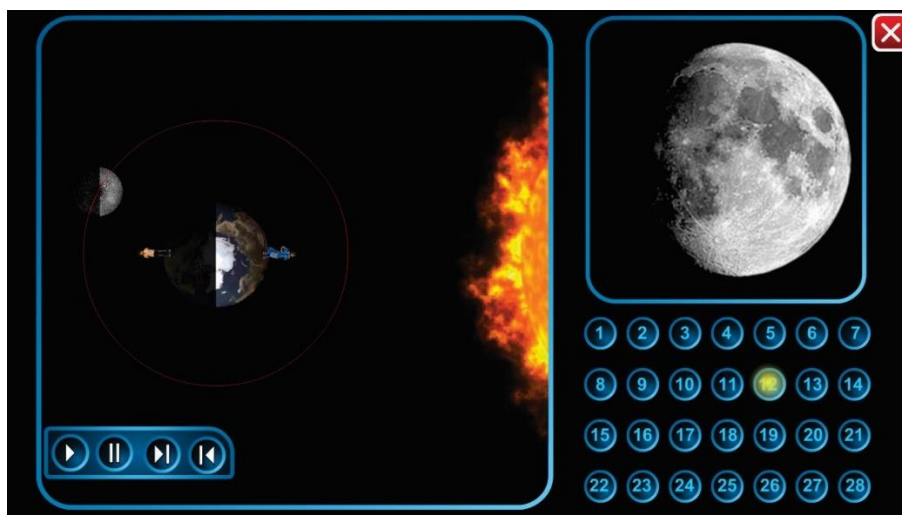


Figura 26. Simulación que muestra las fases de la luna.

Tercer ciclo

También en este caso, con los niños se abordó la equivalencia de los movimientos para describir el día y la noche, entre una Tierra estática y el sol moviéndose, o bien, la Tierra girando y el sol estático. Las primeras actividades fueron las mismas que ya fueron descritas para el primer y segundo ciclo. Estas actividades, y las que corresponden a las fases de la luna, se incorporan también en este ciclo pues, si bien los niños son de mayor edad (quinto y sexto grados) requieren de este proceso de transición de una Tierra plana a una esférica y, de manera correlativa, de la posibilidad de que esa Tierra tiene un movimiento de rotación con el que es posible explicar la sucesión cotidiana día-noche. También, como es la primera aproximación de los niños y profesores con estos procesos, es necesario que se analice con ellos que la luna es visible por la iluminación que recibe del sol y que se desarrolle en ellos una representación de las fases de la luna.

Una vez que se llevaron a cabo las actividades descritas en el segundo ciclo, se abordó, en la última actividad del tercer ciclo, el fenómeno de los eclipses. Para ello se utilizó el modelo del sistema Sol-Tierra-Luna, con el cual puede observarse cuándo ocurren los eclipses de sol y de luna, su periodicidad, su dependencia de la inclinación de la órbita de la luna con relación al plano orbital de la Tierra. Fue una actividad en la que los alumnos en círculo podían observar el proceso, analizarlo y utilizar el modelo para explorar con los movimientos de los objetos del sistema. Todas las actividades descritas para los tres ciclos fueron actividades en las que los niños expresaban sus ideas, exploraban con los materiales y construían representaciones y explicaciones.

El trabajo con los docentes

En este caso de Astronomía, en la formación de docentes fue necesario llevar cuatro cursos y ajustes al proceso. Cada ajuste fue evaluado con la observación de los problemas que se presentaron en los cursos a los profesores y éstos a su vez con sus alumnos. La versión final (el cuarto ajuste) se centró en la comprensión del proceso día y noche y, para los estudiantes de grados superiores también en el sistema Sol-Tierra-Luna. Para ello se determinó proceder de forma que se pudiera inferir, en primera instancia, desde un punto local, esto es desde un entorno inmediato a las personas. El tema de inicio fue cómo ocurre el transcurso del día y la noche, analizando las sombras y el movimiento relativo entre el sol y Tierra para, posteriormente, pasar a un modelo más amplio y de una escala diferente donde la Tierra ya se representa con una esfera e ir compaginando el mismo proceso hasta llegar a la comprensión de los movimientos sistema Sol-Tierra-Luna, como pudiera ser éste, observado desde un lugar externo y lejano al sistema. Con ello, se tenía la finalidad de que, profesores y alumnos, desarrollaran una representación del sistema donde todos los componentes estén identificados claramente, así como sus movimientos y sus efectos, en

este caso cómo ocurre el día y la noche, y en los otros, cómo se producen las fases de la luna y los eclipses.

VI Logros: transformación de las dinámicas de trabajo entre estudiantes y docentes

Cambios en las aulas

Conforme se fue desarrollando el proyecto, en las aulas se generó, de manera paralela, un cambio en las formas de interacción entre los docentes y sus alumnos. Por comentarios de los propios profesores, sabemos que al inicio la interacción era unidireccional, esto es, el docente exponía y dictaba, mientras que los alumnos tenían como consigna estar callados y ejecutar lo que se les indicaba. No había espacio para dialogar sobre los temas tratados y las preguntas eran muy escasas.

De nuestras investigaciones y observaciones en otros momentos, conocíamos que, aunque en el currículo oficial se explican los propósitos y fundamentos de la propuesta curricular en el caso de las ciencias (SEP, 2011), se incluyen los temas que deben abordarse y en los programas hay explicaciones de los logros esperados, esto no es abordado en las escuelas indígenas, pues estos elementos, en general, son poco comprendidos por docentes que se han formado con la manera más tradicional de enseñanza, y para quienes el centro de interés está en los temas de lengua (español), matemáticas e historia. Por ello no era extraño encontrar en las aulas, alumnos callados, que se quedaban con dudas.

Esta situación en las aulas se fue transformando a partir de los cursos con los profesores, donde ellos mismos actuaron como alumnos, llevando a cabo las actividades, comentando y preguntando todo lo que surgiera, analizando y comentando con otros docentes, trabajando en equipo y con un diálogo

permanente con los instructores. Hacia el final del desarrollo del proyecto ya era cotidiano observar alumnos que participaban en clase, elaboraban explicaciones, se planteaban ideas y dudas, mientras que los profesores, en un ánimo totalmente distinto, atendían sus comentarios, discutían con ellos, pero, sobre todo, buscaban formas alternas de explicar y fomentar en sus alumnos la argumentación de sus ideas. Consideramos que este cambio en las dinámicas de trabajo fue uno de los más relevantes del proyecto, mismo que puede verse y constatarse en los vídeos de las clases (Ríos, 2014).

Otro de los cambios generales alcanzado fue despertar en los docentes el interés por las ciencias naturales. A partir de las observaciones en aula (Ríos, 2014), de comentarios de los propios docentes (registradas en audio durante sus entrevistas o en los cursos,) y de otras observaciones en diversos momentos (registradas en notas escritas y/o vídeo) se pudo constatar que, además de atender a los cursos con entusiasmo, en sus aulas hacían un notable esfuerzo por explicar mejor a los niños, escucharlos y proponer explicaciones alternativas, que se informaban un poco más de lo que tenían los libros de texto, tanto en los materiales que se les proporcionaron en el cursos (materiales para los docentes) como en otras fuentes. Fue notorio también que, al inicio, muy pocos docentes utilizaban algún dispositivo electrónico para trabajar en el curso, mientras que, hacia el tercer año, la mayoría contaba ya con computadoras portátiles y las usaban para obtener información sobre los temas abordados. Este cambio provocó en los profesores una revaloración del valor de formación que las ciencias naturales tienen para los niños y en la educación básica.

La resignificación de las actividades de observación, experimentación y exploración con los estudiantes, así como contar con materiales para ello, por simples que sean, fue otro de los cambios notorios en la transformación de la práctica docente. Las escuelas participantes recibieron los kits de materiales que se desarrollaron y describieron previamente, pero aún

escuelas aledañas que al principio no contaban con ellos, procuraron replicar algunos, empleando para ello su creatividad y sus propios medios y recursos. Las escuelas participantes destinaron espacios especiales para trabajar en las clases de ciencias que denominaron *Kaltaixmatilis Semanauak* (Casa de saber del mundo). Así, en muchas de ellas, se pasó de no hacer ningún tipo de actividad con los niños, a que las actividades de las ciencias se constituyeron en elemento central del proceso educativo.

No menos relevante es el logro de los docentes, que, en sus aulas, introdujeron las ideas de su comunidad en los temas de los colores, las sombras, los seres vivos, o sus historias sobre las estrellas y el uso de las fases de la luna en las cosechas. Estos temas anteriormente no se abordaban en la escuela, pues se consideraba que no tenían cabida, pero, sobre todo, porque no había una idea clara de su relevancia en la comunidad y que podían tratarse en las clases, con la correspondiente justificación y separación, bajo el supuesto de que es un conocimiento distinto al de la ciencia, y relevante para la convivencia en su entorno y para la preservación de su cultura étnica. De hecho, a los docentes les parecía extraño que en los cursos se indagara sobre sus ideas o representaciones acerca de su cultura étnica, o que se les solicitara que narraran sus historias, leyendas y tradiciones sobre el tema que se había abordado en el curso. Fue a partir de su reconocimiento y comprensión de cómo proceder con estas explicaciones en las aulas, y haber identificado en los cursos que estas ideas se tomaban en serio como parte de su legado cultural étnico, que cada vez se hicieron más explícitas y evitaron mezclarlas con las explicaciones científicas.

Desde luego que estos logros no se dieron por igual en todos los docentes participantes. Como es de suponer, en algunos profesores algunos tipos de cambio fueron más notorios que en otros. Siempre hay docentes menos dispuestos a sostener diálogos largos con los alumnos, otros tienen mayores dificultades para tratar los temas científicos, otros más requieren más

habilidad para llevar a cabo actividades experimentales, o bien, para incorporar de manera entusiasta sus ideas étnicas en la escuela. Sin embargo, fue posible observar y documentar transformaciones visibles en todas las profesoras y todos los profesores, por lo que, en cuanto toca a la práctica docente, el proyecto ha resultado relevante en sus 10 años de duración (cinco años como parte del proyecto dirigido 20 escuelas del municipio de Cuautempan y cinco años más de seguimiento de las implementaciones y cambios que el proyecto tuvo en cada una de estas escuelas) pues, como es conocido en el ámbito educativo, el cambio en la práctica docente es uno de los retos más complejos de lograr, sobre todo cuando el objetivo es que sea duradero y con el suficiente convencimiento de los docentes para que no retornen a sus antiguas prácticas (figura 27).



Figura 27. Las clases de ciencias permitieron que los alumnos se convirtieran en participantes activos y comprometidos con su aprendizaje.

Las transformaciones en las ideas de los estudiantes

Para documentar los cambios en las ideas y representaciones de los alumnos, era necesario, además de lo observado en clase, contar con instrumentos que permitieran corroborar los logros en su aprendizaje. Para ello se emplearon cuestionarios y entrevistas. A continuación, se describirá la aplicación de esos instrumentos y los resultados para cada uno de los temas del proyecto.

Los colores y las sombras

Una de las formas de seguimiento fue a través de la aplicación de una entrevista y un cuestionario a toda la población escolar. Estos instrumentos se aplicaron antes de que los docentes implementaran las actividades con los estudiantes y unas semanas después de finalizar sus actividades. Las preguntas abordaron los temas de combinaciones de colores que se abordaron en clase, mismas que también se usaron en las entrevistas posteriores.

Entrevistas individuales. Una de las formas de indagar las ideas de los estudiantes antes de realizar las actividades, fue a través de entrevistas individuales que planteaba problemas específicos que los alumnos debían resolver como fue descrita en el capítulo anterior. La indagación de las ideas de los estudiantes y su posibilidad de hacer inferencias o predicciones sobre los fenómenos permitió reconocer su representación sobre los fenómenos. Una vez concluido el proceso de intervención, nuevamente se realizaron entrevistas. Se emplearon las mismas preguntas, pero esta vez sin realizar las tareas. Es decir, se pedía al entrevistado identificar los colores, hacer una predicción y elaborar una explicación de las combinaciones de los colores teniendo como referencia sólo los botes con las pinturas, pero sin realizar la acción de mezclarlas.

Para el tema de sombras, la entrevista se dividió en tres partes. Primero se indagó sobre el reconocimiento por parte de los alumnos que, para ver las cosas no sólo es necesario tener ojos, sino también que haya luz. En segundo lugar, se preguntó sobre su reconocimiento de las cualidades ópticas de algunos materiales como los opacos, transparentes y translúcidos y qué pensaban que ocurría con la luz en cada uno de ellos. En tercer lugar, se indagaron sus ideas sobre qué es una sombra y cómo se forma. Como en el caso de los colores, durante la entrevista los estudiantes podían llevar a cabo acciones con los materiales que permitieron conocer sus concepciones sobre el fenómeno analizado. Como ya se apuntó, durante las entrevistas, además del entrevistador y el camarógrafo, estuvo presente uno de los docentes que apoyaba con el náhuatl cuando era necesario.

Cuestionario. El cuestionario fue otro de los instrumentos que se utilizó para identificar las ideas de los estudiantes, para los colores se incluyeron 6 preguntas de opción múltiple. Las preguntas abordaron los mismos temas y combinaciones de colores que se plantearon en la entrevista. Para el caso de los colores, se pidió la identificación de colores, explicaciones sobre el proceso y los resultados de combinar colores. Debido a que se trataba de un cuestionario, los estudiantes no realizaron combinaciones con pintura u otros materiales, por lo que las preguntas fueron sobre las combinaciones que se mostraban en las hojas de papel del cuestionario. Como podrá notarse, se recurrió a sus explicaciones o inferencias previas, y no a explicaciones sobre el proceso físico, como colores primarios, secundarios, etc. Una diferencia entre el cuestionario y la entrevista fue que, en el primero, algunas de las tareas involucraban procesos inversos sobre la combinación de colores. Por ejemplo: "Si quisieras pintar un árbol de color naranja, ¿qué colores usarías?".

El cuestionario para el tema de sombras incluyó cinco preguntas de opción múltiple, algunas de las cuales requerían justificar la elección. Los temas fueron los abordados en la entrevista y también en las actividades y, como en el caso de las sombras, planteaban problemáticas que los estudiantes debían resolver. Un ejemplo de pregunta es la que se muestra en la figura 28.

4. Observa los dibujos. Señala cuál es el correcto y después explica por qué elegiste ese.

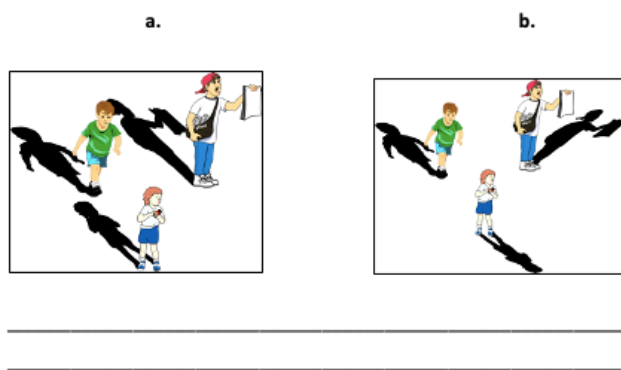


Figura 28. Ejemplo de preguntas para el cuestionario de sombras.

Como describimos previamente, alumnos y docentes enfrentan dificultades conceptuales en el tema de colores, si bien es frecuente el uso de los colores como parte de las actividades desde el nivel preescolar, muchos estudiantes y docentes no pueden identificar los colores primarios y secundarios y existe una tendencia a considerar el color como una propiedad intrínseca de los objetos, de ahí la dificultad de considerar procesos como la mezcla de colores que den lugar a colores diferentes que no sean los colores involucrados en la mezcla o combinación. El reto entonces con las actividades fue que los estudiantes y docentes logaran identificar colores, organizarlos y clasificarlos, y concebir procesos de transformación que los lleven a una mejor comprensión de los fenómenos físicos.

Algunos de los logros identificados en el aprendizaje de los estudiantes sobre el tema de los colores

Uno de los cambios observados en el aprendizaje de los estudiantes fue el reconocimiento de los colores que lograron después de la intervención en aula. Los resultados muestran que el azul, el amarillo y el rojo fueron los colores que los alumnos más lograron identificar. En particular, en el primer ciclo, este reconocimiento de los colores básicos aumentó después de las actividades realizadas en el aula. Por ejemplo, el reconocimiento del color amarillo implicó un aumento del 50% a 100%; el azul de 62.5% a 100% y el color rojo de 50% a 87.5%. En el caso de los colores secundarios también se observó un aumento en el porcentaje de reconocimiento en ambos ciclos escolares (ej. anaranjado 25% a 75%, en el segundo ciclo).

Con respecto a las características del color y sus posibles mezclas o combinaciones, la clasificación de las ideas y explicaciones dieron lugar a la descripción de dos modelos que determinan la forma en que construyen sus explicaciones. En el primer modelo se agrupan aquellas explicaciones donde se concibe que los colores permanecen, no se modifican, es decir, cuando dos o más colores se mezclan no surge un nuevo color. Con esta mezcla se pueden seguir observando ambos colores o predomina uno de ellos, sin que esto implique una transformación. El segundo modelo hace referencia a la idea de que, a partir de la mezcla o combinación de colores, pueden surgir otros colores, mezclar dos o más colores da lugar a un nuevo color, aunque los alumnos que empleaban este modelo no siempre lograban identificar el resultado correcto de la combinación.

Antes de realizar las actividades, los estudiantes sostenían tres ideas frecuentes: el resultado de combinar colores es que solo uno de ellos podrá ser observado, después de la mezcla ambos colores se verían igual o se obtendría un nuevo color, pero en este caso la predicción sobre el color

resultante era incorrecta. Estas explicaciones fueron identificadas en ambos ciclos escolares y, aunque persistió entre algunos alumnos después de la intervención, la mayoría de los participantes pudo construir nuevas explicaciones a partir de las cuales es posible inferir que sus ideas estaban en proceso de transformación. Las nuevas explicaciones incluían que la combinación de dos colores o más da como resultado un nuevo color, indicando también el resultado correcto de dicha combinación. Además, el repertorio de ideas se amplió para considerar que, además del proceso de mezclar los colores, las proporciones de cada color pueden influir en el resultado obtenido. En algunos alumnos también se logró que establecieran un proceso inverso, esto es, a partir de un color que se les mostraba, podían inferir de qué colores está compuesto. Estos resultados revelan que los alumnos lograron un reconocimiento de nuevos colores, obtenidos por la combinación de otros y la comprensión de que la proporción de color utilizada en la combinación afecta la tonalidad y la intensidad del color resultante.

Como mencionamos, estas ideas corresponden a dos modelos sobre cómo se concibe el color y si bien ambos modelos fueron usados por los estudiantes antes de la intervención, después de ésta se identificó una tendencia entre los estudiantes a usar el segundo modelo, es decir, que las actividades de intervención contribuyeron a que los alumnos reestructuraran una representación referida al color como un objeto o cualidad de los objetos hacia una representación donde el color no es una propiedad inalterable.

El caso de las sombras fue mucho más complejo y los logros fueron escasos. El principal logro fue el reconocimiento de la necesidad de la luz y no sólo de los ojos para ver los objetos para que se produjera una sombra, sin embargo, no fue posible que comprendieran la distribución espacial entre sombra, objeto y fuente de luz. Esto quedó claramente de manifiesto pues, al cambiar de ubicación la fuente de luz, no lograban identificar la

orientación en la que la sombra se forma, de manera que no podían trazar la dirección desde la fuente de luz hasta la sombra y frecuentemente se confundían. Esto tuvo implicaciones importantes con los alumnos, pues las actividades no fueron seguidas conforme a lo planeado, por lo que las ideas que los alumnos expresaban en las entrevistas después de realizar las actividades no tuvieron cambios, pues seguían identificando por ejemplo a las sombras como objetos o como reflejos. Pocas niñas y niños comprendían que la sombra se forma porque un objeto interrumpe el paso de la luz, y al igual que los docentes, no lograban hacer la ubicación espacial entre la sombra, el objeto y la fuente de luz.

Debido a la problemática que presentó el tema de las sombras, no fue posible llevar a cabo un análisis más detallado de los logros de los alumnos. Para abordar este tema se prevé la necesidad de una intervención de mucho mayor tiempo y con un proceso de formación docente más amplio y detallado, en el que pueda concebirse la trayectoria de la luz y no quedarse sólo en la idea de que es algo que ilumina los objetos.

Ideas del ámbito cultural étnico sobre colores y sombras

Los resultados de las ideas de su cultura étnica, como se ha mencionado, fueron resultado de actividades fuera de la escuela, tanto para los estudiantes como para los docentes. De las sesiones donde los profesores relataron sus historias y tradiciones y de los recorridos con los estudiantes aparece la idea de que los colores son propiedades o pertenecen a los objetos, esto es, el color de un objeto es parte de su naturaleza y de su constitución. También se encuentra la creencia de que los colores tienen efectos sobre las personas animales y cosas. Del conjunto de ideas expresadas por profesores y alumnos se pudieron identificar tres categorías que agrupan las distintas explicaciones:

Los colores provienen de la naturaleza. Los colores están en los objetos y provienen de la naturaleza, por ejemplo, el café es el de la lana, el amarillo proviene del pigmento de ciertas plantas.

Efectos negativos de los colores. Aquí se agrupan aquellas historias o creencias desde las cuales se asume que los colores pueden tener un efecto negativo sobre las personas (ej. usar el dedo para señalar el arcoíris causa algún daño en ese dedo).

Efectos positivos de los colores. Los colores pueden servir como elementos de protección o acarrear éxito o buena suerte (ej. amarrar listones rojos en los árboles, animales o personas).

Estas ideas recuperadas fueron utilizadas en las sesiones de clase, mostrándolas a los alumnos, como se ha descrito en la propuesta educativa, como elementos relevantes de su comunidad, pero sin que se analicen desde el punto de vista de la ciencia escolar.

El conocimiento de los seres vivos y su diversidad

La información recabada a lo largo de la aplicación de la estrategia se utilizó para analizar las ideas de los niños sobre los seres vivos, teniendo como eje de análisis la identificación del modelo de ser vivo que muestran, antes y después de la intervención. Como en el caso anterior, los resultados y logros alcanzados proceden de dos fuentes, aquellos obtenidos con el cuestionario, que dan cuenta de la clasificación que los niños hicieron de los ejemplos utilizados y la identificación de las características que aplican para reconocerlos como seres vivos o no (un ejemplo de estas preguntas puede verse en las figuras 29 y 30), y los obtenidos con la entrevista, que permiten vislumbrar tres posibles modelos de la noción de ser vivos. A continuación, se describen los resultados obtenidos.

3. Marca con una paloma (✓) los seres vivos y con una cruz (X) los que NO son seres vivos:

 PECES	 PASTO	 NUBES	 MARIPOSAS	 SOL
 MONTAÑAS	 RÍOS	 NOPALES	 ÁRBOLES	 PERSONAS

4. Para cada ejemplo, elije la opción que creas correcta:

	¿Se mueve?	¿Necesita alimento?	¿Puede tener hijos?	¿Es un ser vivo?		
 Un río	 Sí	 No	 Sí	 No	 Sí	 No
 Una abeja	 Sí	 No	 Sí	 No	 Sí	 No
 Un árbol	 Sí	 No	 Sí	 No	 Sí	 No

Figura 29. Ejemplo de las preguntas para el cuestionario de seres vivos de primer ciclo.

1. Observa la siguiente imagen y responde las preguntas:



2. En la imagen, ¿hay seres vivos? Sí (☐) No (☐) No sé (☐)
3. En la imagen, ¿hay algo que no esté vivo? Sí (☐) No (☐) No sé (☐)
4. Marca con una paloma (✓) TODOS los seres vivos que veas en la imagen.
5. Marca con una cruz (X) todo lo que NO ESTÉ VIVO en la imagen.
6. ¿Cómo sabes que algo está vivo? Marca con una cruz (X) las características que te dicen que algo está vivo:

Está vivo por su color	
Está vivo porque puede tener hijos	
Está vivo porque tiene patas	
Está vivo porque se mueve	
Está vivo porque come	
Está vivo por su forma	
Está vivo porque respira	
Está vivo por su tamaño	
Está vivo porque nace, crece y muere	
Está vivo porque tiene pelo	

Figura 30. Ejemplo de las preguntas para el cuestionario de seres vivos de segundo y tercer ciclo.

Las ideas de los alumnos identificadas en los cuestionarios de seres vivos

Los niños de primer a tercer grado. Los alumnos de las escuelas participantes utilizan diferentes características o criterios para reconocer y clasificar a los seres vivos, mismas que, en general, mantienen aún después de abordar el tema en el aula, esto es, en ninguna de las tres escuelas, los niños consolidaron una noción de ser vivo, atendiendo, únicamente al modelo biológico escolar.

Los niños, pueden reconocer distintos ejemplos de seres vivos y de elementos de la naturaleza, pero cuando se les pregunta sobre “cosas que no están vivas”, les resulta muy difícil identificar que no se trata de pensar en cadáveres o muertos, sino en establecer una distinción entre ser vivo y una entidad inanimada. Los ejemplos de animales que se usaron fueron fácilmente incorporados a su concepción de ser vivo, y mientras más ejemplos de organismos se les presentó, lograron un mejor modelo general de animal como ejemplo clásico de ser vivo. En dicho modelo incluyen distintos seres, independientemente de su forma, tamaño, número de patas, presencia o ausencia de alas, plumas o pelo.

Las plantas continúan siendo difíciles de reconocer como ser vivo por la mayoría de los niños. Así, no todos los ejemplos presentados fueron reconocidos como tal. A pesar de ello, el haber incluido en las actividades en el aula ejemplos diversificados (evitando en lo posible hacer uso solo de ejemplos prototipo de plantas) se aumentó la posibilidad de que los reconozcan y de aplicar en ellas características que también utilizan con los animales. Este proceso, los llevó poco a poco a incluirlas como seres vivos, como se observó con parte de los niños que trabajaron la estrategia.

El movimiento sigue siendo el criterio rector o central de clasificación para los niños, y en muchos casos este es el que los lleva a considerar como vivos a elementos de la naturaleza como el sol, las nubes o los ríos, mientras que, al no identificarlo en las plantas, les lleva a excluirlas como seres vivos. A pesar de lo anterior, es posible señalar que los niños de las escuelas que participaron en la intervención educativa se enfrentaron a formas de trabajo diferentes a la tradicional, estableciendo con ellos discusiones a partir de sus ideas y a trabajar sobre el mismo aspecto más de una vez, en un ir y venir, que les sirvió para reconocer más ejemplos de animales como seres vivos, comenzar a pensar en las plantas como organismos vivos, y a dudar de que el movimiento sea el criterio clave para reconocer a un ser vivo.

Los niños de cuarto a sexto grado. De la misma forma que ocurrió con los niños más pequeños, los alumnos de cuarto a sexto grado mostraron que están consolidando su noción de ser vivo y, de acuerdo con su desarrollo, el reconocimiento de los criterios que les permiten clasificarlos como vivos es más robusto. Esto puede apreciarse en que la mayoría reconoció que además de los seres vivos, en el ambiente están presentes “cosas que no están vivas”, dentro de las que ubican ejemplos de diversos elementos de la naturaleza.

Para el caso de las plantas, se logró que los alumnos identificaran que, más allá de la presencia de hojas y ramas, todas ellas integran un grupo que también forma parte de los seres vivos, aunque siguen pensando que las plantas son seres vivos sólo si son verdes.

Aunque los animales son reconocidos fácilmente como seres vivos, cuando se trata de ejemplos que no tienen patas, son pequeños, o no les son familiares, es más difícil que los consideren como tal. Cuando en el aula se utilizaron ejemplos de animales de diferentes ecosistemas, ambientes y distintos en su tipo y forma se logró enriquecer su concepto de animal y, hacia el final de la aplicación de la estrategia los alumnos lograron aplicar los mismos criterios que usaron con los animales prototipo para identificarlos como seres vivos.

Los ejemplos de animales (principalmente mamíferos) y los rasgos físicos perceptibles de éstos, son aspectos no biológicos importantes que los alumnos reconocen para ubicarlos como seres vivos, sobresaliendo la presencia de patas y pelo. En el caso de las plantas, la característica no biológica que más les ayuda es el color verde, aunque esto se relaciona más con la idea de que la planta está seca o muerta, más que pensar en la idea de lo en realidad es un ser vivo.

Las características biológicas abordadas en las actividades como nutrición, reproducción, respiración y el ciclo de vida (nacer, crecer y morir), fueron reconocidas por poco más de la mitad de los alumnos después de haber trabajado el tema a todo lo largo de su educación primaria. En el caso de las escuelas que trabajaron la estrategia, hubo más niños que aplicaron estos criterios, con lo que se destaca la importancia de utilizar materiales y alternativas de trabajo con las que los alumnos puedan fortalecer la idea de que estas características están presentes en todas las variantes de los seres vivos. Sin embargo, los resultados muestran que sigue siendo necesario incidir más fuertemente en que estos criterios biológicos los apliquen de forma más consistente en las plantas y otros organismos (como los hongos), para que, como ocurre con los animales, sean incorporados como seres vivos, al menos en la fase final de la escuela primaria.

Con elementos de la naturaleza como el sol, nubes, etc., aún persiste la idea de considerarlos como seres vivos, pues después de que los docentes trabajaron la estrategia en el aula, la mayoría no los excluyó del grupo de los organismos. Esto es muestra de que, a la par de los criterios biológicos que aplican a los animales y a las plantas, utilizan otros criterios o características no biológicas para incluir a los elementos de la naturaleza como parte de lo vivo, siendo el movimiento el más común, sin negar la posibilidad de que estén considerando criterios de un modelo cotidiano o cultural, que reconocen como importantes para ver un ejemplo como vivo, más allá de que éste cumpla o no con los criterios biológicos.

Entrevistas sobre los seres vivos

Los niños de primero a tercer grado. En estos alumnos se observaron dos modelos, el modelo cotidiano, referido a las ideas o concepciones de su modelo biológico intuitivo, en el que se incluyen todas las ideas que han ido desarrollando en su interacción cotidiana con el mundo, y que les ha

permitido establecer sus primeras clasificaciones de los seres vivos; y el modelo biológico escolar, donde la influencia del trabajo en el aula les ha servido para definir cuáles son los criterios biológicos para aplicarlos a los seres vivos. El modelo étnico (que refleje ideas ligadas a la cosmovisión nahua) no apareció.

Las respuestas de los niños muestran uno u otro modelo de acuerdo con el ejemplo que se utiliza en la entrevista, lo que refleja la relación directa con el contexto de aplicación y la experiencia de los niños. El hecho de que el modelo étnico no se evidenciara, puede deberse a dos cuestiones, por un lado, los niños, así como son “novatos” dentro del campo de la biología escolar, lo son también dentro del ámbito cultural, esto significa que apenas se están iniciando dentro de las normas, prácticas y lenguaje de las dos visiones, pero no así en su interacción directa con el entorno, por lo que el modelo cotidiano comúnmente sobresale, pues hasta esta etapa de su vida, les ha servido para organizar y dar sentido al mundo que les rodea.

Hay que notar que tanto el modelo cotidiano como el biológico escolar aparecieron en todos los niños entrevistados, antes y después de trabajar el tema en clase. Esto demuestra que las ideas previas o las representaciones de sentido común no desaparecen a pesar de la intervención, sino que, de forma lenta, su uso comienza un proceso de restricción, en el que solo aparecen cuando las demandas de la tarea lo solicitan.

El criterio del modelo cotidiano más persistente resultó ser, como en los cuestionarios, el del movimiento. Este criterio fue utilizado tanto para justificar por qué plantas y animales son seres vivos como para excluir algunos elementos de la naturaleza, como el caso de las montañas, que no son seres vivos porque no se mueven.

La idea antropocéntrica de que los seres vivos hablan, mostró resistencia, viéndose más representada después de la intervención, lo que da cuenta de que los niños se encuentran en una compleja transición donde deben recategorizar muchas entidades, y se afianzan de un criterio que antes no habían contemplado.

El modelo biológico escolar mostró un fortalecimiento de los criterios de nutrición, reproducción y crecimiento, y fueron aplicados con más consistencia a los casos de los animales y las plantas. Destaca que en la entrevista posterior los criterios de nutrición y reproducción aumentaron como criterios de exclusión, es decir, servía para excluir del grupo de los seres vivos aquellos ejemplos que no presentaban dichas características, por lo que puede pensarse en un refinamiento del uso del criterio.

Los niños de cuarto a sexto grado. En este caso se identificó la presencia de los tres modelos, el cotidiano ya descrito, el biológico escolar y aparece el modelo étnico. En cuanto al modelo cotidiano, los alumnos lo usaron tanto antes como después de trabajar el tema en clase, lo que lo fortalece como el modelo intuitivo que los niños tienen a lo largo de su paso por la primaria, y del cual no se alejan, aun cuando ya estén en el último grado, aunque su uso es más restringido después de la aplicación de la estrategia, pues es aplicado a menor número de ejemplos y, aunque el movimiento como criterio persiste, comienza a refinarse la noción que de este se tiene, pues ahora se introduce el movimiento autónomo, mismo que sirve también como elemento de exclusión.

El modelo biológico escolar, fue usado por todos los alumnos antes y después de trabajar el tema, pero después de la intervención en aula, aumentan las características biológicas, pues a las ya descritas se sumaron que reaccionan al medio y el criterio de morir/secarse, como también el de crecimiento, que fue utilizado en forma independiente, es decir, no se ligó

con nacer y morir. Estos criterios fueron usados por los alumnos tanto para incluir como para excluir. Usar los criterios para excluir refleja el refinamiento en la aplicación de los criterios.

El modelo étnico se presentó muy escasamente y se utilizó en el caso del agua, con el criterio de tener poderes que refleja la visión de la comunidad con respecto a la idea de que los cuerpos de agua tienen la capacidad para atrapar el alma o espíritu de las personas y con ello recuperar la energía perdida por la Madre Tierra en su tarea de transmitir la energía vital a todo lo que sobre ella se mantiene. En este ejemplo fue claro cómo se hizo un cambio en el uso de los modelos que habían venido utilizando en la entrevista para justificar, desde un contexto cultural, el único caso donde les pareció, que ninguno de los otros criterios podía ser adecuado.

Los resultados con respecto a las entrevistas de los dos ciclos analizados, son evidencia de la gran persistencia de las ideas cotidianas de los niños, de cómo el modelo biológico escolar poco a poco va construyéndose y fortaleciéndose conforme transitan en la escuela y va restringiéndose su aplicación a los animales y a las plantas, mientras que los niños, como partícipes en la acción de las concepciones de la comunidad, también van desarrollando un modelo cultural étnico que se rige por los elementos conceptuales de su cosmovisión donde el apoyo de los profesores, quienes son parte de esta comunidad y comparten estas ideas, es fundamental para ayudarlos a reconocer y valorar la importancia que tienen dentro de un contexto de aplicación específico (García, 2017).

El conocimiento de lo vivo desde el contexto cultural étnico. Como se ha señalado en capítulos precedentes, cada uno de los temas que se trabajaron en el proyecto fueron analizados en distintos contextos, la escuela, la vida cotidiana y la cultura. Para el caso de los seres vivos ocurrió lo mismo, y con los profesores se promovió abordar cada uno por separado y estableciendo

por qué son diferentes. En diversos aspectos el contexto escolar y el cotidiano están más conectados y pueden llegar a coincidir pues, muchas de las ideas previas de los alumnos sobre los seres vivos, derivan justamente de su interacción cotidiana con el medioambiente, por lo que, en los cursos con los docentes, en la aplicación de la estrategia y en los cuestionarios, las ideas derivadas de ambos contextos no tuvieron problema en ser citadas por profesores y alumnos. Por su parte, sólo en las entrevistas con los alumnos, apareció el modelo étnico.

Como se ha descrito, para el desarrollo general del proyecto se procuró separar el contexto de la cultura, con la intención de no promover mezclas de ideas y, lo más importante, no restar valor a la posición cultural étnica, destacando que la construcción de la noción de ser vivo desde la escuela puede contradecir o contraponerse con la cosmovisión de los profesores y alumnos. Por ello, las actividades que se realizaron para la recuperación de las ideas culturales étnicas de lo vivo se trabajaron de manera independiente, como ha sido descrito en los capítulos precedentes.

Los resultados de la recuperación de las ideas del entorno cultural étnico muestran ideas centrales de su cultura como el criterio de que las entidades vivas tienen poderes, la entidad viva tiene por sí misma sentimientos y la capacidad para actuar sobre las personas, esto es, tiene voluntad de acción, que se ve influenciada por lo que recibe de la comunidad, y es así como ejerce su poder, en forma benévola o maligna. En esta concepción, la naturaleza actúa como un todo, interconectado y en equilibrio y que responde, en conjunto, ante las acciones que los seres humanos realizan sobre ella. Así, como proveedora de todos los bienes necesarios, también puede ser la responsable de todas las desgracias que ocurran a la comunidad, por lo que es necesario vincularse con ella por medio de ceremonias, rituales y ofrendas, para congraciarse y evitar que su ira y enojo provoque mala fortuna. De forma general, los modelos presentes en los

distintos grupos de los informantes, da una buena idea de las ideas culturales que permean cotidianamente en la actividad de la comunidad, y que se refleja principalmente en sus acciones (García, 2017).

Astronomía: La Tierra y el conocimiento del cielo

Los temas de astronomía, a pesar de estar en los programas oficiales, no se abordaban en las escuelas participantes, como lo reconocieron los docentes y mucho menos con actividades que no fueran, en caso de ver algún tema, la lectura del libro de texto. Esta situación permitió llevar a cabo un análisis de cómo los niños construyen sus ideas y representaciones de los procesos que ocurren en el sistema Sol-Tierra-Luna incorporando tanto los aspectos escolares como los de su contexto cotidiano que, en este caso, se reconocen dos distintos; uno centrado en su percepción de los procesos y otro desde las tradiciones de su comunidad.

Como se ha descrito previamente, la construcción de explicaciones como el día y la noche, desde la descripción escolar con el sistema Sol-Tierra-Luna, tiene una serie de implicaciones cognitivas y epistemológicas que los niños requieren solventar para construir dicha representación. Esto es debido a la complejidad de esos temas y a que, efectivamente, se observaron problemas de comprensión con los profesores y los niños. También se observaron mayores dificultades para la comprensión de temas como las fases de la Luna o los eclipses, principalmente en el caso de los niños. Por esas razones en la intervención que se llevó a cabo, las actividades principales están centradas en el proceso día y noche pues es el aspecto básico o inicial para comprender el sistema Sol-Tierra-Luna. Así, el tema que se analizó y con el cual se determinaron los modelos y representaciones de los niños se centra en la forma de la Tierra y en la descripción de la transición día y noche. Para conocer las ideas y representaciones de los alumnos se llevaron a cabo tres

acciones: la aplicación de un cuestionario, entrevistas individuales y observación en aula.

Cuestionarios A partir de los datos obtenidos con los cuestionarios se encontró que, los niños, en general, no tienen problema en identificar en los dibujos de los libros a la Tierra, el sol y la luna. Sin embargo, esta identificación es solo denotativa, es decir, han aprendido la relación entre la figura y su nombre, pero cuando se averigua cómo conciben a la Tierra, los resultados muestran la persistencia de una concepción plana de la Tierra. Esto se muestra cuando, entre cuatro representaciones, una que muestra una Tierra esférica con personas en su superficie, otra de una Tierra esférica pero hueca y con un plano intermedio donde se ubica a la gente, otra más esférica con la gente viviendo en la parte superior de la esfera y una más, de una Tierra plana con la gente viviendo en la superficie. La mayoría de los niños, desde primer a sexto grado, eligen la Tierra plana, seguido de la esférica con gente en la superficie. Así, es posible ver que, al inicio de las actividades, predominan dos representaciones, la de percepción cotidiana y la que se ha mostrado en la escuela.

Después del curso esta situación se invierte, y los alumnos en mayor frecuencia describen la representación escolar de la Tierra mientras que la representación de Tierra plana, aunque persiste en todos los niveles, se encuentra principalmente en los grados inferiores.

Correspondientes con la forma de la Tierra, los eventos como el día y la noche se perciben por los niños dependiendo de cómo conciben la relación con el cielo y la Tierra. Son dos concepciones: el cielo se encuentra sobre la Tierra como una bóveda celeste y todo ocurre en esa bóveda. La otra concepción es que la Tierra se encuentra inmersa en el espacio, y lo mismo ocurre con el sol y la luna. Nuevamente puede notarse que hay una

representación centrada en el sujeto, en su campo de observación y otra, descentrándose de ese campo y colocándose como observador externo, de acuerdo con los dibujos de los libros de texto. Como con la forma de la Tierra, la proporción de alumnos que tienen esas representaciones se invierte de la situación previa a la intervención posterior.

En el caso de la concepción de cielo arriba, las explicaciones sobre cómo ocurre el día y la noche se centran en los movimientos del sol y la luna. Por ejemplo, que en la noche el sol se aleja mucho de la Tierra y no es posible verlo, que las nubes lo tapan, o bien, que se ocultan uno a otro, es decir la luna tapa al sol y si es de noche, el sol tapa a la luna si es de día. En el caso donde la Tierra, la luna y el sol se ubican en el espacio, estos generalmente se encuentran opuestos, como se muestra en la siguiente figura 31. En este caso una de las explicaciones para el día y la noche es que el sol sube para que hacer el día y baja para hacer la noche. También la luna sube y baja según sea, día o noche. Desde la perspectiva externa a la Tierra, en los niños más grandes se encuentra también la explicación de que es la rotación o giro de la Tierra la que permite explicar el día y la noche, conforme el sol ilumina o no una parte de la Tierra mientras ésta gira.

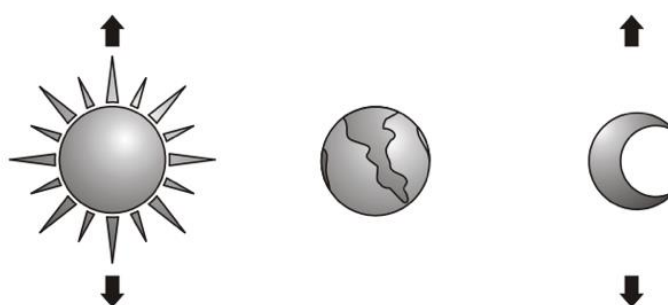


Figura 31. Explicación que eligen algunos alumnos para indicar porqué se hace de día o de noche, en la que se observa que el sol y la luna suben y bajan.

Entrevistas

Las explicaciones que los niños dieron en las entrevistas están basadas, nuevamente, como podrá apreciarse, en una representación o modelo que han construido de la forma de la Tierra, de su percepción de su espacio y de su observación del día y la noche. Estas representaciones, como se ha ido describiendo, tienen dos orígenes fundamentalmente. Uno es la percepción de su entorno y las posibilidades de establecer explicaciones con los recursos conceptuales y cognitivos que han construido en tal entorno. La otra es la que han reconstruido a partir de lo que se les ha mostrado y explicado en la escuela. En ambos casos los modelos que los niños construyen son consistentes y coherentes, es decir, a partir de sus referentes, sus explicaciones o inferencias son lógicas.

Debido a las características de sus modelos, las posibilidades de transformación de esas representaciones constituyen un proceso complejo que requiere de acciones escolares de largo plazo, en las que se identifiquen los aspectos más relevantes que los niños comprenden. Así, es preferible centrarse en pocos aspectos del currículo escolar y que son, como se ha descrito previamente, los elementos fundamentales para la comprensión de una dinámica del sistema Sol-Tierra-Luna y poder solventar los problemas de estructuración conceptual que han sido descritos al inicio.

De los resultados obtenidos con los niños, es claro que intervenciones como la que aquí se han descrito, favorecen el proceso de transformación representacional y conceptual y, si bien, los modelos de Tierra plana persisten, éstos disminuyen en todos los niveles. Esto es más claro en las entrevistas que en los cuestionarios, pues en ellas, los alumnos pudieron utilizar objetos para explicar más ampliamente sus ideas, pues ejemplificaban con esos objetos y proponían situaciones como acercamientos, iluminar una esfera como si fuera la Tierra, etc., que no es

posible en el cuestionario, lo que ayudó a comprender mejor sus formas de interpretar y comprender los fenómenos como el día y la noche.

Las ideas de los maestros

El proceso con los maestros fue complejo. Si bien, la mayoría tenía la representación o modelo escolar del sistema Sol-Tierra-Luna, los problemas descritos de orientación, de determinar el giro de la Tierra para hacerlo corresponder con el amanecer y anochecer, así como la comprensión de las fases de la luna, que implicaba un posicionamiento referencial distinto y pasar de un modelo físico (esfera y lámpara) donde pueden observarse las fases, de acuerdo a un observador en un punto imaginario de la Tierra, a lo que observan cotidianamente de la luna, requirió de varias sesiones y explicaciones y, sin embargo, algunos profesores no lograron una comprensión suficiente. Lo mismo ocurrió con el caso de los eclipses, pues si bien el modelo físico es una reproducción a escala funcional, donde pueden apreciarse todos los aspectos de la formación de los eclipses (ver figura 32) nuevamente el cambio de marco de referencia del modelo a su cotidianeidad resultó difícil para algunos maestros. Estas dificultades, desde luego se tradujeron en deficientes procesos en las aulas con los niños, pues era frecuente que las explicaciones de los profesores fueran confusas, en ocasiones contradictorias y que, en otros casos, decidieran omitir los temas.



Figura 32 Ejemplo con el modelo de la formación de un eclipse.

Los maestros llevaron al aula las actividades y poco a poco fueron teniendo más seguridad en la realización de estas, pero para ello, fue necesario un acompañamiento y apoyo más cercano que para otros temas.

Las ideas del entorno cultural étnico

En cuanto a las ideas de la cultura étnico, muy pocos profesores, a pesar de ser originarios de esa comunidad o de comunidades vecinas, tienen alguna referencia en torno a ideas, mitos o leyendas, por ejemplo, no apareció ninguna historia sobre cómo ocurre el día y la noche. Lo única referencia fue encontrada en otra comunidad (Cuetzalan) en la que se tiene algún registro de que el sol pasa por debajo de la Tierra al anochecer y se renueva cada día para iluminar la Tierra. Lo cual coincide con los registros sobre la cosmovisión nahua (Báez, 2004). Lo que sí se encuentra en la comunidad son algunos mitos en torno a la luna, por ejemplo, que en cierta época del año caen unos gusanos verdes que dicen son desechos de la luna. Sin embargo, no hay nada relacionado con los eventos astronómicos.

Si bien era de esperar alguna representación sobre estos temas derivadas de su entorno cultural étnico, esto no ocurre en los niños. Una posible explicación es que en estas edades no han tenido el proceso de formación en sus tradiciones y concepciones que los adultos, en alguna medida, ya han conseguido.

VII Logros: los resultados de investigación

El proceso de investigación, estuvo enfocado principalmente en las y los alumnos. Como se describió, para la obtención de información se utilizaron cuestionarios, entrevistas y observaciones en aula que se han presentado y que pusieron de manifiesto los avances en la comprensión de los temas tratados en alumnos y docentes, y también los problemas que se presentan y las ideas que requieren de procesos de más largo plazo, sobre todo en la formación docente para que la enseñanza de las ciencias en escuelas como las descritas alcance mayores logros, tanto de la comprensión de la ciencia escolar como del reconocimiento y valoración de las ideas de su entorno cultural étnico.

Con los datos se llevaron a cabo procesos de análisis diferenciados, pero en todos ellos buscando determinar cuáles eran los modelos y formas de representación y comprensión de los niños sobre los temas, esto es, cómo construyen su pensamiento en torno a las ciencias naturales. Los resultados detallados y los procesos analíticos han sido publicados en diversas revistas de investigación, tesis y un capítulo de libro², por lo que en este espacio se describirán brevemente, lo obtenido del pensamiento de los alumnos.

² Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F., y Calderón-Canales, E. (2020). The co-existence of cultural and scholar science models in indigenous Mexican teachers: the mixing colors case. *Cultural Studies in Science Education*, 15(1), 211-239, DOI: 10.1007/s11422-018-9901-1

García-Rivera, B., Gallegos-Cázares, L. "Representaciones de los seres vivos en niños nahuas" en Volumen 3. Hacia la construcción de una nueva agenda educativa, Cervantes Olguín, E. (coord.). Colección Investigar, Intervenir y Evaluar en la Educación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, 49-95.

Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F., y Calderón-Canales, E. (2017). Representaciones sobre la forma de la Tierra y del proceso día y noche en niños de escuelas indígenas Nahuas. *Infancia y Aprendizaje*, 40(2), 343-380, DOI: 10.1080/02103702.2017.1292683

Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B., Flores-Camacho, F., y Calderón-Canales, E. (2016). Models of living and non-living beings among indigenous community children. *Review of science, mathematics and ICT Education*, 10(2), 5-27.

Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F., Calderón-Canales, E., Perrusquía-Máximo, E., y García-Rivera, B. (2014). Children's Models about Colours in Nahuatl-Speaking Communities. *Research in Science Education*, DOI 10.1007/s11165-014-9399-9

El tipo de análisis que se llevó a cabo, permitió estructurar las ideas de los alumnos en modelos desde los cuales, perciben, interpretan y explican los procesos naturales que se analizaron en cada uno de los cuatro temas abordados en el proyecto. Los hemos denominado modelos porque son estructuras que tienen una concepción o idea principal desde la que articulan relaciones con otras ideas y con sus descripciones de los fenómenos, de manera que, además de tener cierta coherencia interna, tienen los elementos para que los niños infieran lo que ocurrirá o establezcan explicaciones de por qué ocurre de esa forma alguno de los procesos y fenómenos analizados, como la mezcla de los colores, la identificación de seres vivos o cómo ocurre el día y la noche. Estos modelos se pueden organizar desde la perspectiva con la que iniciamos este libro esto es, Modelos cotidianos, Modelos escolares y Modelos étnicos que muestran la multiculturalidad de los sujetos investigados.

El modelo cultural cotidiano

Para el caso de los colores identificamos al **modelo de los colores como objeto**. En este modelo los colores son concebidos como sustancia o propiedad de los objetos que muestran el color. A partir de ello es que infieren que los colores no se mezclan, como los objetos, sólo pueden estar

Gallegos-Cázares, L., Calderón-Canales, E., Flores-Camacho, F. (2017). Un análisis multicultural sobre la noción del color en niños de una comunidad indígena a partir de una intervención educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, XXII, 74, 837-861.

García, Rivera, B. E. (2017). Construcción de nociones científicas en niños indígenas en torno a los seres vivos y sus relaciones. (Tesis de doctorado). Repositorio TESIUNAM

https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/6DE2AJUA9N34B78M3UFE3BQ7V5CQ6VPIRLJKN6GHNBKQ51YUPI-04872?func=full-set-set&set_number=138209&set_entry=000001&format=999

Posada de la Concha, J. M. (2015). Representaciones sobre la forma de la Tierra en niños de habla náhuatl de la Sierra Norte de Puebla, México. (Tesis de maestría). Repositorio Dscape Tesis IPN

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19861/Posada%20de%20la%20Concha%20Jos%C3%A9%20Manuel%20%20Maestria%20en%20F%C3%ADsica%20Educativa-Ene-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos Celis, I. C. (2014). Transformación de la práctica docente de los profesores de Educación Básica del medio indígena ulterior a un proceso de formación docente. (Tesis de doctorado). Repositorio TESIUNAM

https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/6DE2AJUA9N34B78M3UFE3BQ7V5CQ6VPIRLJKN6GHNBKQ51YUPI-40510?func=full-set-set&set_number=137867&set_entry=000004&format=999

juntos, o uno sobreponerse a otro. Con ello los niños explican que en una mezcla, sobresale uno de los colores a los que le atribuyen “fuerza” y por ello queda encima de otro o sólo el color fuerte se puede manifestar. Es importante señalar que, los niños, a pesar de hacer las mezclas con pinturas o masas de colores, no logran reconocer que lo que se obtiene es un tercer color, y persisten en que sólo observan uno de los colores. Esto no es extraño pues esta sobreimposición de los modelos de representación sobre los fenómenos ocurre en muchas otras concepciones sobre otros temas que se han investigado previamente.

A continuación, se muestra un ejemplo de este modelo expresado por los niños:

E: ¿Qué color es este?

S1: Morado (el color que señalan es el azul).

E: ¿Y qué otro color es?

S1: Amarillo.

E: Si mezclas ambos colores, un poco de azul y un poco de amarillo, ¿qué color resultará?

S1: Morado y amarillo.

E: Por favor, señala con el dedo en esta tabla el color que piensas que verás

S1: Este, el amarillo (señala el amarillo).

Por lo que toca a los seres vivos, la forma de análisis también llevó al establecimiento de los modelos con los que los alumnos conciben a los seres vivos. En este caso, se tiene un modelo cotidiano, uno que puede denominarse biológico (escolar) y el modelo cultural étnico.

El modelo cultural cotidiano de los seres vivos. Es la conceptualización que hacen los niños sobre lo vivo a partir de categorías que establecen para diferenciar lo vivo de lo no vivo, es un modelo establecido a partir de la construcción intuitiva de lo que consideran un ser vivo. Como es un modelo

para identificar a través de características una entidad, incluye una amplia diversidad de criterios de clasificación, muchos de los cuales no son compartidos por todos los grupos de organismos, o bien, desde el punto de vista biológico no son características que pueden definir lo vivo, sino que son propias de algún organismo, por ejemplo, el tener plumas o pelo. Dentro de este modelo se incluyeron ejemplos de animales, plantas y elementos de la naturaleza.

En este modelo aparecen diversos criterios no biológicos: de movimiento. Este criterio implica que toda entidad viva tiene como característica principal que puede moverse; Criterio de beneficio. En este caso se consideran todos aquellos casos en los que una entidad brinda algún beneficio a otro para ser considerado ser vivo. Por ejemplo, el sol es ser vivo porque da luz, las montañas también lo son porque dan plantas; Criterio de necesidad. En este caso los seres vivos se caracterizan por tener necesidades o requerimientos, por ejemplo, la necesidad de agua, de sol, de tierra o comida, entre otros; Criterio de constitución. Es un criterio que especifica que una entidad tiene un material o entidad en particular, un ejemplo es considerar que las montañas o cerros son considerados como seres vivos porque tienen árboles; Criterio de color. Un caso es que las plantas son seres vivos porque son verdes; Criterio antropomórfico. Este criterio se aplica de acuerdo a la semejanza con los humanos. Por ejemplo, son seres vivos porque emiten sonidos como lo hacen los humanos.

En cuanto al tema del sistema Sol-Tierra-Luna el modelo cotidiano tiene dos características principales, una es que la Tierra es considerada como una extensión plana, derivada de su percepción de su espacio y, congruente con esa percepción, una bóveda celeste encima de esa Tierra en la cual se ubican desde las nubes hasta las estrellas y, por supuesto el sol y la luna. En este modelo todo ocurre en esa bóveda y por tanto la Tierra es estática. El sol y la luna tienen movimiento y da cabida a diversas explicaciones sobre cómo

ocurre el día y la noche. Una de las de mayor frecuencia es que el sol es ocultado por la luna por la noche y viceversa, el sol oculta a la luna para que ocurra el día. Otra explicación congruente con el modelo es el del alejamiento y acercamiento del sol. Se aleja para que se haga de noche y se acerca para que se haga de día. En menor proporción, pero siguiendo la congruencia con el modelo, el Sol es ocultado por las nubes para que sea de noche. Este modelo se encuentra en la mayoría de los niños de distintas nacionalidades y culturas, lo que indica que es un proceso de construcción centrado en la percepción interiorizada de los alumnos y en la cual ellos son el punto de referencia y de observación.

El modelo cultural escolar

Para los colores reconocemos el **modelo cultural de los colores como cualidad**. En este modelo el color ya no es sustancializado y no es, por tanto, parte intrínseca de los objetos, sino una cualidad y por lo tanto puede cambiar. En este modelo los colores, por lo tanto, se pueden mezclar y dar como resultado un color distinto a los de la mezcla. Este modelo, en los niños que lo manifiestan más claramente, se encuentra también que además de reconocer el resultado de mezclar dos colores para dar un tercero, pueden de manera inversa inferir de un color, cuál es la mezcla de la que procede.

A continuación, se muestran un fragmento que representa este modelo:

I: ¿De qué color es el amarillo?

S6: Los estudiantes notan el color amarillo.

E: Eso es cierto, ¿y qué pasará si combinas los colores azul y amarillo?

S6: Naranja (f.6, RC1)

E: ¿Sabes por qué, si combinas colores, obtendrías uno diferente?

S6: Porque los mezclamos.

E: Si no los mezclamos, ¿no habrá un color diferente?

S6: No

E: ¿Es absolutamente necesario mezclarlos?

S6: Sí.

E: ¿Y qué pasará si mezclamos tres colores diferentes?

S6: Se van a mezclar.

El modelo cultural escolar de los seres vivos. En este modelo los elementos de clasificación son criterios que pueden atribuirse a todo tipo de organismos y por tanto, que son características que forman parte de la concepción biológica de ser vivo. Dentro de este modelo solo se consideran ejemplos de animales y de plantas.

Los criterios biológicos que consideran los alumnos corresponden con aquellos que, desde el punto de vista de la biología, permiten definir a un ser vivo. Estos criterios son: Criterio de nutrición. Esto se manifiesta cuando los niños definen a un ser vivo porque come y (o toma agua; Criterio de Reproducción queda establecido cuando reconocen que los seres vivos tienen hijos; Criterio de crecimiento. Se refiere a las etapas del ciclo de vida; Criterio de respiración, es decir respirar como criterio vital; y Criterio de ciclo de vida que aplican con el reconocimiento de que todo ser vivo va desde el nacimiento hasta la muerte. En este modelo no aparecen otros criterios y tampoco hay reconocimiento de que entidades como el Sol o los cerros sean seres vivos.

El modelo escolar sobre el sistema Sol-Tierra-Luna tiene como base las representaciones de la Tierra y del sistema Sol-Tierra-Luna que se encuentran en los libros de texto. A partir de esas imágenes, se concibe a la Tierra redonda, ubicada en un espacio, como si fuera observada desde un lugar lejano a la Tierra, pero no es muy claro que los alumnos perciban este

marco de referencia. En el modelo el sol está estático y son la Tierra y la luna los que se mueven. El día y la noche se producen por la rotación de la Tierra, según se vaya iluminando o no la superficie de la misma. Sin embargo, también se presentan confusiones, pues es relevante el número de alumnos que confunden los movimientos de rotación con el de traslación para explicar el día y la noche y, otros aspectos, como la inclinación del eje terrestre y el plano de órbita de la luna, no son tomados en cuenta.

Una disgregación de este modelo es cuando los alumnos colocan en una línea el sol, la Tierra y la luna, estando la Tierra en medio de los otros dos. En esta variante la Tierra está quieta y para que se produzca el día y la noche el sol sube y baja, al igual que la luna de manera recíproca.

El modelo cultural étnico

Este modelo está conformado por concepciones propias de la comunidad en las que establecen criterios de acción entre diversas entidades. Así los criterios son: el criterio de tener algún poder. Este criterio da cuenta de ideas en las que ciertos organismos, como una planta, tiene poderes curativos, o el agua de un río que tiene poderes de atrapar a las personas; criterio de brindar un beneficio, en esta concepción, la entidad viva a la que se refiere, tiene por sí misma sentimientos y la capacidad para actuar sobre las personas, esto es, tiene voluntad de acción, que se ve influenciada por lo que recibe de la comunidad, y es así como ejerce su poder, en forma benévola o maligna; criterio holístico, da cuenta de la concepción de que en la naturaleza está todo integrado, interconectado y en equilibrio, de esta forma toda acción sobre la naturaleza como una tala debe de realizarse con permiso y recompensa hacia la “madre tierra”. La naturaleza es también la proveedora de todos los bienes necesarios para la vida por lo que es necesaria la vinculación con ella a través de rituales, ceremonias y ofrendas

para compensar, para agradecer y evitar el enojo de la naturaleza que, como se describió previamente, puede traducirse en desgracias y mala fortuna.

En cuanto a los colores este modelo se representa por las ideas de que “*Los colores provienen de la naturaleza*”, “*Los colores tienen Efectos negativos o positivos*”. Estas ideas sin embargo no son exclusivas de las comunidades indígenas y es factible encontrarlas en diversas culturas y se han descrito y presentado previamente.

Los resultados de investigación en cuanto a la forma de la Tierra y el proceso día y noche, arrojaron, como en los casos anteriores, un modelo que procede de su representación cotidiana y otro debido al entorno escolar en el que la aportación de la escuela ha logrado establecer en los alumnos un convencimiento de su capacidad explicativa. También hay un modelo cultural étnico, pero este es tenue y lejano a la mayoría de los alumnos e incluso de otros miembros de la comunidad y fue, como se ha descrito, necesario buscar en otras fuentes y comunidades.

El modelo de la cultura étnica para el tema de astronomía, muestra que los alumnos no expresan ningún modelo que pudiera caracterizarse como propio de su entorno cultural. A preguntas como si hay algo debajo de la Tierra, expresan que tierra, piedras y en algunos casos dicen que lava. Con los docentes tampoco se encontró de manera clara una representación de la Tierra en cuanto a su forma, que no sea la escolar. Con el análisis histórico de la cultura nahua y de fuentes de regiones cercanas, se pudo rescatar la idea de que el sol por la noche pasa por el inframundo y sale renovado cada día, en el ciclo diario. Sólo cuando esto se comentaba con los docentes esta concepción algunos comentaban haber oído algo, pero que ya no se encuentra entre su comunidad como algo que tenga vigencia.

Los modelos encontrados en los alumnos y profesores en los temas analizados, dan cuenta en forma clara de la coexistencia de los tres entornos culturales en los cuales los individuos se encuentran inmersos. Esta correspondencia con la posición multicultural da el soporte necesario para que, en el ámbito escolar, se tenga en cuenta para las aproximaciones didácticas que se propongan. La concepción multicultural permite dar a cada uno de esos entornos culturales su espacio propio de desarrollo en los sujetos, sin buscar la interconexión que, necesariamente llevaría a la comparación y a la sobreimposición de una cultura sobre otra cultura.

Referencias

- Aikenhead G., & Michell, H. (2011). *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Pearson Education, Don Mills, Ontario Canada.
- Aikenhead, G. (2001). Integrating western and aboriginal sciences: Cross-cultural science teaching. *Research in Science Education*, 31, 337-355. doi: 10.1023/A:1013151709605
- Aikenhead, G., & Ogawa, M. (2007). Indigenous knowledge and science revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 539- 620.
- Amsterdamski, S. (1975). *Between Experience and Metaphysics. Philosophical Problems of the Evolution of Science*. Dordrecht: Reidel Publishing Company. doi: 10.1007/978-94-010-1797-8.
- Anderson, B., & Karkvist, C. (1983). How Swedish pupils, aged 12-15 years, understand light and its properties. *European Journal of Science Education*, 5(4), 687-402.
- Anderson, C., & Smith, E. (1986). *Children´s conceptions of light and colour: Understanding the role of the unseen rays*. Research Series No. 166. Institute for Research on Teaching: Michigan. Retrieved from: http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValu
- Atwood, K. R., y Christopher, J. E. (2004). Standards-based concepts for elementary science: Are teachers adequately prepared? *Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Vancouver, Canada.
- Atwood, K. R., Christopher, E. J., y McNall, Krall, R. (2005). Comparison of Central Appalachian In-Service elementary and middle school teachers' understanding of selected light and force and motion concepts. *Science Educator*, 18(1), 1-16
- Báez, J. (2004). *Nahuas de la Sierra Norte de Puebla*. México: CDI. PNUD.
- Bachelard, G. (1984). *La filosofía del No. Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico*, Buenos Aires: Amorrortu.

- Bang, M., & Medin, L. D. (2010). Cultural processes in science education: supporting the navigation of multiple epistemologies. *Science Education*, 94, 1008-1026. doi: 10.1002/sce.20392
- Bendall, S., Goldberg, F., & Galili, I. (1993). Prospective elementary teachers' prior knowledge about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1169 – 1187.
- Barsalou, W. L., (2008). Grounded cognition, *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Bernstein, B. (1988). *Clases, códigos y control. Hacia una teoría de las transmisiones educativas*. Vol.2 Madrid: Akal.
- Betchel, R. (2016). Oral narratives: reconceptualizing the turbulence between Indigenous perspectives and Eurocentric scientific view. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 447– 469.
- Boroditsky, L., & Ramscar, M. (2002). The roles of body and mind in abstract thought. *Psychological Science*, 13(2), 185–189.
- Caravita, S., y Halldén O., (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 89-111.
- Cobern, W., & Loving, C. (2001). Defining “science” in a multicultural world: implications for science education, *Science Education*, 85(1), 50-67.
- DeVries, R. (1986). Children's conceptions of shadow phenomena. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs*, 112(4), 479-530
- diSessa, A., (1993). Toward an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10 (2-3), 105-225.
- Duit, R. (1999). Conceptual change. Approaches in science education. En W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.). *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford: Pergamon, 263–282.
- El-Hani, C., & Mortimer, E. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goal of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657– 702.
- Feher, E. & Rice, M. K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science*

Teaching, 29(5), 505-520.

Flores-Camacho, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*, 15(3), 256-269.

Flores-Camacho, F., García-Rivera, B., Gallegos-Cázares, L. y Calderón-Canales, R. E. (2019). *Representaciones y aprendizaje de la ciencia*. México; Universidad Nacional Autónoma de México.

Flores-Camacho, F. (2012). *La enseñanza de las ciencias en la educación básica en México*, México: INEE

García-Rivera, B. (2017). *Construcción de nociones científicas sobre los seres vivos y sus relaciones en niños indígenas*, Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gallegos-Cázares L., Flores-Camacho F., Calderón-Canales E., (2008). Aprendizaje de las ciencias en preescolar: la construcción de representaciones y explicaciones sobre la luz y las sombras. *Revista Iberoamericana de Educación*, 47, 97-121.

Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F., y Calderón-Canales E. (2009). Preschool science learning: The construction of representations and explanations about color, shadows, light and images, *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 49-73.

Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B., Flores-Camacho, F., y Calderón-Canales, E. (2016). Models of living and non-living beings among indigenous community children, *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 10(2), 5-27.

Gallegos-Cázares, L., Flores Camacho, F., Calderón-Canales E., y J. Posada de la Concha M. (2017). Representations over the earth's shape and the process of day and night from Nahua indigenous schoolchildren, *Infancia y Aprendizaje*, 40 (2), 2017, 343-380, doi:10.1080/02103702.2017.1292683.

Gallili, I. & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: interpretation, structure and analysis, *International Journal of Science Education*, 22(1), 57-88.

- Galili, I., & Lavrik, V. (1998). Flux concept in learning about light: A critique of the present situation, *Science Education*, 82(5), 591– 613.
- García C. J. F., Pulido M. R. A., & Montes del Castillo, Á. (1997). La educación multicultural y el concepto de cultura. *Revista Iberoamericana de Educación*, 13, 1-22.
- Guesne, E. (1985). La luz. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, 31-61.
- Harding, S. (1994). Is science multicultural? Challenges, Resources, Opportunities, Uncertainties. *Configurations*, 2, 301–330. doi: 10.1353/con.1994.0019
- Hatcher, A., Bartlett, C., Marshall, A. & Marshall M. (2009). Two-Eyed Seeing in the classroom environment: Concepts, approaches and challenges, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 9(3), 141–153.
- Hierrezuelo, M. J. & Montero, M. A. (1989). *La ciencia de los alumnos*, México: Fontamara.
- Jiménez Naranjo Y. (2011). Exclusión, asimilación, integración, pluralismo cultural y “modernización” en el Sistema educativo mexicano: Un acercamiento histórico a las escuelas de educación pública, *Revista CPU-e*, 2. Instituto de Investigaciones en Educación- Universidad Veracruzana
- Keesing, M. R. (1974). Theories of culture. *Annual Review of Anthropology*, 3, 73– 97. doi: 10.1146/annurev.an.03.100174.000445
- Kim, M. (2017). Indigenous knowledge in Canadian science curricula: cases from Western Canada. *Cultural Studies of Science Education*, 12, 605– 613.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. (2nd ed.). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Lederman N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on teaching and learning of Nature of Science, En N. Lederman & S. Abell (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, New York: Routledge, 600–620.
- León-Portilla, M. (207). *La filosofía náhuatl estudiada en sus fuentes*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas.

- Lozada, M., y Carro, N. (2016). Embodied action improves cognition in children: Evidence from a study based on Piagetian conservations tasks, *Frontiers in Psychology*, 7:393. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00393
- Ogawa, M. (1995). Science Education in a multiscience perspective. *Science Education*, 79, 583-593. doi: 10.1002/sce.3730790507
- Posner, G., Strike, K., Hewson P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211-227.
- Quintriqueo, S., Gutiérrez, M., y Contreras, A. (2012). Conocimientos sobre colorantes vegetales: contenidos para la educación intercultural en ciencias. *Revista Perfiles Educativos*, 34 (138), 108-123.
- Quintriqueo, S., Quilaqueo, D., Torres, H. (2014). Contribución para la enseñanza de las ciencias naturales: saber mapuche y escolar. *Educaçao e Pesquisa*, 40(4), 965-982.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. (1997). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigaciones en la Escuela* 32, 51-52.
- Sellars, W. (1971). *Ciencia percepción y realidad*, Madrid: Editorial Tecnos.
- Selly, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723
- Snively, G., & Corsiglia, J. (2000). Discovering indigenous science: Implications for science education. *Science Education*, 85, 6-34.
- Trundle, K., Atwood, R. K., & Christopher, J. (2007). A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases, *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 303-326.
- Valanides, C. & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and colour. *Journal of Research on Technology in Education*, 40 (3), 309-336.
- Watts, D. M. 1985. Student conceptions of light: a case-study. *Physics Education*, 20(4), 183-187.
- West, L. H., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic Press.

- Wilson, S. (2001). What is an Indigenous research methodology? *Canadian Journal of Native Education*, 25(2), 1975-179.
- Yalcin, M., Altun, S., Turgut, U. *et al.* (2009). First Year Turkish Science Undergraduates' Understandings and Misconceptions of Light. *Science & Education*, 18, 1083-1093.

Anexo. Desarrollo de material educativo para la implementación de la propuesta

Para la realización del proceso de intervención de la propuesta educativa, se desarrollaron dos tipos de material: libros. Se diseñaron libros para los docentes, libros para los niños (que fueron utilizados en el aula) y libros que incorporar una perspectiva de la cultura de la comunidad que incorpora elementos de la cultura étnica): prototipos que incluyeron todo material para ser utilizado en la realización de las actividades (equipo, material impreso, multimedia interactivo).

Los libros

Los tres tipos de libros fueron diseñados y escritos por el grupo de investigación de este proyecto fueron proporcionados a docentes y alumnos de las escuelas participantes. Su evaluación fue continua durante la implementación en aula. En cuanto a los libros que llamaremos de lectura y que plantean las perspectivas de la cultura escolar y la cultura étnica, además de ser proporcionados a los niños de las escuelas participantes, fueron entregados a todos los niños de las 20 comunidades de Cuautempan.

Libros para el maestro. En estos libros se describe el diseño de la propuesta, las actividades que debían seguir los profesores sesión por sesión para cada tema. Las actividades aparecen divididas de acuerdo con el nivel escolar al que van dirigidas. En cada actividad se describen las acciones a realizar por profesores y alumnos, las ideas previas reportadas en la literatura sobre los temas tratados, una descripción de posibles problemas en la comprensión que pudieran tener los niños, los materiales que se emplean y los resultados esperados. Cada profesor cuenta con un libro por tema. Una versión adaptada de estos libros fue incluida como parte de la ciencia de la escuela por la DGEI-SEPⁱ Estos libros (DGI-SEP) que se distribuyen en las escuelas

indígenas y migrantes del país por la Dirección General de Educación Indígena, incorporan este proyecto que representa la parte de las ciencias, junto a otra parte que muestra ideas que las distintas culturas de nuestro país tienen sobre el mismo tema.

Libros de registro. Estos libros, diseñados para los niños, se utilizaron para que, los alumnos llevaran un registro de sus actividades, escribieran, dibujaran o marcaran lo que ellos consideran importante de los fenómenos que se les presenta. Este libro estuvo siempre presente durante la realización de las actividades y fue un referente para los niños sobre lo que habían realizado en sesiones pasadas. Para nosotros este libro implicó el conocer la representación que ellos plasmaron de las actividades, los conceptos, los modelos, entre otros materiales y resultó ser un instrumento invaluable para la comprensión de las ideas de los niños.

Libros de lectura. Estos libros recuperan de los tres temas analizados, secciones de conocimiento escolar y aspectos de la cultura étnica que los niños de las comunidades nos fueron explicando y mostrando a lo largo de todo el proyecto.

Los prototipos o material didáctico

Designaremos como material didáctico, a todo instrumento (tangibles o virtual) que tiene la finalidad de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, adaptado a las características físicas y cognitivas de los alumnos y que por su diseño y funcionalidad contribuya a despertar el interés de los estudiantes y coadyuve a la labor docente por ser sencillo, consistente y adecuado a los temas de enseñanza.

Para el presente proyecto se requirió diseñar, desarrollar, y probar diversos materiales didácticos que permitieran la implementación de la propuesta didáctica contemplando las características de los alumnos de niveles preescolar y primaria multigrado y bilingües (español-náhuatl), así como para los docentes, de una comunidad indígena.

Contexto y usuarios

El diseño de los materiales tomó en cuenta las características geográficas en donde se localizan las escuelas a las que está dirigido el proyecto, en este caso, como se ha descrito previamente, es el municipio de Cuautempan, ubicado en la parte noroeste del estado de Puebla, el cual es un complejo montañoso, cuyo clima en general es templado húmedo con abundantes lluvias en verano, con temperatura media anual entre 12° y 18°C y temperatura invernal de entre -3 y 18°C. Estos factores climáticos fueron relevantes para la selección de los materiales con los que se elaboraría el material didáctico. Por ejemplo, se tomó en cuenta los altos niveles de humedad que hay en las aulas, por lo que se evitó utilizar para los diseños la madera o cualquier tipo de aglomerado que causara algún grado de deterioro, deformación geométrica o dimensional, por lo que se utilizaron materiales plásticos. Para el caso de materiales impresos, como las tarjetas del memorama de especies, también se evitó el uso de papel, cartulina o cartón, utilizando en su lugar un soporte de polipapel o poliestireno e impresos por serigrafía.

En cuanto a los usuarios, el material está destinado principalmente a estudiantes de educación primaria, de entre seis y 12 años de edad. Dadas esas características, se consideró para el diseño la antropometría de niños mexicanos de entre seis y 12 años de edad (Ávila, Prado y González, 2007), pensando en que los usuarios lo puedan manipular de forma cómoda, manejable y segura. Sin embargo, también se consideró a los docentes, pues

de las reuniones previas que se tuvo con ellos, no habían utilizado materiales educativos que tuvieran características de equipo con funciones mecánicas y ópticas y no habían desarrollado las habilidades necesarias para manipularlos.

Todos los materiales se diseñaron acorde al contexto rural (materiales resistentes), optimizando procesos y costos manufactura y pensados para baja producción, como la que se puede hacer en pequeños talleres (como el Taller de Construcción de Prototipos (TCP) del Grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias del ICAT, donde se elaboraron los materiales). En todos los casos se prefirió optar por materiales fáciles de conseguir en México con proveedores certificados y aprobados por la UNAM evitando, en la medida de lo posible, cualquier material de importación, costoso o de difícil adquisición.

Directrices de Diseño

Para la elaboración de los materiales se usaron tres directrices fundamentales: función, forma y ergonomía. La función definida como el propósito del objeto, la forma como el espacio tridimensional que ocupa dicho objeto y la ergonomía como el conjunto de conocimientos aplicados para que el objeto y ambiente se adapten a las características físicas y cognitivas de los usuarios. En todos los casos, la configuración del diseño garantizó que todos los materiales didácticos funcionen de forma eficiente, permitiendo a los usuarios realizar las actividades y experiencias para las cuales fueron desarrollados. Como todo material diseñado para niños, si es puramente funcional, sin importar cuán bueno sea para completar su trabajo, puede o ser atractivo, por lo que también se cuidó que la estética contenida en la forma fuera atractiva para niños de las edades escolares mencionadas. Para ello, se utilizaron colores llamativos y formas geométricas simples y se propuso una homogenización de los componentes

de los equipos en cuanto a forma, dimensión y material logrando una unidad estética de los objetos lo que los hace una familia de productos.

La estructura de cada objeto tiene el propósito de generar una sensación de confianza al manipularlo y que sus propiedades físicas reflejen fortaleza y resistencia, denotando buena calidad y que los usuarios lo perciban como un producto que puedan apreciar, es por ello que los materiales y procesos de manufactura fueron seleccionados para que sea mínima la posibilidad de fallo o ruptura durante su periodo de funcionamiento, el cual esta propuesto para una duración de al menos seis años, esto es, para un ciclo escolar completo de educación primaria.

A continuación, se describen algunas características de los materiales diseñados.

Colores y Resta de colores. En este caso se utilizaron laminados plásticos transparentes con una película traslúcida auto adherible de color homogéneo en colores primarios. La sobre posición de los laminados de los colores básicos permite explorar las combinaciones posibles permitiendo identificar los colores primarios y secundarios.

Suma de colores. Para *el proceso de suma de colores* se diseñaron espejos hechos con acrílico espejo que permite una reflexión excelente sin deformaciones y que proporciona a los usuarios, seguridad en caso de caídas. Los espejos están colocados en soportes direccionables fabricados en plástico y por medio de una perilla pueden cambiar y fijar su inclinación. Adicionalmente, se diseñaron filtros fabricados en plásticos de color (rojo, verde, azul, y amarillo) con un soporte que les permite colocarse sobre una superficie plana. El objetivo es posicionar a los espejos de forma que reflejen la luz del Sol o de alguna otra fuente y que a dicha luz blanca se interponga cada uno de los cuatro filtros, esto con el propósito de hacer coincidir en un

punto la luz de dos o más ellos, esto permite explorar las combinaciones la formación de colores secundarios incluida la luz blanca.

Sombras. Para el tema de sombras se diseñaron piezas plásticas de forma y tamaño idénticos, pero de diferentes cualidades ópticas (transparente, transparente de color, translúcido, opaco y espejo), todas fabricadas en plástico y una serie de figuras (mariposa multicolor y araña en color negro) impresas sobre las piezas plásticas. Al colocar cada una de las piezas frente a una fuente de luz, permite a los alumnos reconocer que la luz es indispensable para ver los objetos, que los objetos reflejan luz y que ésta debe ser percibida por los ojos, que existen distintos tipos de materiales que obstruyen total, parcial o no obstruyen el paso de luz y que la formación de sombras ocurre cuando hay una obstrucción total o parcial de la luz.

La Tierra y el conocimiento del cielo. Para las actividades de este tema se diseñó un simulador en tres dimensiones que ejemplifica los movimientos en el sistema Sol-Tierra-Luna. El equipo se diseñó para apoyar la enseñanza de fenómenos astronómicos tales como el movimiento de traslación y rotación de la Tierra y la relación con las estaciones del año, el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y mostrar cómo se forman las fases de la Luna, así como la formación de eclipses totales y parciales de Sol y de Luna.

También se diseñó una base giratoria para hacer notar la equivalencia en la observación de las sombras de considerar que la Tierra gira o que es el Sol el que se mueve, esto con la finalidad de pasar del marco de referencia centrado en el sujeto al marco de referencia exterior a la Tierra. Este dispositivo se puede utilizar en dos modalidades: a) Una superficie plana de plástico fija que simula la superficie de la Tierra sobre la cual se coloca una figura humana a escala y cuenta con una lámpara que gira de tal manera que su movimiento permite observar los cambios en la forma de la sombra proyectada por la figura humana. La superficie plana también puede girar y

dejar fija la fuente de luz para simular el movimiento de la Tierra y el Sol está estático mientras la Tierra gira. b) La superficie plana puede ser sustituida por una esfera que simula a la Tierra y sobre la cual se colocan las figuras humanas a escala y se pueden producir los movimientos ya señalados.

Debido a las condiciones de iluminación de los salones, se eligió como fuente de luz, para simular al Sol, una lámpara portátil de LED blanco ultra brillante de 2000 lúmenes. Al ser portátil se evita tener cables de conexión a tomas de corriente y evitar conexiones múltiples que pueden ser riesgosas, además de que no en todo momento se cuenta con luz eléctrica en las escuelas. Utilizar LED se evita que la fuente de luz genere calor evitando así que después de cierto tiempo de uso pueda ser riesgoso el tocar la lámpara. La misma lámpara se utiliza para el modelo del sistema Sol-Tierra -Luna, como para el modelo con base giratoria.

Acompaña al equipo descrito un programa interactivo multimedia que corre en tabletas con Windows y que funciona como guía didáctica y elemento de registro para los alumnos. Los materiales permiten a los usuarios experimentar, indagar y fomentar la discusión, al mismo tiempo permiten hacer simulaciones y visualizar demostraciones que no son factibles mediante los modelos físicos. Este software interactivo cuenta con cinco animaciones, “Firmamento”, “Modelos de la Tierra”, “Fases de la Luna”, “Tierra gira” y “Sol gira” se incorporaron en distintas actividades de las secuencias de los tres ciclos, además se incluye un video de un eclipse de Sol visto desde la Tierra.

Rompecabezas de las comunidades. Se elaboraron las ilustraciones de cinco imágenes de comunidades indígenas (Jalacingo, Papalotla, San José Río Bravo, Tecapagco y Tenepanigia), tomando como base los dibujos elaborados por profesores de dichas comunidades. Las imágenes muestran

las características del ecosistema, como fauna, flora, presencia de ríos, montañas, además de la infraestructura de la comunidad. Se cuidó que los elementos bióticos y abióticos fueran claramente identificables, por lo que en algunos casos no se respetó la escala real de los mismos y quedaron sólo como ilustrativos, adicionalmente se colocaron los nombres en español y náhuatl de algunos elementos que conforman la imagen. Este material permite identificar, los elementos que conforman cada una de las comunidades señaladas.

Tarjetas de los seres vivos. Se diseñaron varios juegos de tarjetas para diferentes actividades en un módulo de 80 x 80 mm con una base de cartón de agua delgado y vinil auto adherible impreso pegado y plastificadas para protegerlas de la humedad. Se cuidó que el tamaño de los textos y la tipografía fueran legibles una distancia de hasta 1m, facilitando su lectura, a además de usar colores e imágenes atractivas para los alumnos.

Seres vivos. En total se diseñaron 18 tarjetas que contienen texto alusivo a las características que presentan los organismos vivíparos y los ovíparos, se aplicó un fondo de color distintivo a las tarjetas. A modo de “ayuda” se agregó en letra pequeña y de cabeza, la respuesta a la frase alusiva.

Memorama. *Consta de* 30 tarjetas que integran un juego de 15 pares, cada par tiene una tarjeta que en su parte frontal muestra la ilustración de un organismo y su nombre, mientras que la otra tarjeta tiene un texto alusivo a las características de la respiración del organismo que se ilustra. Las tarjetas se utilizan como un juego tradicional de memoria o memorama, sólo que, en lugar de dos imágenes iguales, se hace un par con la imagen que corresponde a la descripción del organismo de acuerdo a su tipo de respiración.

Padres y crías. Consta de 54 tarjetas que integran un juego de 27 pares, cada par está conformado por una tarjeta que en la parte frontal tiene la fotografía de un organismo adulto, mientras que la otra muestra la fotografía de un organismo de la misma especie, pero en etapa de cría. Las tarjetas se utilizan como un juego tradicional de memoria o memorama, sólo que, en lugar de dos imágenes iguales, se hace un par con las imágenes del progenitor y de su cría.

Animales y plantas. Se diseñaron 18 tarjetas, cada una tiene en la parte frontal la ilustración de un organismo con su nombre en español y náhuatl.

Ciclo de vida. Consta de 30 tarjetas, que integran cinco ciclos de vida de distintos organismos. Cada ciclo está representado por cinco tarjetas (cada muestra en la parte frontal una etapa del ciclo), más otra que indica que se trata del ciclo de vida de un determinado organismo. Los ciclos de vida representados son: de la mariposa, del árbol, del gallo, del maíz, y del perro, en la parte posterior de cada tarjeta está escrita en español y náhuatl la etapa de desarrollo ilustrada en el frente.

ⁱ Alicia Xóchitl Olvera Rosas (Ed.) Ciencias, Tecnologías y Narrativas de las Culturas Indígenas y Migrantes Seres vivos y astronomía. Cuaderno del alumno. Preescolar Indígena y Migrante. DGEI-SEP (2015).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (Ed.) Ciencias, Tecnologías y Narrativas de las Culturas Indígenas y Migrantes Seres vivos y astronomía. Cuaderno del alumno. Primer ciclo I (1º-2º) Indígena y Migrante. DGEI-SEP, (2015).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (Ed.) Ciencias, Tecnologías y Narrativas de las Culturas Indígenas y Migrantes Seres vivos y astronomía. Cuaderno del alumno. Segundo ciclo II (3º y 4º) Indígena y Migrante. DGEI-SEP, (2015).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (Ed.) Ciencias, Tecnologías y Narrativas de las Culturas Indígenas y Migrantes Seres vivos y astronomía. Cuaderno del alumno. Tercer ciclo III (5º y 6º) Indígena y Migrante. DGEI-SEP, (2015).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Cuaderno de Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y de la población migrante. Los colores y las sombras. Cuaderno de trabajo. Primer ciclo DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-07-4, Primera edición y reimpresión. Tiraje, 450,000 ejemplares, (2012).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Cuaderno de Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y de la población migrante. Los colores y las sombras. Guía del docente. Primer ciclo. DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-05-0, Primera edición y reimpresión Tiraje, 30,000 ejemplares, (2012).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Cuaderno de Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y de la población migrante. Los colores y las sombras. Cuaderno de trabajo. Segundo ciclo DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-09-8, Primera edición, y reimpresión. Tiraje, 151,100 ejemplares (2012).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y de la población migrante. Los colores y las sombras. Guía docente Segundo ciclo. DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-10-04 Primera edición y reimpresión. Tiraje, 30,000 ejemplares, (2012).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y migrantes. Los colores y las sombras según la ciencia. Primaria Indígena Preescolar. Educación preescolar indígena y de la población migrante. DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-06-7, Primera edición y reimpresión. Tiraje, 450,000 ejemplares, (2012).

Alicia Xóchitl Olvera Rosas (ed) Ciencias, tecnologías y narrativas de las culturas indígenas y migrantes. Los colores y las sombras según la ciencia. Guía del docente. Preescolar Educación preescolar indígena y de la población migrante. DGEI-SEP, ISBN: 978-607-8279-05-0, Primera edición y reimpresión. Tiraje, 30,000 ejemplares, (2012).

Educación en Ciencias y Multiculturalidad

Aprender y Enseñar Ciencias en Comunidades Indígenas

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

xx de xxxxxxx de 2022