



**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESSO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**Experiencias educativas en la enseñanza de las
ciencias experimentales a niños y jóvenes con
discapacidad visual.**

REYNAGA-PEÑA,C G; HERNÁNDEZ-VALENCIA, I;SÁNCHEZ Y AGUILERA,
E;LÓPEZ-SUERO,C; IBARGUENGOITIA,M; IBÁÑEZ-CORNEJO,JG.

Experiencias educativas en la enseñanza de las ciencias experimentales a niños y jóvenes con discapacidad visual.

Cristina G. Reynaga Peña, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) Unidad Monterrey. Monterrey, NL, México.

E-mail: cristyreynaga@yahoo.com, creynaga@cinvestav.mx

Isaías Hernández Valencia, Museo de la Luz, Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

E-mail: ishernan@universum.unam.mx

Carolina del C. López Suero, Martha Ibarguengoitia Cervantes y Jorge Guillermo Ibañez Cornejo, Depto. de Ingeniería y Ciencias Químicas;

Enrique Sánchez y Aguilera, Departamento de Física y Matemáticas, Universidad Iberoamericana-Campus Ciudad de México.

E-mail: carolina.lopez@ibero.mx; marthaibar@gmail.com; jorge.ibanez@ibero.mx

RESUMEN

El reto de elevar el conocimiento en ciencia de los alumnos desde la educación básica es un reto que México comparte con otros países de Latinoamérica (INEGI 2010, OECD 2010). Para la población en general, las ciencias experimentales (Física, Química y Biología) frecuentemente aparecen como un campo lejano o asociado a lo complejo. En el caso de estudiantes con discapacidad visual el reto es aún mayor ya que tradicionalmente la enseñanza de la ciencia se apoya de manera significativa en recursos visuales (imágenes, gráficos, videos, etc.) que son inaccesibles para el alumno ciego. Es así que el estudiante con discapacidad visual se enfrenta con dificultades para aprender, que serían evitables si se contara con estrategias accesibles, lúdicas y atractivas que le permitan tener acceso a las mismas oportunidades que sus compañeros.

El presente trabajo surge desde la motivación de los participantes en el mismo por contribuir a superar este reto, particularmente con el enfoque de lograr la inclusión de personas con discapacidad visual, por medio del desarrollo e implementación de actividades didácticas accesibles en química, física y biología. El equipo formado por integrantes de tres instituciones educativas: la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Iberoamericana y el CINVESTAV, sumó su experiencia en enseñanza y divulgación de la ciencias para llevar a cabo talleres incluyentes en ambientes formales y no formales. Las actividades experimentales que conforman estas experiencias educativas están basadas en el uso de materiales de experimentación accesibles, modelos táctiles tridimensionales y propuestas didácticas multisensoriales adecuados para la enseñanza de los temas abordados. Entre ellos: fenómenos de la luz, biología de los hongos, fisiología de las plantas, células y tejidos, propiedades de las sustancias, electrolitos y no electrolitos, entre otros.

Los talleres se han impartido en las instituciones de origen, en diversos estados de la República Mexicana y en los Estados Unidos, así como en el marco de cursos de desarrollo profesional para profesores de educación especial y docentes en general. Como resultado, se ha podido demostrar que la ciencia se puede hacer accesible para personas con discapacidad visual y se confirma a través del entusiasmo de jóvenes y maestros que han vivido la experiencia.

INTRODUCCIÓN

Educación y poblaciones vulnerables

La necesidad de elevar el conocimiento en ciencia de los alumnos de educación básica se ha identificado claramente como uno de los retos actuales del sistema educativo en México (INNE 2010) (OECD 2010); este es un reto que nuestro país comparte con otros países tanto de Latinoamérica como en Estados Unidos y es aún más evidente en el caso de niños y jóvenes en situación vulnerable, como las poblaciones con alguna discapacidad o con necesidades educativas especiales.

Durante la última década la atención a grupos vulnerables, también conocidos como grupos sociales en condiciones de desventaja, ocupa un espacio creciente en las agendas legislativas de las políticas públicas, con especial atención a los procesos de vulnerabilidad social de las familias, grupos y personas. La vulnerabilidad se define como el resultado de la acumulación de desventajas y una mayor posibilidad de presentar un daño, derivado de un conjunto de causas sociales y de algunas características personales y/o culturales; se considera como vulnerables a diversos grupos de la población, entre las que se encuentran, las niñas, los niños y jóvenes en situación de calle, los migrantes, las personas con discapacidad, los adultos mayores y la población indígena.

En México, más del 65% de la población puede ser catalogada como viviendo en situación de vulnerabilidad, pobreza o indigencia (Cecchini, S., Espíndola, E., Filgueira, F., Hernández, D., & Martínez 2012). De acuerdo a varios estudios, existe una relación entre el índice de vulnerabilidad socioeconómica y el nivel de educación de los individuos que conforman estos grupos; reportes recientes muestran que el número de años de estudio para personas en estas condiciones oscila entre 5 y 7 años únicamente (Cecchini, S., Espíndola, E., Filgueira, F., Hernández, D., & Martínez 2012). Una situación más aguda toma lugar en relación las personas con discapacidad visual, quienes representan el 27% de 5 millones 740 mil personas con discapacidad en México. En este grupo se ha reportado que el promedio de escolaridad es de 3.7 años (en personas mayores de 15 años), de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2000 (INEGI 2000, 2004). Esto significa que las personas con discapacidad visual abandonan los estudios mucho antes de terminar la primaria. En este mismo reporte se reconoce además que los datos indican que existe un importante grado de deserción, que existen barreras educativas para este grupo de la población y que en la mayoría de las universidades no se cuenta con opciones tecnológicas de accesibilidad para algunas de las carreras que imparten.

A nivel mundial se propició la inclusión de los alumnos con cualquier discapacidad en la escuela regular a inicio de la década de los 90 (UNESCO, 1990) y esta medida fue adoptada también de manera formal en el sistema educativo mexicano poco después, estableciéndose la Ley General de Educación mexicana (1993). En esta ley se establece que la educación especial para las personas con discapacidad debe ser impartida a la población de acuerdo a sus propias condiciones de manera adecuada y

con equidad social. Es así que la mayoría de los alumnos con discapacidad asiste a la escuela regular para su educación formativa y a la escuela especial o CAM (Centro de Atención Múltiple) para clases específicas que apoyen su desarrollo personal y escolar (Braille, orientación y movilidad, actividades de la vida diaria, tecnología adaptada, etc.).

Alumnos con discapacidad visual, un reto para la enseñanza de la ciencia.

Para la población en general, las ciencias experimentales (física, química y biología) frecuentemente aparecen como un campo lejano o asociado a lo complejo. En el caso de estudiantes con discapacidad visual el reto es aún mayor ya que tradicionalmente la enseñanza de la ciencia se apoya de manera significativa en recursos visuales o tecnológicos que con frecuencia son inaccesibles para ellos. Desde esta perspectiva, los niños y jóvenes con discapacidad visual se enfrentan a dificultades innecesarias para aprender, al no contar con un ambiente o recursos didácticos accesibles, amables, lúdicos, atractivos y propicios en su entorno o situación, que les permitan tener acceso a las mismas oportunidades que el resto de la población. Es así que la educación para alumnos con discapacidad visual, y en particular el acceso a los temas de ciencias, dista mucho de ocurrir en las mismas condiciones que para los alumnos sin discapacidad.

La disponibilidad de materiales y de secuencias didácticas diseñadas especialmente para enseñar temas de ciencias experimentales a alumnos con discapacidad visual es escasa. Con el uso creciente de recursos tecnológicos la tendencia actual en educación científica se inclina nuevamente por herramientas visuales, que por su naturaleza son inaccesibles para esta población. Por su parte, los recursos físicos existentes son muy básicos: gráficos en relieve, figuras y objetos elaborados en casa, punzones, regletas y libretas de papel ledger para escribir en Braille; ocasionalmente gráficos táctiles en láminas de vinil termoformado sin color, lupas de gran aumento o monitores para aumentar el tamaño de imágenes (para débiles visuales). Estos recursos, lejos de promover la inclusión educativa, segregan al alumno con discapacidad visual ya que no son atractivos para el alumno con vista regular. Por su parte, los modelos anatómicos sobre temas de ciencia generalmente se limitan a modelos del cuerpo humano y no tienen características de resolución táctil adecuada para un alumno ciego.

Si bien es cierto que en los países desarrollados existen esfuerzos importantes para acercar a la ciencia a ciegos y débiles visuales, la realidad es que en los países como el nuestro hay mucho trabajo por hacer y más cuando se quiere incidir en los procesos y el desarrollo de las habilidades del pensamiento científico.

En México no existen materiales escritos con propuestas didácticas específicas que puedan apoyar al maestro en la tarea de enseñar ciencia a un alumno con discapacidad visual y así facilitar su inclusión. De nuestro conocimiento, los recursos escritos se limitan a la Didáctica Multisensorial de las Ciencias para alumnos con y sin problemas de visión (Soler Martí 1999) y la propuesta Ciencia en el Aula Inclusiva (Reynaga Peña 2014).

¿Qué hace un docente cuando en su grupo se incorpora un alumno con discapacidad visual?

A pesar de que en los planes de estudios de las licenciaturas de educación en México se incluye la asignatura de "Necesidades Educativas Especiales" (SEP 2004), no se

cubre de manera significativa el tema de la educación en ciencias. Es así que los profesores no están preparados para atender a alumnos con esta discapacidad e incluso no consideran indispensable la enseñanza de temas científicos. Esta situación no es exclusiva de México, ya que hay reportes de encuestas a maestros en los Estados Unidos (Norman, K., Caseau, D., Stephanich 1998) que indican que los programas de educación para profesores reflejan una situación similar.

En la práctica, los casos de docentes que han atendido con éxito estos alumnos es porque ponen un empeño personal en crear y aplicar recursos del entorno que promuevan un avance equitativo de todos los niños en su grupo, sin embargo, no es una tarea sencilla y por ello el acceso a materiales especiales y propuestas de secuencias didácticas adecuadas podría contribuir a apoyar su labor.

Ante la falta de recursos pedagógicos adecuados, novedosos y funcionales que permitan conceptualizar temas científicos de física, química y biología, los alumnos con DV con frecuencia se quedan al margen de lograr un avance significativo en el conocimiento y aprendizaje de las ciencias y/o van perdiendo interés en estos temas. Cuando esto sucede en más asignaturas, el alumno comienza a perder el interés en la escuela en general y termina por desertar, lo que incide en su condición socioeconómica y su situación de vulnerabilidad se mantiene.

ANTECEDENTES

La experiencia de quienes participamos en este proyecto se centra en la educación en ciencias, campo en el cual tenemos interés por contribuir a aliviar la problemática de poblaciones como las descritas. La ciencia afecta la vida de las personas en maneras básicas y fundamentales. De acuerdo con el Consejo de Investigación Nacional de los Estados Unidos (Council 2009), los individuos, grupos y naciones buscan incrementar su capacidad científica cada vez más, con la esperanza de promover el bienestar social, material y personal. Ellos también mencionan que aunque los esfuerzos para apoyar la educación científica se han enfocado en estrategias dirigidas hacia la función escolar, generalmente se subestima o pasa por alto el gran potencial que existe en ambientes no formales (museos, ferias de ciencias, talleres, cursos de verano, programas de divulgación, etc.).

En México existen actualmente pocos espacios de educación en ciencia (formal y no formal) donde se promueve el acercamiento a la ciencia a las personas con discapacidad visual. Un lugar pionero en estas acciones, en el ámbito de la educación no formal, ha sido el Museo de la Luz de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que desde el año 2001 desarrolló el proyecto “La luz a través de otros sentidos” desde su programa de atención a la diversidad. En este proyecto facilita el acceso y el acercamiento a la ciencia a personas ciegas y débiles visuales a través de talleres, recorridos y materiales específicos para la enseñanza y conocimiento de la luz y otros temas de física. Las actividades que se llevan a cabo para este fin han sido diseñadas, piloteadas y evaluadas con la asesoría de profesores de la Escuela nacional para ciegos Ignacio Trigeros.

Por su parte, en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) existen desde el 2005 proyectos enfocados a la educación en ciencias (principalmente biología) de poblaciones vulnerables. En colaboración con el Museo de la Luz y con el apoyo del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de

Guanajuato y posteriormente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México se desarrolló *Siente la Ciencia*, un programa donde han sido creadas propuestas de materiales táctiles tridimensionales y propuestas didácticas multisensoriales para la enseñanza de la biología a niños con discapacidad visual o sin ella (Hernández Valencia et al. 2009). Con un equipo multidisciplinario de investigadores y divulgadores de la ciencia, artistas plásticos, diseñadores gráficos, pedagogos y especialistas en la discapacidad visual se produjeron materiales tridimensionales enfocados a facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de la percepción háptica (Reynaga Peña et al. 2013), y recientemente se imprimió un libro para el maestro (Reynaga Peña, 2014).

En el Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas de la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México, al reflexionar sobre el desarrollo educativo de las personas con distintas minusvalías advertimos que las personas con discapacidad visual (DV) eran aquellas que se encontraban en una mayor desventaja para poder trabajar la química de manera experimental en el laboratorio, por lo que nos avocamos a desarrollar métodos que les permitan disfrutar del aprendizaje de esta ciencia por medio de la experimentación de manera autónoma. Por ello, recientemente, el Depto. de Ingeniería y Ciencias Químicas de la Universidad Iberoamericana en la Ciudad de México organizó los primeros y segundos Foros de Enseñanza de las Ciencias Experimentales para Personas con Discapacidad Visual en el país. Eventos en los que se realizaron talleres de física, química y biología, se adaptaron laboratorios y se diseñaron experimentos específicos para personas con discapacidad visual.

El presente trabajo describe las experiencias que se dieron en los foros mencionados, por medio de los cuales se conformó el grupo actual de colaboración Universidad Iberoamericana -UNAM-CINVESTAV con el interés común de aportar en la tarea de atender a jóvenes y niños en condiciones de discapacidad visual.

OBJETIVO

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar propuestas de enseñanza/aprendizaje de las ciencias experimentales (física, química y biología) con actividades y experimentos que puedan llevarse a cabo tanto en ambientes incluyentes formales y no-formales, por personas con discapacidad visual o sin discapacidad.

METODOLOGÍA

Los investigadores científicos participantes de este proyecto desarrollamos propuestas de actividades didácticas que cumplieran con las características de 1) facilitar la construcción del conocimiento en ciencias, 2) promover la participación de alumnos con discapacidad visual de manera autónoma, 3) convertirse en una herramienta didáctica que pueda ser utilizada por educadores en ambientes formales y no formales.

Para cada área del conocimiento disciplinar en cada una de las ciencias se abordaron temas centrales de la especialidad de cada investigador involucrado en este proyecto, seleccionando aquellos temas que tienen relación o forman parte del plan de estudios de educación básica y educación media, además de tener una relación directa con la vida cotidiana. En algunos casos, se adaptaron experimentos que se utilizan

comúnmente en las escuelas de manera que pudieran ser realizados por personas con discapacidad visual. En todos los casos se buscó que los experimentos fueran seguros, cortos, ilustrativos del concepto que se quería trabajar, que a la vez dieran claridad sobre el concepto con manipulaciones sencillas e involucraran sólo un concepto, además de poder realizarse con material y reactivos no tóxicos, de uso cotidiano y de fácil adquisición.

Para los talleres fueron convocados jóvenes y adultos con discapacidad visual por medio de asociaciones y escuelas para personas con discapacidad visual en la Ciudad de México y el Estado de México. A cada taller asistieron alrededor de 35 a 40 personas, quienes fueron distribuidos en 3 grupos. En una primera instancia, las actividades fueron realizadas en el transcurso de un día. En la segunda edición, los talleres se llevaron a cabo en 2 sesiones de 2 horas por cada área del conocimiento disciplinar que fueron distribuidas a lo largo de 3 días; en las 4 horas totales correspondientes a cada disciplina fue posible abordar más temas y con mayor profundidad. Las sesiones de dos horas permitieron que cada participante pudiera realizar las actividades sugeridas a su propio ritmo, de manera autónoma, a la vez de tener la oportunidad de preguntar sus dudas, elaborar conclusiones y al final, en conjunto, socializar la experiencia.

Cada taller se realizó con la colaboración de por lo menos un instructor por cada dos participantes con el fin de proporcionar a los asistentes los materiales de experimentación de manera simultánea, apoyarles en caso necesario, resolver dudas, etc. Las instrucciones a seguir para la realización de la actividad o experimento se fueron proporcionando verbalmente, dando tiempo para que todo el grupo pudiera completar cada etapa del experimento. Se promovió la curiosidad y el espíritu de la investigación científica al realizar cuestionamientos antes, durante y después de los experimentos y actividades para a su vez tener información sobre la comprensión del tema por los participantes sobre el tema tratado.

RESULTADOS

A) Propuestas Experimentales de Biología.

Se desarrollaron dos talleres con duración de dos horas cada uno. En el primero, los participantes realizaron actividades selectas para construir conocimiento sobre **biología de los hongos**, las cuales fueron tomadas del libro Ciencia en el Aula Inclusiva (Reynaga Peña, 2014). Los experimentos y actividades realizadas consistieron de un experimento para observar el metabolismo de las levaduras, una actividad para elaborar masa para pan utilizando levaduras, la observación de modelos tridimensionales que representan cómo crece una colonia de un hongo microscópico y la estructura de un hongo macroscópico, además de la observación de las características de los hongos macroscópicos comestibles más comunes en México. Finalmente, se concluye con la degustación de alimentos elaborados con hongos.

Un segundo taller, sobre **Semillas y Plantas**, consistió en una propuesta didáctica que se centra en las semillas como elemento clave en la reproducción de las plantas, que además permiten conocer la biodiversidad existente en México y relacionar el papel de las plantas en la alimentación y la obtención de productos de uso cotidiano. Consta de una secuencia de actividades en las que se utilizan frutos, semillas, semillas germinadas, modelos tridimensionales, además de productos de diversas plantas comunes en México. En este taller se hace uso de la metodología mutisensorial y el

juego como un medio para la construcción del conocimiento. La secuencia de actividades se describe a continuación.

Actividad 1. Frutos y semillas.

En esta actividad se aprovechan algunas plantas comunes en México que producen fruto para alojar sus semillas, identificando las semillas de cada una de ellos para comprender la biodiversidad.

Materiales: charolas o platos, cuchillo de plástico, palillos, frutos comunes: aguacate, chícharos, ejotes (vaina del frijol), pera, naranja, tamarindo, ciruela, durazno, limón y uvas – lavados.

Dinámica de la actividad: Se les pide a los asistentes disectar (cortar) el fruto para encontrar las semillas, observar dónde y cómo se encuentran, comparar la forma y el número de éstas en los diferentes frutos y proponer su forma de dispersión. Asimismo, se pide al participante asociar la semilla con el tipo de planta que genera y observar las características de los frutos (olor, sabor, textura) e identificar cuáles son parecidos entre ellos.

Actividad 2. Juego de la semilla.

Actividad lúdica en forma de juego para identificar semillas de diversas plantas y los productos que sus plantas generan (adaptado del juego Tic-Tac-Grow! Creado por D. Choffnes, X. Jones, P.G. Lemaux, M. Perl, J. Stonaker, V. Wong and B. Alonso. Fuente: ucbiotech.org).

Materiales: Semillas varias y productos de las plantas a las que pertenecen (ver tabla 1), charolas numeradas con Braille, dados grandes con las marcas de los números distinguibles al tacto, tablero de gato táctil y 2 juegos de piezas táctiles distintas para colocar en las casillas del tablero (ver imagen).

Se sugiere elegir por lo menos 11 semillas y productos de plantas de uso común, con diferentes grados de dificultad para su identificación, con el fin de aprovechar la actividad para conocer semillas nuevas y que a la vez sea un reto para quienes participan. Los productos deben elegirse en base a que sean identificables por medio del uso de los sentidos disponibles, es decir que sea posible identificarlos claramente por el tacto, por su olor o por su sabor. Para cada planta pueden ser varios productos, de preferencia incluir aquellos que no constituyen una parte de la planta, es decir, en vez de un jitomate puede seleccionarse una salsa de tomate comercial. Una lista de ejemplos sugeridos se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Semillas y productos de las plantas.

	<i>Semilla</i>	<i>Productos</i>
1	Manzana	Jugo de manzana, puré de manzana, cosméticos con manzana
2	Cebolla	Cebolla fresca o rebanadas de cebolla salteada o asada
3	Frijol	Frijoles cocidos o refritos
4	Maíz	Tortilla, tamal, totopos, atole (bebida caliente a base de maíz)

5	Café	Taza de café, dulce o postre de café
6	Chile	Salsa, chile en polvo
7	Algodón	Cotonetes o hisopos, tela de algodón, algodón para curación
8	Cacao	Chocolate en polvo, barra de chocolate o bebida de chocolate
9	Arroz	Cereal de arroz comercial, agua de horchata
10	Trigo	Pan dulce o salado, galletas elaboradas con harina de trigo
11	Cacahuate	Crema de cacahuate, dulce de cacahuate (mazapán)

Preparación de la actividad:

Los productos de cada una de las diferentes plantas se colocan en charolas identificadas con un número del 1 al 12 en Braille. Si los participantes son pequeños, se sugiere jugar con 1 dado y en ese caso se usarán 6 charolas numeradas del 1 al 6 y 6 semillas que le correspondan. Si se juega con participantes de mayor edad, sugerimos usar 2 dados para tener mayor número de plantas y mayor complejidad, requiriendo entonces 11 charolas numeradas del 2 al 12 y 11 semillas correspondientes a los productos elegidos. En cada charola habrá varios productos de la misma planta (ej.: harina de trigo, pan de trigo, galletas). Las semillas se presentarán en cajas transparentes etiquetadas con su nombre en Braille, las cuales pueden abrirse para ser tocadas. El tablero de gato se coloca en una mesa junto con los dados y las piezas para marcar en el tablero.

Dinámica del juego:

1. Se forman 2 o 4 equipos para jugar, cada equipo de 2 a 3 integrantes máximo. Si son 4 equipos, habrá grupos de 2 equipos jugando simultáneamente (2 tableros de juego).
2. Primero un equipo tira dados, identifica el número que sale y se les proporciona la charola marcada con el número correspondiente para identificar qué planta puede producir los productos que se encuentran en ella. Es decir, deben identificar, por ejemplo que el trigo es la semilla que se usa para producir harina, pan, galletas.
3. Una vez que han observado los productos, se les proporcionan las cajas con las semillas, para que el equipo identifique la semilla correspondiente a la planta propuesta. Esto puede hacerse de dos formas: leyendo la etiqueta en Braille y abriendo la caja que lo contiene para observar la forma y características.
4. Si el equipo relaciona correctamente la semilla con el producto significa que ha acertado y tiene derecho a anotar una marca en el tablero de gato táctil.
5. El equipo que logre colocar 3 anotaciones en línea en el tablero gana el juego. Los participantes pueden llevar un registro individual de las anotaciones para conocer cómo se va desarrollando el juego.

Figura 1. Juego de la semilla.



Actividad 3. De la semilla surge la planta.

Actividad complementaria para reafirmar el concepto del papel de la semilla en la reproducción de las plantas. Se asocia a los conceptos tratados en las actividades anteriores.

Materiales: Semillas recientemente germinadas de frijol, maíz u otra planta. Modelo tridimensional sobre la estructura de una semilla.

Dinámica de la actividad:

Los participantes observan el modelo táctil tridimensional representando la estructura de una semilla de frijol (Figura 2), con el fin de identificar que en el interior de ésta se encuentra un embrión de planta. Posteriormente, exploran cuidadosamente las semillas germinadas y relacionan el modelo con el fenómeno de germinación. Puede invitarse a los participantes a abrir una semilla que esté germinando y observar táctilmente la planta a punto de salir y los cotiledones que se encuentran desde la etapa embrionaria, para notar cómo se encuentran éstas estructuras en el interior de la semilla y qué partes van surgiendo al germinar.

Figura 2. Modelo tridimensional representando la semilla de un frijol y el embrión que contiene en su interior.



Observaciones:

Por medio de estas actividades multisensoriales los participantes identificaron algunas semillas desconocidas para ellos y reconocieron otras comunes, todas pertenecientes a plantas abundantes en México cuyos productos se utilizan en la vida diaria. Por medio de la observación de ellas fue posible reconocer las diferentes características que poseen tales como: forma, textura, olor, además de la cantidad de ellas que se encuentra en cada fruto. A través del juego se logró establecer una asociación entre los productos de las plantas y la semilla de la cual se generan de una manera lúdica. Finalmente, observar semillas en proceso de germinación y la exploración del modelo tridimensional de la semilla de frijol con el embrión que se encuentra en su interior, fue una actividad novedosa para los participantes, ya que por su tamaño los embriones de la mayoría de las plantas comunes no son fáciles de identificar al tacto.

B) Propuestas Experimentales de Química.

Se abordaron tres temas que forman parte del plan de estudios de educación media: electrolitos y no electrolitos, propiedades físicas y propiedades químicas.

Actividad 1. Electrolitos y no electrolitos.

El experimento consiste en verificar el paso de corriente eléctrica a través de una disolución y clasificar los solutos como electrolitos cuando sus disoluciones acuosas conducen la corriente eléctrica y como no electrolitos cuando no lo hacen. Se eligió trabajar con este concepto ya que está estrechamente relacionado con los tipos de enlaces químicos, uno de los aspectos fundamentales de la química a cuyo estudio se puede introducir a través de un experimento como el que se trabajó en el taller.

Materiales: mantel de hule grueso, conductímetro elaborado con cargadores de desecho, jeringas desechables sin aguja, agua, sal, azúcar, bicarbonato de sodio, etanol, cucharas desechables, vasos de precipitado,

Dinámica de la actividad:

Los participantes tuvieron que identificar las sustancias colocadas en vasos de precipitados antes de agregarles agua por medio del olor o tacto; así mismo, midieron si las sustancias antes de agregar el agua eran capaces de conducir la corriente eléctrica. Posteriormente, agregaron agua a cada sustancia y volvieron a realizar la prueba de conductividad. Con la información obtenida ellos elaboraron conclusiones de las diferencias entre estas sustancias y construyeron su concepto de electrolito y no electrolito. Finalmente, se realizó una actividad que les permitiera analizar la importancia que tiene este tema en su vida diaria.

Notas adicionales:

Para adaptar el experimento se tuvieron que resolver algunas dificultades:

- El uso de corriente eléctrica planteaba la posibilidad de un choque eléctrico si alguno de los participantes llegaba a tocar las dos terminales eléctricas o bien las colocaba sobre la mesa de superficie metálica donde se trabajó. Esto se resolvió realizando el experimento sobre un mantel de hule y empleando un zumbador electrónico que funciona con corriente directa por lo que puede usarse una batería (que resulta caro) o un convertidor de corriente eléctrica alterna a directa. Se

utilizaron como convertidores de corriente eléctrica los cargadores de teléfono celular de desecho, que es una alternativa ecológica para el uso de baterías.

- Al agregar agua a las distintas sustancias para comprobar su conductividad se derramaba fácilmente al no poder calcular el volumen del recipiente. Esto se solucionó utilizando jeringas sin aguja de la capacidad necesaria para disolver los solutos.

Actividad 2. Propiedades físicas de compuestos químicos.

Para ilustrar el tema de propiedades físicas se eligió el punto de ebullición de las sustancias y se trabajó con alcohol etílico y con agua, así como una combinación de ellas.

Materiales: Termómetros parlantes, parrillas eléctricas montadas dentro de una caja de madera para protección del usuario, agua, alcohol etílico, vasos de precipitado, jeringas, piedras de ebullición, masking tape.

Dinámica de la actividad:

En esta experiencia, los participantes ubicaron su área de trabajo, posteriormente identificaron los dos líquidos que tenían por medio del olor y el tacto. Después se les pidió calentar los líquidos en la parrilla. Más tarde, por medio del oído se percataron del momento en que la sustancia comenzaba a ebullición, con ayuda del termómetro parlante midieron la temperatura de ebullición y compararon sus resultados. Una vez que todos tenían una idea clara de este concepto se les dio una muestra problema y tuvieron que identificar si se trataba de uno de los componentes anteriores, era una mezcla de ambos o uno distinto. Al finalizar este taller, los participantes fueron capaces de construir su concepto de propiedad física y entender la relevancia de las mismas en la ciencia y en su vida diaria.

Actividad 3. Propiedades químicas de la materia.

Para ejemplificar este tema se eligió la reacción entre un ácido y un carbonato para producir dióxido de carbono.

Materiales: bicarbonato de sodio, vinagre comercial, vasos de precipitado, matraz Erlenmeyer, tapón para el matraz, espátula, globos.

Dinámica de la actividad:

Al igual que en las actividades anteriores, el primer paso fue que los participantes conocieran su área de trabajo. Posteriormente, por medio del olfato o del tacto los identificaron las sustancias con las que iban a trabajar. Agregaron bicarbonato a un vaso y posteriormente vinagre. Percibieron la formación del CO_2 por la efervescencia, por medio del tacto y del oído. Después se repitió la operación anterior, utilizando un matraz Erlenmeyer y un globo para atrapar el CO_2 , así como en un recipiente cerrado, en donde su formación se evidenció cuando, por la presión del gas, botó el tapón del recipiente.

Los retos a resolver en esta actividad fueron:

- Encontrar la manera de medir una temperatura sin poder mirar la escala de un termómetro.
- Localizar claramente el material en el área de trabajo.

- Calentar una sustancia hasta su punto de ebullición sin correr el riesgo de sufrir una quemadura.

En esta experiencia los alumnos lograron distinguir las diferencias entre una propiedad química y una física, al contrastar con sus observaciones de la sesión anterior. Asimismo fueron capaces de aplicar estos conceptos a sus vivencias cotidianas.

C) Propuestas Experimentales de Física.

Actividad 1. La luz, ondas electromagnéticas y las comunicaciones.

Se abarcaron temas fundamentales del fenómeno de la luz: de la manera en que se genera, de la forma en que interactúa con la materia para producir los efectos físicos de la refracción, la reflexión y la absorción y de las características ondulatorias que presenta al propagarse, haciendo énfasis en el comportamiento ondulatorio de la luz para relacionarla con el espectro visible – los colores – y, asignarles una longitud de onda característica. Al final de la actividad, con esta experiencia previa de la luz, se abordó la importancia del conocimiento de este fenómeno para conocer y saber cómo la humanidad logró pasar de las comunicaciones alámbricas a las inalámbricas: las ondas electromagnéticas.

Para el desarrollo de esta experiencia lúdica e interactiva, se contó con el apoyo del personal del Museo del Telégrafo, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal de la ciudad de México, quienes proporcionaron telégrafos que las personas ciegas y débiles visuales podían manipular e interactuar con ellos.

La actividad comienza hablando de las fuentes luminosas, preguntándoles a las personas participantes sobre su experiencia con ellas y lo que saben al respecto. La intención es que desde su experiencia y previos conocimientos vayan construyendo juntos, al escucharse de lo que saben al respecto, sobre el fenómeno de la luz. Esto significa que se aplica la metodología de la indagación y de la construcción social del conocimiento mediante la experiencia mediada. En el momento en que van expresando sus ideas, se les colocó materiales didácticos con texturas y relieves para que vayan sintiendo, mediante el tacto, y les signifique el diálogo que se iba generando, al igual que se les pregunta sobre lo que estaban tocando y que lo describan para todos. Por ejemplo, cuando se abordó el concepto de la refracción de la luz, se les proporcionó un material en el que pudieron percibir diferentes texturas, figuras y líneas en relieve. Una textura lisa bajo una línea en relieve, les significa la luz viajando, por ejemplo, en el vacío o el aire; cuando llega a una superficie cóncava o convexa (la lente), pueden sentir como lo liso se transforma en rugoso al igual que van percibiendo, táctilmente, cómo eso rugoso tiene formas diferentes y las líneas, que representan la luz, sufren una desviación de acuerdo a la forma rugosa percibida. Esto representa en la óptica geométrica lo que le sucede a los rayos de luz cuando interactúan con las lentes cóncavas y convexas: cuando la luz atraviesa materiales transparentes como las lentes cóncavas y convexas, los haces de luz divergen y convergen, respectivamente. Para las personas normo-visuales esto es muy evidente, para las personas ciegas y débiles visuales las texturas, el relieve, las figuras que va tocando, le van dando información sobre la propagación de la luz en distintos medios materiales.

Figura 3. Materiales táctiles que representan la divergencia y convergencia de la luz cuando pasan por lentes cóncavas y convexas.



Se tiene que ir construyendo estos conceptos durante la sesión para que les signifique algo cuando se habla y escuchan del fenómeno de la refracción, reflexión y la absorción.

Además, también realizan la experiencia de inflar un globo blanco y otro negro. Ellos sólo sienten que están inflando un globo, pero cuando se les da una lupa y salen al Sol y se les da la instrucción que concentraran la luz en sus globos, unos explotaron y otros no. En ese momento se les dijo que uno era de color blanco y otro negro. Inmediatamente se dieron cuenta que el negro es el que explotó, por tanto, absorbió la luz de mejor manera.

Para hacer evidente la relación entre los colores del espectro visible o del arcoíris y las distintas longitudes de onda que se les asigna de acuerdo a la física, se les presentó unos materiales en los cuales podían sentir diferentes ondulaciones a la vez de que eran de distinta textura, al mismo tiempo que escuchaban y hacían sonidos con un xilófono. El xilófono es un instrumento musical que consta de tubos huecos de diferentes tamaños que al golpearlos generan tonos musicales distintos. En este momento ellos escuchaban que un tubo largo, porque lo tocaban, generaba un tono grave y cuando golpeaban un tubo corto oían uno tono agudo. De la misma manera resulta la relación que existe entre ondas cortas para hablar de color azul y ondas de longitud de onda larga para asignarla a luz de color rojo. Es de esta forma que, mediante el sentido auditivo y el táctil, se le muestra a la persona ciega la relación que hay entre el color y la longitud de onda así como de su frecuencia.

Posteriormente, el taller continuó con el desarrollo de dos actividades. En la primera, se les dio cordones de diferentes grosores, un objeto (cartón) con la forma de un triángulo, que es el equivalente al prisma y hojas ledger para que ellos coloquen y peguen los cordones de diferentes grosores de tal forma que el más grueso asemeje un haz inicial de luz que al incidir a un prisma triangular, el cartón, se refracte y salga el abanico de colores, el espectro visible, y coloquen los otros cordones de menor grosor y en orden de grosores, de forma que asemejen los distintos colores del arcoíris.

Figura 4. Representación táctil de la longitud de onda de la luz y los colores.



Para el segundo taller, que forma parte de la secuencia didáctica de actividades que van familiarizando a los participantes a los conceptos necesarios e ir construyendo los puentes conceptuales para lograr los propósitos deseados, con cordones de diferentes grosores y hoja ledger se les pidió que los pegaran formando ondas de longitud de onda corta y longitud de onda larga de acuerdo al grosor. Los cordones para ambos talleres estaban previamente teñidos de distintos colores para que nos diera una manera de evaluar el proceso de construcción cognitivo de la actividad y los conceptos que se han definido abordar. El taller nos dio resultados favorables al respecto.

Para finalizar la actividad, se extrapoló en el concepto ondulatorio de la luz y se comenzó a hablar de todo el amplio rango de radiaciones electromagnéticas que existen, siendo la luz visible sólo una porción pequeña de ella: el espectro electromagnético. Se comenzó a dar énfasis en cómo las personas han aplicado los conocimientos que se han ido descubriendo de la naturaleza de la luz, para llegar a las comunicaciones y, en particular, las inalámbricas que forman parte del rango de las ondas de radio del espectro electromagnético. Para que esta última parte de la actividad fuera más significativa, nos apoyamos de telégrafos antiguos que las personas ciegas podían tocar e ir descubriendo los elementos que los componen. Incluso se habló de la clave morse y del código SOS internacional y ellos pudieron hacer y comunicar este código con sus palmas de la mano.

Figura 5. Taller La luz, ondas electromagnéticas y las comunicaciones.



Observaciones:

Resumiendo esta actividad, la secuencia didáctica de experiencias propuestas y la forma mediada de exponerla, se observó que las personas ciegas y débiles visuales y el uso de estos materiales multisensoriales, están cumpliendo su función de apoyar la

enseñanza de la ciencia y en particular de un tema el cual ellos carecen de su percepción. En la planeación y creación de esta experiencia se ha visto que estos materiales también son útiles para los alumnos regulares, dado que otros sentidos son utilizados para que los conceptos expuestos sean mejor comprendidos. Se encuentran en desarrollo las propuestas de enseñanza de más conceptos relacionados con los fenómenos luminosos, pero esta experiencia nos indica que vamos por buen camino.

Actividad 2. Cinemática.

Tiene como objetivo conocer que en un movimiento rectilíneo uniforme la relación que guarda el desplazamiento con el tiempo es lineal. En esta experiencia se mide el tiempo que dura un desplazamiento rectilíneo.

Materiales

Riel de aire, fotoceldas, regla, cronómetro digital con sonido (buzzer), retícula, chinchas, hilo de estambre.

Realización de la actividad: Se coloca un objeto en el riel de aire, el cual se encuentra equipado con una fotocelda y un cronómetro. Con el fin de que el alumno perciba el tiempo de manera auditiva, se adecuó el cronómetro digital con un buzzer que emite un sonido sincronizado con el disparo del cronómetro cuando se inicia el movimiento al pasar el objeto por la ventana de una fotocelda. Al término del recorrido de la distancia seleccionada, en donde se coloca otra fotocelda, se emite un segundo sonido y el cronómetro se detiene. Este procedimiento se repite variando la distancia que recorre el objeto mediante el desplazamiento de la segunda fotocelda.

La información de desplazamiento y tiempos se registra y los datos obtenidos se grafican en una retícula adecuada para que el alumno ciego pueda graficar mediante el tacto colocando una chinche en cada punto. Para evidenciar la línea de la gráfica, las chinchas se unen con un trozo de estambre. De esta manera el alumno puede percibir la relación lineal que guarda el desplazamiento con el tiempo.

D) Socialización de la experiencia acerca de los talleres experimentales y recuperación de comentarios.

A manera de cierre de las actividades, al final de cada uno de los talleres y al final del evento completo, se pidió a los participantes expresar sus comentarios con respecto a la experiencia y actividades realizados, por lo cual por medio de grabaciones de voz fue posible obtener en forma cualitativa un indicador de los resultados obtenidos de la intervención. En todos los casos, los participantes formularon opiniones positivas tales como:

...*“fue muy divertido”.*

...*“antes no había hecho experimentos, sólo mis compañeros de escuela que sí ven los hacían”.*

...*“fue fantástico poder hacer las cosas, nunca nos dejar tocar nada y ahora pudimos hacer todo lo que queríamos”.*

...*“pudimos trabajar porque ustedes buscaron la manera para que nosotros pudiéramos hacerlo”...*

...*“porque todos tenemos la capacidad de hacer lo mismo”.*

...*“deberían de realizarse más talleres como estos”...*

...“sería muy bueno que los profesores que están impartiendo clases desde primaria y secundaria hasta preparatoria y educación superior supieran como dar clase a personas con problemas visuales”... “y que enseñáramos a la gente que ve bien, que no somos sólo la persona pidiendo en una esquina o que va cantando en un vagón (del metro)”.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan ejemplos de propuestas didácticas conteniendo actividades experimentales en química, física y biología que es posible realizar por niños, jóvenes y adultos con discapacidad visual. Las actividades y experimentos aquí descritos cumplen con el objetivo no sólo de ser incluyentes sino atractivos para las personas con discapacidad visual, y de nuestra experiencia, hemos observado que también para la población en general.

El presente trabajo no incluye una evaluación sistematizada del aprendizaje, sin embargo, de acuerdo a lo que observamos quienes participamos como instructores, se pudo identificar que en muchos casos los participantes con discapacidad visual quienes asistieron a los talleres mostraron una buena comprensión del tema tratado, dados los comentarios en las sesiones de cierre de cada una de las actividades.

Asimismo, en base a los comentarios registrados en voz de los participantes podemos asegurar que las actividades realizadas fueron un éxito desde muchas perspectivas: despertando el interés por la ciencia, contribuyendo a fortalecer la autoestima y autosuficiencia de los participantes, además de aportar en la educación en ciencia como tal.

A lo largo de estos talleres teórico-prácticos también concluimos que es posible generar experiencias en el laboratorio donde los estudiantes con discapacidad visual tengan un aprendizaje significativo que les permita entender los conceptos, aprender la metodología científica y extrapolarlo a su vida diaria.

Finalmente, es importante mencionar que las actividades experimentales aquí presentadas pueden realizarse también con alumnos sin discapacidad, logrando así una ambiente de aprendizaje inclusivo.

Colaborando con el proceso de integración educativa de personas con discapacidad estamos ayudando a construir una sociedad abierta a la diversidad, donde no tiene cabida la discriminación contra los grupos vulnerables y cuyo eje principal es la equidad social.

BIBLIOGRAFÍA

1. CECCHINI, S., ESPÍNDOLA, E., FILGUEIRA, F., HERNÁNDEZ, D., & MARTÍNEZ, R. (2012). “Vulnerabilidad de la estructura social en América Latina. Realidad, datos y espacio”. *Revista Internacional de Estadística y Geografía* 3 (2), 32-46.
2. HERNÁNDEZ VALENCIA, I., CHÁVEZ-REYES, A., VALDERRAMA CHAIREZ, L., ALDANA ARANDA, D. Y REYNAGA-PEÑA, C. G. (2009). “Ciencia Para Invidentes: Una oportunidad para crear una cultura incluyente”. Trabajo

- presentado en la XI Reunión de la Red POP. Montevideo, Uruguay. Mayo 26-29, 2009.
3. INEGI 2004. *Las personas con discapacidad en México: una visión censal*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
 4. INEGI 2000. *Censo Nacional de Población y Vivienda 2000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
 5. INEGI 2010. *Censo Nacional de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
 6. INNE (2010). México en PISA 2009. *Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación*. México.
 7. Ley General de Educación (vigente a partir del 14 de julio de 1993). En: <http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/tcfed/143.htm?s=27/10/2003>.
 8. National Research Council (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. (B. L. Committee on Learning Science in Informal Environments. Philip Bell, Ed.) Washington, DC, USA: The National Academy Press.
 9. NORMAN, K., CASEAU, D. Y STEFANICH, G. (1998). Teaching students with disabilities in inclusive science classrooms: survey results. *Science Education* 82: 127-146.
 10. OECD (2010) PISA 2009. Volume I, What Students Know and Can Do: Student Performance in Reading, Mathematics and Science. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development.
 11. REYNAGA PEÑA, C. G. Hernández Valencia, I., Rico Moreno, J. N., & Treviño Escobedo, D. 2013. "Educación científica de niños con o sin discapacidad visual por medio de representaciones táctiles-auditivas y actividades multisensoriales." *Enseñanza de las Ciencias* (Número extra): 2997-3001.
 12. REYNAGA PEÑA, C. G. (2014). *Ciencia en el Aula Inclusiva. Propuesta didáctica: Los hongos, ejemplo de seres vivos*. Secretaría de Educación del Estado de Guanajuato. Guanajuato, México. 1ª Ed.
 13. SEP (2008). Secretaría de Educación Pública. Obtenido de Diario Oficial de la Federación (21 de Octubre de 2008): www.dof.gob.mx
 14. SEP (2004). *Licenciatura en Educación Especial. Plan de Estudios 2004*. México, DF: Secretaría de Educación Pública (SEP). <http://www.dgespe.sep.gob.mx/sites/default/files/planes/lee/plan.pdf>.
 15. SOLER MARTÍ, M. A. (1999). *Didáctica multisensorial de las ciencias*. Barcelona/Buenos Aires. Ed. Paidós.
 16. UNESCO (1990). Declaración Mundial sobre Educación para Todos: La Satisfacción de las Necesidades Básicas de Aprendizaje, aprobada por la Conferencia Mundial sobre Educación para Todos, 5-9 de marzo de 1990, Jomtien.