



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LA DIVULGACION DE LAS MATEMATICAS EN LOS MUSEOS DE CIENCIAS

T E S I S

Que para obtener el título de:

M A T E M A T I C O

p r e s e n t a:

JESUS BARBOSA REYES

761162



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECTOR DE TESIS:
MAT. CONCEPCION RUIZ RUIZ - FUNES





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: *"La divulgación de las Matemáticas en los Museos de Ciencias"*.

realizado por *Jesús Barbosa Reyes*.

con número de cuenta *8537611-5*, pasante de la carrera de *Matemáticas*.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario *Mat. Concepción Ruiz Ruiz-Funes.*

Propietario *Dra. María de la Paz Alvarez Scherer.*

Propietario *Fís. Sergio Edgardo de Régules Ruiz-Funes.*

Suplente *M. en C. Fernando René Martínez Ortiz.*

Suplente *Mat. Maricela Solórzano Audiffred.*

Maricela Solórzano A.

Consejo Departamental de Matemáticas.

Dr. Héctor Méndez Lango.

Héctor Méndez L.

FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MATEMÁTICA
D.F.
MATEMÁTICAS

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Antonio Barbosa Peñaflores † : porque creyó en mi y porque nos acercamos más los últimos años de su vida.

A mi madre Celiflora Reyes Ángulo : por darme la libertad de ser y por rezar por mí.

A Inocente Ocampo Mondragón (Chatita) † : por cuidarme de niño y por darme todo su cariño y amor.

A mis hermanos :

Zacarías † : quien me dio la oportunidad de conocer otras personas y lugares.

Antonio : por apoyarme en mi niñez y escucharme.

Odila : por ser una gran mujer que se preocupó y nos cuidó a todos (y hasta la fecha lo sigue haciendo).

Ángel : por ser, además, mi amigo; por ser mi confidente, por tenerme paciencia, por ser una gran persona, por apoyarme en todos mis sueños y por estar conmigo incondicionalmente.

Francisco : por enseñarme a cuidarme ... aunque es muy duro para darme consejos. "Si quieres azul celeste ... que te cueste".

Delfina : Por haberme ayudado en los momentos difíciles y espero que algún día entienda que deseo lo mejor para ella.

Josefa : por ser muy tierna, muy tranquila y porque estoy orgulloso de ella haga lo que haga, por que sé que va vencer sus problemas ... y la neta porque es muy fuerte.

A mis sobrinos :

Erika : porque deseo que haga su tesis.

Antonio : porque sea feliz en su matrimonio.

Celi : que deseo encuentre lo que busca.

Ivette : porque sé que va lograr todo lo que se proponga y porque la carrera que elija la va realizar con muchas ganas y amor.

Saúl : porque haya disfrutado este año que dejó de estudiar y retome la escuela con nuevos bríos.

Lilia : que a tomado un buen ritmo en la escuela.

Hugo : que sea un buen hijo y sobre todo que estudie mucho y sea muy sencillo.

Omar : por ser un adolescente muy tranquilo y porque estudie lo que más quiera.

Ángelito : por ser un niño muy inquieto, cariñoso e inteligente.

Paco : porque estudie mucho y llegue a hablar francés ... que es lo que creo que más le gustaría hacer.

Aldo : porque ser muy paciente y quiere a sus primos y porque llegue a ser abogado ... pero un buen abogado.

María Fernanda : que desea conocer el mundo y quiere hacer muchas cosas y porque sé que va llegar saber más cosas que yo. Ah !, y porque conozca a Ana Guevara ...

Bruno : por ser muy lindo y porque espero que haya disfrutado mucho el que lo haya llevado a varios museos, y sobre todo que haya aprendido algo.

Elizabeth : por ser una niña con demasiado carácter y ser muy persistente en conseguir las cosas ...

Ana Sofía : por ser la más pequeña de los nietos (hasta ahora) y porque espero que no le saque canas verdes a mi hermana Jose. Ah !, por parecerse a Momo ... que espero lea ese libro algún día.

A mis amigos :

Herón : con quien hice muchas cosas y me divertí mucho; aunque sus papás le prohibieran que no me hablara y rompiendo con todo, siempre me demostró su gran amistad y nos veimos y disfrutamos mucho nuestra infancia.

Jesús (Chuchi) : por confiar en mi cuando tuvo problemas y sobre todo por apoyarme en seguir estudiando.

Daniel : por ser mi mejor amigo desde la secundaria y haber descubierto un mundo que nos aguardaba para que lo disfrutáramos juntos. Esos viajes y esas pláticas jamás las olvidaré y por ... ir más allá de lo prohibido. Independientemente de tu modo de pensar serás mi amigo.

Salvador (El Mora) : porque gracias a una pelea nos enseñaron que era mejor ser amigos y ... hasta la fecha lo seguimos siendo.

Armando (El Pipo) : por defendernos en la secundaria y compartir con nosotros sus "tacos de canasta" a la hora del recreo.

Gabriel (Break) : porque de un pleito de preparatorianos surgió una amistad, donde hemos convivido de todo y tenido aventuras bonitas. Espero que me sigas aceptando como soy.

Gilberto : por darme su apoyo y regañarme siempre para que siguiera adelante ... Por invitarme a su casa en Tehuantepec, ya que gracias a eso pude salir de una crisis existencial.

Jorge C. : por apoyarme en la carrera y darme sus mejores consejos. Porque sé que es un gran matemático y que espero y deseo logre todos sus objetivos.

Magda : por confiar en mi y ayudarme en los momentos más difíciles de la carrera y de mi vida.

A mis compañeros de la "Fac" (como todo mundo la llama) : Otilio, Eugenia, el Carcas, la Claudia, Ana, Alejandro, Stalin, el Maca, Bertha, Matías y le paro aquí porque la lista es interminable ... interminable.

A Mónica Genis Chimal : por la gran amistad que me ha brindado incondicionalmente. Por haberme motivado y apoyado a terminar este trabajo. Por compartir bonitos momentos e ir entretejiendo un gran cariño. Por ser admirable y por tener una abuelita buena "onda".

Al profesor Javier Fernández : porque es uno de los mejores impartiendo las clases de Cálculo de una y varias variables y porque se me hace injusto que su expulsión de la universidad haya sido por cuestiones políticas.

Al sr. Luis de la Garza : por haberme motivado a estudiar matemáticas y por el cariño que le tiene a esta ciencia.

A los sinodales :

María de la Paz : por haberme permitido presionarla a leer mi tesis en un santiamén.

Sergio de Régules : por permitirme decirle “no a los cambios que me iba a sugerir de la tesis” por obvias razones para mi y no tan obvias para él.

Fernando Martínez : por su paciencia y comprensión.

Maricela : por aceptar leer este trabajo, pero sobre todo por haber sido mi compañera de la Fac y siempre preguntarme ¿ cuándo te titulas ?.

A mi asesora de tesis Concepción Ruiz : por darme todas las facilidades para la realización de este trabajo. Por tener la paciencia de corregir y hacer buenas observaciones a mi trabajo. Por dedicarme bastante tiempo a pesar de sus múltiples actividades y compromisos familiares. Porque estoy más que infinitamente agradecido a ella y porque espero que no le haya fallado.

CONTENIDO

Introducción	i
CAPÍTULO 1	
¿Qué entendemos por ciencia?	1
CAPÍTULO 2	
Por una cultura matemática	5
2.1 Las matemáticas en los programas de estudio	8
2.2 El aprendizaje impersonal	9
2.3 Los textos de enseñanza	11
2.4 ¿Qué puede hacer la cultura matemática por la gente?	12
CAPÍTULO 3	
Diferentes maneras de divulgar la ciencia	17
3.1 El impacto social de los Museos de Ciencia	19
3.2 El papel de los Museos de Ciencia	21
3.3 Desarrollo del aprendizaje y otros factores	27
3.4 Mejorar las exhibiciones a partir del aprendizaje	27
CAPÍTULO 4	
La divulgación de las matemáticas en los museos	30
4.1 El discurso de la divulgación de las matemáticas	30
4.2 Tipología de la divulgación	36

INTRODUCCIÓN

La divulgación de la ciencia es una rama relativamente nueva del quehacer de los científicos, pedagogos y demás estudiosos de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la ciencia. En las últimas décadas han surgido, en todo el mundo, cientos de centros y museos de ciencia en los que se pretende acercar a niños y jóvenes a la ciencia de una manera lúdica y divertida. Sin embargo, en esta gran variedad de lugares para llegar a la ciencia de un modo interactivo son muy pocos los que cuentan con exposiciones específicas sobre Matemáticas. Exponer esta disciplina al público en general de manera interactiva puede ser una tarea difícil debido a la gran abstracción que la caracteriza, pero ciertamente no es una tarea imposible.

Nuestro país no se ha quedado atrás, en él se ha empezado a fomentar la creación de museos interactivos de ciencia; esto ha hecho que la gente vea de una manera diferente los conocimientos científicos. En particular uno de los museos más grandes de México es el Museo de Ciencias de la UNAM, UNIVERSUM, en el que hay 12 salas dedicadas a exponer distintos temas de ciencia y una de ellas es justamente la Sala de Matemáticas.

Estamos pues, ante una situación en la que es preciso preguntarse ¿Qué es divulgar la ciencia? En particular ¿Qué es divulgar las matemáticas? ¿Cómo debe hacerse? ¿Qué tipo de exposiciones deben presentarse? ¿Cuáles deben ser los objetivos de la divulgación de las matemáticas en un museo de ciencia?

El intentar contestar este tipo de preguntas es lo que ha motivado este trabajo; en él pretendemos exponer algunos puntos básicos sobre qué es la divulgación de la ciencia para ir, poco a poco, encontrando las especificidades de la divulgación de las matemáticas, sus objetivos, sus problemas y algunas posibles soluciones.

Esta tesis consta de seis capítulos. En el primero "¿Qué entendemos por ciencia?" intentamos presentar justamente el objeto a divulgar, es decir, la ciencia. No se encontrará en él una presentación académica sino varios intentos de nombrar o caracterizar aquello que llamamos ciencia. En el segundo capítulo "Por una Cultura Matemática" se busca hablar

más específicamente de las matemáticas. ¿Qué son? ¿Cómo deben concebirse? ¿Cómo deben entenderse? Más aún, ¿Cómo deben enseñarse? ¿Cómo deben transmitirse? El tercer capítulo "Diferentes maneras de divulgar la ciencia" contiene una muy breve revisión de los distintos medios por los cuales puede divulgarse la ciencia y se centra muy específicamente en los museos. El cuarto capítulo "La divulgación de las matemáticas en los museos" es quizás el que le da sustento a este trabajo, pues en él se habla sobre la divulgación de las matemáticas a profundidad. En el quinto "Cómo aprenden los niños" se presenta una somera exposición sobre la manera en que los niños aprenden, tema que es fundamental conocer si queremos realmente que la divulgación tenga sentido y logre sus objetivos. El sexto y último "El perfil del divulgador" es un capítulo enfocado a aquellos que diariamente practican la tarea de la divulgación en los museos, aquellas personas que sirven de puente, por decirlo de alguna manera, entre el público y los equipos, aquellos que proponen talleres o actividades, aquellos que retan al público a reflexionar sobre lo que están observando o realizando, en fin aquellas personas sin las cuales la divulgación simplemente no sería posible.

Espero que este trabajo pueda servir a todas las personas que creen que la divulgación de la ciencia es una tarea fundamental en nuestra sociedad; espero también que sea una pequeña aportación para el conocimiento de qué es la divulgación y cómo podemos darle su lugar.

CAPÍTULO 1.

"El conocimiento científico es el saber fidedigno y útil que posee el ser humano"

A. EINSTEIN.

¿QUÉ ENTENDEMOS POR CIENCIA?

La intención, de este capítulo, no es definir "la ciencia" ni "la filosofía de la ciencia"; de hecho existen varias definiciones que se han dado a lo largo del desarrollo de la ciencia y que nos llevaría a un análisis muy profundo que no es necesario para el desarrollo de esta tesis. Por ello, sólo deseo comentar algunos conceptos e ideas que nos podrán hacer entender este tema.

Una de las principales características de la ciencia es la creatividad y aunque el científico lo que hace es describir y estudiar la realidad tal como es; su función es presentarnos el retrato más fiel y completo de todo lo que está a nuestro alrededor. Por ello los científicos presentarán la versión más objetiva y realista de los fenómenos observados. Pero esto no quiere decir que la ciencia quede ahí, no; por que la ciencia también se hace a partir de crear cosas que no necesariamente le rodeen. La ciencia inventa, crea y desarrolla nuevos conocimientos para avanzar en el entendimiento de la naturaleza. Los objetivos de la ciencia son, como podemos ver, entender, predecir y adaptar lo que nos rodea; anteriormente lo que se deseaba era dominar a la naturaleza (con esto último no estoy de acuerdo, porque eso me hace pensar en destruir nuestro entorno a costa de cualquier cosa), actualmente se está haciendo conciencia de preservar la naturaleza, pensando que formamos parte de ella.

Podemos pensar que la ciencia nos aproxima a conocer la verdad de la naturaleza (a pesar de que no lleguemos a conocerla totalmente), también a descubrir su relación con las demás cosas. Deseo aclarar que la ciencia con el tiempo puede llegar a modificar sus teorías o sus visiones acerca de la naturaleza, esto es por su misma evolución. Es claro que la ciencia está permanentemente evolucionando y conforme va descubriendo cosas, los conceptos establecidos pueden cambiar. Esto no debe entenderse como un retroceso, ya que gracias a ello podemos establecer mejor nuestra visión de la naturaleza. Podemos entonces decir que el hombre trata de entender el mundo donde vive, y no se conforma con sólo formar parte de él.

Podemos decir que se valora la ciencia (sin duda alguna, los hombres y las mujeres que la hacen, han luchado por la verdad) por sus realizaciones prácticas, pero aún más por su contenido informativo y por su capacidad de liberar nuestras mentes de viejas creencias, viejos prejuicios y viejas costumbres para ofrecernos en su lugar nuevas conjeturas e hipótesis. Se valora la ciencia por su influencia liberadora, como una de las más grandes fuerzas que respaldan la libertad humana. Es por ello que la ciencia nos invita a ir más allá del mundo que nuestros sentidos pueden percibir.

Como hemos podido ver, la ciencia es útil, porque busca la verdad, la ciencia es eficaz en la provisión de herramientas, para bien o para mal. La utilidad de la ciencia es una consecuencia de su objetividad, sin proponerse necesariamente alcanzar resultados aplicables pues la investigación los provee a corto o largo plazo. La sociedad moderna paga la investigación porque ha aprendido que la investigación rinde. Por este motivo, es redundante exhortar a los científicos a que produzcan conocimiento aplicable: no pueden dejar de hacerlo. Es cosa de los técnicos emplear el conocimiento científico con fines prácticos. Los científicos pueden, a lo sumo, aconsejar acerca de cómo puede hacerse uso racional, eficaz y bueno de la ciencia, pero debe ser la toda sociedad la responsable del buen uso que se le dé a la ciencia y a la tecnología.

La ciencia nos pone en relación constante con algo más grande que nosotros; nos ofrece un espectáculo siempre renovado y cada vez más amplio, nos hace adivinar algo más grandioso todavía.

Quien haya apreciado o haya observado, aunque sea de lejos, la espléndida armonía de las leyes naturales, estará mejor dispuesto para despreciar sus pequeños intereses egoístas; tendrá un ideal. Por lograrlo, trabajará sin escatimar esfuerzos y sin esperar ninguna de esas groseras recompensas que son esenciales para ciertos hombres. Cuando haya adquirido así el hábito del desinterés, este hábito lo acompañará por doquier; su vida entera quedará como perfumada por él; más aún, porque la pasión que lo inspira es el amor a la verdad.

La grandeza de nuestro ideal nos sostendrá en nuestros desfallecimientos. Es cierto que es inflexible, y muchos lo lamentarán; pero al menos no participa de nuestras pequeñas y mezquinas ambiciones. Esta idea de una norma más fuerte que nosotros, de la que no podemos sustraernos y a la que debemos ajustarnos, cueste lo que cueste, puede tener también un efecto saludable; por lo menos así se le puede sostener.

En la historia de occidente, a lo largo de los siglos, el acceso al conocimiento ha sido privilegio de algunas clases sociales únicamente. La

ciencia no ha quedado al margen de esto; el conocimiento científico fue gestado, en sus orígenes, en una pequeña élite del que rara vez salía. Tristemente esa concepción aún sigue prevaleciendo en algunos medios; pareciera que no cualquiera puede ser científico o recibir una educación científica. Esto es lo que hemos aprendido en la escuela. Toda nuestra educación ha sido dedicada a enseñarnos que la ciencia no puede estar al alcance de todos y que los que son capaces de aprenderla son superiores a los demás.

Éste es precisamente el postulado que debemos tratar de desafiar. Realmente debemos preguntar: ¿por qué la ciencia-el conocimiento sistematizado en general- ha sido hasta ahora propiedad exclusiva de una minoría?. Yo sugiero la siguiente respuesta, la mayor parte de la ciencia que se hace hoy día, se hace para el beneficio de transnacionales y con políticas científicas que lejos de buscar beneficios sociales masivos buscan el enriquecimiento de pequeños grupos.

La selección social del conocedor y el experto se lleva a cabo principalmente a través de la forma en que se imparte el conocimiento científico y la especialización. Los métodos de enseñanza y, más allá, los programas de enseñanza en su conjunto, están diseñados de tal forma que la ciencia se hace inaccesible para todos excepto una minoría privilegiada. Y esta inaccesibilidad no se debe a ninguna dificultad intrínseca del pensamiento científico, más bien se debe al hecho de que en la ciencia (como en el resto de la cultura dominante) el desarrollo de la teoría ha sido divorciado de la práctica y de las vidas, necesidades y ocupaciones de la gente ordinaria.

La ciencia moderna, a lo largo de la historia, ha transitado por grandes periodos en los que su objetivo principal ha sido lograr la dominación de la naturaleza. Son etapas en las que no estaba destinada a servir a las masas del pueblo en su lucha diaria; estaba principalmente destinada a servir a la burguesía ascendente en su esfuerzo de dominación y acumulación. La ética y la ideología de la clase poseedora del conocimiento científico moldearon claramente la ideología de la ciencia y la noción de que el científico debe ser tan sacrificado, insensible e inhumano como el empresario capitalista (o neoliberalista). Por esta razón, la ciencia moderna nació en el marco de la cultura burguesa, nunca tuvo la oportunidad de convertirse en ciencia popular o ciencia para el pueblo.

Así existen, fundamentalmente, dos maneras de mantener la ciencia - y el conocimiento- en poder de la clase dueña del capital:

La primera manera, que se practica ampliamente en las universidades, es la selección sociopolítica-y la promoción- de los científicos. Los científicos que ocupan puestos de responsabilidad deben servir a clases de poder político y económico. Durante y después del proceso escolar, se toman las medidas apropiadas para persuadir a los ambiciosos que su interés yace en jugar el

juego del sistema neoliberal. En otras palabras, se tiende a lograr que los científicos se vendan, a convencer al interior del sistema. Se les concederán posiciones de poder privilegiado, si son capaces de identificarse con las instituciones establecidas. La jerarquía en la producción de la ciencia es tan opresiva como la producción fabril. Los grandes jefes de la ciencia deben ser considerados los guardianes de la globalización, cuya función particular consiste en mantener la enseñanza, la naturaleza y la orientación de la ciencia dentro de los límites del sistema. En resumen, si un joven científico no acepta la ideología dominante, no llegará lejos, no hará carrera y será eliminado por la institución. Tal eliminación es posible a causa de la gran abundancia de candidatos que buscan el trabajo científico.

La otra forma consiste en la extrema especialización de los científicos enfrascados en la competencia, que es precisamente lo que el capital necesita para consolidar su dominio. Los trabajadores científicos en competencia, superespecializados y quisquillosos no tienen mucha probabilidad de unirse y de transformar el conocimiento en poder. Además, la falta de científicos permite que el capitalismo escoja a aquellas personas, que parecen las más adecuadas para servir a los intereses del sistema. Esta situación también permite al sistema o a los grandes capitalistas endurecer la división del trabajo en la labor científica, para poder mantener el control sobre la producción de la ciencia y para evitar que las comunidades científicas mancomunen sus conocimientos y se conviertan en una fuerza principal por derecho propio.

CAPÍTULO 2.

"Las matemáticas poseen no solo la verdad, sino también belleza; una belleza fría y austera, como la de una escultura".

B. RUSSELL.

POR UNA CULTURA MATEMÁTICA.

Todo el mundo coincide en que las matemáticas son una de las materias más importantes de la escuela, y que deben estar presentes en todos los programas de la enseñanza básica, media y superior, sin embargo, todo el mundo coincide también, en que son una de las materias más difíciles de entender y de estudiar. ¿Por qué? ¿Es que acaso todos los profesores de matemáticas tienen un rasgo de sadismo y todos los alumnos son masoquistas?. Más seriamente, ¿conocemos realmente cuáles son las razones por las que la actividad matemática continúa en las escuelas? ¿Realmente tenemos seguridad en el criterio para juzgar qué es lo importante y qué no? ¿Realmente sabemos qué deberíamos estar haciendo?. Es fundamental comenzar a explorar la relación que hay entre los desarrollos de las ciencias, la educación familiar y la educación escolar, para extraer sus comunes denominadores.

Históricamente las matemáticas han sido enseñadas y aprendidas como una "forma de hacer"; es necesario entenderlas de una manera distinta, es necesario que nuestros niños y jóvenes empiecen a concebirlas como una "forma de conocer" y más aún, como una "forma de pensar", es fundamental crear una nueva concepción de las matemáticas, en la que se reconozca y se demuestre su relación con la cultura, la noción de las matemáticas como un producto cultural, entender las actividades ambientales y sociales que estimulan los conceptos matemáticos, los valores culturales en los que encarnan las matemáticas - y claro todo el génesis cultural de las ideas matemáticas.

Para resolver la problemática sobre la enseñanza de las matemáticas no sólo se necesita buena voluntad para criticar las prácticas tradicionales, sino entender los procesos creativos aplicados en el campo de la educación matemática.

Se dice que alguien que quiera progresar hoy necesita estudiar matemáticas (y preferiblemente también computación), esto es la "sabiduría recibida" por muchos padres en muchas ciudades del mundo. Así millones de niños de todo el mundo se pelean con las complejidades de los cálculos, ecuaciones, triángulos y fracciones, mientras millones de profesores luchan contra la necesidad de introducir gradualmente el entendimiento matemático en sus jóvenes alumnos.

Pero, ¿qué resulta de todo este esfuerzo? Ciertamente algunos niños tuvieron éxito, esto es, aprendieron como ejecutar técnicas matemáticas, obtener las respuestas correctas, usar los métodos adecuados, y pasar los exámenes. Muchos de ellos obtienen trabajos en la industria, en los bancos, en el comercio, en corporaciones multinacionales, etcétera. Algunos obtienen trabajos en las universidades, muy pocos de ellos haciendo investigación en matemáticas; algunos de ellos llegan a ser maestros y otros se convierten en maestros de matemáticas.

La situación es bastante diferente para aquellos que no tuvieron éxito. Las matemáticas se consideran importantes, pero son también difíciles, e imposibles para muchos, misteriosas, sin sentido y aburridas. Crean sensaciones de terror, sentimientos de falta de confianza y claro, sentimientos de odio. Para algunos ocasiona aún sentimientos de opresión y de dominación. Ellos acusan a los maestros porque nunca entienden, ellos culpan la matemática curricular por todos sus inaplicables y tormentosos ejercicios, y culpan al sistema educativo por haberlos defraudado. Fue el sistema el que los hizo sentir que las matemáticas eran y son, importantes de estudiar, y fue el programa el que les falló. El sistema creó la necesidad pero fracasó para satisfacerla.

Por otra parte, nosotros tenemos que adaptarnos al rápido y cambiante ambiente tecnológico que cada vez nos hace más dependientes del conocimiento y del entendimiento matemático, el que crea satisfacciones para algunas personas en el mundo pero aburre a muchas otras. Tenemos un sistema social complejo para permitirnos manipular nuestro ambiente y tenemos ahora, que vivir en una sociedad de computadoras virtuales y calculadoras de gran velocidad. Parece evidente que las necesidades de una educación matemática son más importantes que nunca, es también evidente que las necesidades están cambiando al mismo ritmo que la tecnología.

Por otra parte, una gran cantidad de estudios no solamente nos muestran cuánto error matemático ocurre como resultado de nuestra enseñanza, sino también cuán limitada está la inteligencia aún si es "correcta". Nosotros constantemente sabemos de individuos que rechazan las matemáticas, les temen, no les gusta y si ellos continuaran estudiándola (porque muchos lo hacen) harían uso de repeticiones mecánicas y métodos

instrumentales para hacer frente a las demandas de exámenes dirigidos. Si la educación matemática está más o menos ayudando a la gente para relacionarla lo mejor posible con su ambiente, está claramente fallando en esta labor.

Este conflicto es bastante claro en un país como el nuestro que se encuentra en vías de desarrollo, donde sobrevivir es más importante que tener éxito en la vida, donde trabajar puede parecer un lujo soñado para muchos o donde la educación está vista como una salida desesperada de la espiral de la pobreza. ¿Qué posible revelación puede haber para los niños y los jóvenes de las sutilezas de los patrones matemáticos, las rutinas de la columna aritmética y la pureza de las formas geométricas? y ¿por qué debería nuestra sociedad tomar como modelo apropiado aquellas sociedades más tecnificadas, particularmente cuando ellas son aún inapropiadas y fallan en las condiciones de nuestro país?

Las ideas alrededor de la matemática curricular, acerca de los procesos actuales de enseñanza en los salones de clase y acerca de la formación del maestro deben estar dirigidos a una mejor comprensión de las matemáticas. Descubrir qué grado de diferencia existe entre lo que es ahora y lo que podría ser, poco más o menos, claro de cómo deberíamos empezar a cambiar nuestra propuesta en la práctica.

Estamos en una fase crucial en la evolución de la educación matemática. Hemos ido a través de la "aritmética, álgebra y geometría" integrando materias. Estamos ahora en el periodo de tratar de enseñar matemáticas para todos. Sabemos que puede lograrse y se está tratando de hacer de muchas maneras alrededor del mundo. Pero necesitamos ahora mover conceptualmente la idea de "enseñar matemáticas a todos" hacia "una educación matemática para todos".

El educar matemáticamente a la gente consiste en mucho más que sólo enseñar algo de matemáticas. Es mucho más difícil de hacer si, pero los problemas y los resultados son mucho más fascinantes. Requiere de un conocimiento fundamental de los valores, que son la base de la matemática y un reconocimiento de la complejidad de educar niños alrededor de aquellos valores. No es meramente suficiente enseñarles matemáticas, necesitamos también educarlos en lo concerniente a las matemáticas, educando por medio de matemáticas y educarlos para las matemáticas.

Enseñar a los niños a hacer matemáticas enfatiza el conocimiento como "un camino para hacer". Una educación matemática me parece, en contraste, ser esencialmente concebida como "un camino de y hacia el conocimiento". Eso por lo tanto habla de una perspectiva cultural sobre el conocimiento matemático.

La idea de la "cultura" ha sido ciertamente un estimulante para el pensamiento educativo en general y para muchos escritores, filósofos y

sociólogos que han reconocido esta necesidad. ¿Está la cultura cerca de la gente?. ¿Es casi una herencia?. ¿Está cerca de un conjunto de valores? ¿Le concierne a la familia, la ciudad, o el país? ¿Puede estar cerca del salón de clase, la escuela o el sistema?.

Se trata de presentar las matemáticas como un conjunto de ideas, como una "nueva luz que sea emitida por las matemáticas para una fascinante civilización moderna".

Aquellas personas que hacen matemáticas no son las únicas poseedoras de la cultura elemental conocida como matemáticas, una buena educación matemática general no debería ser un obstáculo para el desarrollo de ideas no matemáticas.

La preocupación es con los problemas de la educación matemática y hay que encontrar caminos educacionalmente significativos para relacionar a la gente con sus culturas matemáticas. En particular tenemos que encontrar caminos para relacionar a los niños con sus culturas matemáticas.

2.1. LAS MATEMÁTICAS EN LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO.

La primera gran área que preocupa son los programas sobre matemáticas, que prácticamente en todo el mundo están fuertemente dirigidos hacia el uso de técnicas, y en los que la computación aritmética es la base curricular de la educación. Con las "cuatro operaciones elementales" gradualmente se pretende manipular más y más "números" complicados- naturales, enteros, fracciones, decimales, números complejos y después, matrices y vectores. El trabajo algebraico desarrolla las habilidades para resolver "ecuaciones" complicadas y para elaborar expresiones algebraicas que puedan ser "resueltas". La geometría, si fuera tomada seriamente por todos, se desarrollaría como una área en la cual se podrían aplicar técnicas aritméticas y algebraicas, sería de ese modo trigonometría o geometría en coordenadas. Para aquellos quienes han triunfado o sobrevivido a estos conceptos la introducción a los más lejanos deleites es el cálculo, con su cascada de integrales y ecuaciones diferenciales esperando ser reconocidas, clasificadas y, por supuesto, "resueltas".

Los programas proponen una serie de procedimientos, métodos, habilidades, reglas y algoritmos que describen las matemáticas como una materia "para hacer". Las matemáticas no están descritas como una materia para reflexionar, no son un modo de conocimiento. Por esto es necesario pensar, que dentro de esta curricula, nos encontramos limitados y restringidos para pensar, nos obligan a adoptar los procedimientos apropiados, usar los métodos correctos para la solución, seguir las reglas y

obtener las respuestas correctas. Por consiguiente se cree que en "la práctica se hace el maestro".

En esencia hay una currícula del usuario que lo único que pretende es desarrollar un buen uso de "la caja de herramientas". La ironía es que las computadoras fueron desarrolladas para hacer esas técnicas más rápido y más correctamente que los humanos. Lo que se necesita ahora es más entendimiento y más conocimiento crítico de cómo y cuándo usar estas técnicas matemáticas, entender por qué ellas funcionan y cómo están desarrolladas. Esto no requiere únicamente de un gran conocimiento, sino también una diferente forma de pensar y por eso se requiere de un acercamiento a las matemáticas.

En los niveles más elementales, sin embargo, la técnica curricular está basada en la esperanza de que el niño se convierta en usuario. Que dependiendo de las definiciones, esto sea verdadero en un contexto puramente matemático para solamente una parte de la población. Una excusa usada para perpetuar esta idea es que la mayoría de la gente no usará métodos matemáticos en sus trabajos. Pero ¿por qué debería dominar esta idea en la educación de la población? ¿Los ayudará a resolver sus problemas no matemáticos mejor? ¿Los ayudará a tomar una opinión crítica hacia el desarrollo tecnológico?

Claramente, mi respuesta es "no". Una currícula técnica, no puede ayudar a entender, no puede desarrollar la reflexión, no puede permitir al aprendiz desarrollar una propuesta crítica tanto fuera o dentro de la matemática. En mi opinión una currícula técnica no puede educar, únicamente puede instruir y puede adiestrar, si falla para construir y si falla para adiestrar entonces no hace nada positivamente para el niño.

2.2 EL APRENDIZAJE IMPERSONAL.

La segunda área de preocupación es lo que entendemos como aprendizaje impersonal, es la tarea en la que el aprendiz está concebido como ente independiente de la persona que se encarga de enseñarle o instruirle. Lo que se considera importante es cómo el niño comprende las matemáticas, no cómo se esfuerza por adquirir significados personales de la educación matemática.

Hay por supuesto una fuerte conexión aquí con el punto previo. Una técnica curricular de respuestas correctas no ofrece alcance para la interpretación personal e invención. Las reglas deben ser aprendidas, los procedimientos aceptados y las habilidades practicadas. No importa que clase de persona sea el aprendiz, el resultado matemático es el mismo. No importa ultimadamente si el alumno es una persona de memoria visual o alguien quien prefiere analizar la lógica de la situación, pues $(a+b)^2 - (a-b)^2$ siempre será igual $a^2 - b^2$.

Así, en esa situación no hay necesidad para discutir, ni hay necesidad de "puntos de vista" y "opiniones" y por consiguiente no hay necesidad real para proporcionar oportunidad para hablar. Las preguntas del maestro demandan ciertas respuestas (ya conocidas por el maestro), problemas en los libros de textos demandan ciertos tipos de solución (ya mostradas en el texto).

Hay una asociada seguridad con respuestas correctas y procedimientos correctos que atrae a muchos aprendices, ya sean ellos niños o adultos. Por otra parte, ésta es una de las fuerzas de las matemáticas mismas; el Teorema de Pitágoras es cierto en todo el mundo. Una verdad matemática es geográficamente y personalmente independiente, y puede ser verificada, en teoría, por cualquiera.

Pero argumentaría que aprender esas verdades matemáticas no constituye una educación matemática adecuada. El hecho de que las verdades matemáticas se encuentren en cualquier parte y por cualquiera no es una razón para decir que la educación matemática deba verse como la misma en cualquier parte, y para cualquiera. Aún si las verdades matemáticas son universales, eso no significa que la educación matemática debe ignorar la individualidad del aprendiz, ni el contexto social y cultural de la educación. Una educación matemática necesita hacer más que meramente informar a los aprendices de estas verdades.

Hay desde luego un "aspecto convenido" de la enseñanza de las matemáticas, esto es los significados compartidos que nosotros tenemos de las verdades matemáticas, pero hay igualmente una opinión personal también importante de aquellos significados. El significado está cerca de las conexiones que nosotros hacemos entre las ideas, y únicamente algunas de aquellas conexiones serán las apropiadas, "las oficiales" de las matemáticas y otras serán conexiones personales, de imaginación y metáfora, de ejemplos de la casa o de otras experiencias, de eventos significativos del aprendizaje de otras materias, o asociaciones con otras personas. Todos construimos significados personales para nosotros mismos, los cuales dan significado a nuestras vidas.

El aprendizaje matemático impersonal ignora totalmente esas conexiones y los significados personales, y por ser así, priva de personalidad el proceso de aprendizaje. Las intenciones personales de preguntarse algo o crear algo no están actualmente en los salones de clases de matemáticas; ya que este está conformado por un maestro de matemáticas y varios aprendices de matemáticas que no se preguntan nada. La tarea del maestro es por consiguiente comunicar "las matemáticas" tan efectivamente y tan eficientemente como sea posible, para que los aprendices puedan aprender "las matemáticas". Las matemáticas son una asignatura en la que para muchos los significados son irrelevantes pero mientras todos los aprendices están sujetos a aprender las

mismas cosas no existirán como gente sino como un "aprendiz" generalizado. Raramente serán considerados como personas para expresar sentimientos personales, intuiciones personales, significados personales e interpretaciones personales. El aprendizaje impersonal es seguramente, la raíz de todos los procesos "no educativos".

2.3. LOS TEXTOS DE ENSEÑANZA

Hay una inquietud muy marcada por el uso de "textos de enseñanza". Muchas clases de matemáticas del mundo aceptan el testimonio de la subordinación de la enseñanza del profesor a la enseñanza del libro de texto, aunque hay maestros que evitan textos que son raros, desde luego. Para algunos sistemas educativos hay un libro de texto y es obligatorio usarlo. Es como la "Biblia" matemática en las escuelas. En otros sistemas los maestros pueden elegir de un conjunto recomendado mientras que en otros sistemas más abiertos los profesores son libres de explotar los recursos que a ellos les guste. Pero muchos sistemas educativos del mundo esperan de sus maestros usar algún libro de texto.

Pero ¿Cuáles son esos libros? ¿Quién los escribe, para quién y por qué? ¿El autor conoce a los aprendices que los usaran o los maestros que enseñarán con ellos? ¿Aceptaré el autor la responsabilidad del fracaso de los niños por entender? ¿El autor acepta el crédito si el aprendiz sale bien? Como podemos ver el libro de texto de alguna manera controla la educación pues hay muchos sistemas en el mundo que están basados únicamente en un libro, además de que controlan a ambos, al maestro y al alumno. ¿Hasta dónde se entiende la responsabilidad y qué debería acompañar este control? El profesor usualmente está sujeto a la responsabilidad, naturalmente. ¿Pero si la enseñanza está siendo controlada por los libros de textos entonces el maestro debería ser el único responsable?

Si los profesores son los responsables, como creo que deberían de serlo, entonces ellos no deben al mismo tiempo estar controlados por los libros de texto. Ellos deben ser ayudados y asistidos con materiales y actividades sobre las cuales ellos tengan control, para que ellos puedan ayudar a sus aprendices a ser exitosos, porque solamente el maestro puede conocer a los aprendices, y únicamente el maestro puede juzgar sus éxitos o sus fracasos con conocimiento. El control de los libros de texto entonces, efectivamente impide a los maestros el conocimiento real de sus aprendices y de este modo le impide ayudar a sus estudiantes eficazmente. La única persona quien posiblemente puede personalizar la enseñanza es el maestro (si él se da una oportunidad).

Nosotros, por eso, deberíamos tener sistemas en los que no se confie mucho en los libros de textos y deberíamos educar a los maestros para no ser dependientes de ellos. Necesitamos capacitar al maestro y controlar los

materiales, no viceversa, y necesitamos demostrar que la responsabilidad de la enseñanza se encuentra con el maestro no en el texto. Lo que un maestro realmente necesita no es un texto, sino actividades y recursos para ayudar a los aprendices a desarrollarse. Lo que el aprendiz realmente necesita no es un texto sino un espacio adecuado para aprender. Ninguno de los patrones en los procesos pedagógicos necesita un texto. Entonces ¿Por qué deberían los texto ser dominantes?

Desde luego que no es un accidente el que tengamos programas técnicos y los textos de enseñanza. Estos se han desarrollado para supuestamente brindar al estudiante "formas óptimas" para aprender matemáticas; pero ha llegado el momento de cambiar y desechar esas falsas suposiciones.

La curricula técnica esencialmente está basada sobre la suposición de que una propuesta controlada para la educación matemática es óptima, esto indica que uno planea la curricula escolar de uno sobre el principio de la necesidad de producir matemáticos competentes de alto nivel y fundamentalmente investigadores en matemáticas. Además todo el mundo deserta en los diferentes niveles cuando las matemáticas se vuelven más difíciles o sin sentido, o irrelevantes para ellos. La deserción es un indicador de que la educación no ha tenido éxito bajo la técnica curricular y los libros de texto. Por supuesto que es necesario prepararse para los diferentes intereses y prácticas dentro del sistema educativo, pero hay que crear una curricula basada en las necesidades de las personas.

¿Cómo puede la cultura matemática ser revelada a los niños sin ser vista como conocimiento " controlado " ?

El aprendizaje impersonal, como se ha dicho al principio, está basado sobre la hipótesis de la universalidad de las matemáticas. Está primero cercanamente conectado al enfoque dirigido, porque no hace distinción entre cómo los diferentes estudiantes los producen en el salón de clase y segundo, porque retrata la idea del conocimiento matemático como ente manipulado y transmitido "desde lo alto". En ese sentido no es más que una gran cantidad de conocimiento matemático deshumanizado. No es que el maestro no reconozca la humanidad y los intereses personales de los individuos, simplemente el sistema en la educación matemática no lo reconoce.

2.4. ¿QUÉ PUEDE HACER LA CULTURA MATEMÁTICA POR LA GENTE?.

La enseñanza matemática necesita no ser "sistematizada". El maestro debe pensar en un "sistema deliberado", donde él proponga y deje

a sus alumnos opinar y crear ideas; como podemos observar la sistematización matemática desea organizar, ser eficiente en proyectos, personalizar, deshumanizar y controlar más que dar una mejor educación.

Lejos de ser una filosofía educativa, la hipótesis "sistematizada" nos concibe como focos de producción, es decir, escoger eficientemente los "productos" con control de calidad y con el libro de texto como una clave importante del sistema. Pero ¿cómo puede una sociedad organizar una educación matemática para sus niños sin caer en la trampa del "sistema"?

Bueno, pues debería estar claro, por ahora, que fundamentalmente la educación debe ser reconocida como un proceso social vivo, y por ende una educación matemática debe tener también en su núcleo la premisa de ser un proceso social. Parece trivial decir esto, aunque yo he dicho sólo lo social, lo humano. La naturaleza esencialmente interpersonal de la educación está frecuentemente ignorada en la prisa por la adquisición de técnicas matemáticas y en el deseo por así llamarlo, de la eficiencia en la educación matemática. Por ello, como dijimos al principio, aunque la matemática es un fenómeno internacional y cultural, no hay razón para que la educación matemática en cualquier sociedad deba ser la misma.

Las influencias sociales sobre la educación matemática de los niños están mucho más fácilmente identificadas con situaciones y gente conocida -el maestro y el resto del grupo en el salón de clase-. Dentro del conjunto de restricciones entre la sociedad y la institución, el maestro y el grupo, generarán en interacción, los valores que el niño recibirá concerniente a las matemáticas. A lo largo de las actividades, el niño se vuelve más culto dentro los modos de pensar, comportarse, sentir y valorar. Indiscutiblemente las participaciones en los salones de clase son los aspectos más significativos y valorados, pero no debemos perder de vista el conjunto de restricciones de la sociedad, la influencia de las instituciones y por supuesto los valores culturales llevados por la matemática. Una "clase de matemáticas" está con anterioridad definida, de tal modo que solamente ciertos tipos de actividades son posibles y por eso, ciertos tipos de valores están desarrollados.

Tal vez parece extraño, o al menos innecesario, tener un "nivel" social llamado individual, pero se siente que es más importante reconocer eso cuando viendo la educación matemática como proceso social es el individuo quien negocia, integra y entiende el sentido, de los diferentes valores existentes. El niño no llega a la escuela como un vaso vacío, ni tampoco el niño sugiere nada para la actividad educativa.

El niño, como individuo aprendiz y creador de significados trae una dimensión personal para la actividad -de sus familias, de sus descendientes, de sus casas (cierta "cultura")-. Cualesquiera dos

estudiantes son distintos y por eso los valores que están siendo transmitidos pueden ser considerados por él "mismo", pero el mensaje recibido será ciertamente diferente porque los receptores son diferentes. El receptor contribuye en el contexto conceptual en que da significado al mensaje, así que cualquier comunicación está diferencialmente afectada por la personalidad del individuo.

Más que esto, el individuo contribuye con los valores para el proceso educativo, como parte del grupo de clase, ayuda a influir en el proceso del nivel pedagógico. El niño continuamente trae influencias de afuera de la institución, de afuera de la educación formal, y de este modo influye en el proceso educativo formal. El niño no es un mero receptor de la educación y no es una mera esponja de valores, el niño tiene un rol crítico por jugar en la educación matemática.

Un niño, en un salón de clase específico, con un maestro específico, en una escuela específica, en una sociedad específica, participa en una muy particular experiencia educativa. Y si la asignatura es la matemática, el niño participa en un muy particular tipo de experiencia matemática educativa.

Sin embargo, es también una experiencia matemática y esa experiencia por eso tiene una base cultural. La matemática no es producto de una sola sociedad, y la matemática no es en la escuela una materia "social" como el civismo, o la historia, o aun más como lo es el idioma oficial. La matemática es un fenómeno cultural y como tal, trasciende las fronteras sociales en el mismo sentido que lo hace la música, o la religión, la ciencia, el arte, la danza o el deporte. Los valores actuales pueden ser totalmente diferentes pero las raíces sociales de aquellos valores son seguramente claras. El deleite y la satisfacción engendrado por la prueba del Teorema de Pitágoras, o el método para la suma de los n primeros números de Gauss no es, igualmente, un mero fenómeno social. Ni tampoco son una sorpresa los patrones descubiertos, ni la predicción segura de un algoritmo examinado. Cuando hablamos del poder del método matemático, no lo vemos como un ente visto al alcance de la parte estrecha de las fronteras de la sociedad, la imaginamos siendo visible por cualquier sitio y en cualquier parte.

Las ideas matemáticas son esencialmente producto de varios procesos, el carácter de esos productos puede bien diferir de una cultura a otra. Se han considerado cuatro actividades que han sido importantes en las culturas, para el desarrollo de las matemáticas. Dos de los más claros candidatos son el contar y el medir. Ambos están relacionados con las ideas de los números pero son tipos diferentes de ideas. La estructura espacial ha sido también altamente significativa en el desarrollo de ideas matemáticas, es por eso que se le llama la actividad de localizar. Por último,

la actividad de jugar ha sido muy importante en el desarrollo de las matemáticas. Cada una de ellas son estimuladas por varios procesos cognitivos; separadamente o en interacción son significativas, para cualquier cultura.

Nosotros podemos aprender acerca de las matemáticas como un fenómeno cultural por algunos contrastes. Pero los contrastes no solamente nos dan las diferencias sino que también nos hacen reconocer las similitudes porque dos fenómenos deben ser similares de algún modo. Estos contrastes y diferencias nos dicen algo del fenómeno cultural llamado "matemáticas", y ellas nos facilitan entender más acerca de las raíces del pensamiento matemático.

Un último factor que quiero analizar por considerarlo imprescindible en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es el del juego. El jugar puede parecer inicialmente una actividad extraña para incluirla como una actividad relevante en desarrollo de ideas matemáticas, hasta que uno comprende la cantidad de juegos que tienen conexión con las matemáticas. Es más importante incluirlo, cuando vemos el contacto que tiene con la educación matemática debido a la vasta documentación de juegos y pasatiempos, alrededor del mundo. Uno está forzado entonces a comprender cómo el significado de "jugar" ha estado en el desarrollo de una cultura. Todas las culturas tienen actividades de jugar y lo que es más importante, ellas toman sus juegos muy seriamente.

La influencia de jugar en el desarrollo de los niños es enorme en la acción y en el significado y puede convertirse en pensamiento abstracto. Sin embargo, sería un error pensar que el jugar y los pasatiempos son únicamente actividades de los niños. Si bien es cierto que los juegos de los niños sirven para varias funciones es también importante reconocer el juego como una actividad de los adultos.

Un buen ejemplo de este aspecto es el cuadrado mágico, un patrón de números que obedece ciertas reglas que es jugado por muchos adultos y que ha llamado la atención de matemáticos desde hace mucho tiempo, los podemos encontrar en culturas milenarias como la china, la hebrea, la árabe y la india. Los placeres y satisfacciones de jugar con números pueden ser vistos como la conducción para desarrollar matemáticas interesantes. Similarmente "jugar" con figuras y con mediciones facilitan la actividad de la investigación matemática.

Como se ha visto, estas actividades son universales, además son los cimientos del desarrollo de las matemáticas en la cultura. También se ha demostrado que todas las culturas necesariamente han desarrollado su propia simbología en las matemáticas en respuesta a las "demandas" de sus problemas. Así se han producido las matemáticas, como sabemos la

internacionalizada disciplina de hoy es una poderosa versión de las matemáticas en la cultura. La principal verdad en el crecimiento de las matemáticas ha venido del aumento de la tecnología, se piensa que muchos de nosotros vivimos ahora en sociedades que están mejor diseñadas y que están creciendo dependiendo del desarrollo tecnológico. Podemos pensar desde luego en las sociedades modernas industrializadas como entes basadas sobre una cultura matemática.

Lo que han producido los hombres con las matemáticas ha hecho que esta disciplina sea internacionalmente cultural. La fuerza central de las matemáticas ha ido creciendo en el desarrollo de la sociedad moderna y la población no puede quedar al margen de estos conocimientos.

CAPÍTULO 3.

*"Todos somos libres de elegir
nuestro destino".*

JEAN-PAUL SARTRE.

DIFERENTES MANERAS DE DIVULGAR LA CIENCIA.

La cultura como tal, no sólo abarca lo que se refiere a las artes, literatura, música, etcétera sino que es todo el bagaje intelectual desarrollado por el hombre y que por lo tanto también incluye los trabajos hechos por los científicos, en muchos de los casos marginados debido a que sus descubrimientos o inventos no son tan accesibles. Por esto, hay que considerar a los científicos como creadores de cultura.

Los trabajos de los científicos, de sus predecesores y de los que vendrán, han transformado nuestro mundo para bien o para mal; por ello es importante que la gente tenga acceso a ellos, para poder participar y opinar sobre el buen uso de los mismos y para poder deleitarse con ellos.

Pienso que la gente no se acerca a la ciencia porque parece complicada y difícil de entender; en algunos casos en efecto lo es como muchas otras ramas del conocimiento, pero en general existe una faceta de la ciencia que es accesible incluso para aquellos que no son especialistas en el tema. Una vez consolidado un segmento del conocimiento, la explicación y divulgación de los hechos científicos no es complicada; no lo es para quien domina el tema, para quien tiene la claridad del pensamiento que requiere la actividad científica.

Ahora mencionaremos la importancia de tener una cultura científica, la cual no puede quedar al margen de ninguna sociedad, en particular la nuestra. En muchas ocasiones nos movemos en automóviles, en otras ocupamos utensilios como el horno de microondas, etc; en la actualidad no podemos imaginar estar al margen de la comunicación sin utilizar el teléfono, internet y los satélites. Nunca nos ponemos a pensar cómo surgió todo esto o quién lo inventó, muchas veces nos importa que funcionen bien y que nunca se acaben. Como podemos ver hay tantas cosas nuevas (y otras tantas por descubrir) que es necesario informar quién las hace, cómo las descubre o cómo funcionan. Es preciso mencionar que quien hace todo lo que utilizamos, son los científicos y técnicos; por lo que es importante

comunicar estos conocimientos a todo el público para que pueda comprender para qué le sirven o cómo pueden influir en su vida presente y futura. Muchos conocimientos son bien empleados, otros por desconocimiento o mala utilización han perjudicado a la sociedad y a su medio ambiente.

Pienso que es necesario formar una sociedad capaz de participar en la toma de decisiones sobre las políticas científicas de un país, en donde sean más conscientes el uso y aprovechamiento de la ciencia, es decir, que tanto el que la crea como el que la va usar decidan como utilizarla de la mejor manera. Podemos apreciar que es aquí donde radica la necesidad de que haya educación y cultura científica; porque la educación científica es anterior, y no posterior al éxito de la ciencia. Esta cultura científica, como sabemos todos, empieza en la escuela y es ahí donde uno va adquiriendo el conocimiento de lo que lo rodea. Pero hay que saber conjuntar esta cultura científica con la divulgación de la ciencia, porque es la segunda la que comunica a más gente de todos los niveles educativos (incluso de diferentes clases sociales). Como sabemos esta labor no es tan sencilla, ya que no sólo se trata de dar a conocer a la gente los avances de la investigación científica, sino buscar que comprenda qué representa, cómo funciona o cuáles son sus consecuencias. Por ello, la divulgación de la ciencia nos capacita para descubrir las facetas del mundo natural y técnico en el que vivimos, además de acrecentar nuestra cultura científica. El conocimiento científico nos ha permitido una mejor adaptación al medio natural y nos prepara para cuidarlo y explotarlo racionalmente.

Como sabemos, existen dos formas de comunicar la ciencia. La primera y la más conocida por todos, es la enseñanza que recibimos en las escuelas (a la que en muchas ocasiones se le tiene una cierta apatía). La segunda y un poco desconocida, es la divulgación de la ciencia; cabe mencionar, que últimamente ha tomado mucha importancia por la forma en que se difunde: programas de radio, programas de televisión, periódicos, revistas, museos, etc. El problema que tiene la divulgación de la ciencia es que busca interesar y muchas de las veces no comprometer al público, en el sentido que no está obligado a aprender. En los museos de ciencias (en particular UNIVERSUM) se ha tomado una actitud diferente. En estos lugares se busca, además de informar, que entiendan lo que se expone y les interese aprender más de los temas expuestos. Hay que tener en cuenta que en estos lugares no hay evaluaciones a las personas que visitan estos centros, en cambio, la enseñanza formal tiene un compromiso entre el alumno y el maestro; el segundo está obligado a enseñar un conocimiento, de tal modo que el alumno se compromete a entenderlo y aprenderlo. Por su parte, el alumno está en la obligación de ser evaluado por medio de

exámenes (por lo regular) y pasarlos; esto con la finalidad de saber lo que ha aprendido.

Se ha hecho mucha distinción entre estas dos formas de comunicar la ciencia; por una parte, en las escuelas la información es más " estricta", más jerarquizada, continua, obligatoria (bueno eso es lo que dice el gobierno y al menos hasta el nivel de secundaria), formal, curricular, etcétera.; mientras que en los museos y otros medios de comunicar la ciencia no se tienen estas características. Cabe mencionar que en los centros de ciencia se tienen otras actividades igual de importantes y que además tienen todo un sustento pedagógico para que el niño y el joven puedan descubrir otros mundos que en sus escuelas no pueden encontrar (actividades manuales, equipos de multimedia, temas no curriculares como son : topología, fractales, cuerpos de ancho constante, etc), también es bueno comentar que en estos lugares podemos encontrar cosas de actualidad y en muchas ocasiones una información más profunda y mejor detallada.

Bueno pero mi idea no es que discutamos qué método es mejor, sino que veamos a los museos como una herramienta para la educación. Y es aquí donde nos damos cuenta de la importancia que tiene el divulgador hacia su público; porque está comprometido a que llegue el mensaje a distintos niveles.

3.1 EL IMPACTO SOCIAL DE LOS MUSEOS DE CIENCIA.

Durante la última década, en el mundo se ha asumido el concepto de ciencia. Incluso en los museos convencionales se han incorporado las ideas del museo interactivo para impulsar las disciplinas científicas y tecnológicas, sociales y otras; que permiten al público, en particular a los niños acercarse de una manera lúdica al conocimiento. Es importante decir que, para lograr esto, los museos hacen uso extensivo de las computadoras, equipos de multimedia para así, poder captar un mayor número de gente y poder acercarla a los temas que son habitualmente áridos. Afortunadamente en México contamos con un gran número de museos interactivos tanto de ciencias y tecnología, como de ciencias sociales; la mayoría se concentran en la Cd. de México y en algunas ciudades importantes. Por ejemplo tenemos: MUSEO DE LA CIENCIAS, MUSEO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, MUSEO DE HISTORIA NATURAL, MUSEO DE LA LUZ, MUSEO DE GEOLOGÍA, MUSEO DEL PAPALOTE, EXPLORA, DESCUBRE, etcétera. Estos museos, en la última década han tenido una gran importancia en la vida de la gente, esto se debe principalmente (como mencionamos al principio) a la situación que vive nuestro país. Cabe mencionar que por ser México un país subdesarrollado, el gobierno no ha proporcionado el presupuesto

necesario para hacerlos crecer más y lamentablemente hace poco recortaron el presupuesto a la investigación científica . Algo también muy triste y lamentable es que el gobierno quiere privatizar los museos de las zonas arqueológicas; porque argumenta que, es necesario darles un buen mantenimiento y dar mejores servicios en ellos. En México hay museos que son de la iniciativa privada (como por ejemplo, Museo del Papalote, Explora, Descubre etc.) y por lo tanto, su costo de entrada es muy elevado y no todos pueden asistir a ellos. A pesar de ello hay empresas, que se han 'preocupado' por esta situación y han financiado a escuelas públicas para que puedan asistir a estos museos.

En algunos países los gobiernos tienen iniciativas sociales orientadas a promover programas interactivos de acercamiento a la ciencia. Se trata de proyectos federales referentes a los principios de las ciencias, de su aplicación y relevancia en las poblaciones indígenas; es bueno señalar que los habitantes de estos grupos étnicos adaptan la forma contemporánea de vida sin perder sus raíces profundas en cuanto a sus *modus vivendi*. Algunos museos interactivos de esos países, han aceptado el reto de proveer programas de vinculación que introduzcan a los jóvenes indígenas a los conceptos científicos apropiados a su medio ambiente. Y esto se lleva a cabo respetando sus creencias, sus tradiciones y el conjunto de conocimientos desarrollados y transmitidos por años, resultado de su íntima interacción con plantas, animales y otros recursos naturales de las zonas donde habitan. Por desgracia en México no se llevan a cabo este tipo de propuestas, por haber muchos intereses que benefician a gente que tiene grandes extensiones de tierra y para colmo hay un rezago social tremendo. Es muy difícil que un niño indígena pueda visitar un museo de ciencias o de antropología, y más difícil es que se le lleve el conocimiento hasta su comunidad.

En la última década se han abierto muchos museos de ciencias en las ciudades más importantes del mundo. Muchos de ellos son edificios modernos, construídos con un financiamiento gubernamental, con el propósito expreso de generar una cultura científica entre la población y conducir a la transformación "cultural" de una economía primaria rural a otra basada en la manufactura y las nuevas tecnologías. Esos gobiernos han definido como alta prioridad la adquisición de habilidades en ciencia - específicamente en matemáticas -, y en tecnología de su población. Por ello en sus exposiciones el reconocimiento de las tradiciones y valores culturales es menos evidente que la promoción de tecnologías (como la ingeniería genética). En México, los dramáticos cambios sociales resultados de la urbanización y de la transformación hacia una economía de globalización, han hecho que nuestros gobernantes no se hayan detenido a pensar en la gran importancia de tener museos científicos en todo el país y sólo se preocupan por producir mano de obra barata.

La ciencia es una herramienta poderosa, no sólo por su capacidad de transformar y comprender el mundo, sino por su gran nivel de abstracción. Su manera de abordar los problemas dividiéndolos en partes pequeñas para luego integrar sus resultados en un todo mayor, requiere un esfuerzo cognoscitivo importante. Es por ello que para adquirir una cultura científica no es suficiente almacenar datos de investigaciones científicas pasadas o recientes; sino que debe articularse para ver mejor el mundo, una forma que privilegie entre otras cosas la curiosidad, la tolerancia y los descubrimientos científicos.

La divulgación y democratización de la ciencia son imprescindibles no solamente porque sirven para buscar las mejores respuestas a las viejas preguntas sobre nuestros orígenes o porque signifiquen mayores posibilidades individuales y colectivas para salir de la pobreza, sino porque son indispensables en la toma de conciencia de los posibles riesgos producidos por el uso de la tecnología.

La divulgación científica (con esto nos referimos a que toda la gente pueda tener acceso al conocimiento de su país y la del mundo) es sumamente importante para la democratización de la sociedad y para la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones que determinarán el futuro y desarrollo de su país : una sociedad más culta científicamente, será también una sociedad más libre y responsable; pero es muy importante que todos vayamos juntos, no importando a la clase social a la que se pertenezca, ni mucho menos el lugar donde vive una persona. Y es ahí donde se tiene el gran reto de democratizar la ciencia, porque no es el simple hecho de que sea comprendida por todos sino que llegue a todos.

Con el desarrollo de la ciencia, el aumento del conocimiento que se tiene del mundo y la consecuente capacidad para intervenir en lo que ocurre en él, han hecho que buena parte de las costumbres sociales asociadas con la moral, que nos permitían vivir en sociedad, hayan quedado obsoletas. Por primera vez en la historia de los seres humanos, nuestras condiciones de vida no son iguales a las de nuestros padres, ni siquiera semejantes a las de nuestros abuelos. Ante esta explosión de conocimiento y la necesidad de tomar nuevas decisiones hay que tratar de no caer en poner un hecho científico detrás de otro.

3.2 EL PAPEL DE LOS MUSEOS DE CIENCIA.

La democracia en México supone el acceso de todos a la información necesaria para que cada individuo participe en las decisiones referentes a las cuestiones sociales en su comunidad y a nivel nacional. Este nivel de participación individual, necesario para una

democracia exitosa, requiere del acceso de todos a la educación y de la actualización de la información. Los estudiantes, cualquiera que sea su condición de vida y cualquiera que sea su nacionalidad, tienen que prepararse, participar y competir en una economía global (desgraciadamente las condiciones son inequitativas dependiendo del país, para cada joven). Esta preparación implica tanto la aptitud en ciencia y tecnología, como la habilidad para innovar; buscando de manera continua y en forma creativa nuevas soluciones a problemas complejos. Es por ello que los avances de la ciencia y la tecnología son parte de la vida cotidiana y no están reservados al ámbito de un laboratorio. Uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan las economías y políticas de todos los países (sean socialistas, capitalistas, subdesarrollados, etc.) es la vasta brecha que existe entre la clase media educada y las carencias educativas de la clase baja. Los centros de ciencia desempeñan un papel fundamental en el proceso de acercar familias y jóvenes desposeídos al conocimiento, al combinar programas y experiencias que motiven el interés en la información con acceso libre a múltiples estratos sociales.

Los museos de ciencias (inclusive los museos de otras disciplinas) deben añadir una actitud de responsabilidad en el uso de la ciencia, porque en su afán de la búsqueda objetiva de conocimientos no reconoce fronteras morales; y se pierde el objetivo del respeto y la responsabilidad hacia la naturaleza y la sociedad para la cual fue creada. Es por ello que en la aplicación de estos conocimientos debemos demostrar la necesidad de valores, conciencia y responsabilidad; porque nuestras exposiciones, programas y equipamientos deben incluir un cuidadoso equilibrio.

Los ciudadanos que podamos preparar, por estos métodos de exposiciones, podrán mantener la honestidad de la ciencia y esto será una gran aportación para el país y el mundo en general. Los resultados de las investigaciones financiadas por corporaciones pueden fácilmente ser utilizados por la mercadotecnia, que busca datos para elogiar y avalar un producto que saben que no cumple ciertas normas. Es por ello que el control más efectivo no se da a través de la reglamentación, sino al habilitar a los ciudadanos como analistas críticos e informadores de los efectos reales de la utilización irracional de la ciencia, por lo que es muy importante, como decía arriba, poder hacer llegar a toda la gente una sólida cultura científica.

Frecuentemente la apertura de los centros de ciencia y la educación en ciencia y tecnología se dan en nombre del desarrollo económico de un país; es importante que una nación tenga un avance en estas disciplinas para poder encontrar una posición de primer mundo; tanto en la ciencia, la naturaleza y la sociedad. Por desgracia en México,

es más importante para el gobierno permitir destruir ecosistemas que hacer una investigación exhaustiva para alcanzar una armonía.

A veces tenemos que luchar contra lo establecido y contra prácticas de algunos de nuestros patrocinadores para adoptar una posición ética. El equilibrio entre los estilos de vida humana y el de todas las especies de la naturaleza, requiere tanto restricciones como el talento de la ciencia. Las exposiciones de un museo de ciencia deben expresar no sólo nuestra habilidad para convivir con el medio ambiente, sino sobre todo su importancia y su riqueza en cuanto a biodiversidad. Es claro que no podemos actuar solos. Es por ello, que nuestra sociedad espera que hablemos con cierta autoridad, pero esto debe equilibrarse con el deseo de compartir los recursos con aquellos que tienen intereses comunes, además de dejar hablar a las diferentes voces para cualquier situación. Esto principalmente para evitar que haya abismos entre las distintas culturas, porque no podemos negar que los avances científicos han hecho una ruptura entre las tradiciones de las comunidades. Los museos de ciencias no sólo deben exhibir lo novedoso, sino también mostrar las tradiciones que unieron y dieron espíritu a los avances científicos y tecnológicos.

“Si se compara a México con otros países, tanto el desarrollo de la ciencia como su divulgación han sido procesos lentos y tardíos ” (Trabulse Moreno, 1983). Por ello, hay que trabajar más y hacer esfuerzos para desarrollar buenas técnicas de divulgación. A pesar del bajo presupuesto que se destina a la educación, y en particular a la investigación, se han logrado avances importantes. Recientemente el gobierno federal ha reducido aún más ese presupuesto. Es aquí por lo que entendemos el gran rezago en cuanto a la investigación de nuestro país.

El profesor Moreno Marimón menciona: “ ... cuando menos, hay dos formas de enfocar el aprendizaje de las ciencias que se propone objetivos diferentes. El primero consiste en pretender que el alumno llegue al conocimiento por transmisión directa. El segundo aspira a desarrollar los sistemas de pensamiento mediante un ejercicio intelectual que le permita plantearse preguntas, discutir sus ideas, elaborar hipótesis, cometer errores y encontrar soluciones propias a problemas propios. El primero es ingenuo e imposible. El segundo implica un nuevo enfoque a la enseñanza ” [Moreno Marimón, 1986].

La posibilidad real de alcanzar el cambio de paradigma, basado principalmente en el papel fundamental que ha adquirido la divulgación de la ciencia, no parece fácil. En nuestra sociedad existe un importante desequilibrio entre las necesidades culturales de la población derivadas del desarrollo científico y tecnológico y la educación científica del ciudadano medio. Este desequilibrio se manifiesta, de hecho, en un

creciente interés hacia el conocimiento del entorno natural y los avances de la ciencia y la tecnología. Dada la velocidad con que se suceden estos avances, la educación recibida en la enseñanza obligatoria resulta muy pronto insuficiente para las personas. Los centros de divulgación científica cumplen un papel fundamental como dinamizadores de la cultura y desempeñan asimismo un importante papel como complemento de los centros escolares. Más aún, la declaración del proyecto 2000+ sobre la "alfabetización científica para todos", de la UNESCO, firmada en París en 1993 por la mayoría de los ministros y secretarios de educación del mundo, estipula lo siguiente: "Reconocer la función crucial que desempeñan las instituciones de educación no formal, como museos y centros científicos, los medios de comunicación (la radio, la televisión y la prensa) y todos los demás canales extraescolares de transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos en el momento de alfabetización en ciencia y tecnología para todos; asimismo, organizar actividades que permitan ubicar a la ciencia y sus múltiples aplicaciones en un contexto social y cultural más amplio" [UNESCO, 1993].

Como lo dice el proyecto 2000+, los museos y centros de ciencia desempeñan un papel crucial en la apreciación y cercanía que el público pueda tener con la ciencia. Para que se logre el cambio en la manera de abordar la ciencia es pertinente reconocer el papel fundamental del profesor. Si los profesores se adhieren y participan en forma masiva en esta nueva forma de enseñar y aprender – lo que implicaría en sí mismo un hecho sin precedentes en la historia educativa de nuestro país –, esto resolvería una parte del problema de enseñar o discutir la forma de hacer ciencia del pasado. El problema de cómo enseñar ciencia no está únicamente en la currícula; la velocidad a la que se duplica el conocimiento científico es mucho mayor que la que lleva cambiar un plan de estudios. La ciencia de hoy la buscan los jóvenes en revistas, programas de televisión, museos, libros, Internet o el profesor trata de divulgar recurriendo a las fuentes originales.

"En los museos de todo el mundo (desde hace muchos años), con convicción o por omisión, las exposiciones, los catálogos, y las visitas guiadas han cumplido su función educativa".

En nuestro país, a pesar de la evidente importancia de lo que se ha logrado –en buena parte debido a la iniciativa de los propios científicos, que empíricamente han aprendido la manera de hacerlo a través de la enseñanza y divulgación de la ciencia–, es indispensable acelerar el paso.

Muchas veces la educación sólo sirve de base a la información, sin que medie el conocimiento, en ocasiones la información cree bastarse

así misma y nos engaña haciéndonos creer que porque recibimos mucha información estamos bien informados, cuando en realidad abundancia no significa calidad: consumimos basura en abundancia y este tipo de información nos vuelve más ignorantes y menos educados.

En vista de lo anterior la divulgación de la ciencia en México no es una lujosa y prescindible necesidad, sino una de las pocas maneras en las que podemos concretar nuestra necesidad de conocimiento científico.

La relación del visitante de un museo interactivo con las exhibiciones que ahí se encuentran es aún hoy en día difícil de delimitar, y el carácter educativo de esta relación es un fenómeno que podríamos calificar de misterioso. ¿Qué hace exactamente el visitante ante los "objetos" que hemos dispuesto para ser observados? ¿De qué manera estos "objetos" despiertan su interés, su emoción o sus recuerdos? ¿A través de qué tipo de alquimia la experiencia que estos provocan se transforman en conocimientos que, combinándose, resultan en ideas sobre el universo y la manera de conducirse en el mismo? .

Para responder a estas preguntas, tenemos que colocar al museo contra la realización de exposiciones con un marcado carácter educativo; con el fin de mejorar lo que se ofrece al visitante. Las grandes señales son la adquisición, su comprensión, el significado que el visitante le otorgue y que el dominio de estas etapas pueda aumentar considerablemente el poder educativo del museo. Podemos decir que la comprensión del aprendizaje y de su desarrollo permite asegurar una interacción formativa entre el visitante y lo que éste observa. La concepción de la interactividad la consideraremos óptima en el momento en el que el contenido de una exhibición se adapte al funcionamiento psicológico del visitante que se interesa en la misma. Cuando logremos esto, el visitante no sólo observará la exposición, ni la manipulará y no sólo asimilará los hechos, sino que organizará los hechos de tal modo que comprenderá el fenómeno con el cual ha entablado una relación.

Tal correspondencia sólo es posible si en los museos se revisa la percepción del aprendizaje, así como la de la actividad de investigación, que es para muchos la manera ideal de abordar los fenómenos científicos. Como se trata de cambios profundos relacionados con ideas actuales sobre museología, es fundamental estudiar las transformaciones acerca del aprendizaje, la investigación y la pasividad del visitante; al último se darán unas propuestas y se indicará la manera de realizar métodos que puedan ayudar o apoyar el mantenimiento o mejoramiento de una sala de exposiciones de un museo.

La manera en que se concibe el aprendizaje no satisface a muchos museólogos, la actividad de investigación nos da la impresión de crear problemas, y la pasividad del visitante parece una característica

con la cual hay que componer la variedad y el poder de los estímulos presentados en una sala de exhibición. Con la ayuda del cuestionario y de las entrevistas, que son las herramientas de investigación tradicionales en museología, se pueden facilitar y precisar los aprendizajes que se habían previsto por quien desarrolló el concepto de la exposición.

Diversos estudios realizados gracias a los testimonios fortuitos de los visitantes, muestran que ellos realizan aprendizajes distintos de los previstos, y que dichos aprendizajes son numerosos, científicamente importantes y significativos para ellos. Se constató que, en ciertas circunstancias, los visitantes profundizan más allá de las proyecciones del que elaboró el contenido de la exposición, y que le dan un significado, en el cual, el personal del museo no había pensado. Cuando se los entrevista o se los escucha a la salida de un museo, se les pide reconstruir literalmente lo que han vivido. En efecto, recuerdan pocas cosas porque estuvieron expuestos a un gran número de equipos y a muchas acciones que han sido realizadas en forma automática, es decir, a partir de operaciones tan perfectas que requieren poca atención y dejan poco rastro en la memoria. La relación de aprendizaje que establezcan corresponde más a lo que elaboran en el momento en el que hablan, que a lo que han efectuado realmente. En suma, las herramientas de investigación utilizadas tradicionalmente para detectar el aprendizaje del visitante comprenden muchos factores que hay que analizar y detectar.

Se ha descubierto que los visitantes poseen ciertas aptitudes para interesarse por los objetos de los museos. Esto puede hacer que se rompa la inercia de un visitante en un museo. Las habilidades de capacidad de observar, de comparar y de utilizar la imaginación (entre otras), para relacionar recuerdos y experiencias hacen que el visitante pueda desarrollar su capacidad de aprender. Es importante aclarar que esas habilidades existen en todas las personas en mayor o menor grado. Por ello es importante saber que se pueden despertar esas aptitudes en los diferentes equipamientos de una exposición. Si mejoramos los objetos de tal manera que salgan a flote las habilidades de los visitantes podemos lograr que se sientan bien y deseen regresar al museo nuevamente, por interés y por sentir placer por los resultados intelectuales efectivos apreciables en su encuentro con los objetos. Es interesante recalcar que los museos aportan conocimientos a la población infantil y que de hecho es a quien se les dedica más atención y quienes nos preocupan más que conozcan el mundo en el que se van a desarrollar; por medio de una experiencia que ni siquiera la escuela ofrece.

Se han propuesto muchas clasificaciones para describir los procesos de aprendizaje humano, pero la más interesante es aquella en la cual se dan explicaciones exhaustivas que corresponden al tipo de aprendizaje que abarca tres modos de adquisición:

- Recopilación de información y de hechos. Aquí el visitante encuentra estos elementos ya sea en lo que observa o en lo que ve.
- Comprensión de la información recolectada. El visitante intenta explicarse: cómo está hecho, cómo funciona; o por qué una cosa existe, o por qué es como se percibe.
- Reflexión sobre la información considerada. El visitante reflexionando obtiene nuevos significados.

3.3. DESARROLLO DEL APRENDIZAJE Y OTROS FACTORES.

Los tipos de aprendizaje que se acaban de señalar no son nuevos. Lo que si es innovador es obtener a voluntad, los ejemplos claros y precisos que se dan al momento en las actividades que se producen en el museo, para poder trazar la manera en que el visitante los efectúa, e incluso, cómo razona sobre ciertos fenómenos.

El análisis de un visitante no sólo permite saber como adquirió el conocimiento, sino que también pone de relieve otros importantes factores que han acompañado el proceso de adquisición:

- El visitante estimula su capacidad de razonamiento sobre la información adquirida.
- Frecuentemente apela a sus conocimientos previos.
- Utiliza esto para completar su cúmulo de conocimientos, asegurando así lo que los educadores llaman la integración de un nuevo aprendizaje.
- Este razonamiento da lugar a un funcionamiento efectivo: el visitante percibe lo que acaba de conseguir y se muestra satisfecho.

3.4 MEJORAR LAS EXHIBICIONES A PARTIR DEL APRENDIZAJE

Podemos mejorar una exhibición a partir de:

- 1- Obtener puntos de vista de las personas que interactuaron con algún equipamiento.
- 2- Identificar lo que hacen los visitantes y la manera en que proceden:

- Poner atención a su modo de aprender (conocimientos previos, razonamiento, emociones, imaginación)
- Distinguir los tipos de adquisiciones realizadas (hecho, comprensión, significado), para así, poder establecer proporciones de cada tipo con el fin de identificar aquella que favorece a la exhibición.
- Si la comprensión y la detección del significado son poco frecuentes, estudiar con mayor profundidad los comentarios del visitante para descubrir las razones.

3- Identificar tanto las adquisiciones realizadas con dificultad, notando lo que ha sido complejo, como las adquisiciones iniciadas y las abandonadas antes de ser completadas a causa de problemas experimentados por el visitante, al igual que los problemas y sus causas.

4- Transformar el equipo a partir de los datos obtenidos, considerando por igual los éxitos y los fracasos de los visitantes y las razones que las explican.

5- Someter de nueva cuenta la exhibición modificada a visitantes y recopilar sus comentarios. Esto nos proporcionará, el aprendizaje que puede suscitar la exhibición (y la manera en la cual se realizan), mientras ésta va adquiriendo su forma óptima.

La dinámica que se acaba de describir es general y debe adaptarse a las particularidades de cada museo. Su uso y modificación en una decena de exposiciones permitirá derivar principios capaces de orientar la revisión del conjunto de las exposiciones de la institución.

En resumen esta dinámica y las transformaciones de que sea objeto harán palpables los lazos lógicos que tienen las exhibiciones y, en otros términos, la estructura misma de lo que ofrece el museo al visitante. Algunas investigaciones han hecho pensar que las relaciones entre los equipos constituyen un poderoso factor de estímulo para aprendizaje tanto de comprensión como de significación.

Hemos podido observar que el aprendizaje de todos los niños es diferente. Podríamos pensar que algún niño no puede establecer relaciones lógicas de sucesión, de causalidad, o de implicación. Afortunadamente, esto no es así; porque hemos visto niños que "supuestamente no tienen una lógica de sucesión, de implicación o causalidad", que han hecho relaciones lógicas, razonamientos largos y sumamente complejos, que si fueron capaces de producirlos sin duda son capaces de comprenderlos en el momento de interactuar con un aparato. Es oportuno decir que la lógica empleada por el coordinador de una sala (en los equipos o exhibiciones) es una lógica de encadenamiento de fórmulas conocidas sólo por técnicos o especialistas

en el tema. En consecuencia los problemas no se encuentran tanto del lado del visitante como del lado del museo, que debe estimular aquel que viene a utilizar las habilidades perceptivas y cognoscitivas que posee, que debe presentar sus exposiciones de una manera que convenga al funcionamiento psicológico de sus invitados.

Podemos sugerir lo siguiente; revisar la concepción dominante que se tiene del visitante, que hace de este una persona distraída y pasiva, encontrar una manera más adecuada para transmitir conocimientos y permitir al visitante que aprenda de las investigaciones realizadas por los científicos.

Los instrumentos y métodos desarrollados recientemente en la ciencia rinden cuenta de que este conocimiento no es sólo posible sino fascinante, ya que permite recolectar de manera inmediata los datos útiles en el museo. Por ello sugerimos que en los museos se deban investigar los programas que lleven a una más larga e intensa utilización de las habilidades intelectuales del niño, y recabar datos para realizar exposiciones que convengan al aprendizaje del visitante, porque el museo desempeña dos papeles esenciales en la sociedad actual: por un lado aumenta las capacidades profesionales de una parte importante de la población, y por el otro su poder sobre los conocimientos existentes en el mundo. Si conseguimos acrecentar el interés por los niños, su saber y su fuerza, lograremos una fuente de inspiración y de esperanza.

CAPÍTULO 4.

"Tan sólo el desafío a la especulación, y no una simple acumulación de hechos, puede permitirnos avanzar".

A. EINSTEIN.

LA DIVULGACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS EN LOS MUSEOS.

4.1. EL DISCURSO DE LA DIVULGACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS.

La divulgación es un acto de comunicación. El acto de divulgar se concreta en el mensaje, ya que es ahí donde se manifiestan los recursos propios que lo distinguen como la tarea de hacer llegar de manera amena, ciertos conocimientos a quienes no los tienen.

Podemos considerar la divulgación de las matemáticas como un discurso para transmitir el conocimiento para el que no lo tiene. Es fundamental que la estructuración de los mensajes sea en función del público que los va a recibir y por ello tiene que existir una congruencia entre los distintos niveles del lenguaje, cualquiera que se utilice, y los distintos niveles del público.

En este capítulo se tratará de describir las características del discurso de la divulgación de las matemáticas (como el manejo de los niveles del lenguaje, conceptos, antecedentes y elementos para divulgar). Cabe mencionar que es importante distinguir entre un mensaje científico y uno de divulgación. El primero está dirigido principalmente a especialistas del tema, es decir, a individuos que tienen conocimiento de esos elementos contextualizadores. El discurso divulgativo de las matemáticas adquiere sus características del fin que persigue: explicar (podemos entender que la divulgación de las matemáticas, además, busca asombrar, despertar la curiosidad e imaginación, entender, divertir, etcétera); se trata de un discurso secundario en relación con uno primario como es el de la ciencia. Es por esto que la actividad de divulgar las matemáticas se considera una reenunciación o reformulación (hay quienes hablan de traducción) del lenguaje matemático.

La manera en que se explican los conceptos de una disciplina del conocimiento humano a alguien que es ajeno a ella, está determinada

por el tipo de público. En cuanto al nivel del lenguaje de un discurso de divulgación de las matemáticas, es necesario ciertos requisitos para ser comprendido; que se reflejan tanto en el contenido como en la forma. Cuanto mayor sea el número de conocimientos que exige la comprensión de una noción determinada, más alto será el nivel de la divulgación, pero entonces el mensaje estará destinado al público que ya tenga una gran parte de esos conceptos como antecedentes.

La función del contexto en la tarea de divulgar las matemáticas es fundamental porque es lo que sitúa un concepto en el marco general de lo que es el universo para el hombre. La decisión de este punto de ubicación y la cantidad de veces que aparezcan este tipo de relaciones contextualizadoras en la divulgación de las matemáticas, también fija el nivel del lenguaje; los contenidos que se desean divulgar, es decir, entre mayor sea la relación de lo general a lo particular, el nivel será más elemental. Ahora pensemos que entre más conceptos haya, el nivel de lenguaje será más complejo, porque para "encontrarlos" y así poder mantener el hilo lógico de la estructura de la divulgación, el receptor estaría obligado a realizar una tarea deductiva que implicaría una comprensión cabal de lo que está observando, escuchando o leyendo.

Uno de los esquemas más utilizados en el discurso de divulgación es el siguiente:

1- Introducción.

En una introducción se sitúa el concepto en un marco general al establecer las relaciones entre el contenido a divulgar y otros contenidos. Además, en la introducción podemos encontrar en qué consiste lo que se va a desarrollar, resaltar ciertos puntos importantes, decir a qué tipo de público está dirigido, cuál es el fin que el trabajo persigue, etcétera.

2 – Divulgación temática y divulgación intrínseca.

La divulgación temática se construye a partir de la organización de los contenidos. La divulgación intrínseca es aquella que está inherente al tema que se presenta; por ejemplo, un orden cronológico en una exposición histórica de las matemáticas.

3 - Narración.

Dentro del discurso de la divulgación, la estructura de una narración es uno de los mejores recursos para la divulgación dirigida a un público no especializado. Primero, porque la estructura de una narración se va concatenando a partir de la divulgación; segundo, porque la secuencia de sucesos es algo que está presente en el desarrollo de la vida de cualquier individuo y al usar la narración se le está proporcionando un elemento reconocible. Por eso, un recurso frecuente en la divulgación de las matemáticas es desarrollar sus contenidos a partir de su historia; qué se creía que era antes la realidad y cómo se llegó hasta lo que se cree

ahora. Desde el punto de interés de atracción del público (niños y jóvenes) se recomienda divulgar abordando temas que susciten emociones o controversias, por ejemplo, los fractales, que como sabemos los encontramos en la naturaleza y en muchos fenómenos, etcétera.

4 - El recurso de lo reconocible.

En este sentido vemos que acudir a lo reconocible es algo básico en el contenido de cualquier mensaje que persigue fines educativos. Y la divulgación de las matemáticas no es la excepción, cuando el divulgador se dirige a un público general, lo reconocible es todo conocimiento que proporciona la experiencia cotidiana; y la divulgación consiste en asociar lo conocido con lo desconocido.

Cuando hablamos de la divulgación de las matemáticas como una reformulación del lenguaje matemático, estamos realizando (en parte) un trabajo de divulgación, es decir, situamos un concepto dentro de un espacio comprensible para tal o cual público. La reformulación del lenguaje científico implica una serie de actividades de orden lingüístico y conceptual que replantea la exposición de un contenido.

El trabajo de reformulación se da con relación a la terminología, porque sustituye los términos especializados por "equivalentes" que sean comprensibles para el público; esta labor se lleva a cabo mediante el uso de:

a) Sinónimos; son tal su importancia que tanto en los escritos científicos como en los de divulgación de las matemáticas son muy usados. Por ejemplo, los nombres de algunos sólidos platónicos: cubo en lugar de hexaedro, pirámide en vez de tetraedro.

b) Paráfrasis; que es la "parte añadida a cualquier tipo de lenguaje con explicaciones o aclaraciones". Por ejemplo: la analogía de un hiperboloide con un cesto de basura o un tronco de árbol o en el caso de las secciones cónicas, la elipse es conocida para muchos niños como óvalo.

A manera de ejemplo, presento aquí lo que considero un texto divulgativo sobre fractales en el que se utilizan sinónimos y paráfrasis :

"Los fractales son formas o patrones que se repiten a sí mismos en escalas cada vez más pequeñas. A esta propiedad se le conoce con el nombre de AUTOSEMENJANZA.

Muchas formas que se presentan en la naturaleza no se pueden describir mediante curvas simples como los círculos, las elipses, las parábolas, etcétera. Existen curvas tan complicadas que cuando se ven a través de una lente de aumento siguen siendo tan complicadas como

antes de verlas por la lente. Las curvas simples, en cambio, al verlas con la lente de aumento se simplifican aún más.

Gracias a las computadoras modernas, es posible generar, ver y amplificar estas curvas que no son simples; los fractales son un ejemplo de ellas y la única manera de verlos es con una computadora.

Al estudio de los fractales algunas veces se le llama "la geometría de la naturaleza" pues son objetos que debido a su forma aparentemente extraña y caótica, logran describir con mucha precisión varios fenómenos naturales y físicos.

Con los fractales se pueden describir fenómenos tales como: un terremoto, la variación en el clima, la textura del interior de los huesos y muchos otros.

Así hoy, los fractales tienen aplicaciones en muchísimas disciplinas, entre otras la astronomía, la meteorología, la agronomía, la medicina, las ciencias sociales e inclusive la cinematografía."

Como se puede ver, la manera en que la divulgación de las matemáticas se dirige a distintos públicos, debe contar con una gama de explicaciones discursivas.

Las exposiciones de divulgación para niños adoptan un lenguaje especialmente dirigido a ellos. Por ejemplo, se introduce un tema por medio de preguntas, se usan oraciones cortas, vocabulario simple, etc.

Cabe mencionar, que no basta valerse únicamente de recursos estilísticos, porque no garantiza un planteamiento cabal del concepto que se quiere divulgar; porque, si bien podemos llegar a atraer la curiosidad del público o divertirlo, podemos fallar al explicar los contenidos que se quieren divulgar.

La actividad de la divulgación de las matemáticas es una de las que más creatividad e imaginación exige a sus practicantes. Muy a menudo incomprendida se debe por un lado, extraer su sustancia, sus materiales del cerrado ámbito científico y se debe, por otro lado alcanzar, interesar y si es posible, hasta entusiasmar al público común con sus resultados. La crítica es dura por ambos lados. El científico exige no ser traicionado, y el público exige claridad y calidad. Pienso que el discurso de la divulgación de las matemáticas, no debe construirse como un discurso matemático ni tampoco como un discurso de periodismo especializado.

En gran medida, la comunicación humana se basa en la capacidad que se tiene de transmitir y recibir información que no se ha adquirido de "primera mano". La ciencia, como cualquier experiencia o creación humana, puede ser transmitida por un proceso semejante al que se dio para crearla.

Divulgar las matemáticas lleva implícito, por ello, un reto apasionante; es un espacio donde se puede salir airoso sólo conjuntando conocimiento,

creación e imaginación. Tener límites o reglas no implica, como algunos piensan, ponerle un impedimento a la imaginación.

La divulgación de las matemáticas se acerca al conocimiento de un modo distinto, más que estudiarlo, lo recrea o reproduce, lo parafrasea. Lo traduce en un sentido creativo; para que haya un paralelismo entre los dos.

Los conceptos que se manejan en la divulgación no son los mismos en un sentido estricto que los de las ciencias. No pueden ser los mismos, pero eso no es trágico. Al contrario, esto se finca en la autonomía de la divulgación. Sí, al divulgar las ideas matemáticas se cambia siempre el significado estricto que los conceptos tienen en el seno de su disciplina, en su lenguaje. Esto ocurre siempre que se traduce, siempre que se recrea, siempre que se parafrasea o se redacta cualquier cosa de un modo distinto, siempre que se cambia el discurso.

Al divulgar las matemáticas no se puede sino construir otro edificio "teórico" para hablar de lo original, para referirse a él. No es posible ninguna traducción "literal". Pero es posible que todas ellas compartan rasgos, que una dependa de la otra, que al traducirse sea fiel en un sentido precisable.

El reto del divulgador de las matemáticas no es uno ni único. Se replantea cada vez en distintas formas debido sobre todo, a las características mismas del conocimiento científico. Por ello, cada teoría utiliza una metodología particular y un lenguaje o lenguajes propios. De qué tan lejos esté dicho el lenguaje técnico del lenguaje natural (que se usa en divulgación) dependerá lo complicada, o lo factible que será la traducción.

¿Cómo pasar de un lugar a otro sin deformar, sin mentir? Para ello no hay recetas, hay aprendizaje. Hay experiencia y crítica que perfeccionan. Un primer paso es darse cuenta que la intención de ambos discursos (el de la ciencia y el de divulgación) es distinta, por lo que los recursos de los que deben disponer son también distintos. Mientras que el conocimiento científico en sí tiene para apoyarse y darle sentido a sus conceptos todo un acervo de técnicas, de metodologías, prácticas y teóricas, y diversos tipos de lenguaje (a veces fundamentalmente el matemático), la divulgación debe prescindir de ello y utilizar sólo las herramientas del lenguaje natural (como la metáfora, la analogía, la descripción, etc.). Debe, en suma, usar las herramientas del pensamiento y el lenguaje que pueda. No se trata de hacer fácil lo difícil ni de dar el conocimiento digerido, se trata más bien, de enfrentar el reto de relatar, de comunicar al público una parte de la actividad humana en la que no está involucrado.

La divulgación de las matemáticas requiere, por un lado, de un profundo conocimiento del objeto a recrear, y por otro un hábil y seguro manejo del lenguaje. Hay que saber combinar ambos conceptos, pues sólo así se conseguirá superar el reto de sorprender para estimular y enriquecer el acervo cultural del que nos atiende para hacer mejor y más vital la comunicación.

Se han dado casos en que los científicos y los divulgadores no se ponen de acuerdo, a tal grado que los científicos no comparten la manera en que hacen llegar al público su investigación, los científicos acusan a los divulgadores de irresponsables, de analfabetos científicos, de no investigar, de tergiversar la información y los divulgadores acusan a los científicos de no permitir el acceso a sus investigaciones, porque no hay seriedad en la forma de traducir los conocimientos.

No se ha aplicado correctamente el lenguaje en la enseñanza de las ciencias, por ejemplo, en el caso de las matemáticas no se hacen atractivas para los niños y los jóvenes y así facilitar su aprendizaje, por lo que se han creado alternativas, como los museos, en donde tenemos la oportunidad de acercarlos, por medio de juegos, talleres, exposiciones, etcétera. Esta disciplina, en particular el lenguaje matemático, no sólo contribuye a la cultura sino también les enseña a pensar, les ayuda a desarrollar las estructuras del pensamiento lógico.

Cuando se trata de la propagación del conocimiento entre especialistas, por ejemplo, cuando se publican los resultados de una investigación, se emplea la palabra difusión; por ello la presentación de trabajos en un congreso científico es una actividad de difusión de la ciencia.

Pero, cuando se trata de presentar la ciencia al público en general, se emplea la palabra divulgación. Por lo tanto, las conferencias organizadas por las asociaciones científicas, para dar a conocer los resultados de una investigación reciente o de la situación actual de un campo científico enfocadas a un público general, son actividades de divulgación de la ciencia. Es importante señalar que esta labor incluye entre sus destinatarios a los científicos, ya que parte de la divulgación de la ciencia se hace para que unos especialistas conozcan lo que sucede en otros campos.

Es claro que tanto la difusión como la divulgación son actividades de la comunicación. Por lo tanto, cuando en la participación del conocimiento científico se busca el diálogo, esto es el intercambio de saberes y experiencias, se emplea el término comunicación.

Divulgar no es vulgarizar, es casi un arte, es interesar a los niños y a los jóvenes de nuestra época, para despertar su curiosidad.

La divulgación es una modalidad de la presentación de la información, más que una elección de temas adecuados para divulgarse, más que una simplificación de las ciencias. Cualquier tema, cualquier materia pueden ser objeto de divulgación y tener un divulgador como intermediario, en particular para muchos temas de las matemáticas.

Por desgracia estamos acostumbrados a considerar la divulgación como la simple anécdota científica, conocimiento de segunda clase o enfoques aproximados. Si divulgar no es vulgarizar, se puede agregar que

tampoco es resumir, limar, reducir, simplificar, es, más bien, una operación que implica volver a elaborar y a crear un producto nuevo, diferente del original, pero fiel a éste.

La especificidad de la divulgación está en los elementos que la componen:

a) Los destinatarios del mensaje. No se trata de especialistas de un sector o ramo bien definido a quienes se debe hacer llegar un mensaje completo, sino del hombre común y corriente, el niño o joven que tiene curiosidad y que desea conocer más sobre determinado tema. De aquí proviene la definición más común de divulgación que se usa en la actualidad: "hacer accesible y comprensible a un público amplio".

b) El lenguaje. Los distintos tipos de lenguaje (visual, verbal, sonoro, multimedia, etcétera) tienen además un impacto comunicativo inmediato la mayoría de las veces.

c) El divulgador. Es un profesional capaz de comprender las fuentes científicas y las necesidades informativas del público al que se dirige; no es necesariamente el experto, el hombre de ciencia, el crítico de arte, pero es sin duda una persona que se documenta hasta el punto de poder moverse sin titubear entre los temas que forman parte de la materia presentada.

Quizá el que educa debería de convertirse él mismo en un divulgador que se maraville y haga que los demás se maravillen y que aplique en la didáctica cotidiana las técnicas de la divulgación. Quizás el que educa debería tener a su disposición los instrumentos adecuados, laboratorios, bibliotecas, videos, etcétera. Si la escuela, y esto es válido para cualquier institución educativa formativa, tiene como tarea, además de enseñar, crear las condiciones para aprender, lograr que el niño y el joven sepan formarse y buscar un saber propio por sí mismos, entonces los textos escolares en poco ayudan a ese fin.

4.2. TIPOLOGÍA DE LA DIVULGACIÓN.

a) La divulgación narrada: la información se transmite principalmente a través del código escrito, del género narrativo típico de la novela; el tono es a menudo amistoso y el divulgador intenta hacer que el lector emprenda rutas de exploración del conocimiento para recorrerlas juntos o a través de los ojos de un protagonista adoptado como modelo o héroe. Recientemente, la divulgación narrada se ha visto enriquecida por nuevas colecciones que representan un texto correcto con modalidad humorística, anecdótica, en la que se da una nueva dimensión a las ciencias.

b) La divulgación visual narrativa: se caracteriza porque propicia la intervención y usa la fuerza divulgadora con la ayuda de la ilustración. El

código visual está formado por ilustraciones a veces muy minuciosas. Ilustraciones y texto se integran en un todo fuertemente atractivo.

c) La divulgación visual documental: es un tipo de divulgación muy cercana a la anterior, pero con una diferencia que aparenta ser mínima: si bien el código visual es rico, minucioso, documentado, en el texto, la narración no se da en primera persona no existe la mediación de un protagonista que acompaña al público y se recurre a una forma menos personal, más descriptiva y más documental: que combinan detalladas reconstrucciones gráficas y pictóricas con un discurso articulado y riguroso.

d) La divulgación en caricatura: el código de la caricatura se ha convertido, gracias a sus peculiaridades, en uno de los lenguajes privilegiados en el campo de la divulgación. Las caricaturas se utilizan a menudo en las obras de educación sexual, pero en matemáticas se pueden hacer adaptaciones.

e) La divulgación museográfica: Por ser éste justamente el tema de la tesis, hablaremos sobre él a profundidad.

En general los museos de ciencias han sido concebidos, después de una larga búsqueda, como un ambiente nuevo para aprender ciencia (aparte de las aulas tradicionales o escuelas). Esto es importante porque los niños y jóvenes tienen una oportunidad distinta que no involucra, entre otras cosas, el hecho de que el proceso de aprendizaje o acercamiento a la ciencia sea obligatorio.

La matemática es la ciencia que mayor relación tiene con su pasado, y en la cual está vigente el trabajo de los antiguos científicos. La historia de las matemáticas representa un camino para divulgar las matemáticas del pasado, y así, la divulgación de los trabajos más recientes puede considerarse parte de la historia actual.

Existen ciertas preguntas sobre las matemáticas cuyas respuestas podrían ser muy interesantes para las personas de otros ramos. Ejemplos de estas preguntas serían, ¿Los matemáticos descubren o inventan?, ¿Los objetos matemáticos se dan en la naturaleza o se crean en la mente?, ¿Cómo cambian con el tiempo los objetos matemáticos?, ¿Qué es lo que los matemáticos llaman modelos y teoremas?, ¿Cómo inspira a los matemáticos el mundo exterior, y las necesidades sociales?; lo importante, es que quien tiene que discutir esto son los mismos matemáticos, ya que si ellos no toman parte, la divulgación de las matemáticas no puede llevarse a cabo.

Una idea muy importante es la relación que existe entre las matemáticas y el arte. La presencia de las matemáticas en disciplinas artísticas como escultura o pintura ha sido tratada en varias ocasiones. Existen varios incentivos para explotar esta relación: para dar a conocer mejor el museo, para informar a la gente interesada en el arte sobre la ayuda que las matemáticas pueden proporcionarle en cuestiones de

espacio y formas interesantes, y para proveer a la gente interesada en matemáticas de un campo diferente de aplicación. Como un ejemplo específico de divulgación tenemos el caleidoscopio, porque la atracción que causa su belleza intrínseca se usa para inducir a la gente a la construcción de un modelo geométrico apropiado. Existen muchos ejemplos más de temas que podrían presentarse de una manera apropiada a cada receptor, entre otros, los cuadrados mágicos, los fractales, la lógica, la probabilidad, la estadística, etcétera; en fin, casi cualquier cuestión matemática puede expresarse de manera adecuada a todos los niveles.

Un punto importante rescatar es el de la diversidad de las matemáticas, porque el que una persona no esté interesada en alguna cuestión matemática, no significa que evada las matemáticas en general, seguramente existen muchos otros temas que sí llamen su atención.

Existen ciertas características que los divulgadores tienen en común :

- Su papel más que dar la información completa, consiste en invitar a la gente a continuar la búsqueda.
- No pueden decir toda la verdad sino parte de ella, de manera que la gente pueda confiar en esa base para poder seguir adelante.
- Se enfrentan a la ley de que el nivel de profundidad de una plática o de una actividad debe ser inversamente proporcional al tamaño de la audiencia.

La divulgación abarca todo tipo de matemáticos; profesionales, educadores, profesores, e incluso estudiantes. De cualquier modo no tendría mucho éxito si no fuera por la ayuda de los periódicos, radio, televisión, museos, etcétera. El papel de los medios y la calidad de la información que proveen es uno de los principales objetivos de la divulgación. Científicos de distintos campos tienen un papel importante en la divulgación de las matemáticas, debido al interés que tienen en que los especialistas de sus ciencias tengan capacidad de pensar matemáticamente; el porqué de esto es parte importante en la divulgación misma. Esta a su vez utiliza escritos de profesionistas de distintas disciplinas que varían desde físicos hasta filósofos.

Hemos hecho énfasis en varias diferencias entre divulgación y enseñanza, la primera tiene un rango más amplio, más caminos y mayor libertad. Hay una diferencia esencial en cuanto a los objetivos, la divulgación no busca educar ni aumentar el acervo de conocimientos sino un cambio de actitud.

Hay ciertas cuestiones interesantes que se observan en los estudiantes:

- Los estudiantes que disfrutan las matemáticas y podrían sacar provecho de aprender más sobre ellas. La información dirigida a ellos debe abarcar aplicaciones, parte importante de esa información debe tratar sobre sus futuras carreras y oportunidades de trabajo en el campo de las matemáticas y campos relacionados directamente.
- Existe la necesidad de divulgar las matemáticas a estudiantes que no están interesados en ellas aunque sea solo para convencerlos de lo importante que puede ser tener ciertas herramientas básicas en la vida diaria o en trabajos en los que éstas juegan un papel secundario. El principal objetivo aquí es lograr que confíen en sus capacidades matemáticas y que adopten una actitud positiva al respecto; porque el miedo o la indisposición pueden hacer inútiles muchos años de estudio. Para lograr un cambio de actitud debe tratarse con algo extra escolar; solo así entenderán las matemáticas que han estudiado y dejarán de verlas como una amenaza.
- De un niño que está empezando su educación básica, no podemos decir todavía que no le gustan las matemáticas, en este caso el objetivo de la divulgación es tratar de mantener esta situación a lo largo de sus estudios.

Ahora debemos preguntarnos por el punto de partida, si consideramos a la divulgación en el más amplio sentido de la palabra, la unión entre la ciencia y su entendimiento público debe incluir educación. Hasta ahora hemos considerado la divulgación como algo que complementa o incluso corrige al sistema educativo; sin embargo, tomando en cuenta lo que sugerimos anteriormente para los niños, ¿No debería parte de esto hacerse en la escuela?.

Las matemáticas en la escuela no tienen que ser necesariamente aburridas ni aisladas de la vida real. Se han usado exitosamente concursos en los que los equipos de estudiantes se plantean la solución de problemas matemáticos y otros programas que dejan como resultado un mayor ánimo de los jóvenes a que puedan también ser útiles. Debemos considerar que los logros obtenidos en divulgación los debemos traducir y utilizar en la educación formal.

Si se aplica esta idea, debe revivir la enseñanza de las matemáticas. En primer lugar se deben incluir actividades abiertas y temas no clásicos ; en segundo lugar es importantísimo dar una imagen de las matemáticas como una ciencia viva y no un conjunto de técnicas que forman solo un lenguaje universal. El acercamiento que hacen los japoneses a la instrucción matemática, es muy interesante, y consiste en

que los estudiantes conozcan acerca de las matemáticas sin aprenderlas en sentido estricto, esto es muy importante junto con el conocimiento de la historia de las matemáticas y de las relaciones con otras ciencias o tecnologías.

Tenemos que pensar en divulgación antes, durante y después de la educación, y tratar de reducir la oposición que existe entre ellas. El que un profesor de matemáticas esté involucrado en la divulgación ya sea dentro o fuera de una escuela, hace que cada vez sea un mejor profesor. Debe incrementarse el vínculo entre los profesores y las matemáticas como ciencia viva. En la lucha por reducir la distancia que existe entre las matemáticas y su entendimiento público, los profesores juegan un papel crucial; tal vez no todos fuera de las escuelas, pero ciertamente dentro de ellas.

La divulgación tiene una larga tradición histórica, existe desde hace muchísimos años, y en su camino ha utilizado diversos medios y ha servido para distintos fines. Si buscamos un resultado exitoso en cierto trabajo de divulgación, es muy importante precisar cuál es nuestro objetivo específico en ese trabajo. Para esto es muy importante saber elegir un medio adecuado y viable.

Se han identificado cuatro componentes que se necesitan para tener una "cultura matemática":

- a) Tener conocimiento de hechos y métodos elementales.
- b) Desarrollar cierto modo de pensar y de atacar problemas.
- c) Conocer algo de historia de conceptos y teoría matemáticas.
- d) Estar informado sobre avances y conocimientos recientes.

Desgraciadamente en la escuela sólo se abarca el primer punto; los otros tres deben buscarse en otros ámbitos y para esto los distintos productos de la divulgación pueden ser de gran ayuda.

La divulgación dirigida a niños, debe brindar la oportunidad de *jugar* con las matemáticas; estos juegos deben incluir tanto a los niños como a sus padres. Además, está demostrado que con un mínimo de texto se puede motivar y generar muchísima actividad matemática y un gran conocimiento.

Para niños de 7 u 8 años, los problemas geométricos juegan un papel muy importante. Regularmente lo que empieza a marcar ciertas diferencias en la atención de los alumnos es la introducción del álgebra, la manipulación de expresiones simbólicas, y la traducción de problemas de la vida real. Ahora, se presenta la necesidad de convertir el álgebra en algo más significativo y más atractivo que logre captar el interés de los estudiantes.

En general, tratar con estudiantes de secundaria no es fácil, porque nos enfrentamos a la hostilidad y los prejuicios que éstos tienen con respecto a las matemáticas. De hecho, hay ciertas dudas de si los libros y las revistas pueden por sí mismos hacer algo ante esta hostilidad, pero lo que es seguro es que la escuela debe jugar el papel más importante en esta batalla.

Cuando se empieza a lidiar con estudiantes mayores de 16 años que muestran cierto interés por las matemáticas, aparecen oportunidades muy interesantes, aquí lo importante es presentar las matemáticas como un campo vivo de investigación.

Aquellos que no estudian matemáticas, deberían empezar a leer sobre ellas, no necesariamente libros que requieran hacer trabajo matemático, pero libros que muestren su relación con la filosofía, la cultura, o el arte. Esto no quiere decir que un matemático no disfrute de la lectura de este tipo de libros.

Existe también la necesidad de escribir libros para adultos que buscan entender las matemáticas, quizá para ayudar a sus hijos, o para entender términos o ideas que no entendieron en la escuela. El problema aquí es ver quién escribe este tipo de libros, existe la errónea idea de que el escribir libros populares o artículos en revistas populares puede afectar la reputación de un matemático; algunos que alguna vez escriben un artículo, temen escribir el segundo por las críticas que se pudieran generar. Fortalecer el vínculo entre los matemáticos más importantes y el público general, es un importante reto; y los libros y revistas son armas muy importantes para lograrlo.

A pesar de ciertos problemas que ahora explicaremos, el periódico es un medio muy importante que no podemos ignorar. Algunos pueden presentar las matemáticas como algo atractivo y entretenido. Para presentarlas de ese modo, que es algo posible, hay que analizar dos cosas: la unión que debe lograrse entre lo que los niños y adultos encuentran atractivo de las matemáticas, y una exhibición, y en segundo lugar, lo que debe encontrarse en salones de clase, conferencias, y libros de texto.

Debe existir un enlace entre las sociedades de matemáticos, los profesores y los directores de los museos para asegurar que las matemáticas estén bien representadas en los museos más grandes e importantes.

Las exhibiciones itinerantes y las exposiciones temporales son también un punto muy importante a tratar, ya que éstas proveen puntos centrales que tienen que ver con muchas otras actividades matemáticas. Este tipo de exposiciones no necesariamente tienen lugar en los contextos tradicionales, el montar exposiciones en ciudades pequeñas o

en lugares ajenos como podrían ser parques, estaciones del metro, etcétera, ayudaría a captar mayor atención del público.

Con las exhibiciones, al igual que con los otros medios, nos enfrentamos a la necesidad de brindar información así como ofrecer distintas actividades que ayuden al entendimiento matemático. Ninguno de estos dos aspectos puede ser ignorado en las exhibiciones, ya que existe una real necesidad tanto de informar lo que son y pueden hacer las matemáticas, como de involucrar a la gente en actividades relacionadas con el tema.

Es importante definir los papeles que deben jugar los matemáticos y los diseñadores de las exposiciones, debe existir un balance entre éstos en el momento de montar una exposición.

La actividad, el color, la belleza, etcétera., deben estar presentes, pero sin permitir que se pierda el objetivo principal de la exposición, o que estos elementos sean el punto de atracción y no los elementos matemáticos. Además, lo ideal es que la exposición no conste de un solo estante, es muy importante que haya otras cosas que inviten a actividades posteriores. Ya habíamos tratado la importancia de tener a la mano libros, juegos, cosas para armar, etcétera; de este modo, no solo se logra incrementar el interés, sino también seguir explotándolo más adelante.

Los juegos y los acertijos tienen un rol importante en las matemáticas y su divulgación. Se han usado acertijos desde hace varios siglos, y es un hecho que generan un gran interés e impulsan el pensamiento matemático. Se han hecho distintos trabajos de comparación para distinguir los juegos de los acertijos; usando como parámetros la competitividad y el número de gente involucrada, se ha catalogado a los acertijos como "juegos de la mente"; otra distinción encontrada señala que los acertijos tiene una solución matemática que una vez encontrada les quita el chiste, y los juegos en cambio, pueden presentar muchos modos de desarrollarse, como por ejemplo el ajedrez, e introducen un elemento aleatorio que hace que el interés por jugarlos se mantenga constante, por ejemplo el bridge o el backgammon.

Es muy difícil determinar la influencia que un juego puede tener en el futuro desarrollo de una persona, aunque hay casos en que es fácil de ver y no hay duda que sirve para fomentar el pensamiento matemático. El juego desarrolla ciertos atributos que son necesarios para los matemáticos, pero debe buscarse que dirija al éxito de las matemáticas, y/o al interés por ellas. Podemos mencionar varios casos en que los juegos brindan un contexto en que se puede desarrollar un espacio matemático, por ejemplo, el ajedrez da experiencia de un sistema axiomático. El usar juegos y acertijos, tiene ciertos problemas. Por un lado quienes los juegan los subestiman con la idea de que no son

verdaderas matemáticas; y por otro lado es fácil que se considere el juego un fin en sí mismo, o que se crea que el aprendizaje matemático va a ocurrir de manera natural por osmosis.

La necesidad de tener un acercamiento con la audiencia es primordial. Cabe aquí considerar el siguiente principio: si alguien puede mantener a una audiencia interesada por cincuenta minutos más o menos, con una plática que tiene relación con matemáticas y que hace que los oyentes simpaticen más con las matemáticas y los matemáticos; ese alguien ha tenido éxito.

Muchas veces se considera que el público de una conferencia es necesariamente pasivo, esto obviamente no tiene sentido; de hecho, una persona que asiste a una conferencia, no tiene control sobre el modo en que está siendo intelectualmente activa, ya que el ritmo y los diferentes énfasis los determina para ella el conferencista. En este sentido, los trabajos de talleres tienen mucho que ofrecer. Se ha comprobado, que los talleres de matemáticas funcionan muy bien tanto para niños como para adultos, e incluso para personas retiradas, para ellos además de un fin matemático, se incluye uno social más amplio.

El objetivo general de involucrar a los padres y otros adultos en actividades matemáticas por medio de talleres, exhibiciones, solución de acertijos, y competencias; ha sido enfatizado en varias ocasiones. Otra manera de lograr esto, es por medio de "excursiones matemáticas". Estas visitas guiadas de ciudades y lugares específicos que orientan la atención del público a problemas matemáticos, a resultados y artefactos que se encuentran en el medio ambiente, se están volviendo cada vez más populares.

Es importante rescatar que el captar el interés de niños y adultos no se hace necesariamente en grupos separados.

Esto nos lleva a otro principio clave de la divulgación: una actividad que rompe las diferencias de edad y puede ser compartida por toda una familia o por varias generaciones, es una actividad particularmente valiosa.

La naturaleza de las respuestas de los niños es muy diferente a las de los adultos. Cada generación ve un objeto o actividad de manera diferente, en consecuencia, el intercambio de puntos de vista y de experiencias puede ser muy enriquecedor.

Es importante evaluar el efecto que está teniendo el trabajo de divulgación. Aquellos que utilizan medios como la televisión o la prensa, pueden usar medidas de evaluación específicas como un conteo de espectadores y el cambio en su desempeño matemáticos. Esto apoya el hecho de que el objetivo de la divulgación no es enseñar matemáticas, sino generar un cambio de actitud ante ellas. Una vez que las actitudes

han sufrido un cambio, o que por lo menos se han relajado; el aprendizaje de las matemáticas se verá también afectado.

No se nace con una actitud contra las matemáticas, ésta se va formando durante la escuela y el contacto con los mayores. Esta segunda influencia no es fácil de remediar, pero debe ser combatida. En este texto se sugieren algunas maneras de hacerlo, pero como ya mencionamos, existen algunos problemas profundos en el aprendizaje de las matemáticas que no pueden erradicarse, lo único que se puede hacer es brindar motivación para lidiar con ellos.

Una vez logrado el cambio de actitud, existe aún la necesidad de la divulgación; estos cambios sólo nos llevan a una demanda por información, la gente lee y busca lo que le interesa saber o entender mejor. Ahora nos encontramos con matemáticas que no van a ser examinadas, no serán necesarias para pasar al siguiente curso.

Algo que es muy importante para los procesos de aprendizaje es el poder jugar y explorar con objetos e ideas; sin embargo se ha pasado por alto como una característica del aprendizaje. Últimamente se ha señalado la importancia del juego como un sustento básico del aprendizaje, pero todavía, el jugar es raramente considerado como una parte significativa del aprendizaje. Esto se debe al hecho de que se considera como una actividad para niños, por lo que no se considera como una actividad seria para aprender. Es por ello que mucha gente considera a los museos como una atmósfera juguetona y esto hace que se piense que son lugares únicos para niños. Sin embargo el jugar es una materia seria en la educación de la ciencia. Porque esto guía al desarrollo de destrezas o habilidades en la observación y la examinación de ideas; y proporciona una oportunidad para descubrir independientemente el orden en la naturaleza, es por eso que un museo puede proporcionar un lugar de recreo de la ciencia para ayudar a desarrollar las experiencias fundamentales necesarias para después aprender; esto ayuda a las personas a pensar creativamente con referencia a los problemas.

Hasta aquí se ha analizado acerca de la educación pública, el aprendizaje en los centros ciencias, la experiencia adquirida en los museos; pero, cabe la pregunta ¿qué tan importante es el diseño de un equipo o más en general del museo? Veremos que es sumamente importante. Un visitante realmente se fija en el diseño de los equipamientos. Por esta razón es que el diseño de dichos equipos dictará el comportamiento de los niños y los jóvenes, así que cualquier tipo de aprendizaje independiente es imposible. Es por ello, que los diseñadores tienen que poner un cuidado especial en el diseño de una exhibición; los primeros en convertirse en usuarios son los mismos diseñadores. Se fabrican prototipos de exhibiciones para desarrollarlos y

examinarlos; es muy cierto también que estos prototipos son evaluados por visitantes. Es muy importante hacer incapie en la estética, en el desarrollo de un equipo, porque esto provocará una rica, divertida y auténtica experiencia. Es muy importante recrear imágenes (o ambientes) tan reales como si uno estuviera ahí, al igual que es importante el que les provoque una sensación de poder tocar o escuchar o sentir un equipamiento. Esto se logrará, gracias a la cooperación de artistas, científicos y diseñadores. Es cierto, ellos podrán proporcionar ideas para que los equipamientos sean atractivos; por lo que el diseño funcional de un aparato es importante para el aprendizaje. Hace falta una observación importante, cómo es el espacio y el tamaño del equipo, la interacción del mismo, las imágenes que decorarán cada sala, las instrucciones de cada exhibición, son cosas importantes para hacer sentir al visitante en un lugar propicio para descubrir y aprender.

Podemos concluir que en los centros de ciencia y los museos, que continúan su propia evolución, hay algo nuevo e interesante emergiendo para poder dirigirse a un equipo : la técnica y el diseño. Recientemente, investigadores en educación han empezado a reconocer que el ambiente en un museo es un buen laboratorio para el estudio y el aprendizaje; por esto, existe una conexión entre el sistema de educación escolarizada y los museos de ciencias.

CAPÍTULO 5.

"Cuantas más Interacciones se produzcan; mejor se conocerá el objeto en cuestión."

JOHN DEWEY.

CÓMO APRENDEN LOS NIÑOS.

Se ha visto que las actividades que los niños desarrollan en torno a las ciencias son muy escasas tanto en el ámbito escolar como en el de sus casas. Además las pocas actividades que los niños realizan rara vez les dejan un conocimiento consolidado; es decir los niños muy pocas veces entienden qué es lo que están haciendo y para qué. Si bien esto es común a todas las disciplinas científicas es mucho más pronunciado y por tanto mucho más alarmante en el terreno de las matemáticas.

En los programas de Biología, Química y Física está contemplado el que los niños realicen prácticas, experimentos y actividades diversas pero esto no sucede casi nunca, por no decir jamás, en el estudio de las matemáticas. Recientemente hay un consenso entre maestros, psicólogos, pedagogos y divulgadores de la ciencia sobre la necesidad que tienen los niños pequeños de recibir contenidos compartidos por diferentes disciplinas. Se prevé que las áreas curriculares en educación infantil no se definan como "áreas de conocimientos", sino como "ámbitos de experiencias".

Lo que se quiere decir fundamentalmente con la expresión "ámbito de experiencias" es que estamos ante actividades que los niños han de realizar para lograr determinados objetivos educativos.

En varios programas educativos dirigidos al nivel preescolar, frecuentemente se suelen encontrar definiciones que presentan al niño como un ser en desarrollo cuyas carencias restringen tanto su campo de acción que si se reflexiona un poco, más convendría esperar a que creciera...

En los diversos estudios que se han realizado a partir de las bases que sentó el psicólogo suizo Jean Piaget se han determinado una serie de características comunes a todos los niños de distintas edades, que determinan su proceso cognitivo; existen una serie de características psicológicas que condicionan la programación de actividades de enseñanza-aprendizaje de las ciencias; se cree que los niños de 2 a 7 años: -No pueden "pensar a través" de las acciones (salvo que sean muy comunes y realizadas a menudo), sino que tienen que llevarlas a cabo en

concreto. Esto plantea serias restricciones al razonamiento, por ejemplo, si vierten agua de un recipiente a otro de diferente forma, de manera que parezca haberse modificado en cantidad, afirman que, en efecto, está cambiando. No pueden imaginar que el agua podrá nuevamente ser trasvasada, comprobándose entonces que la cantidad ha permanecido constante.

-Se concentran en un solo aspecto de un objetivo o situación al mismo tiempo. Así, su juicio sobre la cantidad de agua del recipiente tiene en cuenta una sola característica, probablemente la altura que alcanza el líquido, y no la altura y la dimensión de la base del recipiente.

-Tienden a no relacionar un hecho con otro cuando se enfrentan con una secuencia de hechos no familiares para ellos. Probablemente recuerden la primera y la última etapa de la cadena, pero no las intermedias. Por ejemplo, un niño de 6 años, después de ver cómo caía la arena de un reloj, era capaz de dibujar el reloj de arena y su contenido al principio y al final, pero no durante la etapa intermedia.

-No pueden anticipar el resultado de las acciones que vayan a ser emprendidas. Mientras los niños mayores pueden comprender, por ejemplo, que si alargan el paso deben dar menos pasos para atravesar una habitación, los de 5 o 6 años tendrán que levantarse y hacerlo.

Con frecuencia encontramos este tipo de descripciones psicológicas en proyectos didácticos para diferentes áreas, sobre todo cuando se destinan a los primeros cursos escolares. Aunque estas descripciones ponen de relieve lo que el niño, no puede hacer, quizás haya llegado el momento de crear un método para saber qué es lo que el niño sí puede hacer y comprender.

Las dificultades que percibimos se pueden sintetizar esquemáticamente en las dos siguientes posturas sobre el aprendizaje del niño: algunos maestros confían demasiado en que su lenguaje está en consonancia con la capacidad comprensiva del niño, y lo emplean entonces como vehículo principal de la enseñanza, relegando los objetos y las acciones a un papel secundario; los otros, por el contrario, confían demasiado en la capacidad manipulativa del niño y pasan a considerarlas como el vehículo principal del conocimiento, sumiendo así al lenguaje en un papel secundario.

La reflexión que se hace aquí sobre la capacidad cognitiva del niño y sus adquisiciones en torno al conocimiento del mundo físico es con la idea central de enfatizar que el niño pequeño puede acceder a diversos aspectos de las ciencias a condición de que consiga "cientificar" su actividad en relación al mundo físico. Decimos "cientificar" y no conceptualizarla, porque los conceptos científicos son elaboraciones cognitivas muy sofisticadas y, por tanto, muy alejadas de las intuiciones del pensamiento natural. Pensamos que para "cientificar" esa actividad, el niño no se basta a sí

mismo. Necesita alguien que le ayude a desplazarla del mundo físico, al ámbito simbólico.

Sólo si hay alguien que ayude al niño a dar sentido a su acción en el marco de las ciencias, podrá él diferenciar su quehacer manipulativo y lúdico, de sus tareas de exploración y comprensión de la realidad física, y tomar conciencia de los diferentes medios que conviene emplear para alcanzar finalidades específicas.

El niño no puede, por lo general, expresar con palabras el contenido conceptual de lo que hace. Además, no siempre es capaz de ser fiel a sí mismo, ya que a menudo expresa una intención y luego ejecuta otra.

La intención de Piaget consistió en situar la conducta cognitiva del sujeto en un marco de desarrollo genético, capaz de explicar los cambios y mejoras que los conocimientos sufren al evolucionar, y no en analizar al sujeto en su complejidad y movilidad cognitiva actuante y presente. Desde esta perspectiva, el niño es un sujeto cognitivo poco afortunado.

Desde mi punto de vista, eso se debe a que se les plantean problemas muy difíciles, concernientes a conceptos de tiempo, espacio, causalidad lógica, aritmética y geométrica. Los niños no pueden realizar seriaciones porque no poseen un esquema de transitividad; no pueden clasificar jerárquicamente porque no coordinan inclusivamente las partes con el todo; no pueden anticipar el lugar que ocuparán las sombras de un objeto en una pantalla porque no son capaces de imaginar las proyecciones geométricas necesarias. Tampoco pueden jugar con sus compañeros empleando reglas surgidas de acuerdos comunes debido a la dificultad de coordinar los respectivos puntos de vista; no pueden conservar el número porque no poseen las operaciones aditivas necesarias. Estas y otras insuficiencias se señalan insistentemente en la mayoría de los trabajos realizados por Piaget y sus colaboradores.

En el transcurso de las actividades de exploración y experimentación aparece un desfase muy marcado entre la formulación lingüística que el niño emplea para exponer su plan, hacer previsiones y dar las explicaciones pertinentes, y su capacidad pragmática, que es la que consigue desplegar efectivamente.

El niño actúa mucho, pero expresa verbalmente poco sobre lo que aprende mediante su acción. El niño mayor, por el contrario, realizará su aprendizaje empleando de forma predominante el lenguaje como vehículo aunque no le garantice, por sí solo, poder usar activamente las adquisiciones, obtenidas mediante la información verbal.

En la medida en que el lenguaje verbal se enriquece y se interioriza en el pensamiento, se hace más adecuado para expresar y formalizar las representaciones que el sujeto posee y construye. Este progreso contribuye también a desarrollar una mayor capacidad operativa (en relación a la actividad simbólica y a los sistemas de operaciones que ella permite) y

comunicativa (los niños mayores poseen más recursos que los pequeños para expresar lo que piensan sobre la conducta de los objetos).

Cuando empleamos los términos "actividades de conocimientos físicos", "conocimientos científicos", "actividades de ciencias" y "aprendizaje de las ciencias", ¿A qué nos estamos refiriendo con el término "ciencias"? ¿Qué cosa relacionada con las ciencias pretendemos transmitir y deseamos que adquieran los niños de 4 a 6 años? ¿Intentamos que adquieran los conocimientos o conceptos conquistados a través de la historia de la ciencia? ¿Queremos que empleen los métodos de la ciencia, mediante los cuales las conquistas conceptuales y teóricas son refutadas o verificadas experimentalmente?

Como parece evidente, con niños de estas edades no es adecuado proponerse ninguna de las dos últimas cosas. Existen diferentes razones para ello; por una parte las de carácter psicológico: el niño no puede absorber ni procesar la información que resulta de la cultura científica adulta. En segundo lugar razones de carácter educativo: en la escuela básica. ¡Y mucho menos en los museos!, no se debe pretender formar "científicos".

Pensamos que lo que se debe transmitir en los museos de ciencias son valores generales relacionados con las actitudes respetuosas ante el medio. Se pueden desarrollar la curiosidad y la observación (recursos todos ellos que se deben conquistar en las visitas a las diferentes salas de los museos de ciencias); pero sobre todo que se debe ofrecer al niño la oportunidad de experimentar con la curiosidad y el asombro.

Esta situación se caracteriza de modo relevante en la ciencia, se alimenta de un tipo de interacción en la que el sujeto establece un triple diálogo: en primer lugar consigo mismo ya sea eligiendo las ideas, tomando las decisiones de ejecución o elaborando previsiones acerca de la conducta de los objetos. En segundo lugar dialoga con los propios objetos. A menudo actúa sobre lo real y se sorprende de la conducta de las cosas que responden a veces como lo había previsto, y otras de manera disonante. El niño aprende cómo son y funcionan las cosas, al actuar sobre ellas aplicando acciones y esquemas de conocimientos previos que en otras ocasiones le han proporcionado información interesante. También aprende modificando, diversificando y mejorando esas acciones a fin de tener más información. Finalmente, en tercer lugar, establece un diálogo con las personas que, ocasionalmente, poseen conocimientos más elaborados que los suyos y que sean capaces de ofrecerle información y ayuda.

La hipótesis que planteamos es que el niño podrá aprender algo relacionado con las ciencias si puede "cientifizar" las acciones que ejerce sobre los objetos, para lo cual es imprescindible que un adulto le ayude.

Creo que con el niño se puede trabajar en tareas relacionadas con las ciencias, a condición de que el adulto pueda dar sentido a la actividad que

el niño ejerce sobre los objetos y su efectos resultantes. Con ello probablemente se favorece el desarrollo simbólico general, pero sobre todo se contribuye a favorecer la construcción de significados específicos sobre las variaciones y regularidades del mundo físico.

5.1. APRENDIZAJE ACTIVO

“...para conocer los objetos, el sujeto debe actuar sobre y por lo tanto transformarlos: debe desplazarlos, conectarlos, combinarlos, separarlos y armarlos nuevamente ...

Desde las acciones sensomotrices más elementales (como empujar y jalar) hasta las operaciones intelectuales más sofisticadas, que son acciones interiorizadas efectuadas mentalmente (como por ejemplo reunir, poner en orden, colocar en correspondencia uno a uno), el conocimiento está constantemente ligado a las acciones u operaciones, es decir, a las transformaciones.

... El conocimiento ... en su origen no surge de los objetos ni del sujeto, sino de las interacciones - inicialmente intrincadas - entre el sujeto y dichos objetos. ”

JEAN PIAGET.

El concepto de acción de Piaget incluye tanto la conducta motora abierta como los procesos mentales internos. El uso del término “acción” para hacer referencia tanto a la actividad mental como a la actividad física, no es un accidente semántico; Piaget cree que las dos actividades se encuentran oscuramente relacionadas y que los sistemas de las acciones u operaciones mentales se derivan en última instancia de las acciones sensomotrices que son autoiniciadas y autodirigidas.

El “aprendizaje activo”, implica el aprendizaje iniciado por el aprendiz en el sentido de que es realizado por éste en lugar de que sólo se le “entregue” o “transmita”. Para los niños en edad preescolar normalmente comprende un componente sensomotriz : moverse, escuchar, investigar, sentir, manipular.

El aprendizaje activo también connota creatividad por parte del aprendiz, quien trata de construir una mejor “ teoría ” de la realidad y de inventar nuevas combinaciones de medios y fines. Esto es lo que también queremos decir cuando expresamos que el niño “inicia ” su propio aprendizaje.

Para Piaget, las acciones interiorizadas conducen tanto a las operaciones mentales inconscientes que distinguen la lógica de un periodo de desarrollo de la de otro, como a los símbolos representacionales tales como las imágenes mentales, los dibujos y el lenguaje. La interiorización ocurre a través de la “miniaturización” progresiva de las acciones sensomotrices y a través de un proceso de abstracción de los sistemas

generales de las transformaciones lógicas de numerosas acciones específicas. A medida que los " esquemas " sensomotrices se van interiorizando aproximadamente a la edad de dos años, el niño puede, cada vez en mayor grado, realizar acciones "en su cabeza ", previendo las consecuencias antes de que realmente haga algo.

Las experiencias en las que el niño produce algún efecto sobre el mundo (en contraste con, digamos, ver televisión) son cruciales para el desarrollo de los procesos del pensamiento, porque la lógica del niño se desarrolla a partir del esfuerzo por interpretar la información adquirida a través de tales experiencias; la interpretación de los nuevos datos modifica las estructuras interpretativas mismas a medida que el niño lucha por un modelo interno más lógico de la realidad.

Alejándonos por un momento de la perspectiva psicológica piagetiana, podemos inferir de la simple observación de los niños que "tomar la iniciativa" y " producir efectos sobre el mundo " son componentes fundamentales del aprendizaje - el niño tiene interés en lo que está haciendo y por lo tanto se encuentra totalmente dentro de lo que es la previsión y resolución de problemas. Si deseamos que los niños se conviertan en individuos inteligentes para resolver problemas, parece obvio que la mejor forma de hacerlo en los programas escolares es dando a los alumnos abundantes oportunidades de trabajar en situaciones que les resulten interesantes, es decir, en los problemas que surgen de sus propios intentos por comprender el mundo. Piaget constantemente apoya este punto cuando habla de la enseñanza en el salón de clases. "Así ... lo que se enseña... es asimilado efectivamente sólo cuando provoca el surgimiento de una reconstrucción activa o inclusive la reinención por parte del niño...y ... cada vez que a un niño se le enseña prematuramente algo que pudo haber descubierto por sí solo, se le impide a dicho niño inventarlo y, por lo tanto, comprenderlo completamente. Obviamente esto no significa que los maestros no deben crear situaciones experimentales para facilitar la invención del niño." (cita de Piaget, tomada de: Carmichael's Manual of Child Psychology, Paul H. Mussen, cap. 9: Piaget's Theory, det. John Wiley and sons, 1970).

Las progresiones de concreto a abstracto, de simple a complejo, de los objetos a las relaciones y del aquí y el ahora a entidades más remotas en el tiempo y en el espacio, se aplican al aprendizaje activo de las formas siguientes:

La acción sobre los objetos reales, "concretos" es el punto de partida para el desarrollo del lenguaje, la representación y las operaciones lógicas. El aprendizaje activo empieza concretamente con la manipulación y el movimiento de todo el cuerpo. A medida que los niños se van familiarizando con un concepto particular u objeto, pueden trabajar con él en un nivel

“simbólico”, pueden dibujarlo, hablar de él o escuchar historias respecto al objeto sin que sea necesario que éste esté realmente presente.

El aprendizaje activo es un proceso de creciente complejidad, mediante el cual las acciones simples se convierten en coordinaciones complejas de acciones. Esto se pone de manifiesto en la adquisición por parte del niño de la habilidad para usar herramientas (por ejemplo, tijeras, martillo), para construir con bloques y para usar los materiales de arte.

Una de las razones para hacer énfasis en el aquí y el ahora en el nivel preescolar es que un niño puede actuar más fácilmente sobre cosas que están espacial y temporalmente presentes. Cuando el foco se desplaza a lugares distantes y a acontecimientos pasados y futuros, existe una tendencia por parte del maestro a ser más verbal y abstracto, y por tanto los niños se vuelven menos activos. Es un desafío para el maestro mantener el aprendizaje activo a medida que aumenta la habilidad del niño para ir más allá del aquí y del ahora. Un medio que usamos para lograrlo es el ciclo de planeación, ejecución y revisión en el cual un niño hace un plan, lo ejecuta y lo representa en una variedad de formas. En este ciclo el aprendizaje activo sigue siendo central, puesto que queda integrado a la creciente habilidad del niño para manejar simbólicamente sucesos alejados.

Como hemos podido ver la acción ha sido invocada como jugando el papel dominante en la adquisición o la generación de conocimiento. Después de todo - se oye decir y se lee con frecuencia-, Piaget invoca la acción para explicar la generación de conocimiento, y eso no es nada nuevo.

Es evidente que ninguna interpretación que invoque sin más a la acción como generadora de conocimiento puede hacer inteligible la transición de una etapa a otra. La razón es que el niño no “lee” una experiencia por un simple acto de copia. Las “lecturas” son el producto de asimilaciones a esquemas del sujeto. Así, por ejemplo, si tenemos cuatro objetos de igual peso $A = B = C = D$, parecería que una simple experiencia tal como utilizar una balanza serviría para mostrar que $A + B = C + D$. Sin embargo, las experiencias psicogenéticas minuciosas llevadas a cabo, muestran que el niño no procede así, y que si llega a hacerlo es porque primero ha podido concebir el resultado. En otros términos : para hacer tal experiencia es necesario tener previamente la idea y luego programarla.

¿Dónde entra entonces la acción como generadora de conocimiento, dentro de la teoría piagetana? Tratemos de esbozar la respuesta.

En toda “experiencia” a la cual se enfrenta un niño, es decir, frente a un “hecho observable”, debemos distinguir cuidadosamente dos problemas: a) las condiciones de lectura de ese observable del cual el sujeto toma conciencia; b) las relaciones que están allí en juego, pero que pueden no ser consideradas por el niño en ese momento.

Sin abundar en más detalles, resumamos el tipo de proceso que está en juego en una experiencia:

i) El niño sólo puede observar aquello que los instrumentos que ya ha construido le permiten asimilar. La asimilación es un proceso de incorporación a esquemas de acción o a esquemas conceptuales preexistentes o de coordinación de dos o más de dichos esquemas.

ii) Los esquemas "preexistentes" han sido construidos, y en esa construcción las acciones del sujeto sobre los objetos han jugado un papel fundamental.

iii) La asimilación de una nueva experiencia, es decir, de una situación donde entren nuevos tipos de relación, no puede realizarse hasta que no se construyan los esquemas o las coordinaciones de esquemas correspondientes (o, en un nivel más avanzado, las estructuras operatorias que están en juego). La acción directa, la manipulación, de los objetos involucrados en dichas relaciones no hace surgir los instrumentos de asimilación necesarios para esa experiencia (aunque pueda favorecer su formación o acelerarla).

¿Qué consecuencias pueden extraerse para la pedagogía y, en particular, para la enseñanza de las ciencias? La conclusión inmediata, casi trivial, es que no debe intentarse "enseñar" situaciones, fenómenos o procesos que no tengan en cuenta "la etapa" del desarrollo cognoscitivo del niño y, por consiguiente, su posibilidad de asimilar la experiencia.

CAPÍTULO 6.

"La ciencia es tal vez la única actividad humana en la los errores son criticados sistemáticamente y con el tiempo corregidos".

KARL POPPER

PERFIL DEL DIVULGADOR

En los museos y centros de ciencia de prácticamente todo el mundo, trabajan personas cuya función es servir de puente entre los visitantes y los equipos. En UNIVERSUM, el museo de ciencias de la UNAM, trabajan alrededor de 300 jóvenes estudiantes de carreras científicas llevando a cabo esa función; se les llama "Anfitriones".

Si bien de aquí en adelante hablaré en todos los casos de los anfitriones, todo lo que diga podrá entenderse para todas aquellas personas que trabajan, en los centros y museos de ciencia, interactuando con el público.

Pienso que el perfil de un anfitrión para divulgar las ciencias y en particular para divulgar las matemáticas debe ser el de un "facilitador" del conocimiento, entendiendo por esto lo siguiente:

- * El anfitrión no debe jugar el papel de maestro, no debe dar "clases" a los visitantes que reciba. Esto significa que el anfitrión no "dará" el conocimiento acabado al público, tratará en la medida de lo posible de no emitir juicios de valor y de no dar su postura personal como la única verdadera o válida.
- * El anfitrión debe intentar acercar de manera lúdica y creativa al público a los temas que se presentan en el museo promoviendo preguntas y reflexiones que lieven al visitante a ir "construyendo" sus propias respuestas y a irse formando una posición personal sobre los temas a los que se va acercando.
- * El anfitrión debe intentar transmitir al público "cómo se hace la ciencia, y cómo el camino de construcción de las así llamadas "verdades científicas" es un camino, la mayor parte de las veces, difícil y complicado en el que se duda, se cambia de postura y muchas veces se generan contradicciones; asimismo deberá transmitirse que la ciencia está viva, es decir que no hay verdades

acabadas y que los resultados científicos son resultados del trabajo de muchos hombres y mujeres que muchas veces se enfrentan entre sí con distintas valoraciones sobre un mismo hecho.

* El anfitrión debe intentar manejar, más que discursos "verdaderos", actividades y demostraciones que permitan a los visitantes acercarse y relacionarse con el conocimiento científico de una manera novedosa y alternativa.

Los niños están en la mejor época de su vida para aprender a mirar la naturaleza desde las ciencias, pero es fundamental prepararlos primero para la adquisición de un lenguaje suficiente, ya que mientras éste no constituya un instrumento idóneo para expresar relaciones, inferencias y deducciones, no merecerá la pena enfrentarlos a tareas de ciencias.

¿Hace falta recordar que se pueden aprender palabras sin comprender su significado? Conocemos bien las consecuencias pedagógicas de los abusos cometidos mediante la enseñanza a través de la pura transmisión verbal. Es preciso recalcar un aspecto de esta cuestión: es adecuado explicar al niño las cosas que los adultos sabemos, mientras no se suponga que las entenderá igual que nosotros. Nadie puede prever el destino de la información en el pensamiento de otro; ¿por qué negarla entonces al niño? ¿cuántas palabras o ideas ajenas escuchadas de manera informal -a veces- han contribuido a modificar las nuestras? Nada hace suponer que algo así no pueda ocurrir en la mente del niño, sino todo lo contrario.

Realizar experiencias científicas en los museos de ciencias, con la finalidad de favorecer el descubrimiento, es otra forma de intervenir en un proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ello, hay que tener en mente que el niño no descubre cómo funciona el mundo físico (tampoco el lingüístico y social) tan sólo mediante la observación de los hechos, sino mediante la construcción de teorías. Él no sólo es un ser que resuelve problemas, sino que es también generador de ellos. Así pues, los aprendizajes por descubrimiento tendrán un escaso valor demostrativo para el niño si no provienen de sus propias teorías, o de su propio sistema de acciones.

La intervención pedagógica sobre el aprendizaje de las ciencias en el niño se apoya en las posibilidades cognitivas y habilidades que se adquieren entre los 3 y 6 años. Esta propuesta no pretende enunciar las posibles actividades a realizar en el dominio de la enseñanza de las ciencias en el niño, sino que se propone describir un determinado tipo de intervención didáctica (de entre otras posibilidades). Una programación coherente de las tareas de ciencias que los niños deben realizar, debe contener, al menos, tres tipos de actividades:

Actividades abiertas.

En este tipo de actividades la función principal del anfitrión será preparar el material y animar al niño a que explore libremente, sin establecer consignas que puedan restringir o focalizar demasiado su atención.

El objetivo de tales actividades es que el niño descubra por sí mismo las propiedades de sus acciones y las de los objetos. Estas exploraciones libres le permiten establecer los límites de su acción y le informan sobre el uso de los objetos y su diversidad. El proceso que tiene lugar en ellas será más rico cuanto más libre se sienta él en la elección tanto de sus propios objetivos, como de los procedimientos y estrategias para lograrlos.

Estas actividades no requieren intervenciones correctivas, en el sentido de modificar o mejorar la exploración del niño y el Anfitrión intervendrá únicamente frente a peticiones de ayuda y colaboración, o cuando exista algún riesgo para la integridad del niño.

Actividades semidirigidas.

En este tipo de actividades, el anfitrión puede proponer objetivos generales como desarrollar la curiosidad del niño, potenciar la información, conseguir que descubra las transformaciones que ocurren en la naturaleza, lograr que aprenda a emplear los objetos como instrumentos para conseguir alguna finalidad, etcétera.

Estos objetivos pueden alcanzarse mediante actividades específicas que exigen al Anfitrión un cierto control de la conducta del niño, pero que no le obligarán a establecer con él demasiada interacción.

Las intervenciones del Anfitrión en estas actividades son de acompañamiento y seguimiento, y pueden desplegarse a través de un gran número de recursos, como por ejemplo, responder a las preguntas mientras actúa, ayudarle a analizar los efectos de una mala previsión, etcétera.

Actividades controladas.

En este conjunto se incluyen aquellas en las que la intervención del Anfitrión se realiza mediante un proyecto previamente establecido. Existen diferentes modalidades de este tipo de actividades; desde aquellas que restringen el campo de actuación del niño a un programa predeterminado y cerrado (la enseñanza programada, por ejemplo), hasta aquellas que

admiten un cierto grado de incertidumbre con respecto a la actuación del niño.

Las actividades dirigidas suelen ofrecer al Anfitrión la posibilidad de recoger y sintetizar la experiencia realizada por los niños y aprovecharla de visita en visita.

En general, los objetivos que están presentes en este tipo de actividades son de carácter específico y suelen referirse a cuestiones conceptuales. El Anfitrión quiere, por ejemplo, que los niños aprendan qué tienen en común los sólidos platónicos, o en qué difieren los espejos cóncavos de los convexos (en el caso de la Sala de Matemáticas del museo de Universum). Con esta intención puede utilizar ciertos equipamientos para la mejor comprensión de los niños. Si la intención es conducirlos hacia la consideración de un determinado tipo de atributos y no de otro, a partir de las acciones infantiles, propondrá el uso de otro equipamiento para el planteamiento de nuevos problemas.

En las actividades dirigidas, el Anfitrión coloca al niño en el interior de un proceso que se trata de controlar desde el inicio, y elabora consignas adecuadas a sus objetivos, previendo respuestas posibles y preparando equipamientos alternativos.

Estas actividades dirigidas permiten al niño realizar descubrimientos de manera activa pero no en solitario ni espontáneamente. Sin duda, ese tipo de actividades serán beneficiosas como consecuencia de la explicitación de las intenciones educativas y de la elaboración de un programa de actuación (de la divulgación de la ciencia) que implica al Anfitrión y los niños.

Actividades de los niños.

Se establecen tres tipos de posibles acciones a realizar sobre objetos:

A: Actividades referidas al desplazamiento de los objetos (lanzar, arrojar, empujar, mover y otras más).

B: Actividades que conciernen a las transformaciones de los objetos, como por ejemplo en los caleidoscopios vemos transformaciones de figuras.

C: Actividades intermedias (entre A y B), como por ejemplo, mirar una gráfica del ruido en un osciloscopio o ver la distribución de la caída de balines en una cama de clavos, etcétera.

Una misma acción puede producir efectos diversos en objetos distintos.

La intensidad de una acción permitirá prever aproximadamente la magnitud de un efecto. Para que esta organización de los objetos y las

acciones sea válida en una estructura lógico-matemática, se propone cuatro condiciones en los niños:

- 1) que puedan desplazar por sí mismos los objetos
- 2) que puedan variar acciones
- 3) que tengan ocasión de observar las reacciones del objeto
- 4) que dichas reacciones sean inmediatas.

Como vemos, se trata de acciones que se refieren a los cambios que se producen en los objetos. Estas actividades están dirigidas - sobre todo - a estructurar las observaciones, de modo que el niño pueda descubrir alguna constante. Por ejemplo, un imán atrae siempre a ciertos materiales y nunca a otros.

La idea principal es poder llevar a cabo una actividad de experimentación en la que:

- * los niños actúen sobre los objetos y observen cómo reaccionan;
- * los niños actúen con una finalidad, intentando producir un efecto;
- * los niños tomen conciencia de cómo se producen los efectos deseados;
- * los niños expliquen alguna de las causas o dé las situaciones que dieron lugar a los efectos.

CONCLUSIONES

Deseo terminar esta tesis con una cita, un poco larga, de quien fue una persona que se preocupó porque la ciencia llegara a la sociedad; alguien que nos ha hecho reflexionar con sus interesantes libros y sus documentales acerca de la ciencia:

"Popularizar la ciencia - intentar hacer accesibles sus métodos y descubrimientos a los no científicos - es algo que viene a continuación, de manera natural e inmediata. No explicar la ciencia me parece perverso. Cuando uno se enamora, quiere contarlo al mundo. Este libro es una declaración personal que refleja mi relación de amor de toda la vida con la ciencia. Pero hay otra razón: la ciencia es más que un cuerpo de conocimiento, es una manera de pensar.

Es mucho lo que la ciencia no entiende, quedan muchos misterios todavía por resolver. En un universo que abarca decenas de miles de millones de años luz y de unos diez o quince miles de millones de años de antigüedad, quizá siempre será así. Tropezamos constantemente con sorpresas. La ciencia está lejos de ser un instrumento de conocimiento perfecto. Simplemente, es el mejor que tenemos. En este sentido, como en muchos otros, es como la democracia. La ciencia por sí misma no puede apoyar determinadas acciones humanas, pero sin duda puede iluminar las posibles consecuencias de acciones alternativas.

La manera de pensar científica es imaginativa y disciplinada al mismo tiempo. Ésta es la base de su éxito. La ciencia nos invita a aceptar los hechos, aunque no se adapten a nuestras ideas preconcebidas. Nos aconseja tener hipótesis alternativas en la cabeza y ver cuál se adapta mejor a los hechos. Nos insta a un delicado equilibrio entre una apertura sin barreras a las nuevas ideas, por muy heréticas que sean, y el escrutinio escéptico más riguroso: nuevas ideas y sabiduría tradicional. Esta manera de pensar también es una herramienta esencial para una democracia en una era de cambio.

Como la ciencia nos conduce a la comprensión de cómo es el mundo y no de cómo deseáramos que fuese, sus descubrimientos pueden no ser inmediatamente comprensibles o satisfactorios en todos los casos. Puede costar un poco de trabajo reestructurar nuestra mente. Parte de la ciencia es muy simple. Cuando se complica suele ser porque el mundo es complicado, o porque nosotros somos complicados. Cuando nos alejamos de ella porque parece demasiado difícil (o porque nos la han enseñado mal) abandonamos la posibilidad de responsabilizarnos de nuestro futuro. Se nos priva de un derecho. Se erosiona la confianza en nosotros mismos.

Pero cuando atravesamos la barrera, cuando los descubrimientos y métodos de la ciencia llegan hasta nosotros, cuando entendemos y ponemos en uso este conocimiento, muchos de nosotros sentimos una satisfacción profunda. A todo el mundo le ocurre eso, pero especialmente a los niños, que nacen con afán de conocimiento, conscientes de que deben vivir en un futuro moldeado por la ciencia, pero a menudo convencido en su adolescencia de que la ciencia no es para ellos.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

La ciencia puede ser difícil de entender. Puede desafiar creencias arraigadas. Cuando sus productos se ponen a disposición de políticos o industriales, puede conducir a las armas de destrucción masiva y a graves amenazas al entorno. Pero debe decirse una cosa a su favor. Cumple su cometido.

Nuevamente, la razón por la que la ciencia funciona tan bien es en parte este mecanismo incorporado de corrección de errores. En la ciencia no hay preguntas prohibidas, no hay temas demasiado sensibles o delicados para ser explorados, no hay verdades sagradas. Esta apertura a nuevas ideas, combinada con el escrutinio más riguroso y escéptico de todas las ideas, selecciona el trigo de la cizaña. No importa lo inteligente, venerable o querido que sea uno. Debe demostrar sus ideas ante la crítica decidida y experta. Se valoran la diversidad y el debate. Se alienta la formulación de opiniones en disputa, sustantivamente y en profundidad.

Hay gente que considera arrogante a la ciencia, especialmente cuando pretende contradecir creencias arraigadas o cuando introduce conceptos extraños que parecen contrarios al sentido común. Sin embargo, mantengo que la ciencia es parte integrante de la humildad. Los científicos no pretenden imponer sus necesidades y deseos a la naturaleza, sino que humildemente la interrogan y se toman en serio lo que encuentran. Somos conscientes de que científicos venerados se han equivocado. Entendemos la imperfección humana.

Para mí, hay cuatro razones principales para realizar un esfuerzo concertado que acerque la ciencia – por radio, televisión, cine, periódicos, libros, programas de ordenador, parque sistemáticos y aulas de clase – a todos los ciudadanos; debe hacerse accesible a la más amplia escala una comprensión fundamental de los descubrimientos y métodos de la ciencia.

- A pesar de la abundantes oportunidades de mal uso, la ciencia puede ser el camino dorado para que las naciones en vías de desarrollo salgan de la pobreza y el atraso. Hace funcionar las economías nacionales y la civilización global. Muchas naciones lo entienden. Ésa es la razón por la que tantos licenciados en ciencia e ingeniería de las universidades norteamericanas – todavía las mejores del mundo – son de otros países.
- La ciencia nos alerta de los riesgos que plantean las tecnologías que alteran el mundo, especialmente para el medio ambiente global del que dependen nuestras vidas. La ciencia proporciona un esencial sistema de alarma.
- La ciencia nos enseña los aspectos más profundos de orígenes, naturalezas y destinos: de nuestra especie, de la vida, de nuestro planeta, del universo. Por primera vez en la historia de la humanidad, podemos garantizar una comprensión real de algunos de esos aspectos. Todas las culturas de la Tierra han trabajado estos temas y valorado su importancia.
- La ciencia no posee posiciones ventajosas o privilegios especiales. Tanto la ciencia como la democracia alientan opiniones poco convencionales y un vivo debate. Ambas exigen raciocinio suficiente, argumentos coherentes, niveles rigurosos de prueba y honestidad."

Carl Sagan.

Por último propongo una mejor difusión de las matemáticas por medio de museos, revistas o actividades culturales, para su divulgación y principalmente para que los niños tengamos una mejor idea de lo que son las matemáticas y cómo pueden ayudar al desarrollo de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- BAXTER, John. 1989. "Children's understanding of familiar astronomical events." *International Journal of Science Education* No. 11, Special Issue: 502-513.
- BENNINGTON, Seddon. "El museo de ciencia como activista social.": 27-32
- BISHOP, Alan J. *Mathematical enculturation*. U.K., Cambridge. (Mathematics Education Library, No. 6).
- CHAMIZO, José Antonio. "Introducción. La necesidad de la divulgación de la ciencia en México.":11-21.
- DUFRESNE-TASSÉ, Colette. "Abandonar alguno estereotipos para comprender mejor el funcionamiento psicológico del visitante y ofrecer así exposiciones de mejor calidad.": 33-48.
- GARCÍA, Rolando. 1996. "El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias." (No. 3).
- McMANUS, Paulette M. 1987. "It's the Company You Keep... The Social Determination of Learning-related Behaviour in a Science Museum." *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. No. 6: 263-270.
- MILES, Roger. 1985. "Exhibitions: Management, for a Change." *The management of change in museums*. Editado por New Cossons National Maritime Museum: 31-34.
- PALADIN, Luigi y PASINETTI, Laura. 1999. "El arte de la divulgación. Viaje por los libros de divulgación para niños y jóvenes." *Oficio editorial*. (Libros de México, No. 54): 19-30.
- PÉREZ TAMAYO, Ruy. 1989. "Una definición de ciencia." *Cómo acercarse a la ciencia*. México: CONACULTA, Gob. Del Edo. De Qro., Editorial Limusa: 7-13.
- POPPER, K.R. 1983. "Tres concepciones sobre el conocimiento humano." *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Editorial Paidós Studio: 131-155.
- SAGAN, Carl. 1998. *El mundo y sus demonios*. México. Editorial Planeta: 43-58.

SEMPER, Robert J. 1990. "Science museums as environments for learning." *Physics Today*. American Institute of Physics: 50-56.

SCHOUTEN, Frans. 1987. "Psychology and exhibit design: a note." *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. (No. 6): 287-293.

TAPPAN VELÁZQUEZ, Martha y ALBOUKREK, Aarón. 1992. "El discurso de la divulgación de la ciencia." *Ciencia* No. 43: 273-278.

TOULMINS, Stephen. 1964. *La filosofía de la ciencia*. Argentina: Libros de Mirasol.