

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DOCTORADO TRANSDISCIPLINARIO
“DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA LA SOCIEDAD”

PROTOCOLO DE TESIS

Línea de investigación:
Integración de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (ICTS)

LA EDUCACIÓN EN QUÍMICA PARA LOS NIVELES MEDIO Y MEDIO SUPERIOR: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS

Tesista:

Yosajandi Pérez Campillo

Co-directores de tesis:

Dr. Rafael Baquero Parra (CINVESTAV) y Dr. José Antonio Chamizo Guerrero
(FQ-UNAM)

Asesores:

Dr. Gerardo Hernández García (CINVESTAV)
Dr. Yasuhiro Matsumoto Kawahara (CINVESTAV)
Dra. María del Carmen Sánchez Mora (DGDC-UNAM)
Dr. Ernesto Suaste Gómez (CINVESTAV)

Septiembre de 2013

1. Introducción

A partir de los resultados de la encuesta sobre percepción pública de la ciencia, *Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México* (ENPECYT, 2011), es posible tener un indicio de lo que una buena parte de los mexicanos estamos pensando sobre la “ciencia y la tecnología”¹. Es importante aclarar que la población objetivo de esta encuesta, fueron personas mayores de 18 años que residen en viviendas particulares ubicadas en áreas urbanas de más de 100,000 habitantes², lo cual excluye a la población de ciudades pequeñas y sobre todo, de comunidades rurales. Aún con esta porción de la población, es posible resaltar algunos datos importantes de la encuesta.

El primer punto a considerar se refiere a la escolaridad de la población: la mayoría, 46.84% tienen educación básica y el 22.98% media superior. Sólo el 26.47% cuenta con educación superior y el 3.7% no tiene instrucción. Estos datos coinciden con lo reportado por el INEGI en el Censo de Población y Vivienda 2010 en el que se reporta que el grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años es de 8.6 años aprobados.

Otro aspecto es que aunque los resultados reflejan que los mexicanos encuestados piensan que la ciencia es *importante*, por ejemplo para el 81% “la investigación científica y tecnológica juega un papel fundamental en el desarrollo industrial”, el 79.66% está de acuerdo en que “muchos de los bienes de alta tecnología son útiles o prácticos” y el 65.43% está de acuerdo en que “el crecimiento económico de una población está estrechamente relacionado con su nivel de investigación en ciencias básicas”, lo cierto es que cuando contrastamos estas respuestas con otros datos como los relacionadas con las cuestiones sobre fe y tradiciones o con la información que tienen sobre ciencia y tecnología, vemos que los conceptos “ciencia” y “tecnología” son vistos como algo quizá importante y necesario, pero “ajeno” a los individuos.

Para dar cuenta de esto vemos que en cuanto a la fe y las tradiciones, resalta que el 72.59% de los mismos encuestados afirman que los mexicanos “confiamos demasiado en

¹ Es importante aclarar que en la encuesta no se hace mención sobre qué conceptos de “ciencia”, “tecnología”, “alta tecnología”, “ciencias básicas”, entre otros, tienen los encuestados por lo que la interpretación de los resultados debe tomar en cuenta esta carencia de información.

² Bajo estos criterios, la encuesta fue aplicada a los habitantes de las ciudades de Acapulco, Aguascalientes, Campeche, Cancún, Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Cuernavaca, Culiacán, Durango, Guadalajara, Hermosillo, La Paz, León, Morelia, Oaxaca, Pachuca, Puebla, Querétaro, Saltillo, SLP, Tampico, Tepic, Tijuana, Tlaxcala, Toluca, Tuxtla Gtz., Villahermosa, Mérida, Monterrey, Xalapa y Zacatecas.

la fe y muy poco en la ciencia”, el 29.66% cree que hay números de la suerte, el 36.53% considera que “algunos de los objetos voladores no identificados que se han reportado, son en realidad vehículos espaciales de otras civilizaciones” (más un 14% que no sabe qué responder) y el 40.28% cree que “algunas personas poseen poderes psíquicos”. Aunque estos porcentajes podrían no ser tan altos y no corresponden a “la mayoría”, sí nos reflejan una problemática: la importante presencia de creencias en temas no sustentados por la ciencia³. Aunado a lo anterior, tenemos que respecto a la opinión sobre la ciencia y los científicos, el 55.39% de los encuestados, está de acuerdo en que “el desarrollo tecnológico origina una manera de vivir artificial y deshumanizada” y el 55.67% considera que “debido a sus conocimientos, los investigadores científicos tienen un poder que los hace peligrosos”.

Otros datos importantes de esta encuesta son los relacionados con el interés de los entrevistados en temas de ciencia y tecnología. De acuerdo con los resultados, el 78.23% está interesado⁴ en “nuevos inventos y tecnología” y al 75.72% le interesan los “nuevos descubrimientos científicos”, lo cual es una gran mayoría. Sin embargo, cuando vemos los datos relacionados con los medios en donde se puede tener acceso a información de estos temas, los resultados ya no son tan positivos. Por ejemplo: respecto a las horas a la semana que los encuestados ven la televisión tenemos que el 32.92% ve entre 1-8 horas, el 60.36% entre 9-40 horas, el 2.92% 41 horas o más y apenas el 3.8% no ve la televisión. De aquí, el tiempo dedicado a ver programas de ciencia y tecnología es: el 39.98% de 1-8 horas, el 2.53% entre 9-40 horas y un gran 57.49% NO ve este tipo de programas.

En la radio ocurre algo parecido, los tiempos dedicados a la semana, a escucharla son: 33.13% entre 1-8 horas, 26.71% entre 9-40 horas, el 3.62% 41 horas o más y el 36.54% no la escucha. De los que si escuchan radio, el tiempo dedicado a programas de ciencia y tecnología es: el 16.01% escucha entre 1-8 horas, un mínimo 0.14% entre 9-40 horas y la mayoría, el 83.85%, NO escucha ningún programa de este tipo.

³ Aunque la definición de lo que es ciencia es un asunto filosófico que no compete a la discusión en este trabajo, es necesario aclarar que aquí entendemos ciencia lo que establece Mario Bunge (2012:9): “el conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente fiable”.

⁴ En los datos de la encuesta el interés está en subdividido en categorías: muy grande, grande, moderado y nulo, pero para simplificar el análisis, aquí hemos considerado sólo el que haya o no interés.

Ahora, si consideramos los medios escritos, la tendencia no cambia. En el caso de los periódicos, la frecuencia de la lectura es: 12.8% un día, 24.24% entre 2-5 días, 16.46% entre 6 o 7 días y el 46.51% NO lee. Ahora, el número de artículos leídos semanalmente sobre ciencia y tecnología es aún más bajo: el 56.76% NO lee ningún artículo, el 14.87% lee uno, el 19.93% lee entre 2 y 5 y apenas el 5.44% lee 6 o más.

Con las revistas pasa lo mismo: el 68.81% NO lee revistas, el 10.88% lee revistas un día a la semana, el 16.48% lee revistas entre 2-5 días y el 3.82% lee revistas 6 o más días a la semana. De aquí, la estadística sobre el número de artículos sobre ciencia y tecnología que leen a la quincena (los pocos que sí leen revistas) es: el 38.6% NO lee algún artículo, el 17% lee uno, el 30.64% lee entre 2-5, y el 13.76% lee 6 o más.

En el caso del internet, el 76.67% manifiesta tener conocimientos sobre internet y las horas a la semana de acceso son: el 47.06% entre 1-8 horas, el 46.22% entre 9-40 horas, el 6.73% 41 o más horas. De aquí, el 41.96% manifiesta consultar temas de ciencia y el 50.47% temas de tecnología.

Respecto a los centros de ciencia, tenemos que sólo el 15.65% visitó museos de ciencia y tecnología, el 12.25% visitó algún planetario, el 17.07% visitó exposiciones tecnológicas o industriales y apenas el 8.11% asistió a la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología.

De los datos anteriores, es posible decir varias cosas: en primer lugar, hay que considerar la cuestión de la escolaridad promedio de los mexicanos. Como ya hemos señalado, la mayoría de la población no cursa más que la secundaria o el nivel medio superior. De acuerdo con el *Censo de Población y Vivienda* realizado por el INEGI en el 2010, para una población de casi 78.5 millones de mexicanos con 15 años y más, el 7.2% no tienen escolaridad, el 12.6% tienen la primaria incompleta, el 16.0% terminaron la primaria, el 5.2% tienen la secundaria incompleta y el 22.3% completa. Tan sólo el 19.3% de esta población tienen “al menos un grado” de la educación media superior (lo cual indica que se incluye en este porcentaje a las personas que no concluyeron el bachillerato) y apenas un 16.5% con “al menos un grado” de educación superior (que también incluye a ciudadanos que probablemente no terminaron una carrera o no están titulados), lo que significa que el 82.6%⁵ de esta población, tiene, cuando más, la educación media superior... Esto sugiere que hay que poner especial atención a la educación en el nivel

⁵ Cabe señalar que haciendo la suma de los porcentajes, se tiene un total de 99.1%, no se especifica en la página del INEGI qué pasó con el 0.9% faltante (poco más de 700mil personas).

básico y medio superior, pues es el máximo nivel educativo al que -en términos reales- aspira la población mexicana.

Por otro lado, la misma encuesta nos revela que aunque la mayoría de los entrevistados manifestaron que el conocimiento científico es útil y necesario para satisfacer necesidades humanas y para avanzar económicamente, cuando vemos los datos reales del tiempo que dedican a adquirir información sobre estos temas, tenemos que en realidad este “interés” es muy superficial y pareciera entonces que la ciencia es sólo para los científicos y no algo que está cercano a las personas. Aquí habría que preguntarse si este fenómeno tiene que ver sólo con el hecho de que a las personas realmente no les interesan los temas relacionados con la ciencia y la tecnología o se debe a que no hay una verdadera comprensión de los temas por lo que se prefiere no acceder a ellos o en todo caso, porque la oferta de programas o artículos es poca, mala o nada motivante. Lo mismo podríamos decir sobre los centros de ciencias en los que posiblemente, la baja asistencia obedece a factores como la pobre accesibilidad (la mayoría de estos centros se encuentra ubicado en las ciudades capitales de los estados) o a que la propuesta de divulgación es mala o mínimamente atractiva para un público de por sí poco interesado.

Como resultado de todo lo anterior, tenemos lo que ha dicho el Dr. Marcelino Cereijido en infinidad de ocasiones y de foros: “México, al igual que diversos países en desarrollo, ha sido incapaz de desarrollar una cultura compatible con la ciencia, lo que nos ha llevado a acentuar el analfabetismo social de ésta”⁶. Otros autores coinciden también en que México padece de un preocupante analfabetismo en ciencias (De la Peña, 2005; Márquez, 2010) que tiene consecuencias no sólo en el poco interés de los jóvenes estudiantes que ingresan a carreras universitarias, sino también, en la muy lamentable percepción de la ciencia, que indica, como ya hemos visto, que los mexicanos “confían demasiado en la fe [en la religión, en la astrología, en la parapsicología, en el esoterismo, etc.] y poco en la ciencia” a la que consideran peligrosa o deshumanizada.

El problema de este analfabetismo en ciencias no es sólo que la matrícula universitaria sea pobre, que el número de investigadores sea bajo o que se considere que los científicos son peligrosos, el problema es más grave aún: la comprensión del

⁶ Publicado en: Torres, I. México, inmerso en el analfabetismo científico del tercer mundo: Cereijido. La Crónica de Hoy, 11 de febrero de 2013. Disponible en: <http://www.cronica.com.mx/notas/2009/417710.html> [Consultado el 25 de mayo de 2013]

conocimiento que la ciencia nos aporta se está convirtiendo en un elemento imprescindible para comprender el mundo en que vivimos, pero sobre todo, para conformar opiniones más sólidas, fundamentadas y con mejores argumentos que nos permitan tomar decisiones sobre determinados avances en ciencia y tecnología que inciden en nuestra vida y de los cuales no siempre se está seguro si positiva o negativamente. Entonces, entendemos por **alfabetización en ciencias**⁷ al “grado en el que un individuo, posee conocimientos científicos y los utiliza para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre aspectos relacionados con la ciencia” (OECD, 2007). En otras palabras, al hablar de tener una sociedad alfabetizada en ciencias, no significa tener una sociedad en la que todos “hagan ciencia”, se trata más bien, de tener una sociedad que sea capaz de encontrar explicaciones de los fenómenos de la naturaleza a partir del conocimiento científico, de comprender y analizar problemas relacionados con las ciencias y la tecnología, de tomar mejores decisiones sobre el uso o no de ciertos productos, sobre la conveniencia o no de ciertas prácticas, pero sobre todo, de cuestionarse y tomar conciencia ante cualquier intento de manipulación que afecte su entorno (por ejemplo: ante el consumo de “productos milagro”, ante el uso o no de energías alternas, ante el hecho de consumir o no ciertos medicamentos, etc.).

Aunque la posibilidad de tener una sociedad alfabetizada en ciencias podría parecer utópica, existen caminos que pueden conducirnos, al menos en cierto grado, a mejorar esta condición. En este sentido, varios autores coinciden en que una **educación** de calidad será un antídoto ideal en contra de este analfabetismo, de la ignorancia, la marginación y la manipulación de la ciudadanía (Aguirre y Vázquez, 2004; Cereijido, 2009; Cañal, 2004; Chamizo, 2000; Herrera, 2002; Gil y Vilches, 2006; Jiménez *et al*, 2002; Liu, 2009; Norris y Olmedo, 2011; Sanmartí, 2002; Segarra *et al*, 2008; Wagensberg, J., 1992, 1998a y 2001) y para ello, se requiere reconceptualizar el aprendizaje de las ciencias como un proceso de toda la vida (Delors, 1996) y no sólo desde el punto de vista profesional o laboral, sino como una mejora personal.

Pero para hablar de una “educación de calidad” tendríamos que considerar muchos factores como el presupuesto destinado a la educación, la infraestructura de los centros educativos, la formación de los docentes, la oferta educativa, el diseño curricular, la

⁷ El término original utilizado por PISA, “literacy”, se ha traducido generalmente como “alfabetización”, pero también puede encontrarse que se usa el término “cultura” (Pérez, 2011)

condición socio-económica de los estudiantes e incluso, las creencias religiosas. Lamentablemente, tratar de resolver todos y cada uno de estos temas es una tarea compleja que corresponde a un gran número de actores de muy diversa procedencia académica por lo que rebasa, con mucho, los alcances de un trabajo como éste. Sin embargo, es posible empezar por abordar alguno de los factores que intervienen y en esta investigación, lo que se pretende es aportar algunas propuestas a partir de la didáctica, es decir, en consideración a los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Es necesario aclarar que cuando hablo de **ciencia y educación** me refiero a la **ciencia escolar**, es decir, al establecimiento de puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los científicos y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. En otras palabras, la reelaboración del conocimiento de los científicos de tal manera que se pueda proponer al estudiante en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje (Jiménez y Sanmartí, 1997). Ahora bien, al hablar de ciencia escolar también es necesario distinguir entre las diferentes disciplinas científicas⁸ (física, química, biología, etc.) en las que se aborda el estudio de las ciencias en los niveles medio y medio superior. De este modo, si se pretende hablar de una mejora en la educación en ciencias, se tendrían que abordar todas y cada una de las disciplinas científicas que se estudian en la escuela... tarea, que una vez más, rebasa los alcances de este trabajo no sólo porque se requiere de una gran cantidad de tiempo para el estudio, sino también porque sería necesario el conocimiento profundo de tales disciplinas.

Bajo este panorama, he elegido sólo una de las disciplinas científicas, la **Química**, por tres razones fundamentales: la primera, porque es mi área de conocimiento y sobre la que he desarrollado trabajos relacionados con la didáctica y la divulgación (Pérez, 2007, 2008, 2010; Pérez y Chamizo, 2011, en prensa; Pérez e Irazoque, 2009); la segunda, porque históricamente ha representado cierto nivel de dificultad en el aprendizaje escolar (Carter, 1989; Furió, 2006; Gómez *et al*, 2004) y la tercera, porque su contribución al conocimiento científico es importante.

⁸ Que se entienden como formas de organización del conocimiento que pueden justificarse por criterios temáticos, históricos, socio-institucionales o por una combinación de ellos (Gianella, 2006)

¿Alfabetización en química?

Dice Vicente Talanquer (2011:57) que:

“El gran poder transformador del conocimiento, las formas de hacer y pensar, así como los productos tangibles de la química, hacen imperativo que los ciudadanos de este planeta adquieran los conocimientos químicos mínimos que les permitan tomar –o a ayudar a tomar- decisiones responsables sobre cómo utilizarlos. Nuestra supervivencia depende del éxito que tengamos en educar a las nuevas generaciones para que puedan analizar de forma crítica los costos y los beneficios de los productos de la ciencia y la tecnología [...]”.

En otras palabras y a partir de lo que dice Talanquer, lo que necesitamos es estar “alfabetizados en química”. Si bien es cierto que cuando se habla de la alfabetización en ciencias no se hace referencia a la particularidad de alguna disciplina científica, sí es posible hacer una distinción de la alfabetización que implique el conocimiento, comprensión y aplicación de ciertos conocimientos y reflexiones propios de cada disciplina. De este modo, es posible hablar de **alfabetización en química** (Atkins, 2005; Holman, 2002; Schwartz *et al*, 2006; Witte y Beers, 2003), es decir, una persona alfabetizada en química será aquella que sea consciente de la existencia de la química como una ciencia derivada del pensamiento humano, que tiene fortalezas y limitaciones, y que se relaciona y nutre con otras disciplinas científicas y con la tecnología; será además, una persona que entiende los conceptos y principios clave de la disciplina, usándolos para explicar diversos fenómenos naturales dentro de un contexto social.

Aunque la química es una disciplina poco popular entre la ciudadanía en general, pero específicamente entre los estudiantes de los niveles medio y medio superior (Galagovsky, 2005; Izquierdo, 2012; Mammino, 2001; Román, 2011; Sánchez, 2004), hay que considerar el hecho de que los conocimientos químicos, siguen siendo fundamentales para comprender procesos y conceptos, no sólo de química o de otras áreas del conocimiento como la biología molecular, medicina, biotecnología, etc., sino también porque en la vida diaria hay muchos fenómenos que son explicados a partir de conceptos propios de la química. En este sentido, dice Mercé Izquierdo (2006: 17):

“La química está avanzando en las fronteras con otras disciplinas y se puede considerar que es la ciencia más importante en estos momentos, sin la cual las otras no podrían avanzar. Pero, en cambio, la impresión general es que las personas no tienen una opinión adecuada de lo que es la química, ni de qué tipo de “verdad” propone, ni de cómo se puede influir en ella, ni de qué sirve a los que no son químicos... Si es cierto que la enseñanza de las ciencias en todo el mundo está en crisis, [...] debemos tomarnos en serio los diversos cambios curriculares [...] La química como disciplina científica se estructuró para formar a un químico profesional pero, como que ahora el discípulo es el ciudadano y no el futuro científico”.

¿Qué hacer entonces, para contribuir a la alfabetización en química de la ciudadanía?

Alcanzar la alfabetización en química tanto para la población escolar como para la ciudadanía en general, puede ser complicado por razones tanto de carácter académico como social pues por un lado, la química ha sido considerada *difícil e incomprensible* (Carter, 1989; Furió, 2006; Gómez *et al*, 2004; Laszlo y Greenberg, 1991) y por otro, se ha favorecido una visión de la química como negativa (*mala, dañina, artificial*) para la sociedad y el medio ambiente (Bensaude-Vincent, 2008; Chamizo, 2011; García, 1991, Rius, 1991). Sin embargo para combatir lo anterior, una educación en química que esté centrada en el estudiante, que sea contextualizada e incluyente puede ser una opción para alcanzar el objetivo de alfabetización (Galagovsky, 2005; Izquierdo, 2006; Pinto, 2003; Porro, 2007; Talanquer, 2011).

Con base en lo anterior, la presente investigación plantea la necesidad de hacer un **diagnóstico** del estado actual de la **de la educación química en México en los niveles medio y medio superior** y a partir de él, **hacer propuestas** desde el ámbito de la didáctica **que puedan contribuir a la mejora de esta educación** y como consecuencia a la alfabetización en química de la ciudadanía.

2. Marco Teórico

2.1 La educación en ciencias

Primero que nada, hay que aclarar que el concepto de educación se ha definido en diversas formas a lo largo de la historia de la humanidad. Etimológicamente “educación” proviene fonética y morfológicamente de *educare* (conducir, guiar); pero semánticamente recoge la versión de *educere* (hacer salir, dar a luz) (Martínez, 2001).

La educación es una acción compleja y heterogénea que presenta una considerable diversidad de procesos, agentes e instituciones. Da acuerdo con Sarramona (2000), la educación:

- es un proceso de humanización para los individuos,
- supone una acción dinámica del sujeto educando con otros sujetos y su entorno,
- proporciona las bases de la integración social de los individuos,
- constituye una dimensión básica de la cultura,
- se trata de un proceso permanentemente inacabado
- Constituye una tarea compleja en sus procesos y en sus resultados.

Con el propósito de organizar y comprender la indicada complejidad del proceso educativo, se pueden establecer algunos criterios que distingan los diferentes tipos de acciones educativas, por ejemplo: la intencionalidad, la sistematización y el marco institucional son aspectos cuya combinación da lugar a diferentes niveles de formalización de la acción educativa. De acuerdo a estos criterios, la educación puede ser clasificada como: formal, no formal e informal⁹.

La *educación formal* es la que se realiza dentro de un espacio físico determinado e institucionalizado llamado escuela (Tourrián, 1996). En este tipo de educación, los procesos de enseñanza y aprendizaje son fundamentales para entender el hecho educativo, aunque también cohabitan junto a ellos el objeto de estudio (lo que se enseña) materializado en el currículo (en el sentido de los objetivos y contenidos a enseñar), los medios y recursos didácticos de los que el profesor se vale para alcanzar sus propósitos

⁹ La contraposición educación formal- educación no formal aparece primeramente en la obra de Ph. Coombs: “The world educational crisis” publicada en 1968 y es hasta 1974 con la obra de Coombs y Ahmed “Attacking rural poverty: how non-formal education can help” que los términos educación formal, no-formal e informal, son definidos. (Tourrián, 1996)

(Martínez, 2001) En otras palabras, la educación formal es aquella que conlleva el logro de titulaciones académicas reconocidas oficialmente. Este tipo de educación está legalmente regulada y controlada (Colom, 2005; Sarramona, 2000).

Por otro lado, la *educación no formal* es la que ocurre fuera de ese sistema escolar para facilitar determinados tipos de aprendizaje a subgrupos particulares de la población (Tourriñan, 1996) y que contribuye al desarrollo del individuo en ámbitos sociales, laborales, culturales o incluso académicos. Es un sistema complementario de educación que implica un conjunto de actividades organizadas y sistematizadas pero fuera del sistema educativo formal. La educación no formal tiene también las características de sistematización e intencionalidad explícita pero las acreditaciones académicas que de ella derivan no ofrecen grados académicos porque el nivel de regulación legal sobre sus contenidos y procesos es bajo o inexistente. Los ejemplos típicos que se pueden poner son los aprendizajes de arte, idiomas, salud, capacitación laboral, entre otros (Sarramona, 2000).

A diferencia de las anteriores, la *educación informal*¹⁰ es “el proceso no organizado y no sistematizado de adquisición de conocimientos, habilidades, actitudes y pautas de conducta a través de la convivencia diaria, la influencia generalizada y los medios de comunicación” (Tourriñan, 1996: 63) en la que las consecuencias educativas no fueron elaboradas específicamente con fines educativos pues el nivel de sistematización es bajo o nulo, en otras palabras es la educación que se vive de manera inconsciente.

Esta clasificación se refiere a la educación en general, y por supuesto aplica a la educación en ciencias.

2.2 La educación obligatoria en México

Como ya hemos dicho, hoy en día, nadie niega que enseñar y aprender ciencias y química en particular, es fundamental, no sólo porque nos permite entender muchas cosas de nuestro entorno, sino también porque los grandes avances científicos (y tecnológicos) forman parte de nuestra vida cotidiana y la influyen de diversas maneras.

¹⁰ De acuerdo con Sarramona (2000: 17): “la denominación de in-formal significa etimológicamente lo mismo que no-formal, esto es, la negación de la formalidad, de ahí que algunos autores prefieran hablar solamente de educación formal e informal, dividiendo la primera entre escolar y no escolar. Pero en realidad es que la terminología internacional ha acuñado los tres términos indicados”.

Sin embargo, cuando desde el ámbito educativo se habla de para qué enseñar ciencias, los argumentos van en tres planos generales que establecen a la ciencia: (1) como cultura, (2) como forma de razonar, de actuar y de valorar y (3) como un conocimiento aplicado.

En el primer aspecto, basta decir que una de las finalidades de la enseñanza de las ciencias en la escuela es su transmisión cultural, es decir, la *cultura científica* que debe entenderse como el conjunto de modelos y teorías de que se dispone en este momento histórico, para responder a las preguntas sobre los hechos y fenómenos que ocurren a nuestro alrededor (Sanmartí, 2002), en otras palabras, es “echar mano” del conocimiento científico para explicarnos el qué y el por qué de lo que ocurre, más allá de la pura memorización de datos. En el segundo aspecto, hay que decir que el pensar “científicamente” implica poner en práctica una metodología, un sistema de razonamientos, aplicar la creatividad e imaginación y por supuesto, poner en juego una serie de valores y actitudes vinculados al propio contexto histórico y social. Y finalmente, en el tercer aspecto, se refiere a que la ciencia nos permite entender el mundo, hacer predicciones y transformar prácticas (para bien o para mal).

Como ya se ha dicho, el aprendizaje de la ciencias se da inicialmente en la escuela y es por ello que para poder analizar cómo está siendo su enseñanza, es necesario entender cómo está conformado el sistema educativo, es este caso, de México.

2.2.1 La educación obligatoria

En México se tienen básicamente tres niveles educativos: la educación básica (que comprende desde el preescolar, primaria y secundaria), la educación media-superior (bachillerato) y la educación superior (que comprende la licenciatura y el posgrado), además, de la educación técnica. La educación obligatoria en el país comprende tanto a la educación básica como al bachillerato¹¹.

¹¹ A partir del 8 de febrero de 2012, se firmó el decreto por el que el bachillerato se hace obligatorio, a partir de las reformas a los artículos 3º y 31 constitucionales. A pesar del decreto, debido a las precarias condiciones del Sistema Educativo Mexicano, será hasta 2025 cuando se alcance en el país la cobertura universal de este nivel. Fuente: Rodríguez, A. “Decreta Calderón bachillerato obligatorio... aunque sin escuelas” en *PROCESO*, 8 de febrero de 2012, <http://www.proceso.com.mx/?p=297757> [Consultado el 5 de febrero de 2013]

En el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, se plantearon los objetivos para llevar a cabo una transformación educativa en el país y se constituyeron como el marco que dio rumbo y sentido a dos acciones de política educativa específicas: la *Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB)* y la *Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS)*. Los aspectos sustantivos de ambas reformas son conseguir:

RIEB	RIEMS
<ul style="list-style-type: none"> • Articulación entre los niveles que conforman la educación básica. • Continuidad entre la educación preescolar, primaria y secundaria. • Énfasis en temas relevantes para la sociedad actual y en la formación para la vida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de un Marco Curricular Común. • Definición y reconocimiento de la oferta de la Educación Media Superior. • Profesionalización de los servicios educativos. • Certificación Nacional Complementaria.

Y los beneficios esperados de cada una de ellas son:

RIEB	RIEMS
<ul style="list-style-type: none"> • Contar con Planes y programas de estudio actualizados, con enfoques de enseñanza pertinentes y con la definición de los aprendizajes esperados por grado y asignatura. • Fortalecer la formación de directivos y docentes. • Impulsar procesos de gestión escolar participativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Involucrar a todos los subsistemas que la componen, para dotar a los estudiantes, docentes y a la comunidad educativa con los fundamentos teórico-prácticos para que el nivel medio superior sea relevante en el acontecer diario de los involucrados. • Con la Reforma Integral de la Educación Media Superior, los diferentes subsistemas del Bachillerato podrán conservar sus programas y planes de estudio, los cuales se reorientarán y serán enriquecidos por las competencias comunes del Sistema Nacional del Bachillerato.

Uno de los resultados de estas dos reformas fue la generación de nuevos Planes y Programas de Estudio que en el caso de la educación básica, son los adoptados en todo el país (salvo en las escuelas privadas que se apeguen a otro tipo de enseñanza, como los liceos extranjeros, por ejemplo).

En el caso de la Educación Media Superior, el panorama es más complejo, pues la estructura organizativa de este nivel educativo, tiene distintos tipos de control administrativo y presupuestal (INEE, 2011), de este modo se tienen:

- Los bachilleratos que dependen del gobierno federal pueden ser centralizados o descentralizados. Los bachilleratos federales son mayoritariamente de tipo tecnológico, pero también pueden encontrarse los modelos de bachillerato general y profesional técnico.
- Los bachilleratos que dependen financieramente de las entidades federativas también pueden ser centralizados o descentralizados.
- Los bachilleratos autónomos pueden estar adscritos a la Universidad Nacional Autónoma de México o a las universidades públicas estatales.
- Los bachilleratos subsidiados tienen un financiamiento mixto (público y particular). El subsidio puede provenir de dos fuentes: de la SEP o de las entidades federativas.
- Los bachilleratos que dependen financieramente de instancias particulares.

Debido a esta variabilidad de bachilleratos es que la RIEMS toma relevancia pues uno de sus objetivos es tener un Marco Curricular Común (MCC) a todos ellos, independientemente de su tipo. De este modo, con este MCC, se espera que el nivel medio superior este regido por los Programas de estudio establecidos por la Dirección General de Bachillerato de la Subsecretaría de Educación Media Superior. Sin embargo, cabe señalar que aún hay instituciones como los bachilleratos de la UNAM o el IPN y sus escuelas incorporadas que no han adoptado estos programas de estudios y tienen el propio.

De este modo, queda claro que si se requiere hacer un análisis de la educación obligatoria en química, habrá que poner atención a estas dos reformas integrales y a los programas de dos de las más grandes e importantes instituciones educativas: analizar sus

alcances, los programas de estudio relacionados con química, pero sobre todo, el contexto en el que se pretenden aplicar considerando la diversidad cultural de la población mexicana, los diferentes niveles socioeconómicos, la infraestructura, etc.

2.2.2 Pero... ¿qué tanto saben los jóvenes de ciencia, específicamente de química, en los niveles educativos obligatorios?

En el caso de la educación formal en México, la evaluación del logro académico para los niveles de educación obligatoria se da a partir de tres pruebas: dos de carácter nacional (EXCALE y ENLACE) y una de carácter internacional (PISA). A continuación se describen los resultados para la evaluación en ciencias (enfaticando en química, cuando es el caso) de cada una de ellas.

A) EXCALE

El Instituto Nacional para la Evaluación Educativa (INEE), evalúa el logro educativo a partir de la aplicación de los *Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos (EXCALE)* a muestras con representatividad nacional de estudiantes de 3° de preescolar, 3° y 6° de primaria, 3° de secundaria y grado terminal de Educación Media Superior. En esta prueba, se evalúan los conocimientos y habilidades que los alumnos deben aprender, exclusivamente en las áreas de español y matemáticas, por lo que no hay evaluación en ciencias (incluida química).

B) ENLACE

La Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE) es una prueba del Sistema Educativo Nacional que se aplica a planteles públicos y privados del país.

- En la Educación Básica, a estudiantes de tercero a sexto de primaria y jóvenes de primero a tercero de secundaria, en función de los planes y programas de estudios oficiales, específicamente en las asignaturas de *Español y Matemáticas*. Sin embargo, también se evalúa en distintos años, una tercera asignatura: en 2008 *Ciencias (I, II y III)*, en 2009 *Formación cívica y ética*, en 2010 *Historia*, en 2011 *Geografía* y en 2012 nuevamente *Ciencias*.

- En la Educación Media Superior: a jóvenes que cursan el último grado de bachillerato para evaluar sólo las competencias disciplinarias básicas de los Campos de Comunicación (Comprensión Lectora) y Matemáticas, por lo que NO HAY EVALUACIÓN EN CIENCIAS en este nivel educativo.

El propósito, según el INEE, es generar una sola escala de carácter nacional que proporcione información comparable de los conocimientos y habilidades que tienen los estudiantes en los temas evaluados.

Para el análisis que nos interesa, se consideran los resultados obtenidos en la evaluación realizada a los estudiantes de 3º de secundaria (es decir, el curso de Ciencias III correspondiente a química) del año 2012. Los resultados globales, que comprenden tanto a la secundaria general, particular, técnica y la telesecundaria, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados globales de ENLACE para secundaria, 2012							
GRADO	ENTIDAD	AÑO	% GLOBAL				ALUMNOS
			INSUFICIENTE	ELEMENTAL	BUENO	EXCELENTE	
1º	NACIONAL	2012	16,2	57,1	25,1	1,5	1.812.421
2º	NACIONAL	2012	16,5	60,7	22,2	0,6	1.727.463
3º	NACIONAL	2012	15,7	57,1	25,9	1,3	1.602.748
GLOBAL	NACIONAL	2012	16,1	58,3	24,4	1,1	5.142.632

Como puede observarse, alrededor del 73% de los estudiantes de tercero de secundaria están en un nivel **elemental o insuficiente** respecto a los aprendizajes esperados de química de acuerdo al programa de estudios (aunque puede verse la misma tendencia para el caso de biología en el primer grado y física en el segundo grado). Esto sugiere que habrá que poner atención a la manera en la que se está realizando el proceso de enseñanza-aprendizaje en este nivel educativo considerando el análisis curricular, la infraestructura, los docentes, el contexto social, etc.

C) PISA

El *Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes* (PISA) es una prueba elaborada por la OCDE, con aplicación cada tres años desde 1997. México se incorporó al programa en el año 2000.

Esta evaluación la resuelven estudiantes de 15 años en más de 50 países en el mundo y busca conocer en qué medida estos estudiantes han adquirido “los conocimientos y habilidades relevantes para participar activa y plenamente en la sociedad moderna” (PISA, 2012)

PISA evalúa competencias en tres áreas: matemáticas, ciencias (Física, Química, Ciencias biológicas y Ciencias de la tierra y el espacio) y lectura, enfatizando cada año en alguna de las tres áreas a evaluar, en el 2000 el énfasis fue en lectura; en 2003 en matemáticas; en 2006 en ciencias, en 2009 en lectura, el 2012 en matemáticas y así sucesivamente.

En el caso de la evaluación en ciencias, las tareas que los estudiantes deben realizar para la evaluación de su “competencia científica”, consisten en:

- Identificar temas científicos.
- Explicar científicamente fenómenos.
- Usar pruebas científicas.

De acuerdo con PISA, estas capacidades son esenciales por la importancia que guardan para una formación consistente en el campo de las ciencias y se seleccionaron por fundamentarse en la lógica, el razonamiento y el análisis crítico. La evaluación PISA tiene objetivos particularmente compatibles con el concepto de “alfabetización en ciencias”.

Sin embargo, los resultados del estudio en México no son muy alentadores, ya que los estudiantes revelaron deficiencias en las tres competencias evaluadas. Por ejemplo, en el 2006 (recordemos que fue la evaluación que tuvo énfasis en ciencias), nuestro país

alcanzó el Nivel 2¹² (considerando un máximo de 6 niveles) en la media de desempeño para la competencia *Identificar temas científicos* (aunque tiene un 15% de estudiantes ubicados en el Nivel 0 y un 29% en el Nivel 1). En cuanto a la competencia *Explicar científicamente fenómenos*, México alcanza el promedio de Nivel 1¹³ de desempeño. En la tercera competencia que es *Usar evidencia científica*, México alcanza en promedio el Nivel 1¹⁴ de desempeño.

En términos generales y considerando las tres competencias, **México se encuentra en un Nivel 2¹⁵** de desempeño en ciencias, prácticamente desde el año 2000 (con excepción del 2003):

Tabla 2. Puntajes en las evaluaciones PISA-México				
Competencias	PISA 2000	PISA 2003	PISA 2006	PISA 2009
Matemáticas	387	385	406	419
Ciencias	422	405	410	416
Lectura	422	400	410	425

En este nivel, “los alumnos tienen un conocimiento científico adecuado para aportar posibles explicaciones en contextos familiares o para llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples. Pueden razonar de manera directa y realizar interpretaciones

¹² En este Nivel 2 para esta competencia los estudiantes tienen la habilidad de determinar si una variable dada puede medirse científicamente en una investigación. Pueden reconocer la variable a ser manipulada por el investigador y también pueden apreciar la relación entre un modelo simple y el fenómeno que se está configurando. En temas de investigación, los estudiantes seleccionan apropiadamente las palabras clave para realizar búsquedas.

¹³ En el Nivel 1 de esta competencia, los estudiantes pueden reconocer relaciones simples causa y efecto, dadas las indicaciones relevantes; además su conocimiento científico deriva de un hecho científico particular que deriva de una experiencia propia o del dominio público.

¹⁴ Las habilidades generales de los estudiantes que se ubican en este nivel en esta competencia, abarcan el poder extraer información de una lista de hechos o de algún diagrama, en un contexto familiar. También la pueden extraer de una gráfica de barras donde el requerimiento es una simple comparación de las alturas de las barras. En contextos comunes, y en los que el estudiante tiene alguna experiencia, los estudiantes de este nivel pueden atribuir un efecto a una causa.

¹⁵ Los niveles de acuerdo con las puntuaciones son: Nivel 6 (+707.93), Nivel 5 (633.33- 707.93); Nivel 4 (558.73- 633.33); Nivel 3 (584.14- 558.73); Nivel 2 (409.54-484.14); Nivel 1 (334.94 - 409.54)

literales de los resultados de una investigación científica o de la solución de problemas tecnológicos” (PISA, 2012). A diferencia del nivel 2, en el Nivel 6 se espera que “los estudiantes pueden identificar, explicar y aplicar el conocimiento científico y conocimiento sobre la ciencia de manera consistente en diversas situaciones complejas de la vida real. Relacionan distintas fuentes de información y explicación, y utilizan evidencias provenientes de esas fuentes para justificar sus decisiones. Son capaces de demostrar clara y consistentemente un pensamiento y un razonamiento científico avanzado, y demuestran disposición para usar su comprensión científica en la solución de situaciones científicas y tecnológicas inusuales. Utilizan el conocimiento científico y desarrollan argumentos que sustentan recomendaciones y decisiones centradas en contextos personales, sociales o globales” (PISA, 2012).

Comparativamente, México se encuentra en el lugar 30 dentro de los países que integran la OCDE; en el lugar 49 de 57 entre miembros integrantes e invitados y por debajo de la media de la OCDE (Ver Tabla 3).

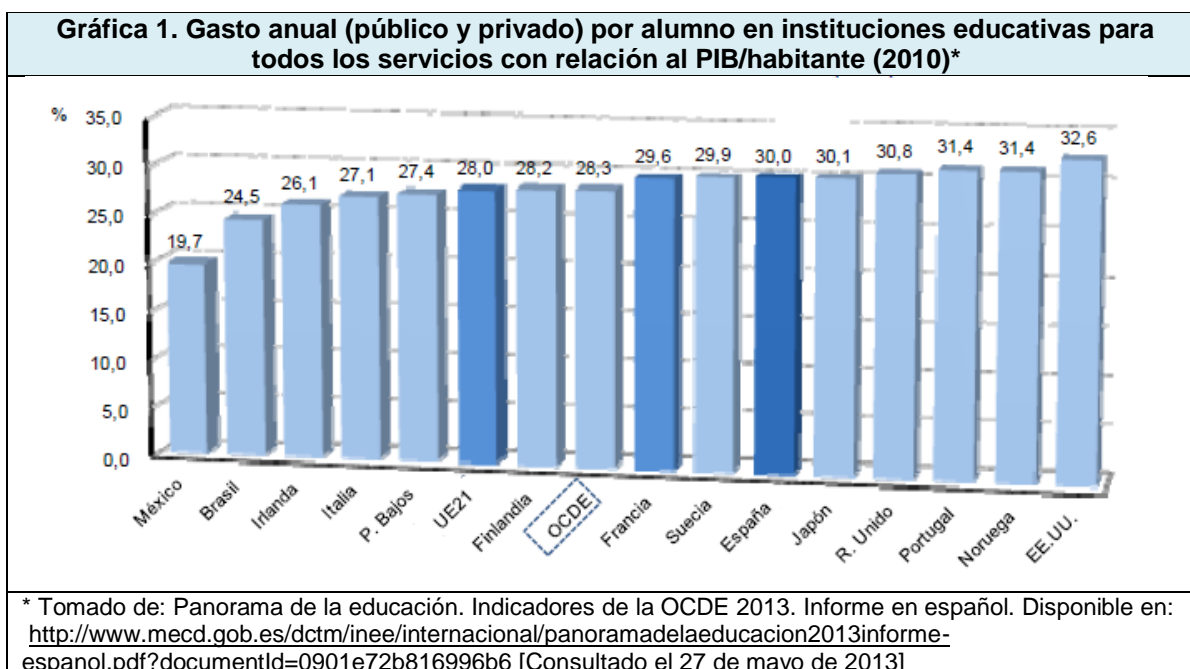
Tabla 3. Porcentaje de alumnos por niveles de desempeño (PISA 2006), países escogidos*

	Niveles bajos ≤ 1			Niveles medios 2 – 3			Niveles altos ≥ 4		
	Lectura	Mate.	Ciencia	Lectura	Mate.	Ciencia	Lectura	Mate.	Ciencia
Finlandia	4.8	6.0	4.1	46.7	41.5	42.8	48.5	52.5	53.2
Hong Kong-China	7.1	9.5	8.7	48.0	37.1	45.7	44.8	53.3	45.6
Canadá	11.0	10.8	10.0	47.4	46.1	47.9	41.7	43.1	42.1
España	25.7	24.7	19.6	59.9	51.3	57.6	14.4	24.0	22.8
OCDE	20.1	21.3	19.2	50.5	46.3	51.5	29.3	32.5	29.3
USA	---	28.1	24.3	---	49.2	48.3	---	22.7	27.4
Chile	36.3	55.1	39.6	49.2	37.8	50.1	14.6	7.1	10.3
Uruguay	46.6	46.1	42.0	41.4	42.5	49.6	12.0	11.3	8.3
México	47.0	56.5	50.9	47.1	38.4	45.7	5.9	5.1	3.5
Indonesia	58.3	65.8	61.5	40.1	31.0	37.1	1.6	3.2	1.4
Colombia	55.7	71.9	60.1	39.6	25.8	37.8	4.7	2.3	2.1
Brasil	55.5	72.5	61.0	38.6	23.6	35.1	5.9	3.8	4.0
Argentina	57.9	64.1	56.2	36.1	31.0	39.3	6.0	4.8	4.5
Qatar	81.6	87.2	79.1	16.1	10.8	19.0	2.3	2.0	2.0
Kyrgyzstán	88.2	89.4	86.3	11.1	9.8	13.0	0.7	0.8	0.7

* Díaz, *et al.*, 2007

Aunque es cierto que en la comparación con otros países habría que involucrar factores como las condiciones sociales, políticas y económicas como la inversión en educación (Ver Gráfica 1), lo cierto es que sería deseable alcanzar mayores niveles de desempeño,

y para ello habría que preguntarse ¿qué hacen los países punteros de la tabla de la OCDE para tener esos resultados y qué de eso es aplicable a México?, ¿un cambio en el sistema educativo mexicano que incluya una modificación curricular en ciencias contribuiría a modificar los resultados hasta ahora obtenidos?, desde el punto de vista académico ¿cómo contribuir a la mejora de la enseñanza de las ciencias?



2.3 ¿Y qué hay de la educación informal y no formal de las ciencias en México?

2.3.1 La educación informal

Aunque la educación informal abarca prácticamente todas las demás formas de educación no sistematizadas como el contacto con la familia, o los carteles de la calle, el cine, etc., es difícil hacer una medición del contenido científico y la intención educativa del mismo. Sin embargo, existen otros medios de comunicación en donde la educación informal en ciencias, adquiere la forma específica de “divulgación de las ciencias” por un lado, porque propicia la cultura científica y por otro, porque la recepción de sus mensajes no necesariamente implica una voluntad de aprendizaje (Sánchez-Mora, 2004). De acuerdo con Ana Ma. Sánchez Mora (en Bonfil, 2003: 40), la divulgación de la ciencia se entiende como “una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando

ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible”. Pero además, no sólo se esperaría que el objetivo de la divulgación fuera la comprensión pública de la ciencia sino también la generación de opinión pública (Wangensberg, 1998b) y la responsabilidad pública sobre la ciencia (Bonfil, 2005), estas últimas derivadas de una sociedad alfabetizada en ciencias.

Es por esta razón que la divulgación de la ciencia toma relevancia en el contexto del análisis sobre la alfabetización, pues los diferentes medios de divulgación contribuyen de una u otra manera a la alfabetización en ciencias de la sociedad. Si bien no es el objetivo de la divulgación crear un mundo de científicos, si lo es la construcción de un auditorio informado, inquisitivo, reflexivo y tomador de decisiones (Asimov, 1989; Estrada *et al*, 1997). Existen diversos medios de divulgación de la ciencia, de entre ellos: los impresos (periódicos, carteles, infografías, libros y revistas), los programas de radio y televisión y los museos. Cada uno de ellos con sus diferentes objetivos, metodologías y alcances por lo que habrá que analizar de entre todos ellos cuáles son los idóneos para la divulgación de la química.

Aunque son muchos los medios para la divulgación de la ciencia, en México no necesariamente todos estos medios son relevantes, ya sea por su escaso contenido de temas científicos o porque no constituyen un medio cercano a la mayoría del público (como los libros o las conferencias). De un estudio realizado por Márquez (2010) a adolescentes de la Ciudad de México, se desprende que son: la escuela, la televisión, los museos y centros de ciencia y tecnología e Internet, los medios más utilizados para obtener información científica y tecnológica. Y particularmente sobre los museos y centros de ciencia y tecnología “se destaca que la motivación principal de los adolescentes para acudir a estos recintos es la diversión, dado que el interés por aumentar sus conocimientos no figuró entre sus preferencias” (Márquez, 2010: 110)

A pesar de que la diversidad cultural de México es enorme a lo largo y ancho del país, los resultados obtenidos por Márquez, pueden darnos una idea de hacia dónde voltear y qué medios fortalecer para la alfabetización: la escuela es indiscutible, pero en términos de divulgación son la televisión, los museos e internet. Desafortunadamente la televisión es un medio sobre el cual difícilmente podría tenerse control por su carácter mayoritariamente privado en México. De este modo, los museos y centros de ciencia en

conjunción con internet se constituyen en una herramienta viable para la divulgación de la ciencia (particularmente de la química). Sin embargo, habría que preguntarse entonces: ¿son los museos y centros de ciencia en México suficientes para el tamaño de la población?, ¿la calidad de los museos en cuanto a contenidos temáticos y museográficos adecuada?, ¿cuál será la visión de la ciencia (y de la química) en estos museos?, ¿cómo vincular el trabajo del museo o de las instituciones educativas con internet?

Es claro que con un panorama gris en términos de alfabetización en ciencias, difícilmente se puede tener progreso en un país, pues la toma de decisiones no es producto del conocimiento y razonamiento sino de la manipulación de grupos políticos o empresariales con intereses particulares. Por otro lado, es sabido que uno de los caminos para la mejora de las condiciones socioeconómicas de cualquier nación reside en una mayor y mejor educación pues esto está relacionado con el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por lo tanto, se hace imperioso, en las condiciones actuales de México, dedicar esfuerzos para mejorar la enseñanza de las ciencias.

En el caso particular de la química, su estudio no sólo es importante porque, como toda disciplina científica implica para su comprensión, el desarrollo de diversas habilidades del pensamiento, razonamiento e integración del conocimiento de otras disciplinas, sino también, porque permite comprender y explicar fenómenos de la vida cotidiana. Pero además de lo anterior, que sin duda es relevante, es porque históricamente, México ha sido un país con grandes e importantes aportaciones desde el ámbito de la química que pueden ir, desde las aportaciones de la “química” prehispánica (técnicas metalúrgicas, manejo de colorantes, etc.) hasta aportaciones como la síntesis de hormonas esteroides, el desarrollo de la tecnología del hierro esponja, y ¿por qué no decirlo? uno de los premios nobel mexicano es, efectivamente, un químico. Será entonces, necesario que los mexicanos identifiquen la importancia de la disciplina desde todos los aspectos: desde su importancia histórica, su contribución a la tecnología y a otras ciencias y sobre todo, el predominante papel que juega en la comprensión de los procesos cotidianos de nuestras vidas.

2.3.2 La educación no-formal

Este tipo de educación, consiste en las actividades ajenas a los programas escolares pero que necesariamente son planeadas, organizadas y estructuradas para lograr un conjunto bien definido de objetivos de aprendizaje. Frecuentemente son impulsadas por instituciones (que pueden ser educativas o no) aunque también son desarrolladas de manera independiente (centros de ciencias, casas de cultura, etc.). Los procesos no formales buscan facilitar a los participantes el acceso a actividades científicas en un entorno más contextualizado. En el caso de México, suelen ser las instituciones educativas las que promueven este tipo de cursos, sin embargo, el nivel educativo al que van dirigidos suelen ser el superior o el posgrado.

3. Planteamiento del problema

Son varios los estudios que sobre la enseñanza formal de la química se han hecho en México, que van desde la educación básica hasta el posgrado (Chamizo, 2000; Chamizo, 2001; Chamizo *et al*, 2004; Contreras *et al.*, 2003; Garritz, 1990; Garritz y Chamizo, 2008; Ruiz *et al*, 1986) o específicamente para la educación en el bachillerato y la secundaria (Chamizo, 1992; Chamizo y Garritz, 1988, 1993; Garritz, 1998; Garritz y Talanquer, 1999; Ulloa y Chamizo, 2005) en ellos se hacen análisis de la educación en química incluyendo estudios sobre el currículo, propuestas de reformas a programas de estudio, análisis de los libros de texto y por supuesto, la evaluación de aprendizajes.

Sin embargo, por la temporalidad, estos estudios no incluyen los cambios curriculares dados a partir de la RIEB y de la RIEMS ni los resultados de las recientes evaluaciones de ENLACE y PISA, por ello, se requiere hacer un nuevo diagnóstico que permita determinar cuál es el estado actual de la educación en química desde la perspectiva formal, no-formal e informal, de tal manera que se puedan encontrar las áreas de oportunidad que contribuyan a su mejora considerando la diversidad cultural, los distintos niveles socioeconómicos y los intereses y necesidades particulares de las distintas regiones geográficas del país de manera que el aprendizaje y comprensión de la química sea significativo y realmente contribuya a la alfabetización en ciencias de la población.

Por otro lado, las investigaciones señaladas, sólo evalúan la educación formal en química, sin considerar un análisis que incluya la educación informal. En este sentido, aún cuando

existen un gran número de trabajos que hablan sobre la divulgación de la ciencia en México, los relacionados específicamente con la química son muy pocos y abordan o bien proyectos muy específicos como programas de radio (Tobon, 2004) o áreas particulares de la química como la química en alimentos (Aranday, 1998; Cadena y Mena, 2002) o la electroquímica (Ávila, 2000) y no existe un estudio que haga un análisis de la divulgación de la química de manera más general en espacios tan importantes como lo son, por ejemplo, los museos de ciencias o las revistas de divulgación. Es por ello, que considero importante hacer una revisión de la manera en la que se hace la divulgación de la química en los principales espacios y analizar si hay áreas de oportunidad en las que se pueda mejorar esta divulgación tanto en cantidad como en calidad.

Es en este contexto que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se pueden modificar las condiciones actuales de la educación química en los niveles medio y medio superior desde el punto de vista formal e informal de manera que se contribuya a la mejora de la alfabetización química en México?

4. Objetivos generales y específicos del proyecto

4.1 General:

Generar una propuesta que contribuya a la alfabetización en química en los niveles medio y medio-superior en México, a partir de hacer un análisis de la situación actual de la enseñanza de la química en los ámbitos de la educación formal, no formal e informal.

Particulares:

(En el diagnóstico)

- 4.1.1 Evaluar la educación química en México desde la perspectiva de la educación formal, a partir del estudio detallado del currículum de las asignaturas de la disciplina en la Educación secundaria y en el Nivel Medio-Superior.
- 4.1.2 Realizar un diagnóstico sobre el estado de la divulgación de la química (educación informal) en los espacios de la divulgación escrita (principales

revistas de divulgación de circulación nacional) y museográfica (museos de ciencia).

(En las propuestas)

4.1.4 Diseñar una propuesta de programas de estudios para la educación química en México tanto para la secundaria como para el bachillerato (en los términos del MCC).

4.1.5 Proponer mejoras museográficas a los museos de ciencia del país que involucren el estudio y comprensión de fenómenos relacionados con la química.

4.1.6 Diseñar un programa de capacitación en temas de química para los guías que colaboran en los museos.

5. Metodología

5.1 ANÁLISIS CURRICULAR.

Comparativo con programas de estudio para la educación media y media superior de otros países, sobre todo aquéllos que estén por encima de México en las evaluaciones PISA (p. ejemplo: España, Francia y E.U). Una vez el hecho el análisis y encontrando áreas de oportunidad, se pretende hacer una propuesta de programa de estudios (para la educación media y media superior). En el diseño del programa se deberán evaluar aspectos de la didáctica como la educación por competencias, la inclusión de la historia de la disciplina, el desarrollo de proyectos de aula y el Aprendizaje Basado en Problemas. Se analizarán propuestas de otros países como el proyecto SALTERS o la propuesta de la American Chemical Society.

Alcance del estudio:

- La investigación estará acotada para el análisis de la enseñanza de la química en los niveles educativos de la educación básica secundaria y el nivel medio-superior.
- Los programas de estudio a considerar corresponden, para la secundaria: el Programa de Estudios de “Ciencias III” del 2006 y el correspondiente a la RIEB,

“Ciencias III” del 2011. Para el caso de la Educación Media Superior, se considerarán los programas de estudios de la RIEMS (2011) para el bachillerato general, y los programas del bachillerato de la UNAM [ENP (1996) y CCH (2006)] y del IPN.

5. 2 ANÁLISIS DE LA DIVULGACIÓN ESCRITA.

Análisis de los contenidos relacionados con la química en las revistas y libros de divulgación partiendo primeramente del número de artículos (o libros) de química vs. otras disciplinas y después de los propios temas abordados, por ejemplo: ¿Cuántos de historia de la química, química ambiental, etc.?

Alcance del estudio:

- Se analizarán las revistas de divulgación: *¿Cómo ves?*, *Muy interesante*, *Ciencia y desarrollo*.
- Libros de divulgación, por ejemplo de la colección “Ciencia para todos”.

5. 3 ANÁLISIS DE LA DIVULGACIÓN EN MUSEOS.

Se hará un estudio de la propuesta museológica de los temas de química, en los museos de ciencias de México y de algunos otros países. Este análisis, se hará a partir de la siguiente matriz de preguntas:

Pregunta	Observaciones
Descripción general del museo:	
1. ¿Cuántas y cuáles son las salas del museo?	
2. ¿Qué temas generales se abordan en las diferentes salas?	
3. ¿Hay una sala de química específica?	
4. Si no hay sala de química, ¿en qué salas se aborda un tema relacionado? ¿cómo es la vinculación con la química?	
En los casos en que se aborde claramente la química:	
5. En el dispositivo/aparato: ¿la explicación es clara? ¿se explica por si mismo o es necesaria la lectura de una cédula o de un guía?	
6. ¿Se abordan temas relacionados con la historia de la disciplina?	
7. ¿Se vincula la química con aspectos propios de la comunidad (región)?	

8. ¿Qué otros recursos se utilizan en la sala, además de los aparatos para abordar la química (experiencias de cátedra, experimentos, etc)?	
Para la educación no-formal:	
8. ¿Se imparten conferencias, talleres o cursos relacionados con química?	
Vinculación externa con el museo:	
9. ¿El museo cuenta con página web?	
10. ¿Qué oferta educativa se propone a través del museo? (por ejemplo: recorridos virtuales, videos, información adicional sobre las salas, etc.)	

Alcance del estudio:

Algunos museos de ciencias en México considerados para el diagnóstico son:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Universum (D.F.) | 11. El Trompo (Tijuana) |
| 2. Museo “Descubre” (Aguascalientes) | 12. Horno 3 (Monterrey) |
| 3. Museo Modelo de C. e I. (Toluca) | 13. “Zig-Zag” (Zacatecas) |
| 4. Museo Bebeleche (Durango) | 14. Trompo Mágico (Zapopan) |
| 5. Museo Laberinto (S.L.P) | 15. Papagayo (Villahermosa) |
| 6. Semilla Museo (Chihuahua) | 16. Museo de Geología (D.F.) |
| 7. Museo Interactivo de C e I (Nayarit) | 17. Museo Sol del niño (Mexicali) |
| 8. Centro de Ciencias (Sinaloa) | 18. Museo “El rehilete” (Pachuca) |
| 9. Centro de Ciencias “Explora” (León) | 19. Museo interactivo (Jalapa) |
| 10. Museo “Imagina” (Puebla) | 20. La burbuja (Hermosillo) |

Algunos de los museos extranjeros que se pretende analizar son:

- | | |
|---|--|
| a) “Cosmo Caixa”, Barcelona. | f) “Palais de la Découverte”, París. |
| b) “Deutsches Museum”, Munich | g) “Museo della Scienza e della Tecnologia <i>Leonardo da Vinci</i> ”, Milán |
| c) “German Museum of Technology”, Berlín | h) “Science Center NEMO”, Amsterdam. |
| d) “Spectrum”, Berlín | i) “Exploratorium”, San Francisco. |
| e) “Cité des Sciences et de l’industrie”, París | |

Se pretende hacer un análisis sobre las exposiciones, ferias, cursos y talleres que sistemáticamente se llevan a cabo en distintos foros y centros de ciencias, así como la labor de los guías.

Alcance del estudio:

- Particularmente, se pretende estudiar el tipo de actividades realizadas por grupos como “PREDICE” de la Facultad de Ciencias de la UNAM o “Grupo Quark” de la Universidad Autónoma de Zacatecas, entre otros.

6. Cursos específicos requeridos:

1. Historia de la química (requerido para el diseño del programa de estudios)
2. Divulgación o comunicación de la ciencia (requerido principalmente para el análisis museológico)

7. Posibles revistas para publicación de artículo:

- *SCIENCE EDUCATION*
- *JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION*
- *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION*
- *CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE*
- *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*

8. Índice de temas (preliminar)

1. INTRODUCCIÓN

2. JUSTIFICACIÓN

3. MARCO TEÓRICO

- IMAGEN PÚBLICA DE LA CIENCIA
- LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS
- EDUCACIÓN FORMAL, NO FORMAL E INFORMAL

4. DIAGNÓSTICO DE LA EDUCACIÓN QUÍMICA

- LA EDUCACIÓN SECUNDARIA EN MÉXICO (ANÁLISIS CURRICULAR)
- LA EDUCACIÓN MEDIA-SUPERIOR EN MÉXICO (ANÁLISIS CURRICULAR)
- ESPACIOS PARA LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA: LOS MUSEOS Y LAS REVISTAS DE DIVULGACIÓN

5. PROPUESTAS

- ANÁLISIS DE LA EDUCACIÓN QUÍMICA EN OTROS PAÍSES (CASOS ESPECÍFICOS)
- REVISIÓN DE LA DIVULGACIÓN DE LA QUÍMICA EN MUSEOS EXTRANJEROS (CASOS ESPECÍFICOS)
- DISEÑO DE PROGRAMAS DE ESTUDIO PARA EL NIVEL MEDIO Y MEDIO SUPERIOR
- PROPUESTAS PARA LOS MUSEOS DE CIENCIAS
- PROPUESTAS PARA LA VINCULACIÓN MUSEO-ESCUELA

6. CONCLUSIONES

7. REFERENCIAS

9. Cronograma de actividades (plan de trabajo)

ACTIVIDAD	2013												2014												2015											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estudio del Estado del Arte	█	█	█	█	█																															
Preparación del Protocolo						█	█	█																												
Presentación de tema de tesis								█																												
Cursos optativos								█	█	█	█	█	█	█	█	█																				
Diagnóstico educación informal								█	█	█	█	█	█	█	█																					
Diagnóstico educación formal													█	█	█	█																				
Diseño de nuevas propuestas																																				
Escritura de tesis (integración)														█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Preparación de artículos															█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Preparación Presentación final																																			█	█

10. Referencias

AGUIRRE, C. y VÁZQUEZ, A. M. (2004) Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales, *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3).

ARANDAY, F. (1998) *La divulgación de la química de alimentos*, Facultad de Química, UNAM. Tesis para obtener el título de Química en Alimentos.

ASIMOV, I. (1989) La popularización de la ciencia en *Pasado, presente y futuro*, Plaza y Janés, Barcelona, España. p. 110-113.

ÁVILA, M. I. (2000) *Opiniones de diversos investigadores en el ámbito de la divulgación de la electroquímica*, Facultad de Química, UNAM. Tesis para obtener el título de Ingeniera Química.

ATKINS P.W., (2005), Skeletal chemistry, en *Education in Chemistry*, 42(2) Disponible en: http://www.rsc.org/Education/EiC/issues/2005_Jan/skeletal.asp [Consultado el 9 de abril de 2013]

BENSAUDE-VINCENT B. and SIMON J. (2008) *Chemistry. The impure science*. London: Imperial College Press.

BLANCO, A. (2004) Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86.

BONFIL, M. (2005) Tres metas para la divulgación, *El muégano divulgador* (2005) No. 26, p. 4.

BONFIL, M. (2003) Recomendaciones básicas para autores de artículos de divulgación, *Ciencia y Desarrollo* (2003) Vol. XXIX, No. 171, 40-41.

BUNGE, M. (2012) *La ciencia, su método y su filosofía*, 2ª ed, Nueva Imagen, México.

CAAMAÑO, A. (1994) Estructura y evolución de los proyectos de ciencias experimentales, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No.1, (Julio-Septiembre 1994), Graó, España.

CADENA, J. G. y MENA, R. (2002) *Diseño de una página web de divulgación de la ciencia en química de alimentos*, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ciencias de la Comunicación.

CAÑAL, P. (2004) La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía?, *Cultura y Educación*, 16 (3), 245-257.

CARTER, (1989) What makes chemistry difficult? Alternate perceptions. *Journal of Chemical Education*, 66 (3), p 223-226

CEREIJIDO, M. (2009) *La ciencia como calamidad. Un ensayo sobre el analfabetismo científico y sus efectos.* Gedisa. Barcelona, España.

COLOM, A. J. (2005). Continuidad y Complementariedad entre la Educación Formal y No formal. *Revista de Educación*, No. 338, p. 9-22

CHAMIZO, J. A. (2000), La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel central del profesor. *Educación Química*, segunda época, 11(1)

CHAMIZO J.A, (2001) El currículo oculto en la enseñanza de la química, *Educación Química*, 12, p. 194-198.

CHAMIZO, J. A (2011), La imagen pública de la química, *Educación Química*, 22(4), 320-331.

CHAMIZO, J. A., NIETO, E., SOSA, P. (2004) La enseñanza de la química. Tercera parte. Evaluación de los conocimientos de química desde secundaria hasta licenciatura, *Educación Química*, 15 [2], p. 108-112.

CHAMIZO J.A. Y GARRITZ A. (1993) La enseñanza de la Química en la secundaria, *Educación Química*, 4, 134-139.

CHAMIZO J.A., (1992) La química en secundaria, o por qué la enseñanza moderna de la química no es la enseñanza de la química moderna, *Información científica y tecnológica*, 14, p. 49-51.

CONTRERAS, R., GARRITZ, A., ROJAS, A. Y COSTAS, M. (2003), Estado actual de la investigación y la enseñanza de la química, en *Estado actual y prospectiva de la ciencia en México*, de la Peña, J.A., editor, pp.190-201. México: Academia Mexicana de Ciencias, 2003. Disponible en:

http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/AMC-Quimica.pdf [Consultado: 15 de abril de 2013]

DE LA PEÑA, J. A. (2005) La percepción pública de la ciencia en México, *Ciencias*, 78, abril-junio, p. 31-36

DELORS, J. (1996) La educación o la utopía necesaria en *La educación encierra un tesoro.* Informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación en el siglo XXI. Ediciones de la UNESCO, México.

DÍAZ, M. A.; FLORES, G.; MARTÍNEZ, F. (2007) PISA 2006 en México, Conclusiones. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, México. Disponible en: <http://www.inee.edu.mx/index.php/publicaciones/informes-institucionales/estudios->

internacionales/74-publicaciones/estudios-internacionales-capitulos/571-pisa-2006-en-mexico-conclusiones [Consultado el 30 de mayo de 2013]

ENCUESTA NACIONAL SOBRE LA PERCEPCIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN MÉXICO, ENPECYT (2011) Disponible en: <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/Encuesta.jsp> [Consultado el 7 de julio de 2013]

ESTRADA, L. (1999) Hacia el siglo XXI, ¿Cómo ves? No. 13, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM. Disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/13/hacia-el-siglo-xxi> [Consultado: 1 de abril de 2013]

ESTRADA, L., LÓPEZ, C y GARCÍA, A. (1997) Por una cultura científica, en *La jornada semanal*, suplemento del periódico *La jornada*, No. 126 (13 de agosto de 1997)

FURIÓ, C. (2006) La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida, *Educación Química* 17[x], p. 222-227

GALAGOVSKY, L. (2005) La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes?, *Revista Química Viva*, No 1, año 4

GARCÍA, H. (1991) Reflexiones en defensa de la química. Contra la quimifobia. *Educación Química* 2 [1], p. 8-11

GARRITZ, A. y CHAMIZO, J. A. (2008) Reseña sobre la enseñanza escolar de la ciencia (1990-2005) El caso de México. *Educación Química*, 19 [3] Editorial, p. 174-178

GARRRITZ, A. (1990) ¿Qué hacemos para que ingresen estudiantes a las carreras del área química?, *Educación Química*, 1[4] Editorial, p. 154-155.

GARRITZ, A. (1998). Una Propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia–Tecnología–Sociedad, Ciencia. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 49 (1), 27-34. Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/sie/Documentos/Garritz%201998Estandares%20bachillerato.pdf> [Consultado: 15 de abril de 2013]

GARRITZ A. y CHAMIZO J.A. (1988) Una panorámica de la educación química en el bachillerato, *Perfiles Educativos*, 41, p. 3-13.

GARRITZ, A. y TALANQUER, V. (1999). Advances and Obstacles to the Reform of Science Education in Secondary Schools in México. En: S. Ware (edit.), *Science and Environment Education. Views from Developing Countries*, Secondary Education Series, The World Bank: Washington, D.C. Pp. 75-92. Disponible en:

http://academia.edu/2446640/Advances_and_obstacles_to_the_reform_of_science_education_in_secondary_schools_in_Mexico [Consultado: 15 de abril de 2013]

GIANELLA, A. (2006) Las disciplinas científicas y sus relaciones, *Anales de la educación común*, año 2, número 3. Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Dirección Provincial de Planeamiento, p. 74-83.

GIL, D. y VILCHES, A. (2006) Educación, ciudadanía y alfabetización: mitos y realidades, *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, pp. 31-53. Disponible en: <http://www.rieoei.org/rie42a02.pdf> [Consultado el 2 de abril de 2013]

GIL, D. y VILCHES, A. (2001) Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación, *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

GÓMEZ, M. A, POZO, J. I. y GUTIÉRREZ, M. S. (2004) Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos, *Educación Química*, 15[3], P. 198-209

HERRERA, A. (2002) Divulgar... ¿por qué y para qué? En TONDA, J., SÁNCHEZ, A. y CHÁVEZ, N. (coord.) (2002) *Antología de la divulgación de la ciencia en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.

HOLMAN J., (2002), What does it mean to be chemically literate?, *Education in Chemistry*, 39, 12-14.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, INEGI (2010), *Características educativas de la población. Distribución porcentual de la población de 15 y más años por nivel educativo, para cada sexo, 1960 a 2010*. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=medu09&s=est&c=26364> [Consultado el 9 de abril de 2013]

INSTITUTO NACIONAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN, INEE (2011) *La educación Media Superior en México. Informe 2010-2011*. SEP, México.

IZQUIERDO, M (Coord). (2012) *Química en infantil y primaria. Una nueva mirada*. Grao. Barcelona, España.

IZQUIERDO, M. (2006) La educación química frente a los retos del tercer milenio, *Educación Química*, 17(x), 286-299

JIMÉNEZ, M. R., SÁNCHEZ, M. A. y DE MANUEL, E. (2002) Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad o utopía?, *Educación Química* 13[4], México, p. 259-266.

JIMÉNEZ-ALEXAINDRE, M. P. y SANMARTÍ, N. (1997) ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la Educación Secundaria en DEL CARMEN, L. (coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, I.C.E Univesitat de Barcelona, España.

LASZLO, P. y GREENBERG, A. (1991) Falacias acerca de la química, *Educación Química* 2[1], México, p. 29-35.

LIU, X. (2009) Beyond Science Literacy: Science and the Public, *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 301-311.

MAMMINO, (2001) Algunas reflexiones sobre la imagen de la química, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Segunda época. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/867216.pdf> [Consultado: 1 de marzo de 2013]

MÁRQUEZ, E. (2010) *Percepción Social de la Ciencia de un grupo de adolescentes de la Ciudad de México*, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Tesis para obtener el grado de “Doctor en psicología”.

MARTÍNEZ, S. (2001) *El impacto de la informática en la educación*, Universidad Virtual, ITESM (Campus Estado de México) en: <http://ciberhabitat.gob.mx/universidad/ui/eadei/eadeiv.htm> [Consultado: 1 de marzo de 2013]

NORRIS, S y PHILLIPS, L. (2003) How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy, Wiley Periodicals, Inc. *Science Education* 87:224– 240,

OCDE (2007) *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World Executive Summary*. Disponible en: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2006/39725224.pdf> [Consultado: 12 de marzo de 2013]

OLMEDO, J. C. (2011) Educación y Divulgación de la ciencia: tendiendo puentes hacia la alfabetización científica, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (2), 137-148.

PÉREZ, G. (2011) Análisis de los reactivos PISA 2006: Una perspectiva desde el conocimiento del área de las ciencias, en Díaz-Barriga, A. (coord.) *La prueba PISA 2006. Un análisis de su visión sobre la ciencia*, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación, 2011, UNAM, p. 121-147.

PÉREZ, Y. (2007) ¡La química no siempre es aburrida! en Lozano, Mónica (coord.) *El Museo y la Escuela, el uso del museo de ciencias como herramienta pedagógica*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM. Libro electrónico.

PÉREZ, Y. (2008) Minerales en el Museo de Geología. Una propuesta didáctica. *Boletín de Mineralogía* 18 35 – 36 (ISSN 0186-470X) <http://smm.iim.umich.mx/>

PÉREZ, Y. (2010) *Aprendizaje basado en la solución de problemas: una propuesta de aplicación de la definición de problema de Toulmin para abordar el tema “Minerales, ¿la clave de la civilización?”* 224p. Tesis de Maestría (MADEMS-Química), Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

PÉREZ Y. y CHAMIZO J.A. (2011) Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP) Eureka, *Revista de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 312-322.

PÉREZ Y. y CHAMIZO J.A. (en prensa) El ABP y el Diagrama Heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias, *Ciência & Educação*, Bauru

PÉREZ, Y. e IRAZOQUE, G. (2009). El uso de museos de primera generación como estrategia didáctica para la enseñanza de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 575-578

PINTO, G. (2003) Divulgación de la química, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, Segunda época, 63-66

PISA (2012) México. Disponible en: http://www.pisa.sep.gob.mx/pisa_ciencias_2.html [Consultado el 30 de mayo de 2013]

PORRO, S. (2007) ¿Por qué los estudiantes de secundaria no eligen química como carrera universitaria y qué podría hacerse desde la universidad?, *Química viva*, Vol 6, número especial.

PRUEBA ENLACE 2012, México. Disponible en: <http://www.enlace.sep.gob.mx/> [Consultado el 30 de mayo de 2013]

REFORMA INTEGRAL DE LA EDUCACIÓN BÁSICA (RIEB), en: <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/index.php?act=rieb>

REFORMA INTEGRAL DE LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (RIEMS), en: http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/qu_es_la_reforma

RIUS, M (1991) Quimifobia e ignorancia. *Educación Química* 2 [1], p. 20-21

ROMÁN, V. (2011) En el año de la Química, reconocen que no merece tanta “mala fama”, en *Diario Clarín.com*, del 22 de febrero del 2011, edición n° 24182. Disponible en: http://www.clarin.com/sociedad/Quimica-reconocen-merece-mala-fama_0_431956908.html [Consultado: 10 de abril de 2013]

- RUIZ, L., A. GARRITZ, A. ROBLEDO, L. GARCÍA-COLÍN, J. GÓMEZ, F. GARCÍA, M. SORIANO, R. CONTRERAS, P.A. LEHMANN Y J.M. ACEVES, H. (1986) Diagnóstico y análisis de la química en México. *Ciencia y Desarrollo*, 66, 35-42.
- SANCHEZ, J. M. (2004) Imagen pública e intereses privados en Rubia, F. J. (Director) (2004) *Percepción social de la ciencia*, Academia Europea de Ciencias y Artes de España, Madrid.
- SÁNCHEZ-MORA, M. C. (2004) Los museos de ciencia promotores de la cultura científica, *Elementos*, No. 53, Vol. 11, Universidad Autónoma de Puebla, p. 35-43.
- SANMARTÍ, N. (2002) *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis, Madrid, España.
- SARRAMONA, J. (2000) *Teoría de la Educación. Reflexión y normativa pedagógica*. Ariel Educación, Barcelona, España.
- SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL, D. (2008) Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, No. 22, 85-102
- SHWARTZ, Y, BEN-ZVI, R. Y HOFSTEIN, A. (2006) The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students, *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (4), 203-225. Disponible en: <http://pubs.rsc.org> [Consultado el 10 de abril de 2013]
- TALANQUER, V. (2011) Educación química: escuchando la voz de la historia y la filosofía en STIP, A., SÁNCHEZ, R. E. y GAMBOA, M. C. (comp.) (2011) *Química: Historia, Filosofía y Educación*, Universidad Pedagógica Nacional, México. p. 55-65.
- TOBON, D. E. (2004) *Proyecto de Divulgación de la Ciencia a través de la Radio la Química en todas partes*, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, UNAM. Tesis para obtener el título de Químico Farmacéutico Biólogo.
- TOURIÑAN, J. M. (1996) Análisis conceptual de los procesos educativos. "Formales", "No formales" e "Informales", *Teoría educativa*, 8, 55-79, ediciones Universidad de Salamanca.
- ULLOA S. y CHAMIZO J.A. (2005) Análisis de los planes de estudio de la asignatura de química básica a nivel medio superior en México, *Enseñanza de las ciencias*, número especial, VII Congreso.
- WITTE, D. y BEERS, K. (2003) Testing of chemical literacy (Chemistry in context in the Dutch national examinations), *Chemical Education International*, Vol. 4, No. 1, AN-3

WAGENSBERG, J. (2001) A favor del conocimiento científico (los nuevos museos), *Endoxa*, Series Filosóficas, No. 14, 341-356

WAGENSBERG, J. (1998a) Principios fundamentales de la museología científica moderna, *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, No. 26, 15-20

WAGENSBERG, J. (1998b) El herrero, el biólogo y la ética científica en *Ideas para la imaginación impura*, Barcelona, España. Disponible en: <http://bibliotecaignoraria.blogspot.com/2008/04/el-herrero-el-bilogo-y-la-tica.html>
[Consultado el 2 de abril de 2013]

WAGENSBERG, J. (1992) Public Understanding in a Science Centre, *Public Understanding of Science*, 1, 31-3