



## LA FORMACIÓN EN QUÍMICA DESDE EDADES TEMPRANAS: UNA PROPUESTA DESDE LAS VOCACIONES CIENTÍFICAS CON ENFOQUE DE EQUIDAD DE GÉNERO

Carmen del Pilar Suárez Rodríguez <sup>a\*</sup>, Marisa Gabriela Repetto <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Coordinación Académica Región Huasteca Sur, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, km 5 carretera Tamazunchale – San Martín. C.P. 79960, San Luis Potosí, México.

[Pilar.suarez@uasl.mx](mailto:Pilar.suarez@uasl.mx)

<sup>b</sup>Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín 954, C1113 AAD, Buenos Aires, Argentina

### Resumen

La enseñanza de la química en entornos vulnerables constituye un desafío para los docentes y en particular la inclusión de las niñas en la ciencia. La imagen manifiesta de la química, como una ciencia dura, difícil y oscura, dificulta la tarea de los docentes a la hora de acercar a las niñas de la Región Huasteca Sur de México y regiones vulnerables de América Latina a la ciencia. Esta imagen constituye un obstáculo epistemológico en el proceso de aprendizaje. Las diferentes puertas de entrada para el abordaje de la enseñanza de la química como así también la identificación de las estudiantes con sus profesoras y maestras mujeres científicas ejercen un efecto disparador en la respuesta de las niñas en su propio proceso de aprendizaje. Este artículo resume una propuesta de taller y práctica de laboratorio que puede desarrollarse tanto en entornos presenciales como virtuales de enseñanza y aprendizaje, basada en la realización de experimentos sencillos utilizando elementos que se encuentran en las casas de las niñas, cuyo objetivo es despertar vocaciones científicas, la formación en química desde edades tempranas, con el enfoque de equidad de género, y mostrar que la química es una ciencia natural que acompaña la vida cotidiana. Entre los hallazgos se encontró que la mayoría de las niñas percibían a una persona científica varón, dentro de un laboratorio, frente a una mesa de trabajo, rodeado de tubos de ensayo y frascos con líquidos de colores burbujeantes, de aspecto poco real. En cuanto al conocimiento disciplinar, reconocieron la diferencia entre átomo y molécula, cómo se combinan los elementos, cómo se forman las moléculas y cómo reaccionan entre ellas. Se concluye que a partir de experimentos sencillos y factibles de realizar en sus casas la formación en química de las niñas puede comenzar a edades tempranas despertando la vocación científica y acompañando su crecimiento desde el enfoque de la equidad de género.

*Palabras clave:* imagen manifiesta; STEM; vocaciones científicas; niñas en la ciencia; química.



## **TRAINING IN CHEMISTRY FROM EARLY AGES: A PROPOSAL FROM SCIENTIFIC VOCATIONS WITH A FOCUS ON GENDER EQUITY**

### **Abstract**

Teaching chemistry in vulnerable environments is a challenge for teachers and in particular the inclusion of girls in science. The manifest image of chemistry, as a hard, difficult and dark science, makes the task of teachers difficult when it comes to bringing girls in the Southern Huasteca Region of Mexico and vulnerable regions of Latin America closer to science. This image constitutes an epistemological obstacle in the learning process. The different entry doors for approaching the teaching of chemistry as well as the identification of the students with their female scientific teachers have a triggering effect on the girls' response in their own learning process. This article summarizes a workshop and laboratory practice proposal that can be developed in both face-to-face and virtual teaching and learning environments, based on carrying out simple experiments using elements found in girls' homes, whose objective is to awaken scientific vocations., training in chemistry from an early age, with a focus on gender equality, and showing that chemistry is a natural science that accompanies daily life. Among the findings, it was found that the majority of the girls perceived a male scientist, inside a laboratory, in front of a worktable, surrounded by test tubes and flasks with bubbling-colored liquids, with an unreal appearance. Regarding disciplinary knowledge, they recognized the difference between atom and molecule, how elements combine, how molecules are formed and how they react with each other. It is concluded that, based on simple and feasible experiments to carry out at home, girls' chemistry training can begin at an early age, awakening their scientific vocation and accompanying their growth from the perspective of gender equality.

*Keywords:* Manifest image; STEM; scientific vocations; girls in science; chemistry.



## 1. Introducción

La Química es una ciencia básica cuyas aplicaciones están presentes en diversos ámbitos de la vida social, económica y productiva (Breslow, 1997), es una disciplina que puede considerarse como central, relacionada con la física y la matemática, como también con la biología, la medicina, la geología e incluso algunas ciencias sociales. Su campo es muy amplio ya que se ocupa de sistemas que se encuentran en un rango que comprende desde el nivel atómico hasta el microscópico.

En el estudio de las ciencias químicas las imágenes son muy importantes, por ello es oportuno y necesario conocer cuáles son y cómo el estudiantado las vincula con sus conocimientos previos, sus creencias y costumbres. A partir de estas imágenes se puede construir el andamiaje para abordar la enseñanza de la ciencia e incorporar los contenidos de la química. La imagen manifiesta de la química es un obstáculo epistemológico, entre otros que dificulta la enseñanza de la química. Gastón Bachellard en el año 1974 planteó que "lo real no es jamás lo que podría creerse" sino siempre lo que debería haberse pensado (Bachellard, 1974) y años más tarde, Pierre Bourdieu

definió que el descubrimiento no se reduce nunca a una simple lectura de lo real, supone siempre una ruptura con lo real y las configuraciones que éste propone a la percepción (Bourdieu y col., 1991).

La idea de la imagen manifiesta versus la científica comienza con W Sellares (Van Brankel, 2000). La primera es la concepción natural del mundo, el sentido común, mediante la cual el ser humano habría venido a encontrarse consigo mismo, es decir el conjunto de caracteres básicos del sistema cognitivo de la especie, que influyen en las concepciones del mundo que ha venido a desarrollar el ser humano, independientemente del contexto histórico cultural. La segunda es la científica, sustentada en la imagen manifiesta y consiste en las elaboraciones teóricas que procuran explicar de qué manera y mediante qué procesos la imagen manifiesta representa el orden intangible del mundo que nos rodea, descubriendo sus posibles errores y distorsiones (Rochas Arias, 2006). Estas imágenes están siempre precedidas por distintas concepciones alternativas o representaciones que podrían estar obrando como obstáculos epistemológicos. Estas concepciones se caracterizan por ser



científicamente incorrectas y por lo general ampliamente compartidas, internamente coherentes, utilitarias y considerablemente persistentes (Pozo y Carretero, 1987; Pozo, 1993; Campanario y Otero, 2000) según las cuales muchas veces el estudiantado construye su representación de la realidad y su lógica (Gómez y col., 2002).

Las investigaciones publicadas en el contexto donde se analizan y discuten los obstáculos, tensiones y las problemáticas que deben enfrentar los docentes en sus prácticas constituyen un marco teórico para los docentes (Duhalde y Cardelli, 2001; Messina, 1999; Cardelli, 1999; Confederación de Educadores Americanos, 1998). En América Latina los educadores, basados en la conformación de redes, intercambian experiencias y producciones colectivas de conocimientos acerca de las propias prácticas, a efectos de criticarlas, mejorarlas y transformarlas, a partir de procesos de participación protagónica. Tal es el caso de la Red de Cualificación de Educadores en Ejercicio (Colombia), el Programa de Transformación de la Educación Básica desde la Escuela (México), la Red de Docentes que hacen Investigación Educativa (Argentina), la Red de Investigación en la

Escuela (Brasil), y redes que abordan la problemática de la lengua materna (Chile y Perú) (Duhalde, 2000).

La inclusión de las niñas en la formación científica en entornos vulnerables de la Región Huasteca Sur de México y otras regiones de similares características encuentra diversos obstáculos, entre ellos se encuentra la imagen manifiesta que los niños, niñas, jóvenes y adultos tienen de la química.

### *1.1. Imagen manifiesta de la química como obstáculo epistemológico*

Frecuentemente la imagen de la ciencia y sus actores, los científicos y las científicas, se relaciona con el conocimiento alejado de la realidad, de la vida cotidiana, de las actividades humanas, y se acerca a la creencia que se circunscribe al ámbito académico, microscópico, atómico, nuclear. Estas creencias constituyen obstáculos epistemológicos a la hora de enseñar química, especialmente en niños, niñas y jóvenes. La imagen manifiesta de la ciencia con foco en la física y la química aleja al estudiantado del aprendizaje de contenidos científicos. El preconcepto hacia los científicos y las científicas como individuos solitarios, encerrados en el laboratorio y con



características caricaturescas o como "personajes locos" son formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras tanto conceptuales como metodológicas. Es importante conocer la percepción que el estudiantado tiene sobre la ciencia y el científico para enseñar química y a partir de ese conocimiento diseñar las prácticas docentes desde la perspectiva del entorno y la motivación del estudiante.

### *1.2. Problemática de la enseñanza de la química en entornos vulnerables*

En muchos países de América Latina, sus regiones, ciudades y pueblos, su población vive en condiciones de vulnerabilidad. Por ello la enseñanza de la ciencia no es una prioridad, las carencias sociales y económicas representan una realidad emergente a la hora de la toma de decisiones y buscar satisfacer sus necesidades básicas. Sin embargo, es en este contexto donde la enseñanza de la ciencia y la tecnología podría contribuir para cambiar esta realidad. Acercar a los niños, niñas y jóvenes de estas regiones a la cultura, el conocimiento y al desarrollo de sus habilidades podría generar condiciones que les permitan crecer en un entorno de progreso y bienestar. Se considera que el desarrollo económico y social, está relacionado con el

nivel de educación de la población (Peredo, 2015). Los países con producto interno bruto más alto obtienen mejores resultados en las pruebas estandarizadas (Ortiz Ospina, 2018). Por lo que es muy importante acercar tanto en escenarios formales, no formales e informales de enseñanza, herramientas que les permitan el acceso a la educación y especialmente a la educación de calidad, el desarrollo personal y alcanzar un futuro con mejores oportunidades y mostrar que la formación académica ayuda a tomar mejores decisiones de vida.

### *1.3. Programa "Niñas y Mujeres haciendo Ciencia"*

En estos países, ciudades y regiones, las mujeres son las que más se ven afectadas por los obstáculos epistemológicos mencionados. El acceso a la educación superior y el desarrollo de las vocaciones científicas de las jóvenes están muy alejados de su realidad. Y esta problemática se inicia desde edades muy tempranas, las niñas colaboran con las tareas domésticas, ayudan a sus madres con el cuidado de sus hermanos y las tareas escolares pasan a segundo plano. Lo cual tiene influencia en el aprendizaje, pero, especialmente, los roles de género y la discriminación le limita el acceso a la educación más allá de la educación básica



(ONU; 2017), y con esto a su empleabilidad y, por lo tanto, se incrementa la brecha de desigualdad.

Tamazunchale, San Luis Potosí, México es una zona de alta marginación económica y social, con altos índices de violencia hacia la mujer. Por ello, desde el año 2017 la Coordinación Académica de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí realizó actividades para promover vocaciones científicas, con un enfoque de equidad de género, y al sistematizarse se crea el programa internacional "Niñas y mujeres haciendo ciencia", en 2020 (cuarta edición). Con la pandemia se abrió una convocatoria abierta a niñas y mujeres jóvenes para asistir a actividades virtuales, creciendo de manera significativa el número de asistentes y de las localidades participantes, permitiendo la convivencia entre niñas de 14 países. Junto a la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a través del grupo de divulgación Ciencia en Contexto, participaron la Coordinación de Educación del Municipio de Tamazunchale, la Escuela de Pequeños Ingenieros, la Asociación Americana de Profesores de Física Sección México (AAPT-MX), la Red Colombiana de Mujeres

Científicas y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (SENCyT), en el marco del programa de divulgación científica para el apoyo y fomento al desarrollo de vocaciones científicas y la inclusión de las mujeres a la ciencia.

El objetivo del programa fue contar con un escenario de enseñanza no formal que contribuya a la inclusión de la mujer en las actividades científicas con la finalidad de despertar sus vocaciones científicas y puedan, a través de la educación, mejorar sus condiciones de vida. Se realizan sesiones semanales de aproximadamente tres horas cada una en las que una científica presenta su experiencia de vida y área de formación, retos a los que se enfrenta y experiencias en aproximadamente 20 minutos. Posteriormente, se acercan de manera lúdica los contenidos de su especialidad a manera de taller interactivo. Las ponentes también fueron convocadas para que de manera voluntaria compartieran su experiencia.

De esta manera se preparó el taller, cuyo propósito es mostrar de forma interactiva que la ciencia está en todas partes, en nuestra casa, en nuestras actividades cotidianas, realizando



experimentos sencillos y motivadores despertando futuras vocaciones científicas.

## 2. Objetivo del taller de química

El objetivo general de esta propuesta es acercar la química a niñas y jóvenes de 6 a 16 años a partir de la realización de un taller interactivo de reacciones químicas y bioquímicas explicando los conceptos básicos de la química y empleando materiales que pueden encontrar en sus casas con el apoyo de sus docentes y en el entorno familiar.

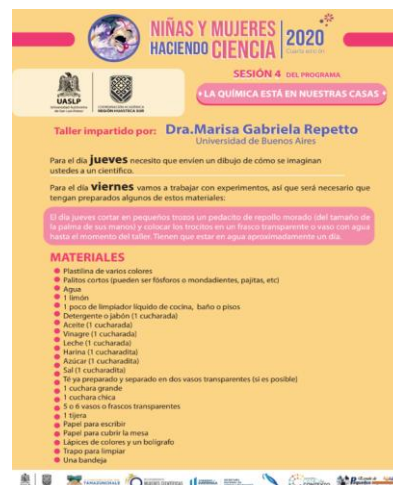


Figura 1. Afiches correspondientes a la invitación a participar a las científicas voluntarias como ponentes en los talleres, a las niñas en la convocatoria 2020 del programa internacional “Niñas y Mujeres haciendo ciencia” y a la sesión de “La química está en nuestras casas”.

## 3. Metodología de la propuesta

El diseño de las ponencias y los talleres especializados fue realizado para integrar una comunidad interesada en el aprendizaje de la ciencia, el reconocimiento de acciones que han llevado a mujeres a alcanzar puestos destacados en el área científica y/o de tomas de decisiones. En este contexto el acercamiento con las experiencias STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) de científicos y científicas motivarán a su aplicación en la toma de decisiones en la vida cotidiana, a promover el gusto por la ciencia y su aprendizaje.

En la Figura 1 se puede observar la convocatoria a ponentes voluntarias e







invitadas y a las niñas para participar en el programa, también para cada sesión de las ponentes, se elabora una invitación con el tema y los materiales a utilizar. En una ponencia dedicada a la química en el marco del programa Niñas y Mujeres haciendo Ciencia se llevó a cabo un Taller con experimentos sencillos basados en reacciones químicas, átomos, moléculas simples y moléculas biológicas más complejas utilizando elementos que se encuentran en la casa y que se utilizan para la limpieza, en la cocina o en la escuela. Participaron 20 niñas de edades comprendidas entre 6 y 16 años de México, España, Guatemala, Colombia, Brasil y Perú. Sus madres las acompañaban en las actividades ya que el taller se desarrolló en forma virtual y las niñas se conectaron desde sus casas.

Previamente al taller se solicitó a las niñas participantes que enviaran un dibujo acerca de cómo ellas imaginan a una persona científica. Se les solicitó también que tengan lista para el taller una masa preparada con harina, sal y agua. Con el objetivo de acercar a la docente-investigadora-científica se compartieron los dibujos y a partir de los comentarios de cada una de las niñas se

extrajeron conclusiones acerca de la imagen de una científica real.

Posteriormente, se realizaron experimentos y distintas actividades con los materiales solicitados en la semana anterior para que las niñas pudieran reproducir los experimentos en forma simultánea a la demostración de la investigadora ponente del taller.

### 3.1. Materiales

Para todos los experimentos se necesitó: agua, papel absorbente, trapo, tijera, cucharas de diferentes tamaños, cuchillo plástico o palitos de madera para cortar. Los materiales que las niñas tendrían que traer al taller se solicitaron previamente.

En la Tabla 1 se mencionan los materiales necesarios para los distintos experimentos realizados:

**Tabla I.** Experimentos realizados, materiales y contenidos abordados en el Taller.

<b>Experimentos realizados</b>	<b>Materiales</b>	<b>Contenidos abordados</b>
Átomos y moléculas	Masa, plastilina de colores, escarbadien- tes o fósforos	Masa, plastilina de colores, escarbadien- tes o fósforos
Reacción de desprendimient o de gases	Polvo de hornear o bicarbonato de sodio Vinagre, un globo, una	Gases, sólidos, líquidos, solubilidad, tipos de reacciones químicas:





	botella plástica	desprendimient o de gases
Reacciones ácido-base	Vinagre, limpiadores a base de amoníaco, Col morada, agua, alcohol, jugo de limón, jabón	Ácidos, bases, reacciones de neutralización, colorantes e indicadores de pH
Extracción de colorantes	Hojas verdes, repollo o col morada, pétalos de flores, té, café, agua, alcohol	Colorantes, pigmentos
Células sanguíneas	Masa, plastilina de colores, escarbadiente s o fósforos	Glóbulos rojos, linfocitos, neutrófilos

### 3.2. Procedimiento para la realización de los diferentes experimentos

Para el experimento 1 se trabajó la plastilina y/o masa y se mostró el tamaño relativo de átomos de elementos hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno, sodio, cloro, se armaron moléculas con ala combinación de los átomos unidos por palillos (agua, cloruro de hidrógeno, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno molecular, amoníaco), se mostró la geometría de dichas moléculas en el espacio, las uniones químicas y las reacciones químicas entre ellos para formar distintos tipos de compuestos químicos (cloruro de amonio, agua, amoníaco). Se introdujo el concepto de nomenclatura química a través del juego,

amasando la plastilina y combinando los colores.

Para el experimento 2 se colocó en una botella plástica agua y se tapó el extremo superior con un globo que contenía polvo de hornear o bicarbonato de sodio; en otra botella se colocó vinagre y un globo tapando el extremo superior con un globo que contenía polvo de hornear o bicarbonato de sodio. En ambos casos se agitó la botella y se observó lo ocurrido. Una vez concluido el experimento se mostró la reacción química ocurrida utilizando la masa y/o plastilina con las niñas.

Para el experimento 3 se extrajo el colorante de las hojas de repollo o col morada con agua y alcohol. Ambas soluciones se repartieron y colocaron en varios vasos o frascos transparentes. A cada uno de ellos se le agregó jugo de limón, vinagre, agua, limpiadores, agua jabonosa y se observó el cambio de color.

Para el experimento 4 se machacaron en distintos recipientes con alcohol hojas de verduras, pétalos de flores té, café, yerba mate y se extrajeron las soluciones obtenidas.

En la actividad 5 se retomó el uso de la masa y/o plastilina y se les dio forma para



representar las células sanguíneas: glóbulos rojos, neutrófilos, linfocitos, etc.

#### 4. Resultados

Al momento de iniciar el taller todas las niñas y jóvenes habían cumplido con la consigna de hacer el dibujo acerca de la imagen de una persona científica, habían preparado la masa, las más chiquitas las habían coloreado, y habían reunido los materiales que necesitarían para realizar las actividades durante el taller.

En cuanto a la actividad referida a la imagen manifiesta de la química, la mayoría de las niñas perciben a una persona científica varón, dentro de un laboratorio, frente a una mesa de trabajo, rodeado de tubos de ensayo y frascos con líquidos de colores burbujeantes, de aspecto poco real.

Con respecto a las actividades experimentales, todas las niñas realizaron todos los experimentos con entusiasmo, comentando los resultados, relacionando y comparando lo obtenidos por cada una de ellas, observando, relacionando, analizando y sacando conclusiones.

En la actividad 1 pudieron reconocer la diferencia entre átomo y molécula, cómo se

combinan los elementos, cómo se forman las moléculas, qué formas tienen si pudiéramos verlas, y cómo reaccionan entre ellas. Propusieron todo tipo de combinaciones y jugamos a ponerles nombres, como una breve y simple introducción a la nomenclatura y tipo de compuestos químicos (sales, óxidos, ácidos, bases, agua).

A partir del experimento 2 pudieron observar la diferencia entre una reacción donde se desprenden gases de otra en la que no se desprenden, donde lo que ocurrió fue la formación de una solución de un sólido disuelto en líquido, observaron las diferencias entre los distintos estados de agregación y en el experimento 3 pudieron visualizar el cambio de color de un indicador de cambios de grado de acidez de una sustancia (pH), que las sustancias pueden ser ácidas o básicas y se relacionaron estos conceptos con sustancias que conocen de la vida cotidiana, y a partir del experimento 4 trabajaron métodos de extracción, disolución, filtrado, decantación, separación y lo relacionaron con los distintos colores que se pueden observar en la naturaleza, como la composición química de moléculas biológicas, pigmentos y colorantes para telas, pinturas, cosméticos.



Finalmente, aumentando el grado de complejidad en la actividad 5 se llegó a representar mediante la técnica de amasado los diferentes tipos de células sanguíneas y previamente a ello se abordó el tema de moléculas orgánicas, biomoléculas, sangre y cuerpo humano. A partir de esta actividad se habló de la vocación científica y de las distintas profesiones donde las mujeres hacemos ciencia, trabajando junto a los seres humanos en un mundo real y con actividades cotidianas, en la salud, la industria, la educación, la tecnología. En la Figura 2, se muestran imágenes con la participación de las niñas y los productos obtenidos, los cuales fueron compartidos con la comunidad después de cada sesión y discutido los resultados generales antes de iniciar.



**Figura 2.** Reporte de actividades realizadas en el taller.

## 5. Conclusiones

Con el desarrollo de actividades y experimentos sencillos con una docente-investigadora- científica las niñas pudieron



concluir en la discusión final o puesta en común del taller que las personas científicas también son mujeres, madres, maestras, personas a las que se les puede preguntar, con quienes se puede jugar y aprender. Que en la naturaleza está la ciencia y que la química nos acompaña en la vida cotidiana, en nuestras casas, porque la ciencia está en todas partes. En muchas de ellas surgió la inquietud de conocer acerca de las profesiones en las que se aplica la ciencia, la vocación científica y las carreras que se pueden estudiar para trabajar en la ciencia cuando sean mayores. Una de las niñas, muy pequeña, elaboró un informe a partir de las observaciones, resultados y conclusiones que anotó durante el desarrollo de las actividades del taller, empleando algunas de las metodologías que suelen utilizar las personas científicas. Se puede concluir que a partir de experimentos sencillos y factibles de realizar en sus casas la formación en química de las niñas puede comenzar a edades tempranas despertando la vocación científica y acompañando su crecimiento desde el enfoque de la equidad de género.

## Agradecimientos

Se agradece a la Universidad de Buenos Aires por la financiación del proyecto 20020170100197BA en el marco del cual se realizó la sesión "la química está en nuestras casas"; a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por programa de "Niñas y mujeres haciendo ciencia" y a las niñas asistentes por su entusiasta participación en las actividades, así como a sus familias, que buscan romper paradigmas para ellas y las futuras generaciones.

## Referencias bibliográficas

- Bachelard, G. (1974). La Formación del espíritu científico, Buenos Aires, Siglo XXI. <http://www.posgrado.unam.mx>
- Bourdieu, P, Chamboredon, J, Passeron, C. (1991). El oficio del sociólogo, México D.F., Siglo XXI, 11-81. <https://www.perio.unlp.edu.ar>
- Breslow, R. (1997). Chemistry Today and Tomorrow. The Central, Useful and Creative Science, American Chemical Society, Washington. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66275/58186>.
- Campanario, JM, Otero, JC. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencia. Enseñanza de las



- ciencias, 18, 155-169.  
Doi:[10.5565/rev/ensciencias.4036](https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4036)
- Cardelli, J. (1999). Reflexiones críticas para una política nacional de formación docente, Cuadernos de Educación, Serie Formación Docente. 2, CTERA, Buenos Aires.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-49102006000200017](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102006000200017)
- Confederación de Educadores Americanos. (1998). XVI Congreso de la CEA. Los desafíos Sindicales y la Educación para el siglo XXI, Editorial del Magisterio "Benito Juárez", México.  
<https://wca57008.wcaup.com/index.php/article/view>
- Duhalde, MA. (2000). Red de docentes que hacen investigación educativa, Cuadernos de Educación, Serie Formación Docente, 2, CTERA, Buenos Aires.  
[https://intersindical.org/cetera\\_y\\_f.docente.pdf](https://intersindical.org/cetera_y_f.docente.pdf)
- Duhalde, MA, Cardelli, J. (2001). Formación docente en América Latina : una perspectiva político-pedagógica. Cuadernos de Pedagogía, 308, 38-43.  
<http://hdl.handle.net/11162/31769>
- Gómez, M, Moline, R, Sanmarti Puig, N. (2002). El aporte de los obstáculos epistemológicos. Educación en Química, 13 (1), 61-68.  
<http://www.fquim.unam.mx/sitio/edquim/131/131-gom.pdf>.
- Messina, G. (1999). Investigación acerca de la formación docente: un estado del arte en los noventa, Cuadernos de Educación, Serie Formación Docente, Año 1, Nro. 1, CTERA, Buenos Aires.  
Doi: <https://doi.org/10.35362/rie1901057>
- ONU. (2017). ONU Mujeres. Obtenido de ODS 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.  
<https://www.unwomen.org/es/news/in-focus/women-and-the-sdgs/sdg-5-gender-equality#:~:text=Poner%20fin%20a%20todas%20las,y%20otros%20tipos%20de%20explotaci%C3%B3n>
- Ortiz Ospina, E. (2018). Global Education Quality in 4 charts. Our world in data.  
<https://ourworldindata.org/primary-and-secondary-education>
- Peredo Merlo, MA. (2015). ALFABETISMO: ¿algo más complejo que leer y escribir? Espiral Estudios Sobre Estado Y Sociedad 4(10).  
<http://www.espiral.cucsh.udg.mx/index.php/EEES/article/view/1096>
- Pozo, JI, Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿qué cambió en la enseñanza de la ciencia? Infancia y aprendizaje, 38, 35-52.  
<https://dialnet.unirioja.es>.
- Pozo, JI. (1993). Psicología y didáctica de la naturaleza: ¿concepciones alternativas? Infancia y aprendizaje, 62, 187-204.  
<https://dialnet.unirioja.es>.
- Pozo, JI, Gómez Crespo, MA. (1998). Enfoques para la enseñanza de la ciencia, en Aprender y Enseñar Ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico, Morata, Madrid, España.  
[http://www.geocities.ws/javi\\_her/lec\\_9b.pdf](http://www.geocities.ws/javi_her/lec_9b.pdf)
- Rochas Arias, KA. (2006). Sobre la imagen del mundo .Comentario crítico al texto "La Filosofía y la Imagen Científica del hombre" de W Sellares.  
<http://serbal.pntic.mec.es/AparteRei>.
- Suarez Rodriguez, CD. (2021). ¿Por qué importa la formación STEM en niñas y jóvenes? (U. A. Potosí, Ed.) Universitarios Potosinos, 256 (17), 4-10.



Naturaleza y Tecnología  
Número especial "Mujer & Ciencia"  
ISSN 2007-672X  
Universidad de Guanajuato

<https://leka.uaslp.mx/index.php/universitarios-potosinos/article/download/100/58>

Van Brankel, J. (2000). Philosophy of chemistry; Leuven University Press: Leuven.  
<https://philpapers.org/rec/VANPOS-12>