

# Plásticos biodegradables: una actividad sustentable que permite integrar el estudio de conceptos físicos y químicos

Biodegradable plastics: A sustainable activity that allows to integrate the study of physical and chemical concepts

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Cintia Verónica Ils<sup>1,2</sup> y Sandra Analía Hernández<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Educación Secundaria N°15, Capitán Polletti y Capitán Negri s/n, Barrio 17 de Mayo, CP 8107, Base Aeronaval Comandante Espora, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup>Gabinete de Didáctica de la Química, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Avenida Alem 1253, CP B8000CPB, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Química del Sur (INQUISUR), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Avenida Alem 1253, CP B8000CPB, Bahía Blanca, Argentina.

E-mail: ils.cintia@yahoo.com.ar

## Resumen

Desde el punto de vista didáctico, el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) ha favorecido la reflexión acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como así también de los roles asumidos por educadores y educandos. No sólo es necesario aprender conceptos y metodologías referentes al conocimiento científico y tecnológico sino que además se debe tomar conciencia de las potenciales implicaciones sociales y ambientales. Poniendo en consideración el conflicto entre los beneficios que brindan los plásticos a la ciudadanía moderna y la sustentabilidad de los recursos naturales, en este trabajo se propone la síntesis de plásticos biodegradables como una actividad sustentable que permite integrar el estudio de conceptos físicos y químicos. Se trabaja con niños de entre 5 y 12 años de edad en el marco del programa Patios Abiertos en las Escuelas.

**Palabras clave:** Física y su relación con otras disciplinas; Plásticos biodegradables; Enfoque CTSA; Desarrollo sustentable; Alfabetización científica y tecnológica.

## Abstract

From the didactic point of view, the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach has favored reflection on the teaching and learning processes of the sciences, as well as the roles assumed by educators and learners. It is not only necessary to learn concepts and methodologies related to scientific and technological knowledge, but also to be aware of the potential social and environmental implications. Putting into consideration the conflict between the benefits that plastics provide to modern citizenship and the sustainability of natural resources, this paper proposes the synthesis of biodegradable plastics as a sustainable activity that allows the integration of the study of physical and chemical concepts. We work with children between 5 and 12 years old as part of the Open Playgrounds in Schools program.

**Keywords:** Physics and its relationship with other disciplines, Biodegradable plastics; CTSA approach; Sustainable development; Scientific and technological literacy.

## I. INTRODUCCIÓN

Este siglo XXI que nos toca transitar, nos pone a disposición gran cantidad de información la cual podemos ignorar o procesar de acuerdo a la sensibilidad de cada uno. Lo cierto es que problemáticas tales como la inmensa cantidad de residuos plásticos que inundan los mares y contaminan la tierra, ya es más que evidente y la preocupación social al respecto aumenta.

Gran cantidad de los plásticos que se utilizan a diario, son producidos, en su mayoría, a partir de reservas fósiles de energía como el petróleo. Si bien durante muchos años las propiedades de resistencia y degradación lenta de estos materiales fueron vistas como un logro científico y un éxito industrial, en la

actualidad se sabe que son precisamente el eje de la problemática. Además de producirse a partir de una fuente no renovable de energía, los plásticos convencionales son polímeros que, debido a su lenta descomposición, perduran en la naturaleza provocando gran acumulación de residuos sólidos y la consecuente contaminación ambiental (Leonard, 2010).

De esta manera, queda planteado un conflicto entre los beneficios que brindan los plásticos a la ciudadanía moderna y la sustentabilidad de los recursos naturales.

El concepto de *desarrollo sustentable o sostenible* elaborado en el Informe Brundtland (1987) por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo para la Organización de las Naciones Unidas (ONU), refiere a: "...satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades." Es decir, hacer un uso consciente y responsable de los recursos, sin agotarlos ni excediendo su capacidad de renovación.

Los plásticos biodegradables surgen como una alternativa a la problemática planteada. Este tipo de materiales, producidos a partir de fuentes renovables de energía, son plásticos que pueden descomponerse en agua y dióxido de carbono por la acción de microorganismos tales como las bacterias y los hongos, permitiendo equilibrar las necesidades de hoy en día, protegiendo el ambiente y los recursos de las nuevas generaciones (Valentín y otros, 2018).

Desde el punto de vista didáctico, el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) ha favorecido la reflexión acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como así también de los roles asumidos por educadores y educandos. No sólo es necesario aprender conceptos y metodologías referentes al conocimiento científico y tecnológico, sino que además se debe tomar conciencia de las potenciales implicaciones sociales y ambientales (Gurevich, 2011; Martínez y otros, 2007; Membiela y Padilla, 2005; Solbes Vilches, 2004).

García y Martínez (2014) citan a Fourez (1997) expresando que:

*Así, la metodología de trabajo en el aula debe pensarse, ya no como una transferencia de saberes, si no como la formación de un individuo capaz de asociar cada uno de los aspectos de su contexto con los conocimientos construidos en los procesos de formación. Es entonces cuando surge la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica, que responda a las necesidades de la sociedad actual y que no se limite únicamente a una transferencia de conceptos poco útiles, e irrelevantes en el momento de tomar una decisión con respecto a una situación específica.*

Es así que en función de la problemática planteada y de la pertinencia social de la temática, se propone trabajar en la síntesis y caracterización de plásticos biodegradables analizando aspectos fisicoquímicos de la síntesis y haciendo especial hincapié en algunas propiedades físicas de los materiales obtenidos. A través de las actividades propuestas, se intenta favorecer el aprendizaje de conceptos de Física desde la perspectiva CTSA, poniendo énfasis en la interdisciplinariedad y el cuidado del ambiente, propiciando el manejo de metodologías sustentables.

## II. MARCO CURRICULAR E INSTITUCIONAL

"Ecoquímica, la sustentabilidad es el futuro" es el nombre del proyecto enmarcado en el programa Patios Abiertos en las Escuelas (2019), que se lleva a cabo actualmente en la escuela EES N°15 ubicada en el Barrio 17 de Mayo de la Base Aeronaval Comandante Espora del partido de Bahía Blanca. Allí, todos los sábados en el horario de 9:00 a 13:00 horas concurren catorce niños del barrio y alrededores a participar del proyecto. Con edades que van desde los 5 a los 12 años trabajan y aprenden juntos acerca de la importancia de los recursos sustentables, el reciclaje y la realización de experiencias de laboratorio que contribuyen a reflexionar acerca del impacto de la actividad humana sobre el ambiente.

El programa Patios Abiertos en las Escuelas es una propuesta de la Dirección General de Cultura y Educación de la Nación, Subsecretaría de Políticas Docentes y Gestión Territorial, Dirección Provincial de Política Socio Educativa, Dirección de Inclusión e Igualdad Educativa, que tiene como objetivo principal desarrollar espacios socioeducativos que estimulen las habilidades cognitivas, capacidades emocionales y el capital cultural de las niñas, niños y jóvenes de 3 a 21 años (estén o no escolarizados) junto a sus familias y su comunidad, a través de actividades que revaloricen lo lúdico, lo estético y las mediaciones tecnológicas a partir de la iniciativa, la participación activa, desarrollando acciones que fomenten la producción, la experimentación, la concreción y la innovación reflejando las diferentes formas de expresión de los niños y adolescentes que participan favoreciendo el proceso creativo.

### III. LA PROPUESTA

Las actividades que se desarrollan en este espacio tienen como objetivo principal aportar a la construcción del conocimiento a partir de situaciones reales de experimentación que les permitan a los niños ser protagonistas.

Entendiendo a las ciencias como una construcción social y cultural en permanente cambio, que pueden ser aprendidas por todos los alumnos, se pretende propiciar un acercamiento a las ciencias a través de un trabajo contextualizado y dinámico que promueva la participación de los educandos a través de la reflexión, los desafíos, la acción y la experimentación, valorando los conocimientos que posean como punto de partida de nuevas construcciones conceptuales.

Es importante tener en consideración que el curso es muy heterogéneo desde el punto de vista de la edad y por ende de las ideas previas y el conocimiento que posee cada niño respecto del tema a abordar. Es por eso que, para llevar a cabo la propuesta se recurre a diversos recursos y estrategias metodológicas las cuales se irán presentando y explicando sus alcances de acuerdo a la siguiente secuencia: a) Problemática a abordar; b) Síntesis de un plástico biodegradable; c) Evaluación de las propiedades del plástico biodegradable y d) Socialización de lo trabajado y aprendido

#### A. Problemática a abordar

Si bien la problemática a abordar es conocida por toda la ciudadanía, trabajar con catorce niños de entre 5 y 12 años de edad, en un mismo curso, constituyó un verdadero desafío para la docente a cargo.



**FIGURA 1.** Fotografía de los catorce niños de entre 5 y 12 años de edad que participaron de la actividad.

Se utilizó, como disparador del tema a abordar, el video *Los animales salvan el Planeta* (s/f), el cual contiene entretenidas escenas de dibujos animados, recopiladas de una campaña de anuncios del canal *Animal Planet*, que tratan sobre la importancia de cuidar nuestro ambiente. El compilado tiene una duración de 7 minutos y 37 segundos a través de los cuales por medio de breves historias de dibujos animados protagonizadas por distintos animales se pueden ver situaciones que comprometen el ambiente y los recursos naturales, como, por ejemplo: el mal uso del agua y de la energía, la gran cantidad de desechos plásticos en el mar, la importancia del reciclado, etc. Esta actividad sirvió de punto de partida para realizar un debate y una puesta en común, a través de la cual, los niños contaron lo visto y reconocieron tener alguno de los hábitos mostrados en el video por los personajes. La mayoría admitió que tardaba mucho tiempo en la ducha o dejaba abierta la canilla mientras se cepillaba los dientes. Respecto a los plásticos, todos admitieron usar sorbetes los cuales descartaban luego de un solo uso; comprar bebidas con envases descartables o utilizar bolsas plásticas, incluso para descartar los desperdicios. Por otra parte, pudieron reparar que en los alrededores de la escuela y el barrio había botellas plásticas y bolsas tiradas y que no todos recurren a los “puntos limpios” donde se recogen los desechos de plásticos, metales, vidrios, papel o cartón, que luego pueden reciclarse.

En esta instancia, los niños lograron reconocer las acciones humanas que generan impacto sobre distintos medios y los niveles de responsabilidad para evitarlas.

En función de lo reflexionado, se instó a pensar en cómo se podía proceder para no repetir las malas acciones de los personajes de las historias vistas en los dibujitos. Surgieron propuestas tales como no tirar papeles en cualquier lado, no demorarse mucho en la ducha, apagar las luces que no se utilizan, reciclar la basura y la posibilidad de reemplazar el plástico lo máximo posible en nuestra vida cotidiana. Respecto a los plásticos y cómo afectan los mares y los ecosistemas naturales, se habló de lo maravilloso que sería usar un plástico que no contamine ya que vimos que era casi inevitable su uso.

Es así que se decide realizar una experiencia en la que pudieran ver que es posible sintetizar un plástico que sea biodegradable y por consiguiente no contamine el ambiente.

## B. Síntesis de un plástico biodegradable

La experiencia de realizar plástico biodegradable se llevó a cabo a partir de materiales accesibles, no tóxicos, y de uso cotidiano como: almidón de maíz (1 cucharada y media), agua (100 mL), vinagre (20 mL), glicerina (20 mL) y colorante vegetal.

La materia prima principal para esta síntesis es el almidón de maíz (también conocido como maicena). Este elemento es el que le aporta, al plástico biodegradable, las mismas propiedades fisicoquímicas que tienen los plásticos sintéticos. A su vez, al ser el almidón un polisacárido<sup>1</sup>, éste puede servir de alimento a bacterias y microorganismos los cuales contribuyen a hacerlo desaparecer.

Al entrar en contacto la maicena con el agua, el vinagre y el calor, se produce la desestructuración de los gránulos de almidón. A simple vista puede verse cómo el almidón aumenta su volumen formando una pasta viscosa.

El vinagre actúa además como agente biocida, evitando la proliferación de hongos y bacterias durante su uso, mientras que la glicerina actúa como agente plastificante, que mejora la maleabilidad y las propiedades mecánicas. Por su parte, las gotas del colorante sólo se agregan para poder apreciar mejor el plástico obtenido.

Una vez sintetizado el polímero biodegradable, se estiró sobre un vidrio de reloj y se dejó enfriar para su posterior evaluación (fig. 2).



FIGURA 2. Sintetizando el polímero, estirándolo sobre vidrio de reloj y registrando lo realizado

Con este procedimiento los niños pudieron comprobar que se pudo obtener, de manera sencilla, con materiales cotidianos, un material plástico biodegradable.

Durante su elaboración se pudieron trabajar conceptos tales como:

- Los estados de agregación de los materiales los materiales líquidos y sólidos. Diferencias y características distintivas de los líquidos respecto de los sólidos: fluidez, propiedad de mojar, forma del recipiente que los contiene; características de los líquidos: color, transparencia, olor, viscosidad; relaciones entre las propiedades de los sólidos y sus usos
- Las interacciones entre los materiales. Las mezclas y las disoluciones. Mezclas entre líquidos y sólidos y entre líquidos. Mezclas diferentes según se puedan o no reconocer los componentes a simple vista. Transformaciones donde un material se convierte en otro distinto.

<sup>1</sup>La palabra *polisacárido* deriva del griego y es fruto de la suma de tres componentes claramente delimitados: el prefijo “poly-”, que es sinónimo de “muchos”, el sustantivo “sakkhar”, que puede traducirse como “azúcar” y el sufijo “-ido”, que se emplea para darle forma a derivados.

- Las normas de seguridad en el trabajo con material de vidrio y fuentes de calor. La transferencia de calor entre dos cuerpos en contacto. El uso del termómetro de laboratorio.

### C. Evaluación de las propiedades del plástico biodegradable

Se estudió la elasticidad, la permeabilidad, la flexibilidad, la termoestabilidad y la durabilidad del polímero biodegradable sintetizado.

En la figura 3 puede verse a niños retirando del vidrio de reloj el polímero sintetizado para hacerle pruebas.

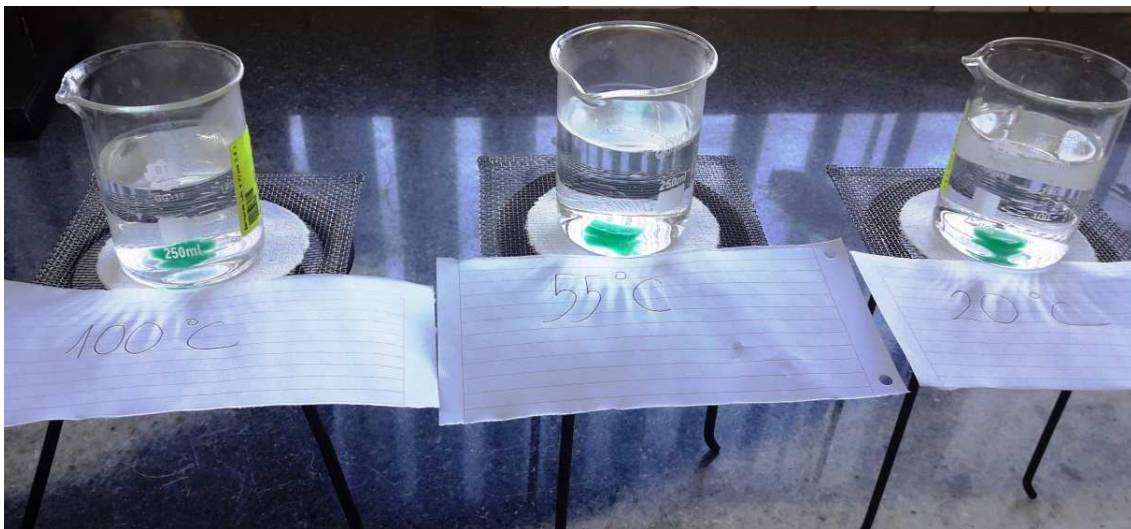
En física el término elasticidad designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan. Esto se explica de manera sencilla estirando una bandita elástica y soltándola para que recupere su forma inicial.



**FIGURA 3.** Pruebas de elasticidad, permeabilidad y flexibilidad realizadas al biopolímero sintetizado, una vez retirado del vidrio de reloj.

Para analizar la termoestabilidad del plástico obtenido se hicieron tres cortes de 1,3 cm x 1,7 cm.

Los trozos, de 2 mm de espesor, se colocaron en vasos de precipitado que contenían agua a distintas temperaturas: 20°C, 55°C y 100°C. Se mantuvieron a temperatura durante media hora (figura 4) y luego se retiraron del agua para una mejor observación.



**FIGURA 4.** Prueba de termoestabilidad realizada al plástico biodegradable en agua distintas temperaturas.

Se pudo ver que a simple vista permanecían inalterables pero al tocarlos, podía sentirse la pérdida de elasticidad con el aumento de la temperatura.

Luego de obtener estos datos se decidió calentar hasta hervor otra muestra de plástico, de igual medida y lote, durante media hora. En esta ocasión se pudo apreciar la decoloración del plástico y la degradación paulatina de la lámina gelatinosa que al tocarla se desarmaba.

La durabilidad de nuestro plástico se fue observando sábado a sábado y se pudo ver que pasados los tres meses comenzaba a degradarse, rompiéndose en varios trozos cada vez más pequeños.

Durante la evaluación de las propiedades del polímero biodegradable se pudieron trabajar conceptos tales como:

- La acción del calor y los cambios de los materiales por efecto de la variación de la temperatura.
- Las propiedades de los materiales. Los materiales y el calor.
- Características de los sólidos: plasticidad, elasticidad, permeabilidad, rigidez o flexibilidad, en relación con la pertinencia para ser empleados con diferentes finalidades.
- Introducción al concepto de fuerza y sus efectos.

#### D. Socialización de lo trabajado y aprendido

Además de tener la oportunidad de socializar lo aprendido con sus familias y su comunidad, los niños acompañados por la docente, en carácter de asesora, pudieron presentar la actividad descrita en la Feria de Ciencias Distrital 2019: A.C.T.E. (Actividades Científicas y Tecnológicas Educativa) realizada en la ciudad de Bahía Blanca, el 28 de junio en dependencias de la EES N° 10.

Si bien el trabajo fue de todos/as, por una cuestión organizativa de la feria, pudieron participar del stand Benjamín (9 años), Agostina (12 años) y Rocío (11 años). Todo lo realizado quedó plasmado en el libro de campo que escribieron los alumno/as (figura 5) y en el registro pedagógico llevado a cabo por la docente asesora.

Presentaron su proyecto efectuando demostraciones experimentales y ofreciendo explicaciones respecto a las metodologías utilizadas y a las conclusiones obtenidas. Dicho intercambio pudo realizarse no solo con los docentes evaluadores sino también con el público en general, la comunidad educativa y los visitantes a la feria.

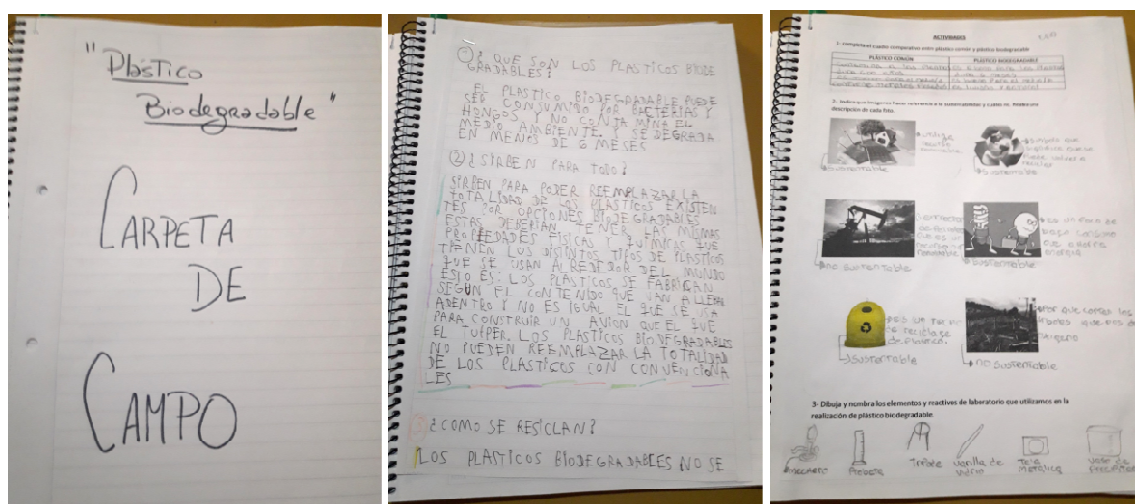


FIGURA 5. Carpeta de campo realizada por los alumnos.

El proyecto fue evaluado de manera muy positiva, resaltando la actualidad de la problemática y la predisposición y manejo de conceptos por parte de los alumno/as, lo cual le valió el reconocimiento para pasar a la siguiente instancia regional que se realizará el día 9 de agosto en la ciudad de Punta Alta en la EEST N° 1.

Las ferias de ciencias constituyen un espacio de encuentro, inclusión y reflexión donde el intercambio y la socialización de las experiencias compartidas permiten complementar los saberes propios. El entusiasmo generado a partir de la presentación del proyecto permitió seguir pensando e investigando. En tal sentido, con vistas a la próxima feria de ciencias, los niños estarán abocados/as a darle un uso a esos polímeros a través de la realización de tapas para cuadernos, agendas o libretas de apuntes.

#### IV. COMENTARIOS FINALES

A través de la metodología planteada y de las secuencias didácticas propuestas cada sábado, los alumnos fueron capaces de realizar una intervención científica en contexto que les permitió conectar aspectos de la

física y la química con la vida cotidiana, referenciándolos a una problemática socioambiental concreta.

Lograron realizar un plástico biodegradable con materiales accesibles, no tóxicos, de bajo costo de producción, fácil de trabajar y moldear y que a su vez les dio la posibilidad de poner en consideración las propiedades fisicoquímicas de los materiales.

Pudieron poner en práctica distintos modos de conocer a través de:

- la interpretación de la información vertida por medio un audiovisual (video),
- la formulación de hipótesis a partir de preguntas formuladas por la docente,
- la formulación de preguntas investigables y el desarrollo del pensamiento creativo para la búsqueda de respuestas.
- realizar predicciones,
- diseñar actividades experimentales sencillas que permitan la exploración de diferentes materiales y sus propiedades,
- realizar observaciones con un propósito,
- registrar y organizar datos,
- comunicar resultados,
- describir su experiencia a través de relatos orales y/o dibujos realistas acompañados de textos breves,
- elaborar generalizaciones sencillas,
- organizar la información en cuadros, textos y folletos.

Se logró promover la alfabetización científica abordando una actividad sustentable que les permitió integrar el estudio de conceptos físicos y químicos de manera interdisciplinar y a través de un enfoque CTSA.

Se propició la incorporación de los niños en instancias de participación ciudadana orientadas a comprender de qué modo el conocimiento construido se pone en juego en su entorno local y regional.

La oportunidad de socializar lo trabajado y compartido en la Feria de Ciencias Distrital, fue clave para intercambiar ideas, resultados e investigaciones que favorecieron la construcción del conocimiento. Sin duda los alumnos se convirtieron en agentes multiplicadores de los saberes adquiridos en el espacio del proyecto “Ecoquímica. La sustentabilidad es el futuro”.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección General de Cultura y Educación, Subsecretaría de Políticas Docentes y Gestión Territorial, Dirección Provincial de Política Socio Educativa, Dirección de Inclusión e Igualdad Educativa, Programa “Patios Abiertos En Las Escuelas” por la financiación del proyecto “Ecoquímica. La sustentabilidad es el futuro”, a su Coordinador Walter Acosta y a la EES N° 15 (Cte. Espora, B. Bca) donde se lleva a cabo la actividad. A la Universidad Nacional del Sur por el financiamiento de la Beca de Estímulo al estudio otorgada a la estudiante avanzada del Profesorado en Química Cintia Verónica Ils en el marco del proyecto de investigación acreditado *Estudios de química en contexto desde un enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS)*, dirigido por la Dra. Sandra A. Hernández.

## REFERENCIAS

Brundtland, G. H. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro Futuro Común*. Recuperado de: [http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf)

Dirección General de Cultura y Educación, Subsecretaría de Políticas Docentes y Gestión Territorial, Dirección Provincial de Política Socio Educativa, Dirección de Inclusión e Igualdad Educativa, Programa “Patios Abiertos En Las Escuelas” (2019) - *Patios Abiertos en las Escuelas Manual Operativo – 2019*. Disponible en: [http://abc.gob.ar/socioeducativa/sites/default/files/manual\\_programa\\_patios\\_abiertos\\_en\\_las\\_escuelas\\_2019\\_0.pdf](http://abc.gob.ar/socioeducativa/sites/default/files/manual_programa_patios_abiertos_en_las_escuelas_2019_0.pdf)

Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

García, N.K. y Martínez, L.F.(2014). Alfabetización científica y tecnológica de jóvenes y adultos desde la

discusión de las cuestiones sociocientíficas. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. 12-14 de noviembre, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1510.pdf>.

Gurevich, R. (comp.) (2011). *Ambiente y educación: una apuesta al futuro*. Buenos Aires: Paidós.

Leonard, A. (2010). *La Historia de las cosas: De cómo nuestra obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud. Y una visión del cambio*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

*Los animales salvan el Planeta (compilado)*. (s/f). <https://www.youtube.com/watch?v=vFa2NxAAado>. Sitio consultado en abril de 2019.

Martínez, L. F., Peñal, D. C. y Villamil, Y. M. (2007). Relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la química. *Ciência & Ensino*, 1, número especial, <http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/download/151/104>.

Membiela, P. y Padilla, Y. (2005). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editora.

Solbes, J. y Vilches, A. (2004) Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*. 22(3), 337-348.

Valentín, J. L., Bernal Ortega, P., Posadas Bernal, P., Fernández, A., Herrero, R., Muscas, F., Fernández, A. M., Navarro, R. y González-Jiménez, A. (2018). Diseño y desarrollo sostenible de materiales poliméricos. *Revista de plásticos modernos*, 115(730).