

La construcción de islotes interdisciplinarios de racionalidad para el tratamiento de problemas complejos en la formación del profesorado

Eduardo Lozano; Gimena García; Nora Bahamonde
Profesorado de Nivel Medio y Superior en Biología - Universidad Nacional de Río Negro

Resumen— El Taller de Problemas Complejos es un espacio curricular de la formación del profesorado destinado a la construcción y desarrollo de *asuntos socio-científicos*, que sean de interés y significativos para la vida y la formación de los estudiantes. Para dinamizarlo se utiliza un dispositivo didáctico, el *Islote interdisciplinario de racionalidad*, que permite a partir de la identificación de un hecho de interés y desde una perspectiva multireferencial, vincular diferentes saberes cotidianos que poseen los estudiantes y ciudadanos en general, con modelos científicos que, desde diferentes campos disciplinares, pueden implicarse en el análisis. Además, se incorporan otras referencias o perspectivas a partir de la activación de analizadores diacrónicos y sincrónicos que contextualizan el problema en la historia y también en la actualidad, en otras sociedades y culturas. El resultado del trabajo se expresa en la formulación de nuevas ideas, como emergentes de la investigación, que dan cuenta de una nueva inteligibilidad y permiten comprender el problema desde visiones que no se poseían al inicio. Las producciones de la investigación pueden ser utilizadas para realizar intervenciones en la comunidad. Esta comunicación informa sobre los aspectos teóricos que estructuran el espacio y relata una experiencia de enseñanza llevada a cabo en él.

Palabras clave: *Taller de Problemas Complejos, Asuntos socio-científicos, Islote Interdisciplinario de Racionalidad, Formación del profesorado*

INTRODUCCIÓN

¿Qué es y qué se hace en el Taller de problemas complejos?

El Taller de Problemas Complejos (TPC) es un espacio integrado al eje de formación didáctica que reciben los y las alumnas del Profesorado en Biología de la UNRN, junto a las materias Pensamiento y actividad científica, Introducción a la didáctica y Didáctica de las ciencias naturales. Implica en cada edición el desarrollo de una investigación a partir de la propuesta de construcción de un *Islote interdisciplinario de racionalidad* (IIR) (Fourez, 1997) con el objeto de abordar una problemática de interés, consensuada y significativa para los estudiantes y profesores, desde la perspectiva de *asuntos socio-científicos* (*Socioscientific issues*) (Ziedler, *et al.*, 2005; Bahamonde, 2014).

La importancia de trabajar en base al tratamiento de *asuntos socio-científicos*, es que éstos permiten el abordaje de temas complejos y propician el aprendizaje de contenidos de la ciencia que resultan significativos para los ciudadanos, teniendo en cuenta su relevancia en el mundo cotidiano. Esta perspectiva, que requiere de una enseñanza contextualizada, aborda temáticas que pueden disparar diferentes niveles de controversia, lo que promueve el desarrollo del razonamiento moral de los alumnos. Junto a otras líneas de desarrollo, como *Cuestiones socialmente vivas* (QSV) (Legardez *et al.*, 2006), *asuntos sociocientíficos* se orienta a la movilización de saberes interdisciplinarios y de valores con el objeto de desarrollar el pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas por parte de los estudiantes y de los ciudadanos en general (Bahamonde, 2014).

FUNDAMENTOS DEL TPC

Los fundamentos didácticos básicos que orientan el trabajo que propone el TPC, se encuentran en el Modelo cognitivo de ciencia escolar (MCCE), desde el cual se considera que la educación científica consiste en lograr que los estudiantes puedan pensar el mundo con teorías para intervenir en él, realizando actividades parecidas a las que desarrollan los científicos cuando generan y justifican sus representaciones sobre el mundo (Izquierdo, 2000). Así, la actividad científica escolar (ACE), modelo que extiende el MCCE para el diseño concreto de la enseñanza (Paz, 2008), implica brindar oportunidades para que los alumnos modelicen fenómenos y que esos modelos sean útiles y prácticos para comprender y actuar sobre la realidad, que puedan comunicarlos de manera significativa y que razonen y argumenten valorativamente sobre sus implicancias (Adúriz Bravo, *et al.*, 2009).

Otro aspecto que caracteriza el desarrollo de la investigación que los alumnos emprenden en el TPC es la construcción de un proceso referenciado no solo desde los modelos científicos de las disciplinas implicadas, sino también desde los saberes cotidianos de los estudiantes y ciudadanos, y también desde otras perspectivas que sobre

ese problema se tienen ahora en otras culturas del mundo o se han desarrollado en la historia. Este carácter mutireferenciado y las tensiones que de allí emergen, abonan a la modelización compleja del hecho abordado y a la producción de ideas nuevas para comprenderlo. Este aspecto está en la base del funcionamiento del dispositivo IIR que desarrollaremos luego (Bahamonde, 2007).

Por último, el planteo del problema, la formulación de hipótesis y modelos iniciales, la elaboración del plan y de las diferentes tareas que implica la investigación a realizar, se constituyen como un escenario apto y significativo para identificar aspectos metacientíficos y estimular reflexiones sobre contenidos del eje *naturaleza de la ciencia*, (Adúriz_Bravo, 2005) que los estudiantes llevan a cabo en su formación del profesorado, y que colaboran y favorecen procesos de construcción de una imagen actualizada de la ciencia (Lozano, *et al.*, 2016)

Así, con todos estos elementos estructurantes del espacio de formación del TPC, se trabaja en función de lo que Bahamonde propone como un desafío para la mejora en la calidad de la educación en biología, a partir de la sinergia que puede producirse cuando se vinculan en un espacio de enseñanza: la modelización científica, la formación en naturaleza de la ciencia, el abordaje de asuntos sociocientíficos y la multireferencialidad (Bahamonde, 2014).

¿Qué es y cómo funciona una IIR en el espacio TPC?

La metodología que dinamiza este espacio de investigación se basa en la construcción de un *Islote interdisciplinario de racionalidad* (Fourez, 1997). Desde la adaptación que hace Bahamonde de este modelo didáctico (Bahamonde, 2007), una vez identificado y consensuado un hecho sociocientífico a investigar, el IIR funciona como un artefacto didáctico que trabaja en la construcción de complejidad para la comprensión de un hecho considerado de interés, y se inicia con la producción de una multiplicidad de preguntas de diferente naturaleza que a ese hecho le hace el grupo de alumnos y que da lugar a la explicitación de saberes cotidianos, y a la identificación de “cajas negras” (Fourez, 2005) esto, es de aspectos para los cuales, en ese momento inicial, los alumnos no poseen modelos que les permitan explicarlos.

La metáfora del islote puede hacer referencia a la posibilidad de construcción de una inteligibilidad en un océano de desconocimiento (Bahamonde, 2007), y también a la idea de que no son necesarios “los continentes disciplinares” para su desarrollo, sino aquellos aspectos de los modelos de racionalidad de las disciplinas que colaboren en hacer inteligible un fenómeno complejo.

Además de la referencia que bridan los modelos científicos de la biología y de otras disciplinas, ya sea desde el análisis bibliográfico o desde la producción de entrevistas a diferentes especialistas, el otro elemento convocado a referenciar la construcción y desarrollo del problema, son los saberes cotidianos de los estudiantes y los ciudadanos en general. A los saberes cotidianos se los entiende como aquellas construcciones que, desde una epistemología cotidiana (Rodrigo, 1997), los sujetos utilizan para generar explicaciones y predicciones del mundo físico y social que los rodea. Estas teorías cotidianas se construyen de manera implícita, pues los agentes no poseen conciencia de su producción. Estas solo se hacen visibles para el sujeto que las posee cuando se las pone a prueba mediante autorreflexiones orientadas a hacerlas explícitas verbalmente, o cuando las predicciones y expectativas en base a estas teorías no se confirman reiterativamente, o sea que dependiendo del caso al que se aplique, estas son útiles o no. La consideración de este componente del IIR implica el desarrollo de actividades para indagar, caracterizar y analizar en el TPC los saberes cotidianos de las personas sobre un hecho determinado.

Otro componente central del dispositivo, vinculado a la multireferencialidad, lo constituye la activación de una dimensión de análisis diacrónica, que permite historizar la dinámica del fenómeno abordado a lo largo del tiempo y contextualizarlo, y también la activación de un analizador sincrónico, que permite por ejemplo dar cuenta del valor y las características de ese hecho en la actualidad pero en otras sociedades y grupos de cultura diferentes a los que habitan los alumnos y profesores del espacio TPC.



Grafico 1. Estructura de un IIR y su analogía con la emergencia de saberes complejos en un océano de ideas preconcebidas y/o desconocimiento. (Adaptado de Bahamonde, 2007)

Los aportes que van haciendo cada uno de los componentes del IIR se van relacionando, confrontando y tensando a lo largo de la investigación en el espacio del taller, y los resultados del trabajo se expresan en la formulación de ideas por parte de los alumnos que permiten la comprensión del asunto sociocientífico construido, desde visiones que no se poseían al inicio del trabajo. En la metáfora del IIR, esas ideas surgen como emergentes en el océano, como “islotas” de una nueva inteligibilidad que expresan la relación/tensión entre saberes cotidianos y narrativos y los modelos científicos, y se contextualizan gracias a los aportes que provienen de la activación de los analizadores diacrónicos y sincrónicos.

A continuación se presenta como ejemplo, el desarrollo de la construcción de un IIR en el TPC, que fue denominado *Radiación UV y cuidados de la piel*. El mismo implicó a 30 alumno/as de la materia en una tarea investigativa llevada a cabo en 16 encuentros semanales de trabajo de taller, y numerosas actividades de campo distribuidas según los componentes del islote que cada grupo de alumna/os decidió responsablemente abordar. Los resultados del trabajo luego fueron divulgados a partir de diferentes actividades de extensión en la comunidad valletana.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

a. *Presentación de la propuesta: el hecho sociocientífico a investigar.*

Para comenzar la investigación se presentó a los alumnos un hecho sociocientífico: la instalación de un medidor de radiación UV en la estación hidrometeorológica que posee la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC) en el Paseo de la Costa, a orillas de Río Limay en la ciudad de Neuquén, difundida por diferentes medios periodísticos de la región. Esa estación meteorológica, cuenta con dispositivos para medir determinados parámetros del estado de la atmósfera en la región del Alto Valle del Río Negro y, en el año 2012, incorporó un sensor que permite medir de manera directa la radiación

UV. Los datos que procesa, expresados en un número que indica un determinado nivel de radiación, son transmitidos cada hora directamente desde el medidor a una página web que la AIC puso a disposición de los ciudadanos que deseen consultarla, junto a una tabla que da cuenta de los niveles posibles de radiación y el riesgo correspondiente para la salud.

Se presentaron al grupo de estudiantes los recortes periodísticos de los dos principales diarios regionales donde se anunciaba la nueva herramienta de consulta con la que contaba la comunidad, y se les preguntó si consideraban que constituía un tema de interés y también si sería valioso organizar actividades en la comunidad para difundirla y estimular su consulta. Los alumnos manifestaron que les parecía muy interesante la publicación prácticamente instantánea que hacía la AIC de los datos sobre niveles de radiación, y dieron su acuerdo para trabajar en un proyecto de investigación sobre la radiación UV y la salud humana, en función de poder contar con argumentos que sostuvieran una difusión significativa en la comunidad de la página web de la AIC.

b. *Formulación de preguntas y organización de las dimensiones de análisis implicadas en el IIR*

Para comenzar la construcción del Islote se les propuso a los estudiantes, organizados en grupos, que comenzaran a explicitar interrogantes e inquietudes que la temática les generaba, tanto en lo relacionado con la radiación UV como en los efectos sobre la salud, y que

las expresaran en forma de preguntas. Los docentes, pasaban por los grupos y los estimulaban a los estudiantes a preguntar no solamente sobre cuestiones biológicas sino también sobre otros aspectos sobre los cuáles reconocían que no poseían ideas muy claras y que creían estaban implicadas en la problemática. El objetivo de esta tarea fue comenzar a identificar “cajas negras” (Fourez, 2005) las que luego pueden organizarse por su filiación disciplinar en distintas dimensiones de análisis.

El trabajo fue muy fecundo y al cabo de una hora de argumentaciones y discusiones cada grupo tenía organizada una extensa lista de preguntas de la más variada naturaleza, que comenzaron a compartir con el resto en una puesta en común. Entre las más representativas: ¿Qué le hace específicamente la radiación UV a una célula? ¿Y al ADN? ¿Hay una relación concreta entre radiación UV y cáncer de piel? ¿Hay publicaciones que lo demuestren? ¿Cuánta energía tiene la radiación UV? ¿Cuándo está nublado llega igual? ¿Y en invierno o primavera? ¿Cómo actúa una crema protectora? ¿Cuánto dura su efecto? ¿En base a qué se elige un tipo de protector solar? ¿Cuál es la relación que existe entre radiación UV y el agujero de ozono? ¿Afecta a la Patagonia? ¿Siempre? ¿Hay cáncer de piel desde que la gente se broncea? ¿Tiene alguna relación con las camas solares? ¿Las aseguradoras de riesgo de trabajo contemplan la exposición al sol de los albañiles y obreros de la fruta?

A partir de este trabajo, con todo el grupo de la clase, se fueron organizando a las diferentes preguntas en campos disciplinares/dimensiones de análisis afines. De este modo quedó formulada una dimensión que atendería a los interrogantes físicos / atmosféricos/ tecnológicos; otra, a las cuestiones sobre modelos biológicos implicados en la relación: radiación UV/ADN, células/organismos; una tercera que abordaría las cuestiones epidemiológicas/ médico/ farmacológicas y una cuarta dimensión que se abocaría al desarrollo de los analizadores diacrónico y sincrónico y a aspectos socioculturales implicados en la problemática.

c. Opciones metodológicas

Llegado este momento, en el que se definieron las dimensiones de análisis y se formularon de manera operativa las preguntas al interior de cada una, los docentes organizaron a los alumnos en cuatro grupos y les asignaron una dimensión. Luego les solicitaron que pensarán cuáles serían las opciones metodológicas más apropiadas para poder responder a cada uno de los interrogantes. Esto generó una nueva instancia de trabajo que llevó a los estudiantes a proponer una variada gama de actividades, entre ellas: búsqueda de publicaciones científicas; una visita a la Estación hidrometeorológica de la AIC para entrevistar a los técnicos que instalaron el

sensor; búsqueda de modelos atmosféricos de la Patagonia y de su evolución en el tiempo; entrevistas con meteorólogos, dermatólogos/as e investigadores sobre cáncer de piel, una visita a un centro de la ciudad que posee camas solares, búsqueda de trabajos antropológicos relacionados con el bronceado como práctica cultural en la historia, entre otras.

d. Producciones de las dimensiones

En cada encuentro semanal del TPC, se disponía de un tiempo para que cada uno de los grupos a cargo de una dimensión informara al resto sobre los avances que habían llevado a cabo. Promediando el mes de trabajo, cada uno de los grupos había concretado logros en función de responder las preguntas básicas que se habían formulado al inicio y también otras, que fueron apareciendo en las instancias de búsqueda de información.

A continuación se presentan sólo algunas de las producidas en cada dimensión:

- Dimensión sobre aspectos físicos / atmosféricos/ tecnológicos:

Describieron la energía de los fotones UV y los identificaron como ionizantes (poseen energía para modificar enlaces en las biomoléculas). Presentaron un modelo físico/químico de la relación UV/Ozono. Presentaron también un modelo atmosférico sobre el adelgazamiento de la capa de ozono y cómo se ubica éste en los meses de primavera sobre el norte de la Patagonia aumentando la radiación UV. Esto llevó a los alumnos a buscar niveles de radiación medidos en la región en días “frescos pero soleados” de primavera y encontraron registros que se incluyen en los niveles de máximo riesgo. Compartieron un modelo de radiación UV y nubosidad en el cual se propone que los nublados blancos y poco densos prácticamente no interfieren en la llegada de rayos UV. También presentaron un modelo de radiación UV en una cama solar

- Dimensión sobre aspectos biológicos:

Aportaron un modelo gráfico que ilustra el modo en el que un fotón UV puede modificar la estructura del ADN.

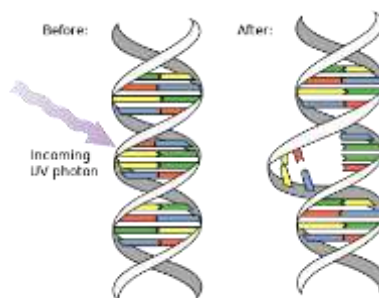


Gráfico 2 Acción de UV sobre ADN (Fuente [DNA UV mutation.gif](#): NASA/David Herring)

Este modelo fue muy valorado por los alumnos ya que al proyectar las acciones de divulgación que se llevarían a cabo, les permitía contar con una herramienta significativa para explicarle a la gente la acción de los UV. También presentaron un modelo biológico para comprender el “efecto acumulativo” que tiene la exposición a la radiación UV sobre la piel y un modelo gráfico de corte de piel humana, para comprender la acción de los melanocitos.

- Dimensión sobre aspectos epidemiológicos/ médico/ farmacológicos

Presentaron modelos de tipo de cáncer de piel con estudios epidemiológicos actualizados y realizados en el país. Advirtieron que la incidencia es prácticamente igual en mujeres y hombres y que las edades de más incidencia se dan después de los 50 años. Esto lo pudieron vincular con el modelo de efecto acumulativo de la dimensión biológica. Presentaron un modelo gráfico de acción de un protector solar y el modo químico en el que amortiguan la acción de los fotones junto a un análisis del tiempo de duración del efecto (muy corto) y de la necesidad de considerar como el eje sustantivo de la prevención la no exposición al sol entre las 10 y las 17 hs en días de verano.

- Dimensión sobre aspectos socioculturales y analizadores diacrónico y sincrónico

Presentaron un desarrollo histórico de los modelos atmosféricos en función de la determinación de los niveles de ozono y trazaron un paralelo con las investigaciones sobre cáncer de piel a nivel mundial.

Compartieron análisis de estudios sobre historia del bronceado a los que accedieron, y propusieron a partir de ellos considerar el caso de Coco Chanel (1883-1971) como epítome del inicio del bronceado como moda en occidente en la década del 20 del siglo pasado, y de la consideración de la piel bronceada como un valor social de clases medias-altas. Hicieron un recorrido histórico de la historia de las cremas protectoras. Visitaron un spa en el cual se puede acceder a camas solares e indagaron sobre la información que brindan a los asistentes sobre la radiación a la que se someten (nula). También visitaron una Aseguradora de Riesgos de Trabajo para conocer el nivel de cobertura que tienen los empleados que trabajan a exposición solar a diario.

En el análisis sincrónico, presentaron una muestra de imágenes actuales de personas que en otras culturas, como por ejemplo en Japón, asisten a las playas totalmente cubiertas para no exponerse a la luz y también casos de “sensibilidad electromagnética”

- e. Sobre los saberes cotidianos

En función de las relaciones y tensiones que ya se habían comenzado a construir en la etapa de desarrollo de las dimensiones entre las ideas iniciales que tenían los estudiantes y los modelos científicos, se estructuró una entrevista que los estudiantes tomaron a 300 personas en el centro de la ciudad. Consistía en una serie de preguntas que se relacionaba con cada una de las dimensiones abordadas. A modo de referencia general y para hacer comparaciones, la misma encuesta se subió como formulario de Google Drive y la respondieron cerca de 1000 personas. Entre las ideas más significativas al cuantificar y analizar las respuestas, encontraron que:

- Un tercio de los encuestados creen que los días de primavera, al mediodía, despejado, con una temperatura de 20 °, no son peligrosos en cuanto a la exposición de la piel a la radiación solar y no es necesario tomar recaudos.
- Un poco más de un tercio creen que en días nublados los daños en la piel producto de la radiación UV se reducen sensiblemente.
- Dos tercios de las personas creen que independientemente de la edad todos deben tomar medidas de protección contra la radiación UV.
- Casi el 70% de las personas que se interesaron y respondieron las encuestas son mujeres
- Un 19% dice nunca cuidarse de la exposición solar, mientras que un 49% de las personas dice cuidarse a veces del sol, y un 36% hacerlo siempre. De esta población el 59% lo hace con protector solar como medida principal de cuidado.
- Casi un 20% de los encuestados realizan tareas al aire libre en sus trabajos, las cuales los exponen a la radiación UV.

f. Emergentes

A partir de las producciones llevadas a cabo hasta ese momento, se ingresó en la etapa final del TPC y la consigna de trabajo fue la de formular ideas a modo de proposiciones, que podían sostenerse a partir del trabajo realizado y que expresaban las tensiones encontradas entre las ideas cotidianas y los modelos científicos.

Algunos de estos emergentes fueron:

1. “*Cuando está fresco y nublado, también hay que cuidarse*”, teniendo en cuenta que numerosas personas creen que los días frescos y nublados de primavera y verano no son nocivos para exponerse al sol, pero la incidencia de UV no depende de la temperatura y muy poco de la nubosidad.

2. “*Con el protector solar no alcanza*”. En general se piensa que el protector solar es suficiente para evitar daños producidos por la radiación UV, pero en realidad solo contribuye una parte del cuidado, ya que su efecto

decae en un corto tiempo. La mejor protección es evitar tomar sol entre las 10 y las 17 hs.

3. “Cuidarse la piel no es sólo un problema de mujeres”. Las mujeres son más receptivas al tema del cuidado de la piel, pero las estadísticas demuestran que la incidencia de cáncer de piel es de iguales proporciones entre hombres y mujeres. Los varones, niños y jóvenes, también deben protegerse.

4. “Trabajarás al sol, pero cuidándote la piel” Hay una idea extendida respecto de que quienes trabajan al sol tienen la piel curtida y que la exposición no los afecta. Esto es un pre juicio y afecta las condiciones de trabajo de albañiles y cosechadores/as.

g. Intervenciones en la comunidad

Utilizando estas construcciones como contenido, se organizaron diferentes actividades de extensión a la comunidad: Un “Café científico” transmitido por un FM local, una volanteada en el centro de la ciudad difundiendo las ideas emergentes y la URL de la AIC, una visita al hospital de Cipolletti el día mundial del Cáncer de piel, visita a escuelas, entre otras actividades.

CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado permitió poner en valor, eso es, en la tarea concreta de enseñar, a las directrices teóricas que alientan el desarrollo de IIR's y el tratamiento de asunto socio-científicos. Los alumnos se implicaron en la tarea de construir una modelización compleja sobre el fenómeno de la radiación UV y los cuidados de la piel y pudieron resignificar saberes iniciales, propios y de los ciudadanos, producir una nueva racionalidad, soportada desde diferentes referencias que fueron convocadas para la investigación e intervenir luego en la comunidad. Además, y a partir de actividades metacognitivas, que no fueron desarrolladas en esta comunicación, los alumnos reflexionaron sobre aspectos epistemológicos de la tarea llevada a cabo, esto es, pensaron sobre el modo en el que estaban produciendo conocimientos y esto dio a lugar a nuevas discusiones que se incorporan a su bagaje de formación en *naturaleza de la ciencia*. (Lozano, et al., 2016) De este modo, y tal cual se planteó al inicio, las diferentes perspectivas que se pueden identificar en la tarea: modélicas, sociocientíficas, multireferenciadas y metacientíficas, colaboran en la sinergia para mejorar la calidad de la educación científica actual. (Bahamonde, 2014).

BIBLIOGRAFÍA

- Adúriz Bravo, A. 2005. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo Editorial Económico
- Adúriz Bravo, A.; Izquierdo, M. 2009. *Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales*. REIEC Año 4 Nro. Especial 1
- Bahamonde, N. 2007. *Los modelos de conocimiento científico escolar de un grupo de maestras de educación infantil: un punto de partida para la construcción de “islotos de racionalidad y razonabilidad” sobre la alimentación humana*. Tesis doctoral Universitat Autònoma de Barcelona.
- Bahamonde, N. 2014. Pensar la educación en biología en los nuevos escenarios sociales: la sinergia entre modelización, naturaleza de la ciencia, asuntos socio-científicos y multireferencialidad. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza* 7 (13): 87-98.
- Fourez, G. 1997. Qu'e entendre par “ilot de rationalité” Et par “ilot interdisciplinaire de rationalité”? *ASTER N° 25. 1997. Enseignants et élèves face aux obstacles, INRP. 29. 05 25: 217-225.*
- Fourez, G. 2005. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Izquierdo, M. 2000. Fundamentos epistemológicos. In F. J. y C. Perales, P. (Ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 35-64). Madrid: Alcoy Marfil..
- Lozano, E.; Bahamonde N.; Adúriz-Bravo, A. 2016. Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *Filosofia e História da Biologia, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 49-68, 2016. 49*
- Legardez, A. y Simonneaux (Dir). 2006. *L'école à l'épreuve de l'actualité : Enseigner les questions vives*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Paz, V.; Márquez, C.; Adúriz Bravo, A. 2008. *Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo*. latinoam.estud.educ. Manizales (Colombia), 4 (2): 11–27
- Rodrigo, M. J. 1997. Del escenario sociocultural al constructivismo episódico: un viaje al conocimiento escolar de la mano de las teorías implícitas, pp.177-194, en Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comp.). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- Ziedler D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. and Howes, E.V. 2005. Beyond STS: A Research-Based Framework for Socioscientific Issues Education.) *Wiley Periodicals, Inc* (www.interscience.wiley.com)