



Revista Electrónica "Actualidades
Investigativas en Educación"
E-ISSN: 1409-4703
revista@inie.ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Ontiveros Ortega, Alfonso; Vílchez González, José Miguel
LA ANTÁRTIDA. LUGAR DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA
Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", vol. 10, núm. 1, enero-abril, 2010, pp.
1-24
Universidad de Costa Rica
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44713068020>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Actualidades Investigativas en Educación

Revista Electrónica publicada por el
Instituto de Investigación en Educación
Universidad de Costa Rica
ISSN 1409-4703
<http://revista.inie.ucr.ac.cr>
COSTA RICA

LA ANTÁRTIDA. LUGAR DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA
ANTARCTICA. A PLACE TO DO RESEARCH AND TO TEACH

Volumen 10, Número 1
pp. 1-24

Este número se publicó el 30 de abril de 2010

Alfonso Ontiveros Ortega
José Miguel Vílchez González

La revista está indexada en los directorios:

[LATINDEX](#), [REDALYC](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [DOAJ](#), [E-REVIST@S](#),

La revista está incluida en los sitios:

[REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [HUASCARAN](#), [CLASCO](#)

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia [Creative Commons](#)



LA ANTÁRTIDA. LUGAR DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ANTARCTICA. A PLACE TO DO RESEARCH AND TO TEACH

Alfonso Ontiveros Ortega¹
José Miguel Vílchez González²

Resumen: Desde hace tiempo, distintas investigaciones relacionadas con la Didáctica de las Ciencias defienden que conectar los dominios de conocimiento científico, cotidiano y escolar es una estrategia que asegura en cierto modo el aprendizaje significativo de las disciplinas científicas. La enseñanza mantiene la inercia de modelos de transmisión-recepción de conocimiento, que han demostrado suficientemente no dar buenos resultados. En este trabajo se describe una experiencia en la que, de forma natural, los tres dominios de conocimiento se fundieron en uno, contribuyendo a lo que, hemos denominado "una docencia perfecta". Nuestra intención se dirige, más que a la propuesta de un modelo didáctico, a estimular la reflexión sobre estas cuestiones, como una de las mejores formas, en nuestra opinión, de mejorar la difícil tarea de enseñar ciencias.

Palabras clave: ANTÁRTIDA, FÍSICA, DIDÁCTICA, DOMINIOS DE CONOCIMIENTO.

Abstract: Time ago, several research works in relation with Science Education suggest the link of the different knowledge domains (science, everyday and academic), is a teaching strategy which strengthens a significant learning in science disciplines. Unfortunately, science teaching keeps an out of habit transmission-reception model which is shown does not yield good results. This work describes an experience in which the three knowledge domains merge together in natural way. This contributes to a "perfect education", as we call with audacity. Our intention is not to propose a didactic model but to stimulate the thinking about these matters. This is, in our opinion, one of the better ways to improve the difficult task of science teaching.

Keywords: ANTARCTICA, PHYSICS, SCIENCE EDUCATION, KNOWLEDGE DOMAINS.

¹ Doctor en Ciencias Físicas y Licenciado en Ciencias Físicas, ambos títulos por la Universidad de Granada. Profesor Titular en el Depto. de Física de la Universidad de Jaén, España y Miembro del Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos de la Universidad de Granada, España.

Dirección electrónica: aontiver@ujaen.es

² Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Licenciado en Ciencias Físicas, ambos títulos por la Universidad de Granada. Profesor del Depto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Granada, España.

Dirección electrónica: jmvilchez@ugr.es

Artículo recibido: 22 de octubre, 2009
Aprobado: 1º de marzo, 2010

1. Introducción

Una de las preocupaciones recurrentes en los foros de profesorado de ciencias, de todos los niveles educativos, es el hecho de que el número de estudiantes que cursan disciplinas científicas ha ido disminuyendo durante los últimos años (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, y Hemmo, 2008). Cuando se indaga someramente en la causa de ello nos encontramos con que el alumnado piensa que las asignaturas de ciencias son difíciles y, lo más preocupante, que están poco relacionadas con la vida cotidiana. Resulta paradójico que las disciplinas que explican el mundo que nos rodea queden tan alejadas de este en sus mentes.

Distintas investigaciones desvelan que un serio obstáculo para el aprendizaje de las ciencias reside en su propia enseñanza que, en la mayoría de los casos, sigue mostrando una imagen de ciencia demasiado centrada en sí misma, académica y formalista, con poca conexión con lo cotidiano, y que no atiende a aspectos epistemológicos básicos relacionados con su naturaleza y evolución (Campanario, 1999; Fernández, 2008).

Respecto a la conexión con la vida cotidiana, en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje se han de tener en cuenta y, en la medida de lo posible, mantener continuamente entrelazados, tres dominios de conocimiento: el *científico*, el *cotidiano*, y el *escolar* (o académico). En los tres dominios el conocimiento se construye en escenarios que tienen los mismos elementos básicos (entornos físicos, actores, tipos de discurso y procesos de negociación), pero cambian según el contexto, que debe adaptarse siempre al tipo de conocimiento y a los objetivos que en él se persiguen. Habitualmente, en el caso del contexto académico esto no ocurre, y “*todos parecen seguir el guión de una película que no gusta a nadie y que aburre a todos*” (Rodrigo, 1994).

Consciente o inconscientemente, los miembros del colectivo de docentes somos partícipes de uno de los principales factores causantes de que la imagen de la ciencia que subyace en las concepciones de la mayor parte de la sociedad, y en particular del alumnado, no coincida con la realidad. Y conectar estos tres dominios de conocimiento, sobre los que profundizaremos más adelante, suele ser una difícil empresa, pero... ¿y si, en unas circunstancias determinadas, los tres se fundieran en uno, tal y como lo hacen las interacciones fundamentales de la naturaleza cuando aumenta la densidad de energía? ¿Facilitaría de algún modo lo que podríamos llamar “una docencia perfecta”?

Pretendemos mostrar cómo la Antártida, lugar consagrado a la investigación, puede convertirse en un entorno donde el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza en óptimas

condiciones, ya que favorece algunos de los factores que hacen eficaz un modelo docente. Aunque en una primera aproximación es difícil abarcar todos los parámetros que lo propician, o afirmar que sean de aplicación general a todos los individuos, la experiencia nos muestra que la tranquilidad, la simplicidad, y el sentirse parte del transcurrir de la naturaleza, hace que el proceso de enseñanza-aprendizaje se torne algo natural, y el conocimiento se adquiera con un mayor grado de espontaneidad. Es en este contexto cuando el manejo de dispositivos se convierte en algo tan obvio como el del cepillo de dientes, o la utilización del software más complejo no es más difícil de entender que el prospecto de un medicamento.

Es en este frío escenario, excepcionalmente descrito por Leonard Susskind en la introducción de su libro “El paisaje cósmico” (Susskind, 2006), donde en muchas ocasiones es difícil distinguir al docente del discente, y el flujo de conocimiento pasa del primero al segundo, para volver al primero con interrogantes que abren nuevas vías al conocimiento de ambos, en una continua retroalimentación. Docente y discente ya no son dos entidades distintas, sino un solo ente en el desarrollo del conocimiento.

Antes de continuar, debemos aclarar que no pretendemos ofrecer una propuesta de modelo docente que optimice los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física universitaria, sino compartir una vivencia que se presentó de un modo refrescante, novedoso y muy satisfactorio, y que ha originado un proceso de reflexión sobre cuáles fueron las causas de que una experiencia, en principio de índole investigadora, se transformara en un periodo de formación (docente y discente) muy eficaz y gratificante. Si con las líneas que siguen pretendemos algo, no es más que fomentar la reflexión sobre la pertinencia de mantener siempre conectados los tres dominios de conocimiento cuando ejercemos nuestra labor docente.

2. Desarrollo del tema

2.1 Los dominios de conocimiento

Antes de analizar y relacionar los tres dominios de conocimiento anteriormente citados, de los que se habla desde hace tiempo (Reif y Larkin, 1991; Gil, 1994; Rodrigo, 1994; Gerber, Cavallo y Marek, 2001; Izquierdo, Espinet, García, Pujol y Sanmartí, 2001), aclaremos qué se entiende por cada uno de ellos. El **dominio científico** estaría constituido por todo lo relacionado con el conocimiento científico generado hasta el momento, discutido y negociado por la comunidad científica, en entornos de trabajo muy diversos y utilizando una metodología de trabajo muy rigurosa. De todo este conocimiento solo parte se transmite

al alumnado, según lo establecido en la normativa académica y siguiendo un modelo didáctico previamente decidido, constituyendo, junto con las infraestructuras utilizadas para ello, el **dominio académico**. Por último, el **dominio cotidiano** es el que, a fin de cuentas, nos “pone a prueba” día a día, enfrentándonos a situaciones problemáticas en las que debemos tomar decisiones, a veces inmediatas.

2.1.1. Diferencias entre los dominios cotidiano y académico

En 1987, Resnick (citado por Gerber *et al.*, 2001, p. 546) señalaba cuatro categorías en las que podemos encontrar diferencias entre los contextos cotidiano y académico:

- Las actividades realizadas fuera de clase requieren formar parte de un grupo social, mientras que la mayoría de las propuestas en clase consisten en trabajos individuales.
- Fuera de clase se utilizan herramientas que facilitan el conocimiento de la actividad en sí, mientras que las clases consisten en puro conocimiento o habilidades memorísticas.
- Dichas habilidades hacen que el alumno trabaje sin herramientas, como libros o calculadoras, mientras que en la calle las actividades siempre están relacionadas con objetos o eventos.
- En la escuela se enseña un conocimiento que normalmente no puede trasladarse fácilmente a la vida cotidiana.

Después de más de veinte años, aunque la tendencia actual en la enseñanza y aprendizaje universitarios en España camina hacia un enfoque de trabajo y evaluación basado en competencias en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (<http://www.eees.es/es/home>), lo que sin duda está participando en que las diferencias señaladas por Resnick sean cada vez menos apreciables, al menos en nuestro entorno pueden observarse, a nuestro parecer, con más frecuencia de la deseada.

2.1.2. Diferencias entre los dominios científico y cotidiano

Hace casi dos décadas, Frederick Reif y Hill H. Larkin analizaron y compararon los dominios de conocimiento científico y cotidiano (Reif y Larkin, 1991). En primer lugar señalaron que la mayoría del alumnado presentaba dificultades en el aprendizaje de las

ciencias, algunas de ellas debido a ideas preconcebidas erróneas sobre el mundo que nos rodea. Pero normalmente la enseñanza de las ciencias, en aquel momento, se enfocaba utilizando conceptos abstractos y problemas complejos (¿se hace ahora de forma distinta?), lo que no ayudaba a solucionar el problema, ya que si no se estaba familiarizado con un dominio de conocimiento, obviamente, aparecerían problemas a la hora de aprenderlo y manejarlo.

El propósito de su trabajo fue comparar los dominios de conocimiento científico y cotidiano, así como las diferencias entre sus objetivos y los procesos necesarios para conseguirlos. Sus conclusiones quedan reflejadas en la Tabla I (Reif y Larkin, 1991).

Tabla I.- Comparación entre dominios científico y cotidiano (Reif y Larkin, 1991).

OBJETIVOS DEL DOMINIO	Dominio de la vida cotidiana	Dominio científico
Objetivos principales		
Objetivo central	Vivir bien	Predicción y explicación óptimas
Objetivos secundarios	Predicción y explicación adecuadas	Predicción y explicación óptimas
Requisitos	Generalización adecuada, parsimonia, precisión, consistencia	Máxima generalización, parsimonia, precisión, consistencia
Objetivos del trabajo		
Entendimiento y conocimiento	Pocas inferencias Varias premisas aceptables	Muchas inferencias Premisas bien especificadas
Evaluar su validez	No mucha importancia Varias premisas aceptables Inferencias convincentes	Fundamental Premisas basadas en observaciones Inferencias bien especificadas
COGNICIÓN DEL DOMINIO	Dominio de la vida cotidiana	Dominio científico
Estructura del conocimiento		
Especificación de conceptos	Implícita y basada en esquemas	Explícita y basada en reglas
Organización del conocimiento	Localmente coherente Asociativa	Globalmente coherente Lógica
Métodos		

Tabla I.- Comparación entre dominios científico y cotidiano (Reif y Larkin, 1991).

Resolución de problemas	Inferencias cortas basadas en abundante conocimiento acumulado	Inferencias largas basadas en escaso conocimiento
Tipos de métodos	Informales	Formales e informales se complementan
Características de interés		
Control de calidad	No formal	Estricto y explícito
Eficiencia	Eficiente por naturaleza para las tareas de la vida cotidiana	Diseñado para ser eficiente para tareas complejas.

2.1.3. Relaciones entre los dominios científico y académico

Daniel Gil, de la Universidad de Valencia (España), establece las relaciones entre conocimiento científico y escolar desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias (Gil, 1994). Dichas relaciones deben entenderse y enfocarse a través de una correcta transposición didáctica que evite las visiones deformadas de la ciencia que normalmente se transmiten en las aulas (Fernández, Carrascosa, Capachuz y Praia, 2002), fruto de una transposición espontánea y poco fundamentada consistente en un reduccionismo conceptual, que no contribuye en modo alguno a la alfabetización científica.

Enseñar ciencias no consiste en enseñar conceptos. También hay que inculcar los procedimientos científicos en la formación de los estudiantes, así como las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Y la mejor forma de hacerlo, según Gil, parece ser la “*investigación de situaciones problemáticas de interés*”, dentro del marco constructivista, en la que el cambio conceptual deja de ser el principal objetivo y pasa a ser un aspecto funcional del aprendizaje. Se debe propiciar el trabajo en equipo, cotejando continuamente los resultados de los distintos grupos y bajo la supervisión de un experto. No hay que perder de vista que lo más importante es partir de una situación problemática que despierte el interés de los investigadores, para después promover la adquisición de conceptos, procedimientos y actitudes científicas en el alumnado. Esto es, precisamente, lo que adquiere mayor grado de espontaneidad en la Antártida.

La enseñanza por investigación se basa en la resolución de situaciones problemáticas de interés para el alumnado, para de este modo aproximarla al trabajo científico a la vez que se trabajan conjuntamente las tres dimensiones principales del conocimiento, esto es, conceptos, procedimientos y actitudes. Se puede desarrollar, de este modo, la capacidad de trabajo individual, y el trabajo en grupo, prestando a la comunicación de los resultados obtenidos la importancia que se merece (Perales, 2000).

A este respecto, Mercé Izquierdo y colaboradores (2001) consideran que las características de la ciencia escolar son: *es ciencia, experimental, discursiva, proporciona autonomía, es autónoma, aplicada, diversa y rigurosa*. Pero si queremos que a la vez que escolar sea científica:

- Debemos preguntarnos sobre el objetivo del conocimiento escolar.
- No podemos usar un método científico estereotipado.
- No se deben presentar los hechos como confirmación de las teorías.
- Debemos enseñar a razonar.

Proponen, como unión de los dos dominios de conocimiento, el “*modelo cognitivo de ciencia*” de Giere (modelo de ciencia de los científicos) para fundamentar la ciencia de los alumnos. Destacamos las siguientes reflexiones (Izquierdo *et al.*, 2001):

- Lo que hace que las ciencias tengan sentido es su objetivo (no su método), que es interpretar (comprender) los fenómenos del mundo y actuar sobre ellos.
- Lo que debería preocuparnos en clase es despertar el interés por actuar en el mundo físico y biológico y la capacidad de formular preguntas.
- El alumnado ha de razonar y ha de juzgar la validez de los conocimientos, pero aceptando los condicionantes propios de la escuela y de su condición de aprendices en el hacer y en el pensar.

2.1.4. Entornos formales vs. entornos informales

Gerber, Cavallo y Marek (2001) exploran las posibles diferencias en las habilidades de razonamiento científico relacionadas con los entornos de aprendizaje informal y los procedimientos de enseñanza en clase, así como la relación entre ellos.

En su trabajo defienden que el aprendizaje informal de las ciencias puede facilitar el desarrollo de habilidades de razonamiento, requisito para aprender y entender los procedimientos y conceptos científicos. Estas habilidades de razonamiento científico incluyen

formas de pensamiento que van desde el empírico-inductivo (ordenar y describir objetos que se perciben) hasta el hipotético-deductivo (crear y comprobar explicaciones de fenómenos no observables), siendo las experiencias que promueven conflictos cognitivos y debates sociales los que ayudan al desarrollo de habilidades de razonamiento.

2.1.5. Para tres dominios... ¿un solo constructivismo o tres?

María J. Rodrigo (1994) defiende el *constructivismo diferencial*. Realiza un análisis epistemológico buscando respuesta, para los conocimientos científico, cotidiano y académico, a las siguientes preguntas: qué mundo construye; para qué se construye y cuál es el criterio de validación de sus productos y cómo se construye.

En primer lugar, compara los conocimientos científico y escolar, en lo que respecta a qué mundo construyen, recordando las palabras que Ortega y Gasset refleja en su libro “Ideas y Creencias”:

El físico sabe muy bien que lo que dice su teoría no lo hay en la realidad. El hombre de la calle trabaja sobre el plano real y describe fenómenos reales, mientras que el científico trabaja en un plano ideal donde describe fenómenos científicos que tienen una correspondencia mucho menos estrecha con el mundo experimental que conocemos. (citado por Rodrigo, María J. 1994, p. 9)

Respecto a para qué construyen y cuál es el criterio de validación, en la vida cotidiana se busca la utilidad del conocimiento y se valida según la eficacia para interpretar el entorno y planificar actuaciones, es decir, a corto plazo. No se necesita poner a prueba las teorías que se consideran ciertas a priori. Por el contrario, el científico pretende que sus teorías sean ciertas y exactas para un gran número de situaciones, cuantas más mejor. La eficacia de la ciencia se entiende, pues, a largo plazo.

Por último, en relación a cómo se construye el conocimiento, el hombre de la calle lo hace siguiendo procedimientos heurísticos tomando como base sus experiencias pasadas, tarea que no aprende siguiendo norma alguna y en ningún momento está obligado a exponer sus pensamientos al resto de la sociedad. El científico sigue procedimientos muy sistemáticos y exhaustivos para poner a prueba sus argumentos, aprendiendo un oficio de forma planificada y gradual, siendo consciente de que al final su trabajo será evaluado y comprobado por la comunidad científica.

Como conclusión general más importante de este trabajo podemos destacar que “*las diferencias en las epistemologías de partida producen claras discontinuidades en los tres tipos de conocimiento*” (Rodrigo, 1994), no siendo tan necesaria la transformación del conocimiento cotidiano en conocimiento científico, tal y como se ha defendido en muchas ocasiones desde el constructivismo unitario, como la coexistencia en el mismo individuo de todos los tipos de conocimiento, para elegir la aplicación de uno u otro según la situación en la que se encuentre.

2.1.6. A modo de reflexión

En relación con la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, existen tres dominios de conocimiento con características muy particulares que suelen estar desconectados en la docencia actual (ya lo estaban en la pasada). Debido a ello, se suele transmitir en las aulas una visión deformada de la ciencia y de la metodología de trabajo de la comunidad científica, que participa en la actitud negativa del alumnado hacia las disciplinas científicas. No es fácil aunar los tres dominios en las experiencias de aula, pero sí en entornos menos formales y academicistas que suelen utilizarse menos de lo deseado y podrían suponer un modo de transmitir los conocimientos científicos más eficazmente.

Los dominios científico y académico quedan relacionados por la legislación educativa, siempre bajo la sombra de una transposición didáctica reflexionada, que no debe confundirse con una “traslación de conocimiento”, reservando el primer término a los casos en los que la traslación se lleva a cabo bajo las directrices de los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en el campo de la Didáctica de las Ciencias (Cajas, 2001).

La vida cotidiana y la ciencia también están continuamente en conexión. Vivimos, al menos en las sociedades industrializadas, en un entorno altamente científico y tecnológico, en un proceso de globalización sin precedentes.

Por tanto, lo que parece necesario para hacer más eficaz el aprendizaje científico es conectar los dominios académico y cotidiano. Que la ciencia salga del aula debe ser uno de nuestros principales objetivos como docentes, teniendo siempre en mente, aparte de todo lo ya comentado, que las distintas explicaciones que se han propuesto para el desarrollo científico desde la epistemología de la ciencia (inductivismo, programas de investigación, revoluciones científicas, racionalismo, relativismo, objetivismo, anarquismo, realismo, instrumentalismo, etc. –Chalmers, 1997-), coinciden en un aspecto de base importante: **la**

motivación hacia la investigación. Conseguirla ha de ser uno de los objetivos primordiales del proceso de enseñanza-aprendizaje, pues, en cierta medida, garantizará su éxito.

2.2. El entorno, a la vez científico, cotidiano y académico

En este apartado intentaremos transmitir los aspectos, tanto físicos como emocionales, que hicieron de esta una experiencia docente e investigadora, según nuestra opinión, difícil de igualar. Somos conscientes de la dificultad que supone explicar sensaciones y emociones mediante el lenguaje escrito, lo que parece ser propio de poetas y poetisas. No obstante, nos esforzaremos para hacerlo del mejor modo posible.

Comenzaremos por describir el entorno físico y las instalaciones españolas en la Antártida, así como el desarrollo de las actividades que en ellas se realizan. Seguidamente, relataremos las difíciles (y divertidas) tareas necesarias para ponerlas en funcionamiento después de mucho tiempo deshabitadas. Para finalizar, describiremos con detalle el transcurrir de un día cualquiera en este entorno. Todo ello irá acompañado de imágenes y fotografías, como medio más idóneo para ilustrar el texto y acercar al lector a las sensaciones y emociones a las que haremos referencia.

2.2.1. Infraestructuras españolas en la Antártida

Como ya se ha comentado, nuestra intención es relatar cómo se produce la trasferencia de conocimiento, el aprendizaje, en un entorno aparentemente complejo,



Figura 1. Base Antártica Española Gabriel de Castilla

climatológicamente hostil, social y culturalmente muy limitado, y, por ende, un entorno en el que las relaciones entre individuos son muy estrechas. Nos referimos a la Base Antártica Española (BAE) Gabriel de Castilla (Figura 1). Lo expresado en estas líneas aconteció durante la Campaña Antártica 2007-2008. La base Gabriel de Castilla, de coordenadas 62º 58' latitud sur y 60º 40' longitud oeste, está situada en la

Isla Decepción, perteneciente al archipiélago de las Shetland del Sur, a escasos 100 km al

norte del continente antártico y a más de 1000 km de la ciudad más austral del mundo, Ushuaia, de la República Argentina. Esta Base se inauguró en 1991 y desde sus comienzos está gestionada por el Ejército de Tierra Español, formando parte de las infraestructuras que España posee en la Antártida, junto con la Base Antártica Española (BAE) Juan Carlos I



Figura 2. Base Antártica Española Juan Carlos 1º

(Figura 2), situada en la isla Livingston, a 30 Km, aproximadamente, de Decepción, gestionada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), inaugurada en enero de 1988.

Ambas están ocupadas únicamente durante el verano austral, desde mediados de noviembre hasta principios de marzo, aunque se recogen registros automatizados durante todo el año. Aparte de estas dos infraestructuras terrestres, España también posee dos buques oceanográficos, El Buque de Investigación Oceanográfica (BIO) Hespéride (Figura 3), y el BIO “Las Palmas” (Figura 4).



Figura 3. Bio Hespéride



Figura 4. Bio Las Palmas

El Primero, el Bio Hespérides, botado el 12 de Marzo de 1990 actuando como madrina S.M. la Reina Doña Sofía, fue entregado a la Armada el 16 de Mayo de 1991. Destaca por su magnífico equipamiento científico en el campo de la geología y geofísica marina. El BIO “Las Palmas” fue el primer buque español que participó en misiones científicas en la Antártida, concretamente durante los años 1988 y 1991, antes de que entrara en servicio el BIO “Hespéridero”. En la actualidad participa anualmente, en colaboración con el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), en la Campaña Antártica Española que desarrolla el Comité Polar Español³.

Estas cuatro infraestructuras son grandes y potentes instalaciones científicas, dedicadas a la investigación, y representativas del entorno (docente e investigador) que pretendemos describir. La pregunta que nos guiará en adelante es: ¿cuáles son las características de estos lugares que hacen que las relaciones humanas se muestren diferentes, y que el aprendizaje, entendido como una forma de relacionarse, se presente atractivo, efectivo, ilusionante, inolvidable, y marque a profesorado y alumnado de por vida? Nos planteamos, pues, el siguiente objetivo: intentar determinar cuáles son estas peculiaridades, e intentar trasladar estas situaciones, dentro de lo posible, al entorno, habitualmente urbano, en el que nos movemos la mayoría de docentes y discentes actuales.

2.2.2. La fusión de los dominios de conocimiento

En este apartado intentaremos analizar las circunstancias que hacen especial la experiencia objeto de descripción. En primer lugar, hemos de destacar que todo el que allí estaba lo hacía de forma voluntaria. Aunque aparentemente se trata de algo trivial, realmente, y en nuestra opinión, no lo es. Es una realidad que parte del alumnado que actualmente ocupa las aulas de las Facultades no siempre está porque quiera aprender una profesión determinada. Por el contrario, existen una serie de intereses que, aún formando parte de la Universidad como institución, no constituyen su esencia. En particular, nos referimos a cuestiones como, por ejemplo, el prestigio, una profesión bien remunerada, etc.

³ Para una descripción más detallada de estas instalaciones recomendamos visitar las Webs:

- <http://www.ejercito.mde.es/mexterior/webantartida/links.html>.
- <http://www.utm.csic.es/bae.asp>.
- http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspanola/buques_superficie/14_Inv_Oceano.

Habría que preguntarse qué porcentaje de nuestro alumnado aceptaría un aprobado en la asignatura sin tener que estudiarla; sería digno de estudio.

El **querer aprender**, pues, ha de ser un parámetro a tener en cuenta. Pero sería injusto si no pensáramos también en la otra parte. ¿Todo el que se dedica a la enseñanza de la Física, quiere enseñar o, por el contrario, es el estatus o la investigación el objetivo de parte del profesorado? Otro parámetro importante es, pues, **querer enseñar**. Hemos de reconocer que, aún siendo dos cuestiones importantes, no son las únicas que determinan un aprendizaje efectivo, pues si bien se dan en el personal que forma parte de las campañas antárticas, también es algo que concurre generalmente en la docencia universitaria. Parece, pues, que es en otros ámbitos del mundo del conocimiento y de la propia naturaleza humana donde hay que indagar. ¿Será en la materia que impartimos?

La palabra “Física” procede del griego, “Physic”, que significa naturaleza. La Física se dedica al estudio de la naturaleza, como otras ciencias, pero quizás lo que la caracteriza es que este estudio se realiza desde el punto de vista fundamental y bajo la aplicación de una metodología, la científica, que hace que los resultados sean universales, válidos para todos y en todos los lugares del universo conocido. Algo que se presente con el adjetivo de “científico” calará más en la mente del que lo recibe, pues dicho término confiere de autoridad al mensaje expresado⁴.

Si pensamos en el dominio cotidiano como el que nos interroga y nos exige una respuesta, en ocasiones relacionada con conceptos científicos, quizás el entorno antártico sea aquel en el que este dominio exige más del dominio científico. La explicación de toda la belleza antártica requiere, de forma imperiosa y en muchas ocasiones, una explicación científica, de modo que ambos dominios se encuentran en una simbiosis especial. Es muy diferente a la explicación que se le exige a la ciencia cuando se trata de resolver algo tan lejano, al menos aparentemente, como el número de portadores que participan de la conducción en un semiconductor dopado con impurezas donantes, “realidad” planteada al alumnado de Física del Estado Sólido, y que exige del dominio científico, entre otras

⁴ Basta con analizar, por ejemplo, los anuncios publicitarios, considerados como uno de los elementos que moldea la opinión de los ciudadanos, contribuyendo al establecimiento de modelos y estereotipos (Campanario, Moya y Otero, 2001; McSharry, 2002), que con frecuencia aluden a la ciencia como fuente de autoridad, aunque el uso que se hace de los conceptos científicos es frecuentemente inadecuado (Campanario et al., 2001), lo que contribuye a la imagen deformada de la ciencia y de la comunidad científica que domina en la ciudadanía.

cuestiones, el conocimiento de un ente matemático, la función de distribución de Boltzman, ajeno a la vida cotidiana de gran parte de nuestro alumnado.

Uno de los aspectos que, desde el punto de vista científico y personal, hacen más interesantes la Antártida es la gran belleza de lo que nos rodea, que hace aflorar en los que la observan multitud de preguntas (parte esencial de la metodología científica). El personal investigador, el alumnado, el personal de apoyo, o el turista se sienten parte de la naturaleza y la explicación de esta se asocia, al menos en parte, al conocimiento de sí mismo. Esto origina un aprendizaje muy activo y eficaz, en el que el *dominio cotidiano*, la explicación de lo observable, exige del dominio científico, de la ciencia, de la Física, argumentos para la interpretación del transcurrir natural, que en estos parajes se muestra virgen y no contaminado culturalmente. Quizá este sea un primer factor que caracteriza la enseñanza de la física en estos lugares.

¿Qué ocurre con el dominio académico? La ciencia, y de forma más concreta la Física, se presenta como la rama más idónea del conocimiento para dar respuesta a la “explosión” de fenómenos naturales que se aprecia en la Antártida: ¿por qué en noviembre y diciembre no existe la noche?, ¿por qué se hiela el agua del mar?, ¿por qué, tras largas jornadas de trabajo, nadie huele a sudor?, ¿por qué no se puede utilizar lejía en la limpieza de los baños?, ¿por qué la actividad del volcán se incrementa en la segunda fase de la campaña?, ¿por qué es posible ver con nitidez Livingston, que se encuentra a unos 30 Km?, ¿por qué ...?

Estas preguntas no son patrimonio del investigador, sino que envuelven a todo el que viaja a estas remotas tierras, hasta tal punto que la posibilidad de recibir una conferencia del personal de las bases, para dar respuesta a muchas de ellas, se presenta como un atractivo más en los cruceros turísticos. La ciencia gusta a todos... siempre que se entienda. De ahí la importancia de conectar los dominios de conocimiento científico y cotidiano, lo que ocurre casi de forma natural en el entorno descrito.

2.2.3. Desarrollo de la actividad docente e investigadora

Todo el personal que ocupa la base está altamente cualificado para realizar su cometido y, en consecuencia, podríamos afirmar que el dominio de conocimiento científico, al menos el necesario para la interpretación de la realidad que exige el dominio cotidiano, queda asegurado en este espacio. Nos centraremos, pues, en el dominio académico, que canaliza y conecta, al menos en estas circunstancias, el dominio científico y cotidiano.

En una primera aproximación se podría pensar que este dominio académico es muy primario. Quizá lo sea, pero sin duda también es muy efectivo. Aún pareciendo que no existe, hay una rutina, o costumbre, en las bases, que favorece el flujo de conocimiento. ¿Cómo se canaliza toda esta corriente de saber desde el que posee el conocimiento hacia el que lo solicita? Hay varias formas y distintos ámbitos en los cuales se establece la docencia en la Antártida.



Figura 5. Vista desde el cerro de la Cruz de los Fuelles de Neptuno

las bases. La vigilancia se ha realizado desde que se abrió la base Gabriel de Castilla, controlando la actividad mediante termometría, deformación cortical, actividad sísmica y análisis de gases de las fumarolas existentes.

El control se ha llevado a cabo por científicos de prestigio, acompañados en la mayoría de los casos por estudiantes de doctorado o máster, simbiosis que requiere una metodología didáctica especial.

La labor realizada por nuestro grupo, durante la campaña 2007-2008, fue de monitoreo y análisis de la sismicidad de la isla, así como de termometría. Para la primera parte se contó con seis estaciones sísmicas, tres estaciones telemétricas y tres

La Antártida es un lugar de docencia para alumnado de master y tercer ciclo. La labor a realizar por nuestro equipo era la vigilancia de la actividad sísmica de la isla Decepción, parte emergida de un volcán submarino con actividad reciente (Figura 5).

Esta actividad sísmica hace que la isla disponga de un semáforo, que indica la actividad del volcán y, en su caso la evacuación del personal de

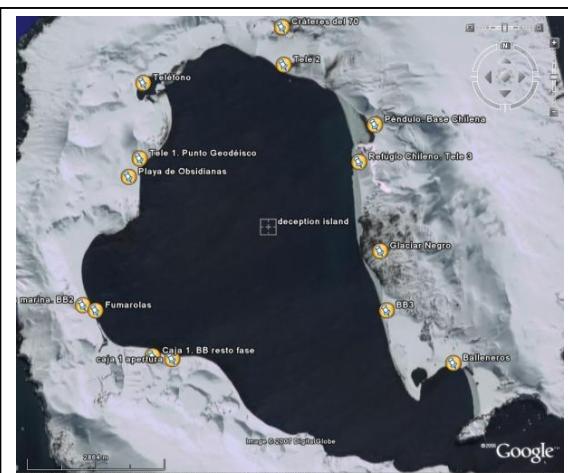


Figura 6. Distribución de estaciones sísmicas, sobre una imagen del Google Earth

sismógrafos de banda ancha. La Figura 6 muestra cómo se distribuyeron en el perímetro de Puerto Foster.

La apertura de la Base

El protocolo de apertura de la base Gabriel de Castilla exige una exploración visual de la isla, externa desde el buque e interna en pequeñas y rápidas embarcaciones llamadas zodiac. Posteriormente, tras una discusión del estado observado, y si no existen evidencias de actividad se procede al desembarco de científicos y militares, con el objeto de colocar una estación para hacer una medida directa de la actividad sísmica de la isla (Figura 7).

Las medidas se realizan durante un periodo mínimo de 6 horas, tiempo que se utiliza para activar los módulos de energía de la base. Si tras este periodo de medida, y después de clasificar y contar los eventos, la actividad es la normal, se procede al desembarco del resto de la dotación y personal científico. Esta primera toma de contacto y análisis de la actividad se realiza por personal cualificado y en esta etapa no participa el alumnado.



Figura 7. Estación de control para la apertura de la base.

Una vez en la base, lo primero para todo el personal es ayudar en las tareas de apertura de los distintos módulos, desembarco de alimentos y material científico y tareas de habitabilidad. Son unos días muy interesantes, pues es en ellos cuando la convivencia es más estrecha y se establecen los primeros lazos afectivos entre el personal de la campaña. Pasadas las primeras semanas los trabajos científicos se normalizan y es en estos momentos en los cuales comienza la actividad docente. La primera estación de control instalada en la base pasa a su ubicación final para toda la campaña, la colina sísmica, un lugar lo suficientemente cercano a la base como para controlar la actividad en esa zona y situado lo suficientemente lejos como para que las vibraciones de motores y de la actividad humana no contaminen en exceso los registros. La Figura 8 muestra una visual de la base desde esta ubicación.

La instalación de las demás estaciones se realiza con la ayuda del personal de la base, militares, compañeros de otros proyectos, y, sobre todo, alumnado de tercer ciclo. Es importante señalar que en estas labores, como en las restantes en la Antártida, nunca falta la motivación y siempre hay alguien que desea participar. Aprender parece ser el objetivo de todos, aprender de nuestras experiencias científicas, de las propias y de las ajenas, aprender de las tareas de mantenimiento, del análisis de los datos de las estaciones sísmicas, meteorológicas, de las medidas gravimétricas o de la corrección de mareas. Existe una frase muy típica: “parpadear en la Antártida está prohibido”. Es cierto que la Antártida es un lugar donde se aprende, donde la receptividad es muy grande. Valgan en este sentido las palabras de un investigador de meteorología, que ha participado ya en tres campañas y que, ante la pregunta de si merecía la pena volver, su respuesta fue tajante: “ir a la Antártida siempre es una buena idea, uno vuelve un poco más sabio”.



Figura 8. Visual desde la posición definitiva de la estación de control.

Un día cualquiera en la Antártida

Permítannos ahora describir la actividad diaria del personal investigador y el alumnado. Quizá nos oriente sobre cuáles son los parámetros que definen este proceso de aprendizaje tan particular y eficiente, según nuestro criterio.

La actividad de un día cualquiera comienza a las 07:45 a.m., hora a la que se oía música que, de alguna forma, caracterizaba a “los María” de ese día (“los María” son la pareja militar-científico, científico-científico, o militar-militar, que ese día limpia la base, ayuda en la cocina, sirve las comidas, y elige actividades de ocio, cine, música, etc.). En 15 minutos, aseo de todo el personal de la base (entre 15 y 30 personas) en tres baños. Entre las 8:00 y las 8:30, desayuno, y hasta las 9:00, hora a la que comienza la actividad en sí, preparación de material científico.

Los desplazamientos por mar se realizan en zodiac, siempre en compañía de dos militares especialistas en actividades marinas (Figura 9).

Los desplazamientos por tierra se realizan habitualmente andando, cargados con baterías y con trajes especiales muy pesados, lo que hace que en la mayoría de los casos el trabajo sea agotador. Hasta las 14:00 se realizan actividades de mantenimiento y control de las estaciones, además de volcado de datos. Si la continuación del trabajo exige mantenerse en la misma zona de la isla, se almuerza en la misma zona.

En los desplazamientos son varias las actividades científicas que se realizan, por lo que la convivencia, e incluso la cooperación en estas de todas las personas que han salido por la mañana, son intensas. Se coma en la base o no, lo cierto es que la actividad científica, propia o ajena, ocupa gran parte del día. La vuelta se realiza en torno a las 18:00, y la cena se prepara para las 20:00. Dado que la actividad científica es prioritaria, a veces exige cenar después. Entre las 18:00 y las 20:00 se realiza el trabajo de gabinete, en el módulo científico principalmente el procesamiento de datos. En el caso del grupo de sísmica, por ejemplo, a diario se ha de realizar la clasificación y el conteo de la actividad del volcán con objeto de establecer el nivel de seguridad de la isla, “el semáforo” (Figura 10).

Estas tareas, en algunos casos, hacen que la actividad en el módulo científico se prolongue hasta las 00:00 horas del día siguiente, hora tope a la que se corta el suministro eléctrico, obligando al personal a ir a dormir (como curiosidad, durante los 2 meses que dura



Figura 9. Desplazamientos por mar.



Figura 10. Trabajo en el módulo Científico.

la primera fase, que es la que se relata en estas líneas, vimos tres veces el comienzo de la misma película, pues la fatiga nos vencía, signo de que la actividad era muy intensa, el cansancio inmenso y, por fortuna, el descanso eficaz).

2.3. Discusión. Un breve análisis desde la Didáctica

Ha llegado el momento de analizar la experiencia desde la perspectiva de la Didáctica de las Ciencias, e intentar entender lo que la caracterizó, con el objeto de determinar si de alguna forma podemos extraer resultados que puedan hacer que la docencia de la Física sea no solo agradable y satisfactoria a la comunidad educativa, sino necesaria y, si se nos apura, imprescindible, en cualquier proceso de educación superior. Con todo lo que se ha descrito pretendemos que el lector tenga la oportunidad de extraer las conclusiones que, en virtud de sus criterios, pueda realizar. Permítannos exponer las nuestras.

Por una parte, lo primero que se extrae del transcurrir diario antártico es que en este dominio académico no existen mayores diferencias entre profesorado y alumnado que las que se derivan de sus conocimientos, que no de sus capacidades (Figura 11).

Hacemos hincapié en esta idea, pues a veces el profesorado olvida su cometido, que no es otro que el de ensañar, priorizando otras cuestiones como el demostrar (y demostrarse) lo inteligente que es, cuánto sabe, y las capacidades que tiene, sin reflexionar sobre cuánto de su conocimiento se facilita al alumnado. Esto se debe a la falta de preparación didáctica del profesorado universitario de ciencias, ya comentado en foros específicos y en literatura especializada (Campanario, 2002; Campanario, 2003). En palabras de F. Javier Perales, “*la formación institucionalizada psicodidáctica mengua progresivamente en el*

ámbito español desde la Educación Infantil a la Secundaria, agotándose al alcanzar a la Universitaria” (Perales, 1998). Para gran parte de este profesorado posiblemente sea difícil de admitir, pero poco a poco está calando en la comunidad universitaria la necesidad de



Figura 11. ¿Quién es el Profesor? ¿Y el alumno?

incluir en la formación inicial de sus docentes aspectos básicos de la Didáctica de las Ciencias, muy relacionados con su quehacer diario.

La segunda cuestión a destacar es el uso de aparatos y dispositivos, algunos de ellos de gran complejidad, que "sirven para algo". Se convive con experiencias reales que, en este caso, exigen una adecuada realización, pues la adquisición de datos es de vital importancia para los que habitan la isla, en particular, y de forma general para entender el comportamiento global del planeta. Continuamente se tiene la sensación de que, aún siendo insignificantes, formamos parte de algo importante.

La tercera cuestión es transcendental. Se vive en un entorno en el que lo cotidiano es la investigación, la adquisición de conocimiento, la investigación y no lo que habitualmente define nuestra cotidianidad. El proceso de aprendizaje exige un cierto grado de concentración y aislamiento con el que no se cuenta en los centros educativos. En la actualidad, la formación universitaria es una actividad más de la juventud, pero queda muy lejos de ser la prioritaria. Sin embargo, en un ambiente como el descrito (Figura 12), en el que los tres dominios de conocimiento quedan fundidos (basta comprobar que las diferencias entre ellos, señaladas en el apartado 1, no se aprecian en este entorno), cualquier actividad que se realiza es prioritaria, sea académica, científica, o cotidiana, pues es difícil determinar dónde englobarla.

Aquí no se necesitan, por tanto, tres constructivismos, puesto que en realidad no se aprecian diferencias entre los tres dominios.

Por último, nos atrevemos a lanzar una crítica al sistema educativo, principalmente centrada en tres aspectos:

- *Distinción entre el que posee el conocimiento y el que lo recibe.* Esto es un gran error, pues el conocimiento no es algo que se posea, no debe entenderse como patrimonio del enseñante, sino como algo que fluye y llega a cada individuo por diversos caminos,



Figura 12. La cotidianidad antártica sorprende y condiciona cualquier actividad.

que no tienen por qué coincidir con los que propone el enseñante. De ahí la importancia dada a la atención a la diversidad, entendida como la utilización de estrategias docentes diversas que aseguren que el conocimiento llegue al mayor número posible de discentes. En la Antártida ese flujo era palpable, y se apreciaba cómo la evolución del conocimiento se enriquecía con las aportaciones de todos los implicados en el proceso.

- *Los contenidos deben ajustarse exclusivamente a las necesidades formativas del alumnado.* En este aspecto se debería ser más estricto, y no dejar los currículos tan abiertos como para que puedan ser utilizados por la burocracia académica para otros fines distintos a dicha formación. En estos momentos, en los que las universidades españolas se encuentran en pleno proceso de integración al Espacio Europeo de Educación Superior, estamos viviendo situaciones relacionadas con esto.
- *Los componentes del dominio de conocimiento académico* (los medios, metodologías, personal, etc.) *deben ser elegidos con unos criterios objetivos y rigurosos*, ajenos a modas, corrientes, o ideologías, que a fin de cuentas responden a fines ajenos al conocimiento de la naturaleza, de su evolución, de los principios de un transcurrir natural, frente al que los individuos, aún formando parte del mismo, somos perfectamente prescindibles y reemplazables. La ciencia, y más concretamente la Física y su enseñanza, debe responder a unos patrones menos conectados a una sociedad que se presenta extremadamente cambiante.

Todo ello supone un distanciamiento entre lo que debería ser la enseñanza universitaria de las ciencias y lo que realmente es. Desde hace tiempo la investigación educativa viene mostrando los avances conseguidos en el estudio de la mejor forma de enseñar ciencias, pero los resultados de estas investigaciones no están llegando a las aulas, en las que sigue imperando, por inercia, un modelo de transmisión-recepción de conocimiento que no favorece el aprendizaje.

2.4. Reflexiones finales

La Didáctica de las Ciencias es una disciplina compleja, en la que intervienen tantos factores que son pocas las ocasiones en las que se puede comprobar, con cierta exactitud, si realmente lo recomendado por los resultados de las investigaciones es aplicable en todos los casos. Lo que funciona con un alumnado en un momento determinado, puede ser

catastrófico con otro grupo de discentes, por presentar mayoritariamente características que requieren la elección de otras estrategias docentes.

No obstante, es un sentir general entre el profesorado de ciencias la necesidad de combinar, eficazmente, los conocimientos científico y cotidiano, para evitar la sensación habitual del alumnado de que lo que está estudiando “no sirve para nada”. La conexión entre estos dominios asegurará, en cierta medida, el éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje. En la experiencia que, con añoranza, presentamos en este trabajo, pudimos sentir la eficacia de esta unión de un modo difícil de reproducir en las aulas. Pero la docencia, al menos la de las ciencias, no puede quedar encerrada en las aulas, al igual que un portero de fútbol no puede entrenarse tan solo viendo vídeos de las mejores paradas.

Se deben programar actividades que, del mismo modo que la de la Antártida, sumerjan al alumnado, si es posible durante varios días, en el mundo del conocimiento científico. Sería, a fin de cuentas, como programar una simulación de algo similar a la experiencia antártica. De este modo, con el que conectaríamos los dominios científico y académico de un modo poco habitual en la docencia actual, quedando ambos fundidos en, y con, nuestra vida cotidiana, seguramente mejoraríamos la docencia de las asignaturas científicas y, no menos importante, la imagen que de ellas tiene nuestro alumnado.

Finalizamos recordando una idea expresada anteriormente. Si algo hemos pretendido con el relato de esta experiencia, matizada desde el campo de la Didáctica de las Ciencias, no ha sido proponer un modelo didáctico, sino intentar estimular la reflexión del profesorado de ciencias hacia aspectos de su vida cotidiana como docentes. Si la lectura ha resultado amena, ha aportado información interesante, y hemos conseguido que, al menos en ocasiones, el lector se haya parado a pensar un “*pues quizás tienen razón*”, nos damos por satisfechos.

3. Referencias

- Cajas, Fernando. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las Ciencias**, 19 (2), 243-254.
- Campanario, Juan Miguel. (1999). La ciencia que no enseñamos. **Enseñanza de las Ciencias**, 17 (3), 397-410.
- Campanario, Juan Miguel, Moya, Aida y Otero, José C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. **Enseñanza de las Ciencias**, 19 (1), 5-56.

- Campanario, Juan Miguel. (2002). Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? **Enseñanza de las Ciencias**, 20 (2), 315-325.
- Campanario, Juan Miguel. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 21 (2), 319-328.
- Chalmers, Alan F. (1997). **¿Qué es esa cosa llamada ciencia?** Madrid: Siglo XXI.
- Fernández González, Manuel. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo. Algunas reflexiones didácticas. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, 5 (2), 185-199. Recuperado el 24 de enero de 2010, de http://apac-eureka.org/revista/Volumen5/Numero_5_2/Farnandez_Gonzalez_2008.pdf.
- Fernández, Isabel, Gil, Daniel, Carrascosa, Jaime, Capachuz, António y Praia, João. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, 20 (3), 477-488.
- Gerber, Brian L., Cavallo, Anne M. L. y Marek, Edmund A. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. **International Journal of Science Education**, 23 (5), 535-549.
- Gil Pérez, Daniel. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. **Investigación en la escuela**, 23, pp. 17-32.
- Izquierdo, Mercè, Espinet, Mariona, García, M. Pilar, Pujol, Rosa M. y Sanmartí, Neus. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. **Enseñanza de las Ciencias**, Nº Extra, 79-91.
- McSharry, Gabrielle y Jones, Sam. (2002). Television programming and advertisements: help or hindrance to effective science education? **International Journal of Science Education**, 24 (5), 487-497.
- Perales Palacios, F. Javier. (1998). La formación del profesorado universitario en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Desde el inmovilismo a la búsqueda de alternativas. **Revista de educación de la Universidad de Granada**, 11, 345-354.
- Perales Palacios, F. Javier. (2000). **Resolución de problemas (Didáctica de las Ciencias Experimentales)**. Madrid: Editorial Síntesis.
- Rocard, Michel, Csermely, Peter, Jorde, Doris, Lenzen, Dieter, Walwerg-Henriksson, Harriet y Hemmo, Valerie. (2008). Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa. **Alambique**, 55, 104-117.
- Rodrigo, María J. (1994). El Hombre de la calle, el científico y el alumno: ¿un solo constructivismo o tres? **Investigación en la escuela**, 23, 7-16.

Reif, Frederick y Larkin, Jill H. (1991). Cognition in Scientific and Everyday Domains: Comparison and Learning Implications. *Journal of Research in Science Teaching*, **28** (9), 733-760.

Susskind, Leonard. (2006). **El paisaje cósmico. Teoría de cuerdas y el mito del diseño inteligente**. Barcelona, España: Crítica S. L.