

¿Criaríamos “leones en granjas”? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problema de acuicultura

Beatriz Bravo-Torija y María Pilar Jiménez-Aleixandre
Universidade de Santiago de Compostela. España
Email: beatriz.bravo@rai.usc.es & marilarj.aleixandre@usc.es
Comunicación al Congreso Enseñanza de las Ciencias, 2009

Resumen

Este trabajo forma parte de un estudio sobre argumentación y uso de pruebas en un problema sobre gestión de recursos marinos. El objetivo es analizar la influencia de la tarea de aprendizaje en el uso de pruebas y modelos conceptuales al resolver un problema sobre la sustentabilidad de la acuicultura. El instrumento es una pregunta de examen en la que 134 estudiantes universitarios de biología, tenían que valorar desde el punto de vista de la eficiencia ecológica si era mejor comer arenques y sardinas o salmones. Los resultados muestran el efecto de realizar una tarea construyendo un mapa conceptual sobre eficiencia ecológica, mejoró tanto el uso de conceptos relevantes como flujo de energía y pirámide trófica, como la utilización de pruebas apropiadas para justificar sus conclusiones, especialmente en cuanto a la coordinación de la conclusión tanto con pruebas empíricas como teóricas. Esto pone de manifiesto la utilidad de diseñar y llevar a cabo actividades para favorecer el desarrollo de estas competencias.

Abstract

This work makes part of a study about argumentation and use of evidence about marine resources management. The objective is to analyze the influence of the task and learning environment in the use of evidence and scientific models to solve a problem about the sustainability of aquaculture. The task was an examination item asking to compare the ecological efficiency of eating sardines and herrings or salmon. The results of university biology students (N=134) are compared. The findings show the effect of constructing a conceptual map, which caused an improvement both on the application of the relevant concepts, such as energy flow or trophic pyramid, and on the use of appropriate evidence to justify their claims. Educational implications are outlined.

Palabras clave: argumentación, pruebas, competencia científica, eficiencia ecológica, flujo de energía.

Keywords: argumentation, evidence, scientific competence, ecological efficiency, energy flow.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de un estudio sobre argumentación, en particular sobre uso de pruebas, y conocimiento conceptual sobre el modelo de flujo de energía y pirámide trófica, en un problema de gestión de recursos marinos en el aula. Este estudio es parte de un proyecto de investigación en el que se explora la competencia de los estudiantes en el uso de pruebas, considerada en la actualidad como una pieza clave de la competencia científica, tanto por PISA (OCDE, 2006) como por el currículo español (MEC, 2007).

Aquí presentamos un trabajo preliminar con el objetivo de analizar la influencia de las tareas realizadas en el aula en el uso de pruebas por parte de alumnado universitario. El instrumento es una pregunta de un examen en el que se solicita justificar en base a pruebas (situadas en distintos niveles epistémicos, de más teóricas a empíricas), su elección entre alimentarse con arenques y sardinas situados en niveles inferiores de la pirámide trófica o alimentarse con salmón. Se examina si el alumnado experimenta alguna mejora al trabajar en el aula el modelo necesario para resolver el problema. Las preguntas de investigación son:

1. ¿Qué conceptos utiliza el alumnado a la hora de resolver el problema?
2. ¿Cómo usan los estudiantes las pruebas para justificar sus conclusiones?
3. ¿Qué efecto tiene sobre estos dos aspectos abordar explícitamente el modelo de eficiencia ecológica en el aula?

La identificación de estas dificultades es parte del proceso de diseño de una unidad didáctica sobre el problema de la sobreexplotación de recursos marinos, y la acuicultura como una posible solución a la misma.

ARGUMENTACIÓN, USO DE PRUEBAS Y EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ECOLOGÍA

El trabajo se enmarca en dos cuerpos de conocimientos. Por una parte los estudios sobre aprendizaje de conceptos de ecología y sus interrelaciones y por otra en la línea sobre argumentación y uso de pruebas en la clase de ciencias.

Aprendizaje de conceptos de ecología y sus relaciones

En las últimas décadas se ha incrementado la presencia de la ecología en los currículos de ciencias. Los problemas ecológicos y sus consecuencias, aparecen de forma

recurrente en los medios de comunicación, lo que lleva a que parte del alumnado se sienta más interesado por estos temas que por otros de las asignaturas de ciencias. Pero aunque a simple vista pueda parecer que la ecología es un campo de conocimiento accesible para el alumnado, presenta numerosas dificultades por su elevado grado de abstracción. El uso de modelos de ecología para explicar fenómenos o resolver problemas, requiere no sólo una comprensión de conceptos aislados, sino ser capaz de reconocer las complejas relaciones existentes entre ellos con el fin de comprender la dinámica de los ecosistemas. Es decir, no sólo es necesario que los alumnos estén familiarizados con términos como productor, consumidor, fotosíntesis, energía, biomasa etc., sino que tienen que llegar a ser capaces de conectarlos y de utilizar nociones como flujo de energía o ciclo de materia y sus representaciones en las pirámides tróficas.

Algunos estudios que ilustran estas dificultades son, por ejemplo, el de Hogan y Fisherkeller (1996) que estudia la noción que tiene el alumnado de quinto y sexto de primaria del ciclo de materia en los ecosistemas. Se encontró que aquellos estudiantes que reconocían que la energía solar era transformada en energía química a través de la fotosíntesis y que el alimento contenía energía, eran capaces de generalizar que todos los organismos dependían de las plantas, y que éstas eran los productores y la base de las cadenas tróficas. Estos estudiantes mejoraban también su interpretación del ciclo de la materia. Otros problemas relativos a la complejidad son las interrelaciones que se establecen entre los organismos de un ecosistema: aunque las interacciones tróficas y las redes tróficas son parte del currículo de secundaria, el alumnado de 14-15 años experimenta dificultades para explicar las consecuencias para un nivel trófico de los cambios producidos en otros niveles (Fernández Manzanal y Casal, 1995).

Una cuestión clave para nuestro objetivo, y para todo lo relacionado con la gestión de recursos, es que los estudiantes reconozcan las consecuencias o implicaciones del flujo de energía, es decir las transferencias de energía que se producen entre los distintos niveles alimentarios. Por ejemplo, que sólo una fracción de la energía (alrededor de un 10%) es transferida de un nivel trófico al siguiente. Esto explica por qué, en cualquier ecosistema, hay más plantas que animales y más herbívoros que carnívoros, por tanto en términos de eficiencia ecológica, en un área dada, más gente puede alimentarse con plantas (por ejemplo maíz) que con animales (vacas). Aunque esto se entiende en el contexto de ecosistemas terrestres, tiene más dificultad en ecosistemas acuáticos, en los que el alumnado está menos familiarizado con los organismos que los componen (Magntorn y Helldén, 2007). Las relaciones entre flujo

de energía y ciclo de materia generan dificultades en el alumnado, Lin y Hu (2003) mostraron que la mayoría del alumnado de 12 años fallaban al establecer estas relaciones, al construir un mapa conceptual sobre esta cuestión.

Argumentación y Uso de pruebas

La argumentación es considerada en la actualidad como una parte integral de la enseñanza de las ciencias (Jiménez Aleixandre y Erduran, 2008), en cuanto a justificar conclusiones con las pruebas adecuadas y a la apropiación de prácticas de la comunidad científica. La argumentación y el uso de pruebas es también considerada como parte de la competencia científica en el marco de PISA (OCDE, 2006).

Dentro de la competencia científica, denominada en los currículos españoles competencia en el conocimiento y en la interacción con el mundo físico (MEC, 2007), consideramos, al igual que Cañas, Martín y Niedo (2007), que se pueden distinguir tres capacidades requeridas para su desarrollo, que son las mismas tanto en PISA como en los currículos del MEC:

- 1) Identificar cuestiones científicas (investigables por parte de las ciencias)
- 2) Explicar fenómenos científicamente
- 3) Utilizar pruebas (*evidence*).

Aunque en este trabajo se abordan únicamente dos de ellas, explicar fenómenos físicos y naturales (en nuestra opinión relacionada con la modelización) y uso de pruebas, las tres se encuentran interconectadas (Bravo, Puig y Jiménez, 2009). Nuestro objetivo es evaluar cómo utiliza el alumnado tanto las pruebas aportadas en la tarea como el conocimiento relevante, considerado como fundamentación teórica de los enunciados basados en pruebas (Kelly y Takao, 2002), para construir argumentos justificados. Los estudios que han examinado el uso de pruebas por los estudiantes en procesos de argumentación, revelan que experimentan dificultades para coordinar datos con conclusiones, tales como reconocer el modelo emergente o ignorar datos anómalos (Sandoval y Millwood, 2005). Puig y Jiménez-Aleixandre (2009) estudian el uso de pruebas al evaluar la afirmación de James Watson, de que los negros son genéticamente menos inteligentes que los blancos, indicando las dificultades para reconocer las pruebas en las informaciones suministradas. Una de las razones que se sugieren para estas dificultades es el conocimiento conceptual, y recientes estudios han explorado estas relaciones entre el conocimiento conceptual y la competencia argumentativa. Sadler y Donnelly (2006) proponen la necesidad de un valor umbral de conocimiento

para argumentar, aunque un conocimiento mayor no supone una mejora en la calidad argumentativa. Von Aufschnaiter y col. (2008), mostraron que, al solicitar a los estudiantes que construyesen argumentos en diferentes contextos científicos y socio-científicos, aquellos que estaban más familiarizados con el contenido conceptual de la tarea eran capaces de usar el conocimiento para generar argumentos con mayor nivel de abstracción.

En esta línea se consideró importante estudiar ambas dimensiones, por un lado qué conceptos relevantes era capaz de manejar el alumnado al construir argumentos que justificaban su elección, y por otro cómo utilizaban este conocimiento y las pruebas suministradas en la tarea –por ejemplo que para criar un salmón son necesarios tres kilos de sardinas y arenques – en su explicación. En este trabajo examinamos el papel del conocimiento y del uso de pruebas al resolver un problema complejo.

PARTICIPANTES, TAREA Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

El trabajo forma parte de un estudio de aula sobre la gestión de recursos por parte de los seres humanos, constituyendo la fase preliminar del diseño de una unidad didáctica dirigida a alumnado de secundaria. El problema diseñado para la unidad es auténtico, ya que a) está situado en un contexto real, la controversia sobre la instalación de nuevas granjas acuícolas en el litoral de Galicia; b) no tiene una única solución, por tanto genera un ambiente de debate en el aula que favorece el intercambio de opiniones; c) lo importante no es el resultado de la tarea, sino su desarrollo, los estudiantes tiene que exponer sus conclusiones y justificarlas en base a pruebas tanto teóricas como empíricas, y d) los principios de diseño se relacionan con la creación en el aula de ambientes en que se favorezca la argumentación (Jiménez Aleixandre, 2008). Dada la dificultad del alumnado universitario para resolver el problema, planteado en términos de la sustentabilidad de la cría de peces carnívoros secundarios o terciarios (como salmón o rodaballo), se decidió prescindir de la cuestión de la acuicultura y centrarse en el problema de la eficiencia ecológica de comer en uno u otro nivel.

Participantes: 134 estudiantes universitarios de Biología, de tres cursos consecutivos, cursando Didáctica de la Biología y la Geología, impartida por la segunda autora. El grupo A (N = 46) que realizó la actividad en 2006-2007, el grupo B (N = 47) en 2007-2008 y el grupo C (N = 41) en 2008-2009. Tanto el examen como el mapa conceptual forman parte del desarrollo de la materia.

Diseño: Durante los cursos 2006 a 2008 los alumnos realizaron en clase, en el módulo sobre aprendizaje de ecología, una tarea tomada de Griffiths y Grant, y utilizada también por Fernández Manzanal y Casal (1995), sobre el efecto en una población de una red trófica de los cambios en otra población. La constatación de que parte del alumnado utilizaba sólo esta idea para resolver el problema (Bravo y Jiménez, 2009), y que una de las dificultades que experimentaban era el desconocimiento del concepto de eficiencia ecológica, lo que influía tanto a la hora de utilizar los conceptos de ecología como de seleccionar y utilizar las pruebas, llevó a cambiarla por la construcción de un mapa conceptual sobre eficiencia ecológica y su relación con el flujo de energía y la pirámide trófica. Esto respondía al objetivo de este trabajo, examinar el efecto de abordar explícitamente este modelo en el aula.

Instrumento: un ítem del examen, consistente en un fragmento del artículo “Mares esquilados” de Pauly y Watson (2003) de la revista Investigación y Ciencia (donde se analiza la alimentación del salmón, que se alimenta de pequeños pelágicos tipo arenques y sardinas) y tres preguntas, de las cuales aquí analizamos una:

¿Qué es más eficiente desde el punto de vista ecológico, comer arenques o sardinas-que se alimentan de pequeños crustáceos- o comer salmón’ Explicalo.

Las respuestas de los estudiantes fueron analizadas de acuerdo con a) uso de conceptos de ecología relevantes para el problema, en particular flujo de energía y pirámide trófica, b) qué pruebas utilizaban para justificar sus conclusiones. Las categorías fueron construidas en interacción con los datos.

RESULTADOS

¿Qué conceptos de ecología maneja el alumnado?

Las respuestas fueron distribuidas en cinco categorías siguiendo una jerarquía, desde la respuesta donde se movilizan conceptos relevantes para el problema, en particular flujo de energía y pirámide trófica, hasta respuestas que revelan una visión antropocéntrica. La tabla 1 resume las cinco categorías y a continuación se muestran ejemplos de respuestas para cada una de ellas.

Tabla 1. Uso de conceptos de ecología

Categoría	grupo A N= 46 (%)	grupo B N=47 (%)	grupo C N= 41 (%)	Total N= 134 (%)
Modelo de eficiencia ecológica apelando a conceptos relevantes	7 (15.3%)	8 (17.0%)	15 (36.6%)	30 (22%)
Modelo general de eficiencia	14 (30.4%)	13 (27.7%)	5 (12.2%)	32 (24%)
Gestión de recursos	7 (15.3%)	13 (27.7%)	5 (12.2%)	25 (19%)
Equilibrio del ecosistema	15 (32.6%)	9 (19.1%)	9 (22.0%)	33 (25%)
Visión antropocéntrica	2 (4.3%)	4 (8.5%)	6 (14.6%)	12 (9%)
No contesta	1 (2.1%)		1 (2.4%)	2 (1%)

Modelo de eficiencia ecológica apelando a conceptos relevantes:

En esta categoría situamos las respuestas que concluyen que alimentarse en niveles inferiores es más eficiente ecológicamente, y lo justifican apelando, implícita o explícitamente, a la pérdida de energía a través del ecosistema, es decir a los conceptos de flujo de energía y pirámide trófica. Un ejemplo:

C25 “teniendo en cuenta la ley del 10 %, por la cual se postula que entre nivel y nivel sólo pasa el 10% de la energía del nivel anterior , cuanto más alto esta el eslabón, más energía se pierde. Así, arenques y sardinas estarían en un eslabón más bajo y por lo tanto serían más eficientes”

C8, “la eficiencia ecológica es el óptimo aprovechamiento de la energía, partiendo de esta definición, pienso que es mejor alimentar a una población de personas con arenques y sardina, hablando en términos de energía. Esto es así debido a que sólo se aprovecha el 10% de la energía en el paso de cada nivel trófico, es decir, de los productores (fitoplancton) a los consumidores primarios (crustáceos) pasa un 10 % del total de la energía (el resto es biomasa que es utilizada por los descomponedores), de los consumidores primarios pasa a los secundarios (arenques) otro 10% y de estos a los terciarios (salmón) el 10%. Por tanto en términos energéticos, es mejor alimentar a una población con arenques (la energía de este nivel trófico es de 10/10000) que con salmón (la energía es de 10/1000000).”

Modelo general de eficiencia:

Estas respuestas también concluían que era más eficiente alimentarse en niveles inferiores, pero su justificación era imprecisa, no movilizaba los conceptos relevantes. Apelaban a términos como costes/beneficios, salida/entrada, que se podrían aplicar a economía. Algunos de ellos situaban la cuestión en el contexto de las granjas acuícolas (mientras que la cuestión era general). Un ejemplo:

B26 “ ya que los gastos ecológicos necesarios para al producción de salmón en piscifactorías superan a los beneficios. Según esto, se estarían sacrificando las poblaciones de pequeños pelágicos al reducir su número para abastecer a otra población (salmón) más interesante desde el punto de vista de la demanda social y el consumo.”

Gestión de recursos:

Estas respuestas también concluyen que es más eficiente alimentarse de arenques y sardinas que de salmones, pero sin enmarcarlo en el contexto de la eficiencia ecológica. Muchos justifican su conclusión apelando a otras nociones no relevantes para el caso como presión pesquera, agotamiento de caladeros, sustentabilidad, reproducción o biodiversidad. Un ejemplo:

B22 “Creo que sería más eficiente comer arenques, sardinas (...) porque el hecho de criar salmones implica que hay que alimentarlos con otros peces, lo que significa que sigue habiendo al demanda sobre los caladeros naturales. Pero además, como esos peces que se emplean para alimentar a los salmones también se emplean para el consumo humano, se generaría una doble demanda sobre ellos, de modo que el problema ecológico de agotamiento de caladeros seguiría presente, e incluso se podría agravar.”

Equilibrio del ecosistema:

Muchas de las respuestas en este grupo concluyen que es mejor comer de ambos. Sus justificaciones apelan a nociones que se incluyen el mantenimiento del equilibrio ecológico. En términos de los estudiantes ‘preservar todas las especies’, ‘comer un poco de cada uno para distribuir la presión’ etc. Ejemplos:

A5 “lo más eficiente creo que sería comer de todo, alterando lo menos posible la red alimentaria”

A30 “Si el salmón es de criadero (acuicultura), es más eficiente comer arenques y sardinas (...) ya que estas se alimentan de pequeños crustáceos que hay en el mar, no hay que extraerlos del mar, rompiendo la cadena trófica, para alimentarlos. Sin embargo, si nos alimentamos de salmón de piscifactoría , para poder engordarlos antes

de que lleguen a nuestras casas, hay que alimentarlos con piensos formados por pescado que extraemos del mar, y de este modo sí rompemos la cadena trófica natural.”

Visión antropocéntrica:

En esta categorías incluimos aquellas respuestas que su elección la justifican en función de beneficios o problemas para el ser humano. Algunos apelan a la necesidad de una dieta variada (C11), otros al aumento de las grasas en peces de cultivo. En otros casos argumentan que sólo una rodaja de salmón sirve para alimentar a un persona, mientras que arenques se necesitan varios. Un ejemplo:

B23 “sería más lógico comer arenques y sardinas, porque ya es un alimento que nos proporciona los nutrientes necesarios”

En resumen, los resultados muestran que 62 estudiantes, un 46%, utilizaron conceptos relevantes de ecología con diferentes grados de sofisticación, como se ve en las dos primeras categorías, aunque sólo un 22% usaron en su justificación los conceptos de flujo de energía y pirámide trófica. En cuanto al efecto del mapa conceptual, hay gran diferencia entre los grupos A (15.2%) y B (17 %), y el grupo C (36.6%), en el que se duplica el número de estudiantes que utilizaron el flujo de energía y la pirámide trófica para justificar la mayor eficiencia de la alimentación con arenques y sardinas sobre el salmón. Este grupo es con el que se abordó en el aula el concepto de eficiencia ecológica lo que parece producir una mejora considerable respecto a los grupos A y B, lo que concuerda con von Aufschnaiter y col (2008), que indican que alumnos familiarizados con el contenido conceptual de la tarea, generaban argumentos con mayor nivel de abstracción.

Una proporción similar de estudiantes, un 44% no fueron capaces de responder contextualizando el problema en la eficiencia ecológica, sino que utilizaron nociones más generales como la gestión de recursos o del equilibrio del ecosistema. Algunas de las respuestas situadas en la categoría de equilibrio ecológico, particularmente en el grupo A, donde son más numerosas, se podrían ver influenciadas por la actividad sobre redes tróficas realizada en el aula a partir de una tarea adaptada de Griffiths y Grant, donde se les solicitaba que predijeran las consecuencias que en una población tiene los cambios producidos en otra, situada en una cadena trófica diferente. Interpretamos que estos alumnos al no entender lo que se les solicitaba en la tarea, recurrieron al esquema que habían practicado en el aula, creyendo que era lo solicitado por el profesor. Cabe

señalar que incluso en el grupo C en el que se produjeron mejoras, no llega al 50% el conjunto de respuestas aceptables (las dos primeras categorías).

¿Qué pruebas usan para justificar sus conclusiones?

Para categorizar las respuestas de los estudiantes en cuanto a la coordinación de pruebas con la conclusión, se consideran distintos tipos de argumentos basados en pruebas: a) justificados en nociones teóricas, entendidas apelaciones a conceptos de ecología no mencionados en el texto, sino recuperados por los estudiantes: por ejemplo, referencia a la disminución de la biomasa según se asciende en la pirámide trófica, o a la pérdida de energía a través de los niveles tróficos. Pruebas empíricas, son las informaciones mencionadas en el texto: la necesidad de tres kilogramos de pienso de pescado para obtener un kilogramo de salmón y la dieta de las sardinas y los arenques, compuesta principalmente por zooplancton y pequeños crustáceos (y su diferencia con la dieta del salmón). Los resultados se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Coordinación de las pruebas con la conclusión

Categoría Coordinación de la conclusión con	grupo A N= 46 (%)	grupo B N=47 (%)	grupo C N= 41 (%)	Total N= 134 (%)
Con pruebas teóricas y empíricas	2 (4.3%)	3 (6.4%)	14 (34.2%)	19 (14%)
Con las dos pruebas empíricas específicas	1 (2.1%)	4 (8.5%)	3 (7.3%)	8 (6%)
Con una prueba empírica específica	19 (41.9%)	33 (70.2%)	7 (17.0%)	59 (44%)
Con pruebas no específicas	14 (28.6%)	5 (10.6%)	13 (31.7%)	32 (24%)
Falta de coordinación	9 (21%)	2 (4.3%)	2 (4.9%)	13 (10%)
No contesta	1 (2.1%)		2 (4.9%)	3 (2%)

Coordinación de la conclusión con pruebas teóricas y empíricas :

Incluimos en la categoría de mayor coordinación las respuestas que utilizan conceptos de ecología relevantes para el problema, pirámide trófica y flujo de energía y apelan también a las pruebas empíricas suministradas por el texto. Un ejemplo:

C4 “(...). Por otro lado también hay que tener presente que en la transferencia de energía de un nivel al siguiente de la cadena alimenticia tan sólo se aprovecha el 10% (...). De este modo, si la población humana se alimenta directamente de sardinas no se perdería energía en los salmones, eliminando un nivel.”

Coordinación de la conclusión con las dos pruebas empíricas específicas:

Estas respuestas justifican comer arenques y sardinas utilizando los dos tipos de pruebas suministradas: la necesidad de una mayor cantidad de estos para producir salmón y la dieta de cada uno de ellos. Lo consideramos en un nivel inferior de coordinación porque aunque reconocen las pruebas específicas para el problema, no reconocen su relación con la eficiencia ecológica. Un ejemplo:

B10 “ Resultaría más eficiente comer arenques y sardinas que comer salmones en el problema del agotamiento de las poblaciones puesto que para criar los salmones son necesarios sardinas, arenques y demás en forma de harina de pescado, es decir, que necesitamos estas especies que consumen a su vez los crustáceos, para obtener el salmón.”

Coordinación de la conclusión con una prueba empírica específica:

Estas respuestas se justifican utilizando sólo una de las pruebas suministradas en la actividad, bien la necesidad de más cantidad para alimentar al salmón o la dieta de cada uno de ellos. Un ejemplo:

A30 “Si el salmón es de criadero (acuicultura), es más eficiente comer arenques y sardinas, ya que estas se alimentan de pequeños crustáceos que hay en el mar ”

Coordinación de la conclusión con una prueba no específica:

Utiliza para justificar su conclusión pruebas no específicas, así nociones de ecología como equilibrio, sustentabilidad, diversidad etc., que tendría relación con el problema de la gestión de recursos, no con el problema de la eficiencia ecológica. Un ejemplo:

C11 “a mi parecer los extremos nunca fueron buenos, a mi parecer la solución estaría en el equilibrio, ya que primero tenemos que tener en cuenta que las personas tiene que tener una alimentación variada, cada pez tiene su proporción de fósforo, hidratos de carbono, grasas etc. y por lo tanto decantarse por una de ellas sería un error.”

Falta de coordinación

Situamos en esta categoría, aquellas respuesta que usaban pruebas contradictorias con la conclusión alcanzada por el alumno. Un ejemplo:

A20 “yo creo que es más eficiente comer salmónes: las sardinas y boquerones están más abajo en la cadena o red trófica. Al comer más salmón no habrá ninguna población por encima de él que dependa para su alimentación específicamente.”

En resumen, los resultados muestran que 86 estudiantes (64%) fueron capaces de coordinar su conclusión con pruebas apropiadas para el problema, aunque sólo un 14 % se encuentran en el mayor nivel de coordinación, utilizando tanto pruebas empíricas como teóricas. En cuanto al efecto del mapa conceptual, la diferencia entre los grupos es mayor que en el uso de conceptos, pues en A (4.3%) y B (6.4%) no llega al 10% y en C (34.2%) es de un tercio del alumnado. Esto parece indicar que a la hora de seleccionar las pruebas resulta clave estar familiarizado con la carga conceptual que es necesario movilizar, porque permite identificar lo que solicita la tarea y discernir entre las distintas pruebas que se presentan.

Destaca también la baja proporción (6%) que utilizó las dos pruebas facilitadas en el ítem, frente a los que sólo utilizaron una (44%). Esto podría indicar la falta de práctica en este tipo de actividades, en las que se solicita de forma explícita la justificación, en este caso de la elección entre dos tipos de alimentos. Coincidimos con autores como Gott y Duggan (1996) y Sandoval y Millwood (2005) en que para aprender a usar las pruebas, es necesario conocer lo que son y realizar actividades en el aula que favorezcan el uso de las mismas.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Este estudio examina el uso de pruebas y la competencia de aplicar conceptos relevantes en un problema de acuicultura. La creación de granjas de cultivo de peces se contempla hoy en día como una posible solución a la sobreexplotación de los recursos del mar. Esto podría ser una solución si se cultivaran peces herbívoros, pero en la actualidad se cultivan en su mayoría peces de alto valor comercial como por ejemplo el salmón o el rodaballo (supercarnívoros). El debate y la argumentación sobre este tema, requiere por parte del alumnado un uso apropiado de las pruebas y un conocimiento científico sobre el tema sujeto a debate, en este ejemplo conocimientos de ecología, como diferenciar entre organismo productor y consumidor o interpretar una pirámide de biomasa o de producción.

Las dificultades del público en general en sustentar una opinión con pruebas se reflejan en este estudio. Es positivo que un 64 % de la muestra de alumnado

universitario de Biología sea capaz de usar una o más pruebas para justificar su elección de que es más eficiente ecológicamente alimentarse de arenques y sardinas que de salmón. Pero un 10 % que no es capaz de coordinar las pruebas facilitadas con una conclusión y otro 24 % que no reconoce las pruebas suministradas en el texto y aporta otras no relacionadas con la cuestión, como en el caso del C11. También se encontraron dificultades para usar conceptos relevantes para el problema como flujo de energía y pirámide trófica. Esto a pesar de que predecir qué consecuencias tiene el flujo de energía en los ecosistemas en la gestión de recursos es considerado como criterio de evaluación tanto en 4º de la E.S.O como en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente en 2º de Bachillerato (MEC, 2007). En esta muestra un 46 % aplicaron estos conceptos, un 44 % apelaron a nociones ecológicas no relacionadas con la cuestión, tales como biodiversidad o equilibrio ecológico y un 9% desde una visión antropocéntrica, apelando a nociones como la importancia de los requerimientos nutricionales.

La influencia del conocimiento en la competencia argumentativa es muy discutida en la literatura. En este estudio consideramos como criterio de mayor coordinación de pruebas con conclusiones los argumentos que utilizaban pruebas teóricas específicas para el problema. Los 19 estudiantes situados en la categoría de mayor coordinación también se encontraban en la categoría más alta en uso de conceptos. Una de las razones de por qué más de la mitad del alumnado no fue capaz de transferir sus ideas de ecología, aprendidas en secundaria y en la licenciatura a un nuevo problema, pudo ser por dificultades en la comprensión lectora, por ejemplo, al no conocer el significado de eficiencia ecológica. En esta dirección apunta que, en la categoría más alta, hay gran diferencia entre los grupos A y B y el C, que experimenta una mejora, suponemos que por haber trabajado con los conceptos previamente durante el curso,.

Las diferencias entre los grupos en el uso de pruebas, se relaciona con otra dificultad, la de transferencia de conocimiento. En la categoría de mayor coordinación entre pruebas y conclusión, hay gran diferencia entre las respuestas del grupo C y los otros dos. También aparece una diferencia entre las respuestas del grupo B frente al A, en B sólo 7 respuestas estaban situadas en los niveles más bajos de coordinación frente a los 23 del grupo A. En el grupo B se había discutido en clase la cuestión de cuanta gente podía alimentarse con un terreno determinado, cuando se cultivaba arroz o cereales, comparado con el uso de terreno para alimentar vacas.

Sugerimos la importancia de trabajar en el aula actividades que favorezcan que el alumnado reflexione sobre problemas contextualizados en la vida real y apliquen el

conocimiento adecuado. Este trabajo parece producir una mejora en cuanto al uso de pruebas. Estos resultados son utilizados en el diseño de una unidad didáctica donde se complementan ambos aspectos, por un lado el uso de pruebas para justificar elecciones, refutar o aceptar una afirmación y por otro intentar solventar las dificultades de uso de conceptos discutidas en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), con financiamiento parcial de Fondos FEDER, código SEJ2006-15589-C02-01/EDUC. El trabajo de Beatriz Bravo está financiado por una beca PFI del MEC, código BES- 2007-15075. A Conxita Márquez por sus orientaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO TORIJA, B., y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2009) Is raising salmon sustainable? Use of concepts and evidence about ecology. In M. Hammann, A. J. Waarlo & K. Th. Boersma (Eds.), *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues*. Utrecht: Utrecht University, Fisme, CD-β Press.
- BRAVO, B., PUIG, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2009) Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20, 137-142.
- CAÑAS, A., MARTÍN-DÍAZ, M.J. y NIEDA, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y en la interacción con el mundo físico*, p 144. Madrid: Alianza Editorial
- FERNÁNDEZ -MANZANAL, R. Y CASAL-JIMÉNEZ, M. (1995). La enseñanza de la Ecología. Un objetivo de la Educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 295-311.
- GOTT, R. Y DUGGAN, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science, *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806.
- HOGAN, K., & FISHERKELLER, J. (1996). Representing students' thinking about nutrient cycling in ecosystems: Bidimensional coding of a complex topic. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 941-970.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. In S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in*

- science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91–115). Dordrecht: Springer.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., & ERDURAN, S. (2008). Argumentation in science education: an overview. In S. Erduran & M.P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3–27). Dordrecht: Springer.
- KELLY, G. J. y TAKAO, A. (2002). Epistemic levels in Argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-312
- LIN, C.-Y., & HU, R. (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis and respiration. *International Journal of Science Education*, 25, 1529–1544.
- MAGNTORN, O., & HELLDÉN, G. (2007). Reading New Enviroments: Student's ability to generalise their understanding between different ecosystems. *International Journal of Science Education*, 29, 67–100
- MEC, Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE 5/01/2007, Madri
- OCDE. (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación: Conocimientos, habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura*. Madrid: Santillana, Ministerio de Educación y Ciencia.
- PAULY, D. Y WATSON, R. (2003). Mares Esquilmados. *Investigación y Ciencia*, 324, 16-22
- PUIG, B., & JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2009). What do 9th Grade students consider as evidence for or against claims about genetic differences in intelligence between black and white 'races'? In M. Hammann, A. J. Waarlo & K. Th. Boersma (Eds.), *The Nature of Research in Biological Education: Old and New Perspectives on Theoretical and Methodological Issues*. Utrecht: Utrecht University, FIsme, CD-β Press.
- SADLER, T., & DONNELLY, L. A. (2006). Socioscientific argumentation: the effects of content-knowledge and morality. *International Journal of science Education*, 28, 1463–1488.

- SANDOVAL, W. A., & MILLWOOD, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55.
- VON AUFSCHNAITER, C., ERDURAN, S., OSBORNE, J., & SHIRLEY, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 101–131.