

Evolución de las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes para profesor de secundaria: el caso de biología

José María Cardeñoso¹ y Amable Moreno²

¹josemaria.cardenoso@uca.es, Universidad de Cádiz

²amoreno@fce.uncu.edu.ar, Universidad Nacional de Cuyo

Resumen

En este trabajo se analiza la evolución de las tendencias de pensamiento probabilístico de 325 estudiantes para profesor de biología para la educación secundaria, de la provincia de Mendoza, Argentina. Se aplicó el análisis de clusters, análisis discriminante, test de Pearson, y el gráfico de líneas. El marco de referencia es el sistema de categorías para la determinación de las tendencias de pensamiento probabilístico propuesto por Moreno (2014). La caracterización de las mismas está asociada a la capacidad para reconocer la aleatoriedad, siendo los argumentos para justificarla: causalidad, multiplicidad e incertidumbre; los argumentos para justificar la estimación subjetiva de la probabilidad: contingencia, laplaciana, frecuencial, equiprobabilidad y experiencial. Pero no se ha encontrado asociación estadísticamente significativa entre las tendencias de pensamiento probabilístico con la edad y con el nivel propedéutico de los estudiantes; pero si se ha encontrado dependencia con el instituto educativo. Se encontró mayor presencia de las tendencia *contingencia* en los dos primeros años; y de *incertidumbre* en los dos últimos años.

Palabras clave: educación probabilística, formación del profesorado de biología, evolución de las tendencias de pensamiento.

1. Introducción

En este trabajo se analizan las características asociadas a las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes para profesor de biología de la provincia de Mendoza, Argentina. Las tendencias encontradas son: Determinista, Incertidumbre, Personalista y Contingente (Moreno y Cardeñoso, 2014). La caracterización de las mismas está asociada a ciertos factores, como es la capacidad para reconocer sucesos aleatorios, los argumentos que utilizan para justificarlos: causalidad, multiplicidad e incertidumbre; los argumentos que emplean para justificar la estimación de la probabilidad: contingencia, laplaciana, frecuencial, y equiprobabilidad.

Sin embargo, no se ha encontrado asociación entre las tendencias de pensamiento probabilístico con la edad y el nivel propedéutico de los estudiantes; no ocurriendo lo mismo con el instituto educativo. Lo que nos hace reflexionar acerca de la necesidad de una profunda revisión del currículo del profesorado de biología, con miras a lograr una formación que les permita concretar la enseñanza de la probabilidad en el nivel de secundaria, cuestión que desde nuestro punto de vista, se ha de afrontar, trabajando desde las ideas y significados que estos estudiantes le dan a la probabilidad, cuestión desarrolla ampliamente por Batanero (2005).

2. Marco Teórico

Los ciudadanos de una sociedad del siglo XXI, como la nuestra donde la información y su interpretación relativa es imprescindible, deben poseer capacidades y habilidades que le acerquen a lo que podemos llamar la cultura estadística de un estudiante universitario, claramente inferior a lo podríamos desear (Nikiforidou; Lekka y Pange, 2010). De aquí que un objetivo de la formación de los futuros profesores de secundaria, encargados de formar estudiantes en Biología, es la alfabetización estadística.

Un estudiante de ciencias biológicas requiere poseer habilidades vinculadas a la selección y organización de información pertinente para el conocimiento que se pretende construir. Para el logro del desarrollo de la alfabetización estadística, es imprescindible que los estudiantes para profesor de Biología logren la comprensión de las ideas fundamentales de la misma (Garfield y Ben-Zvi, 2004).

Así entendemos que el razonamiento estadístico es la manera en la cual las personas razonan con ideas estadísticas y el sentido que le dan a la información estadística, como afirma Garfield (2002), lo cual implica hacer interpretaciones basadas en conjuntos de datos y sus representaciones, imprescindible para una construcción significativa del conocimiento biológico. En definitiva, un docente de biología, requiere razonar estadísticamente, lo cual significa entender y explicar los procesos estadísticos e interpretar completamente los resultados estadísticos.

El razonamiento estadístico como afirma Azcárate (1996), puede ser necesario para conectar un concepto con otro y combinar ideas sobre los datos y el azar o la incertidumbre que los fenómenos biológicos conllevan. Por tanto, del análisis de estas ideas, se puede inferir que la noción de probabilidad es una de los constructos relevantes para el futuro profesor de biología, involucrando a su vez, la noción de aleatoriedad.

Para Moreno (2014), la aleatoriedad es modelizable como una magnitud que caracteriza la incertidumbre de ciertos fenómenos y la probabilidad es una medida relativa, al menos ordinalmente considerada, del grado de certeza en la verificación de un evento. Desde esta visión, como marco sintético de referencia, Cardeñoso (2001) ha propuesto; un sistema de categorías para la determinación de las tendencias de pensamiento probabilístico. En la investigación de Moreno (2014), hemos utilizado como marco de utilizado este sistema de categorías que detallamos a continuación, y además compartimos con el autor su perspectiva epistemológica socio constructivista, según la cual entendemos el conocimiento como sistemas de ideas con diferentes formas de concreción y articulación, que está sometido a evolución, reestructuración y reorganización continua, producto de la interacción con el medio.

Desde dicho marco conceptual, y apoyándose en la investigación exploratoria de Azcárate (1996) se organiza el mencionado sistema de categorías, donde se recoge las diferentes argumentaciones que en la historia del conocimiento de referencia se han utilizado para argumentar el reconocimiento de la aleatoriedad y la estimación de la probabilidad.

Presentamos a continuación dichas categorías, aportando una breve caracterización de las mismas, donde las cuatro primeras se relacionan con la dimensión del reconocimiento de la incertidumbre de un suceso y las cinco siguientes con la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso en un determinado fenómeno de referencia.

Este está compuesto por:

- **Causalidad:** Argumentaciones que tienen como criterio de reconocimiento de la aleatoriedad explicaciones en función de los diversos factores causales o en la ausencia de posibilidad de su control.

- **Multiplicidad:** Argumentaciones que tienen como criterio de reconocimiento de la aleatoriedad la existencia de múltiples posibilidades en el desarrollo del fenómeno.
- **Incertidumbre:** Argumentaciones en las que se utiliza como criterio de reconocimiento de la aleatoriedad la propia imprevisibilidad del suceso, sin profundizar en su explicación o análisis.
- **Subjetiva:** Argumentaciones en las que utiliza como criterio de reconocimiento de la aleatoriedad consideraciones referidas a la propia vivencia o creencia subjetiva.
- **Contingencia:** Argumentaciones estimativas de cuantificación de la probabilidad basadas en la comparación entre los casos favorables y desfavorables de un suceso.
- **Laplaciana:** Argumentaciones estimativas de cuantificación de la probabilidad basadas en la proporción entre los casos favorables y desfavorables del fenómeno.
- **Frecuencial:** Argumentaciones estimativas de cuantificación de la probabilidad basadas en la lectura frecuencial del fenómeno o de la información aportada.
- **Equiprobabilidad:** Argumentaciones estimativas de cuantificación de la probabilidad basadas en justificaciones desde la equiposibilidad entre los resultados del fenómeno.
- **Experiencial:** Argumentaciones estimativas de cuantificación de la probabilidad basadas en criterios fruto de la experiencia personal.

3. Metodología

Se aplicó un cuestionario con cuarenta y ocho ítems; veinticuatro relativos a las características sociodemográficas de los estudiantes; doce al reconocimiento de la aleatoriedad con sus respectivas argumentaciones y otros veinticuatro ítems relativos a la estimación de la probabilidad. Las respuestas de los estudiantes se analizaron a la luz de técnicas estadísticas: Transformación de las respuestas en variables cuantitativas; análisis de clusters, análisis discriminante, Test de Pearson y Gráfico de líneas. También, se calcularon los índices de dificultad y de discriminación, obteniéndose resultados satisfactorios.

4. Resultados y Discusión

Los estudiantes que participaron del estudio se distribuyen en distintos institutos de formación docente de la provincia de Mendoza, Argentina.

En el Instituto de Formación Docente 9-002 de la Capital de Mendoza, respondieron al cuestionario 154 estudiantes (47,38 %); del instituto de gestión privada TP-13 contestaron 21 estudiantes (6,5 %); del instituto 9-001 ubicado en el departamento de San Martín contestaron 60 estudiantes (18,46 %); del instituto 9-011 del departamento de San Rafael contestaron 55 estudiantes (16,92%); del instituto 9-004 del departamento de Tunuyán, contestaron 35 estudiantes (10,77%).

En primer lugar se determinaron las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes mediante el análisis de clusters y el discriminante; donde se determinaron cuatro tendencias de pensamiento: Determinista, Incertidumbre, Personalista y Contingencia.

La tendencia al *Determinismo*, es la que logra el menor reconocimiento de la aleatoriedad, hecho que motivó la denominación del grupo. Cuando niegan la aleatoriedad lo hacen desde la causalidad, incertidumbre y desde la multiplicidad (Moreno, Cardeñoso & González-García,

2014d). Cuando estiman la probabilidad lo hacen desde la equiprobabilidad, como sesgo y no como una categoría apropiada.

La tendencia hacia la *Incertidumbre*, es la que logra el mayor reconocimiento de la aleatoriedad. Fundamentan este reconocimiento desde la imprevisibilidad del suceso; es decir desde la categoría que hemos denominado incertidumbre, lo que motivó la denominación de grupo. En segundo lugar argumentan desde la multiplicidad, es decir que consideran los posibles resultados en la ocurrencia del suceso; no por esto descartan los argumentos causales, ya que los mismos tienen cierta relevancia, dado que alcanzan un valor superior a la media de la categoría. En cuanto a la estimación de la probabilidad, la equiprobabilidad alcanza el valor máximo en este grupo, mientras que la categoría laplaciana alcanza el valor mínimo.

Tabla 1 Características asociadas a las tendencias de pensamiento probabilístico

Variable	Chi cuadrado de Pearson	Valor p	Conclusión
Nivel Propedéutico	$\chi^2_{(9)} = 9,587$	0,385	Independencia
Edad de los estudiantes	$\chi^2_{(12)} = 13,736$	0,319	Independencia
Instituto Educativo	$\chi^2_{(12)} = 22,345$	0,034	Dependencia
Reconocimiento de la aleatoriedad	$\chi^2_{(36)} = 223,534$	0,000	Dependencia
Reconocimiento de la aleatoriedad desde la causalidad	$\chi^2_{(24)} = 55,958$	0,004	Dependencia
Reconocimiento de la aleatoriedad desde la multiplicidad	$\chi^2_{(21)} = 42,468$	0,000	Dependencia
Reconocimiento de la aleatoriedad desde la incertidumbre	$\chi^2_{(33)} = 161,598$	0,000	Dependencia
Reconocimiento de la aleatoriedad desde la Subjetividad	$\chi^2_{(6)} = 69,549$	0,000	Dependencia
Estimación de la probabilidad desde la Contingencia	$\chi^2_{(24)} = 69,381$	0,000	Dependencia
Estimación de la probabilidad desde la Laplaciana	$\chi^2_{(21)} = 78,467$	0,000	Dependencia
Estimación de la probabilidad desde la Frecuencial	$\chi^2_{(27)} = 60,713$	0,000	Dependencia
Estimación de la probabilidad desde la Equiprobabilidad	$\chi^2_{(30)} = 243,545$	0,000	Dependencia
Estimación de la probabilidad desde la Experiencial	$\chi^2_{(18)} = 275,583$	0,000	Dependencia

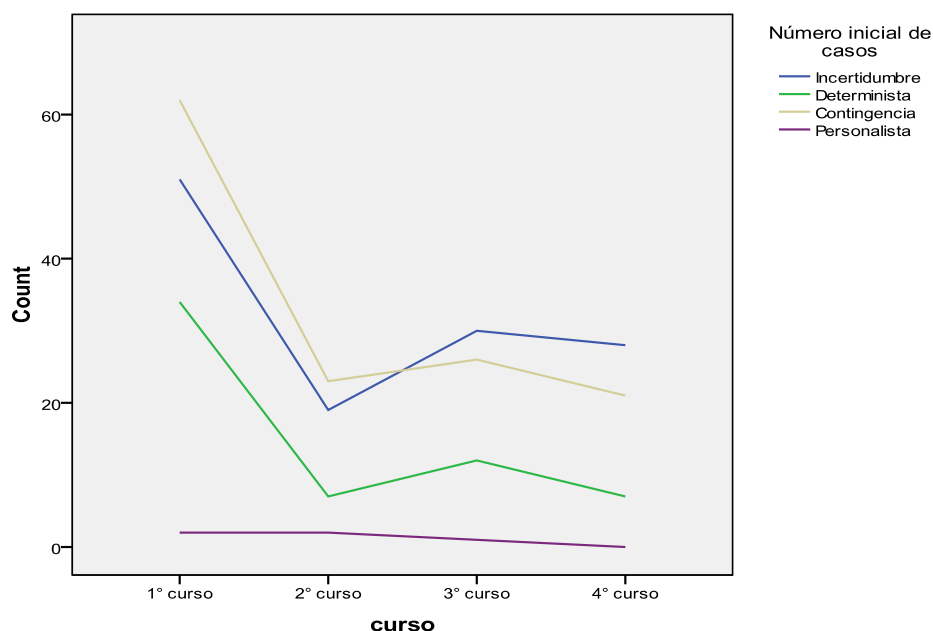
La tendencia hacia el *Personalismo* es el tercer grupo en el reconocimiento de la aleatoriedad, y es el grupo que más emplea la subjetividad para argumentar el reconocimiento de la aleatoriedad, si bien es superado por el argumento incertidumbre. Cuando niegan la aleatoriedad, también argumentan desde la subjetividad; y en cuanto a la estimación de la probabilidad se destaca el uso de la categoría experiencial, en relación con los otros tres grupos.

La tendencia hacia la *Contingencia*, es el segundo grupo en el reconocimiento de la aleatoriedad, se destaca el uso de argumentos basados en la multiplicidad y en la causalidad; sin embargo la categoría más usada es la incertidumbre. Cuando estiman la probabilidad lo hacen fundamentalmente desde las categorías contingencia, laplaciana y frecuencial con valores máximos.

Luego, se aplicó el test de Pearson para analizar la asociación entre las tendencias de pensamiento probabilístico y las variables, como se muestran en la Tabla 1.

Estos resultados nos pueden ayudar a dilucidar la complejidad del pensamiento probabilístico.

A pesar de la falta de asociación entre las tendencias de pensamiento probabilístico y los niveles propedéuticos de los estudiantes, hemos realizado un análisis pormenorizado de la presencia de cada una de ellas por nivel.



-
- Figura 1: Gráfico de líneas de las tendencias de pensamiento probabilístico en función del nivel propedéutico
-

En el Gráfico de líneas y la Tabla 2, se muestra que en el primer curso de la carrera, la tendencia hacia la *Contingencia* es la que tiene mayor presencia; que es el grupo de los estudiantes de menor edad y menor formación académica. En segundo lugar, se presenta en menor medida, la categoría *Incertidumbre*, cuya característica fundamental es el reconocimiento de la aleatoriedad desde la imprevisibilidad del suceso (Moreno, Cardeñoso y González-García, 2014a, 2014c); mientras que la estimación de la probabilidad es argumentada desde la equiprobabilidad, denotando la falta de ideas formales acerca de la probabilidad (Moreno, Cardeñoso y González-García, 2012b, 2014d).

Tabla 2. Tabla de contingencia del “nivel propedéutico” y “tendencia de pensamiento”

Nivel Propedéutico	Incertidumbre	Determinista	Contingencia	Personalista
1º curso	34,20 %	22,80 %	41,60 %	1,30 %

2° curso	37,20 %	13,70 %	45,10 %	3,90 %
3° curso	43,50 %	17,40 %	37,70 %	1,40 %
4° curso	50,00 %	12,50 %	37,50 %	0,00 %

En el segundo curso, la tendencia con mayor presencia es la *Contingencia* y en segundo lugar la *Incertidumbre*, de manera similar al primer curso.

En el tercer curso, se destaca la tendencia *Incertidumbre*, Esta tendencia se caracteriza por alcanzar el mayor reconocimiento de la aleatoriedad y estimar la probabilidad desde la equiprobabilidad (Lecoutre, 1985, 1992; Lecoutre & Durand, 1992; Lecoutre y Cordier, 1990; Lecoutre, M.P.; Rovira, K.; Lecoutre, B. & Poitevineau, J., 2006), como sesgo; es decir, que no representa un argumento apropiado.

Finalmente, en el cuarto curso, aparece en primer lugar la tendencia *Incertidumbre* y luego la tendencia *Contingencia*, de manera similar al tercer curso.

5. Conclusiones

Desde nuestra visión ontológica y holística del pensamiento probabilístico, podemos concluir que en los dos primeros niveles; donde predomina la presencia de los estudiantes más jóvenes; la tendencia dominante es la *Contingencia*.

Las concepciones que tienen los estudiantes del Profesorado de Biología en Formación; probablemente influenciadas por la conceptualización que le brindan las disciplinas biológicas, logran un importante desarrollo de la capacidad que les permite reconocer la aleatoriedad; y pierden presencia las nociones propiamente probabilísticas. Por otra parte, se ha encontrado una relación de dependencia entre las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes y el instituto donde se cursa la carrera. Creemos que la razón de este hecho es la formación académica diferenciada del profesorado que tiene a su cargo la preparación de los estudiantes, pero es algo que requiere una mayor investigación para confirmarlo.

Por lo tanto, queda planteada la necesidad de la revisión del currículo del profesorado de Biología de la provincia de Mendoza (Argentina), acorde con las directrices internacionales para la educación superior siguiendo a la UNESCO (1998), y más concretamente las orientaciones que realiza de cara al desarrollo sostenible la UNESCO (2005), a través de lo que hoy en día, desde el campo educativo, se conoce como sostenibilidad curricular (Cardeñoso, Azcárate y Oliva, 2013).

Necesitamos que se transforme la existencia de aulas donde se trabaja la probabilidad y, donde a menudo ocurre, que no se desarrollan concepciones sostenibles de probabilidad, como herramientas estratégicas que se pueden activar, para las tomas de decisiones en situaciones aleatorias cotidianas (Moreno, Cardeñoso y González-García, 2012a).

Debemos superar lo que ya Shaughnessy, afirma (1992: 465) “como personas prototípicas para las cuales el aula no logró anclar el concepto de probabilidad en su pensamiento individual como herramienta estratégica que se activa de decisiones en situaciones de azar fuera de la escuela”. Este fenómeno es un obstáculo epistemológico, ya que estas personas no podían alcanzar el objetivo central de la alfabetización estadística, es decir, la adquisición de conceptos, estructuras e ideas “como herramientas para organizar los fenómenos del mundo físico, social y mental” en palabras de Freudenthal, (1983: IX). Confirmando lo que Batanero, Contreras y Díaz (2011) proponen; debemos investigar acerca de los componentes esenciales en la preparación de los profesores para enseñar la probabilidad y el método adecuado en el que cada componente debe ser enseñado.

Referencias

- Azcárate, P. (1996). *Estudio de las concepciones disciplinares de futuros profesores de primaria en torno a las nociones de aleatoriedad y probabilidad*. Granada: Editorial Comares.
- Batanero, C. (2005). Significados de la probabilidad en la educación secundaria. En R. Farfán y cols. (Eds.) *Relime*, 8 (3), 247-263.
- Batanero, C.; Contreras, J.M. y Díaz, C. (2011). Experiencias y Sugerencias para la formación probabilística de los profesores. *Paradigma*, 32 (2). Recuperado el 12/12/2014 <http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Paradigmanuevo.pdf>
- Cardeñoso, J. M. (2001). *Las creencias y conocimientos de los profesores de primaria andaluces sobre la matemática escolar. Modelización de concepciones sobre la aleatoriedad y probabilidad*. Tesis Doctoral (leída 1998). Cádiz: Universidad de Cádiz. Ed: Servicio de Publicaciones de la UCA.
- Cardeñoso, J. M.; Azcárate, P y Oliva J. M. (2013). La sostenibilidad en la formación inicial del profesorado de Secundaria: incidencia en los estudiantes de Ciencias y Matemáticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10 (extra), pp. 780-796
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Kluwer: Dordrecht
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2004). Research on statistical literacy, reasoning, and thinking: issues, challenges, and implications. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking* (pp. 397-409). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Lecoutre, M. P. (1985). Effect d'informations de nature combinatoire et de nature fréquentielle sur le judgments probabilistes. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 6, 193-213.
- Lecoutre, M. P. (1992). Cognitive models and problem spaces in "purely random" situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23, 557-568.
- Lecoutre, M. P. y Cordier, J. (1990). Effect du mode de présentation d'un problème aleatoire sur les modèles développés par les élèves. *Bulletin de l'APMEP*, 372, 9-22.
- Lecoutre, M. P. y Durand, J. L. (1988). Judgements probabilistes et modèles cognitifs: etude d'une situation aleatoire. *Educational Studies in Mathematics*, 19, 357-368.
- Lecoutre, M. P.; Rovira, K.; Lecoutre, B. & Poitevineau, J. (2006). People's Intuitions about randomness and probability: an empirical study. *Statistics Education Research Journal*, Alexandria, v.5, n.1, p. 20-35.
- Moreno, A. (2014). *Un estudio comparativo de las tendencias de pensamiento probabilístico de los profesores de biología y de matemática en formación*. Tesis Doctoral Inédita, leída en Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada.
- Moreno, A. & Cardeñoso, J. M. (2014). Overview of prospective mathematics teachers' probabilistic thinking. *ICOTS 9. 9th. International Conference on Teaching Statistics*. Flagstaff, Arizona, USA, 13-18 July 2014. "Sustainability in statistics education".
- Moreno, A.; Cardeñoso, J. M. y González-García, F. (2012a). Las dificultades detectadas en un grupo de estudiantes del profesorado de educación primaria cuando afrontan la asignación de probabilidades. En M. Marín-Rodríguez y N. Climent (Eds.) *Actas Investigación en*

Educación Matemática. Comunicaciones de los Grupos de Investigación de la SEIEM XV, Simposio de la SEIEM, (pp. 153-178) Ciudad Real: SEIEM. Recuperado el 15/11/2013 http://www.seiem.es/publicaciones/archivospublicaciones/comunicacionesgrupos/GruposXV_Simposio.pdf

Moreno, A.; Cardeñoso, J. M. y González-García, F. (2012b). Un estudio exploratorio de las tendencias de pensamiento probabilístico de los estudiantes del profesorado de biología. *SEIEM, Simposio de la Sociedad Española De Investigación En Educación Matemática*, 16 th, (pp. 153-180) celebrado Baeza, España. Recuperado el 15/03/2014 http://www.seiem.es/publicaciones/archivospublicaciones/comunicacionesgrupos/GruposXV_Simposio.pdf

Moreno, A.; Cardeñoso, J. M. y González-García, F. (2014a). La Aleatoriedad en los Profesores de Biología y de Matemática en Formación: Análisis y Contraste de Significados. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 198-215.

Moreno, A.; Cardeñoso, J. M. y González-García, F. (2014b). Los significados de la aleatoriedad de los profesores de matemática y de biología en formación. *ALME 27. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa. Comité Mexicano de Matemática Educativa. A.C.* Vol. 27, pp. 1963-1972.

Moreno, A.; Cardeñoso, J. M. y González-García, F. (en prensa 2014d, Volumen 28, número 50). El Pensamiento Probabilístico de los Profesores de Biología en Formación. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*.

Nikiforidou, Z.; Lekka, A. y Pange, J. (2010). Statistical literacy at university level: the current trends. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, 795–799.

UNESCO (1998). *Informe final. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. La Educación Superior y el desarrollo humano sostenible. La Educación superior en el siglo XXI. Visión y acción*. UNESCO: París.

UNESCO (2005). *Education for Sustainable Development. United Nations Decade (2005-2014)*. (Consultado el 2 de septiembre de 2011). <http://www.unesco.org/new/en/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development>