

EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO, DISEÑADO TOMANDO COMO REFERENCIA LOS PRINCIPIOS DEL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD

BONIL, JOSEP; GUILERA, MERCÈ y PUJOL, ROSA MARIA

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Palabras clave: Paradigma de la complejidad; Sostenibilidad; Investigación evaluativa; Educación científica; Formación del profesorado.

FINALIDAD Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se presenta se enmarca en el diseño y aplicación de una propuesta de desarrollo curricular. Se desarrolló en la asignatura de Didáctica de la Ciencias Experimentales impartida, durante los cursos académicos 2002-2003 y 2003-2004, en la formación inicial de profesorado de Educación Primaria de la Facultad de Educación de la UAB al abordar el estudio de los seres vivos. Dicho diseño se realizó partiendo de las siguientes cuestiones generales:

- ¿Qué elementos del paradigma de la complejidad reflejan los futuros maestros en sus producciones cuando se plantean trabajar el modelo de ser vivo con alumnos de la escuela Primaria?
- ¿Qué obstáculos dificultan la incorporación del paradigma de la complejidad en las producciones realizadas por los futuros profesores? ¿Qué aspectos favorecen dicha integración?
- ¿Qué orientaciones puede tener un programa de Didáctica de las Ciencias para la formación inicial del profesorado que integre los principios del paradigma de la complejidad en el tratamiento del modelo ser vivo?

La investigación se planteó con el objetivo de medir el grado de complejidad reflejado en las producciones de los estudiantes y el marco metodológico para su utilización. La finalidad de la misma era orientar la toma de decisiones hacia la mejora del programa como elemento favorecedor de la integración de algunos elementos del paradigma de la complejidad por parte del alumnado. Para avanzar en la respuesta a las cuestiones anteriores se definieron los siguientes objetivos de investigación:

- Asignar el valor que tiene un programa de la asignatura de Didáctica de las Ciencias como herramienta para favorecer en el alumnado el desarrollo de modelos explicativos complejos para introducir el modelo ser vivo en el contexto escolar.
- Detectar los elementos favorecedores y las dificultades nucleares del programa de la asignatura de Didáctica de las Ciencias como herramienta para desarrollar en los futuros maestros los principios del paradigma de la complejidad en referencia al modelo conceptual ser vivo.
- Elaborar algunas orientaciones en el diseño del programa de la asignatura de Didáctica de las Ciencias tomando como referencia el paradigma de la complejidad.

MARCO TEÓRICO

La sociedad actual vive cambios rápidos y constantes. Los referentes se transforman continuamente y sitúan a las personas ante un futuro incierto. En este contexto, la educación, y con ella la educación científica, se enfrenta al reto de generar instrumentos que ayuden a asumir los cambios que depara el siglo XXI. Frente a ello, sin duda, es necesario un modelo dinámico de escuela, capaz de dar respuesta a las demandas que plantea la sociedad. Se requieren nuevos procesos de enseñanza y aprendizaje, y con ellos, nuevos procesos evaluativos que orienten las innovaciones y los cambios que se vayan produciendo. En la actualidad, y frente un mundo injusto socialmente e insostenible ecológicamente, desde distintos ámbitos se reivindica la importancia del paradigma de la complejidad para dibujar una educación que permita a la ciudadanía avanzar hacia nuevas formas de interpretar y actuar en el mundo desde perspectivas próximas a la sostenibilidad.

La evolución de los modelos conceptuales de la ciencia hacia los principios teóricos de la complejidad (Gell-Mann, 1995), la propuesta de marco de valores orientador del pensamiento de algunos autores (Izquierdo & alt, 2004), y un modelo de acción sobre el medio orientado hacia la transformación social (Pujol 2001) llevan a la definición del paradigma de la complejidad como un espacio de diálogo entre pensamiento, valores y acción (Bonil, et al. 2004) que se constituye como un marco teórico sólido y coherente que puede ayudar a orientar la educación científica hacia los principios de la sostenibilidad. Introducir el paradigma de la complejidad en la educación científica conlleva la necesidad de evaluar el proceso entendiendo que la evaluación no es un punto final sino un punto de partida para orientar la toma de decisiones.

En esta comunicación se presenta la evaluación del programa diseñado y desarrollado en el contexto explicitado en el apartado de finalidad y objetivos. Es una investigación evaluativa entendida como “*un juicio sistemático de la valía o el mérito de un objeto*” (Joint Comitee on Standards for Educational Evaluation, 1981). La evaluación realizada se ubica metodológicamente en la modalidad de evaluación de programas. Dicha modalidad de evaluación se define como *la aplicación sistemática de los procedimientos de la investigación social para valorar la conceptualización, el diseño, la implementación y la utilidad de los programas de intervención social* (Rossi y Freeman, 1993)

Para asignar el valor del programa se ha tomado como referente conceptual la propuesta de sistema complejo adaptativo (Gell-Mann, M., 1995); éste, desde una perspectiva compleja, entiende los seres vivos como un espacio de diálogo entre aportaciones de distintos campos del conocimiento, entre los que destacan la teoría de sistemas, la cibernética, la termodinámica y la teoría cuántica. Dichos campos han constituido los cuatro ámbitos en que se ha centrado la evaluación. En cada uno de los ámbitos se han definido categorías de análisis estructuradas en forma de un continuum que evoluciona en el eje simple-complejo. Dentro de cada categoría también se han definido un conjunto de indicadores de evaluación que permiten recoger información significativa y oportuna en relación al objeto de evaluación definido. De esta manera se han diseñado indicadores relevantes, que aportan información fiable y válida, viables a nivel práctico y útiles para la audiencia de la evaluación

DESARROLLO DEL TEMA

Contexto de la investigación: En los cursos en el que se planteó la presente investigación se perseguían tres objetivos fundamentales. En primer lugar, que los estudiantes fueran capaces de construir modelos explicativos complejos desde la ciencia. En segundo lugar, que vivenciasen la aplicación de dichos modelos en la propia dinámica del curso de didáctica para potenciar su mayor comprensión e interiorización. Finalmente, se buscaba que los estudiantes fueran capaces de diseñar actividades científicas dirigidas a escolares de Educación Primaria que incorporasen los principios de la complejidad. Todo ello se hacía tomando como eje conductor del aprendizaje el modelo de ser vivo.

Objeto de la investigación: El objeto de evaluación fueron los trabajos iniciales y finales de los estudiantes de la asignatura mencionada. Trabajos en los que debían diseñar una unidad didáctica inicial centrada en

el modelo de ser vivo y una reelaboración de la misma, al finalizar el curso, integrando los contenidos del mismo. La evaluación centra la atención en el modelo conceptual ser vivo y su reflejo en la transposición didáctica que realiza el alumnado al inicio y al final (tipos de preguntas y propuesta de actividades).

La muestra analizada es la de 4 grupos de alumnos del grupo clase en el que se ha aplicado el programa.

Fases y metodología de la investigación. Para realizar la investigación se siguieron los siguientes pasos:

a) Definición de :

- Ámbitos: aspectos significativos del programa que se proponen evaluar: teoría de sistemas, causalidad, azar e indeterminación, irreversibilidad.
- Categorías: elementos más significativos y relevantes de cada ámbito ordenados en un gradiente que evoluciona de simple a complejo.
- Indicadores de evaluación: información más relevante y oportuna referida a las categorías pospuestas.

b) Recogida de datos:

- Construcción de tablas que, desde una perspectiva descriptiva, justifican la presencia de los diferentes indicadores en los trabajos analizados.

c) Análisis de información:

- Se han realizado tres tipos de análisis:
 - Análisis 1: Descriptivo, toma como referente los indicadores.
 - Análisis 2: Interpretativo, toma como referente las categorías. Los datos se agrupan en redes sistémicas. Las interpretaciones se apoyan en análisis cualitativos agrupados por categorías.
 - Análisis 3: Interpretativo, de síntesis, toma como referente las categorías y los ámbitos. A partir de los datos obtenidos en el análisis 2 se elabora una síntesis por categorías y ámbitos que se justifica por las diferencias entre los resultados de los trabajos iniciales y finales.

d) Interpretación de la información

La interpretación de la información se ha realizado tomando como referencia los datos obtenidos en el análisis tres. Los resultados respecto al modelo teórico incorporado por el alumnado se han obtenido triangulando los datos obtenidos en la evaluación de los diferentes trabajos. La síntesis de las diferentes categorías ha permitido llegar a conclusiones finales definidas por ámbitos.

Resultados: Los resultados pueden agruparse según los diferentes ámbitos:

Ámbito teoría de sistemas:

- Se producen cambios relevantes en las categorías: “interacción individuo medio”, “autoorganización” y “relaciones escalares”.
- No se producen cambios relevantes en las categorías: “componentes del sistema”, “relación entre componentes del sistema” y “presencia de límites y emergencias”.
- Cuando se toma como eje de trabajo “el ser vivo vinculado a su hábitat”, se facilita la presencia de las categorías: “interacción individuo medio” y “relaciones escalares”.
- Las relaciones escalares que se presentan son, en general, unidireccionales, y orientadas del macro al meso o del micro al meso.

Ámbito multicausalidad y multiefecto:

- Se producen cambios significativos en la categoría “multicausalidad”. Los trabajos iniciales presentan relaciones causales simples, los finales integran de forma significativa la multicausalidad.
- No se producen cambios relevantes en las categorías: “multiefectos”, “bucles recursivos” y “bucles retroactivos”. Los trabajos se concentran en un único efecto que a menudo es el tema de estudio. En ningún caso aparece el concepto de bucle retroactivo o recursivo como forma de explicar las relaciones causales.

Ámbito azar e indeterminación:

- No se aprecian cambios significativos en ninguna de las categorías analizadas.
- El azar no se asume a priori como una variable utilizada para explicar los fenómenos. Sólo toma relevancia cuando a lo largo del proceso de estudio aparece de forma sorpresiva un nuevo elemento.

Ámbito Irreversibilidad:

- No se aprecian cambios significativos en las categorías analizadas.
- Orientar las producciones del alumnado tomando como punto de referencia procesos vitales que suponen cambios no garantiza la presencia significativa del eje temporal.
- La integración significativa del tiempo aparece en cortes transversales cuando se estudian procesos concretos. No se utiliza el eje temporal como recurso para anticipar los cambios en los seres vivos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación permiten ver:

- En relación a la pregunta: *¿Qué elementos del paradigma de la complejidad reflejan los futuros maestros en sus producciones cuando se plantean trabajar el modelo de ser vivo con alumnos de la escuela Primaria?*
 - Respecto a la construcción del modelo de ser vivo, el desarrollo del programa analizado presenta un potencial significativo para aumentar la presencia del ámbito “teoría de sistemas”, un bajo potencial para aumentar la presencia del ámbito “causalidad” y un potencial insuficiente para aumentar la presencia de los ámbitos “azar e indeterminación” e “irreversibilidad”.
- En relación a la pregunta: *¿Qué obstáculos dificultan la incorporación del paradigma de la complejidad en las producciones realizadas por los futuros profesores? ¿Qué aspectos favorecen dicha integración?*
 - Los obstáculos mostrados por el alumnado en sus trabajos se centran en la dificultad de proponer actividades de aula que ayuden a los escolares a acercarse al modelo ser vivo desde los principios de la complejidad.
 - Los aspectos que se muestran más favorecedores para integrar los principios de la complejidad en el trabajo sobre el modelo de ser vivo con del alumnado son:
 - ◊ La vinculación de los seres vivos a su hábitat como forma de introducirlos en la dinámica de aula.
 - ◊ El enfoque de los fenómenos de estudio como procesos.
 - ◊ La propuesta de preguntas que favorecen la interpretación de fenómenos.
- En relación a la tercera pregunta: *¿Qué orientaciones puede tener un programa de Didáctica de las Ciencias para la formación inicial del profesorado que integre los principios del paradigma de la complejidad en el tratamiento del modelo ser vivo?*
 - Tomar como eje de trabajo la interpretación de un proceso tomando como referencia la relación entre el ser vivo, su medio interno y el ambiente.
 - Favorecer el diálogo continuo entre preguntas interpretativas y preguntas descriptivas.
 - Incorporar de forma explícita el carácter retroactivo y multicausal de las fluctuaciones individuo medio.
 - Incorporar de forma explícita el azar y la indeterminación en los modelos que explican el itinerario vital de los seres vivos y las relaciones escalares que permiten interpretar los procesos vitales.
 - Ubicar continuamente los fenómenos en un eje temporal: antes, durante, después.

Como conclusión final puede señalarse que el programa evaluado ayudó al alumnado ha evolucionar en su modelo ser vivo hacia los principios de la teoría de sistemas pero se mostró insuficiente para acercarse a los principios de la complejidad. En el ámbito didáctico el alumnado mostró un cambio significativo en el tipo de preguntas propuestas que no se vio acompañado por cambios en el modelo de actividades diseñadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BONIL, J., SANMARTÍ, N., TOMAS, C., PUJOL RM (2004) Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: El paradigma de la complejidad, *Investigación en la Escuela: Complejidad y Educación* n° 53 pp. 5-19

- GELL-MANN, M. (1995), *El quark y el jaguar, aventuras en lo simple y lo complejo*, Barcelona, Tusquets.
- IZQUIERDO, M., ESPINET, M., BONIL, J. PUJOL, RM (2004) Ciencia escolar y complejidad *Investigación en la Escuela: Complejidad y Educación* n° 53 pp. 21-29
- PUJOL, R.M. (2001) “Les ciències més que mai poden ser una eina per a formar ciutadans i ciutadanes”, dins de *Perspectiva Escolar*, n° 257, Setembre 2001
- ROSSI, P.H. Y FREEMAN, H.E. (1993), *Avaluation, a Systemic Aproach* (5ª edición) Newbury Prak, Londres y Nova Delhi, Sage.