

# INVESTIGANDO LOS MODELOS Y LOS PROCESOS DE MODELIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES PARA MAESTRO MEDIANTE UN PROGRAMA DE MODELIZACIÓN NO-CUANTITATIVO

DEL PINO GUTIÉRREZ<sup>1</sup>, FCO. JAVIER y RESINES GORDALIZA<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO

Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Dpto. de Física, Química y E.G. Universidad de León

<sup>1</sup> <dfqjg@unileon.es>

<sup>2</sup> <dfqjrg@unileon.es>

---

**Palabras clave:** Modelización; Dinámica de sistemas; Estrategias cognitivas.

## OBJETIVOS

- Estudiar las estrategias cognitivas que los alumnos para maestro utilizan cuando se enfrentan al problema de elaborar un modelo dinámico de un sistema.
- Caracterizar los tipos de modelos que utilizan.
- Valorar el programa de modelización informática no-cuantitativo VnR.

## MARCO TEÓRICO

El reconocimiento por parte de la comunidad científica de que tanto hacer como aprender ciencia tiene que ver con la elaboración y utilización de modelos ha supuesto una mayor presencia de éstos en los currículos de ciencias (Gilber y Boulter, 2000).

Todavía no existe una teoría sobre la enseñanza/aprendizaje basada en modelos (Gobert y Buckley, 2000), pero la investigación didáctica sí admite como principio que comprender una situación requiere la construcción de un modelo mental adecuado del fenómeno que se estudia. Así la Didáctica de las Ciencias asume que los estudiantes necesitan conocer los modelos con los que piensan y deben ser capaces de construir sus propios modelos (Justi y Gilbert, 2002). También sería deseable que aprendieran a comparar, criticar y evaluar modelos lo que requerirá un proceso de explicitación de los modelos mentales.

En este sentido, las herramientas de modelización informática son consideradas como especialmente útiles para crear modelos de sistemas dinámicos y ayudan a valorar las conceptualizaciones (Pallant y Tinker 2004).

Los futuros maestros deberían tener oportunidades para mejorar sus concepciones sobre el papel que juega la modelización y el empleo de los modelos en la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Para poder diseñar escenarios de aprendizaje que les ayuden a conseguirlo es necesario conocer mejor qué tipo de modelos elaboran y qué estrategias cognitivas utilizan en ese proceso.

## **METODOLOGÍA**

Hemos enfrentado a varios grupos de alumnos para maestro a la resolución de un problema consistente en generar un modelo dinámico que represente un sistema relacionado con el Conocimiento del Medio.

### **Participantes**

Este estudio se ha realizado con la participación de 35 alumnos voluntarios de 2º curso de la carrera de Maestro. Fueron distribuidos en 14 grupos de 2-3 personas.

### **Sistema Dinámico a Representar**

Escenario:

“Pertenece a un equipo investigador al que se le ha encargado diseñar una casa autosuficiente que sea capaz de asegurar la supervivencia en Marte de varias personas durante largos periodos de tiempo de manera autónoma, es decir, sin recibir más abastecimientos desde la Tierra que los iniciales.

Como elemento previo nos hemos planteado diseñar un primer prototipo en la Tierra que permita vivir a un grupo de conejos en un recinto cerrado, en el que haya un campo de alfalfa, y sin recibir más aportes del exterior que luz solar y agua.”

En el marco de este escenario

“Deberemos elaborar un modelo dinámico de este sistema, representando las variables y sus relaciones o intercambios, para poder predecir la evolución y determinar las condiciones para que el sistema sea estable.”

### **Material**

El software que se utilizó fue VnR, un programa no-cuantitativo para construir modelos y ejecutarlos, parte del ASE Science Year CD-ROM (Lawrence, 2002).

Las conversaciones de los alumnos en las sesiones se grabaron digitalmente.

### **Sesiones de Trabajo**

Los grupos tuvieron 4 sesiones de trabajo de una hora. Para familiarizarse con el software comenzaron manejando varios modelos simples. La segunda sesión consistió en la construcción de un modelo que incluía una relación de retroalimentación. En la tercera sesión los alumnos se enfrentaron al problema de modelización descrito: se inició con una tormenta de ideas dentro de cada grupo para diseñar un esbozo del sistema y posteriormente se trasladó al entorno informático VnR. Por último tuvo lugar una puesta en común y discusión en gran grupo de todos los modelos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El análisis de los modelos revela diferencias en cuanto a las variables utilizadas y las relaciones establecidas entre ellas.

Todos los grupos utilizan las variables “conejos” y “alfalfa”, lo que resulta lógico ya que aparecen en el planteamiento del problema. Cabe destacar que sólo un grupo ha usado "número de conejos" y "cantidad de alfalfa", mientras que el resto ha empleado los términos genéricos "conejos" y "alfalfa", sin especificar cómo se cuantifica. Creemos que esto puede estar inducido por el software utilizado. Como se trata de un programa de modelización no cuantitativo, y no precisa el establecimiento de valores numéricos, la mayoría de los grupos no han especificado la forma de cuantificar las variables. De igual manera, todos los grupos que usan oxígeno y CO<sub>2</sub> lo hacen sin especificar la cantidad ni la unidad de medida.

Se observan problemas en la consideración de los gases como variables. Dos grupos no tienen en cuenta ningún gas entre las variables que utilizan. Por otro lado ninguno tiene en cuenta el nitrógeno, ni siquiera aquellos que incluyen las variables abono y/o excrementos. El abono orgánico sólo se usa como fuente de

**TABLA 1**

VARIABLES	Nº DE GRUPO													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
cantidad de alfalfa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
número de conejos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
alfalfa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
conejos	+	+	+	+	S	+	S	S	+	+	+	+	S	-
oxígeno	-	+	+	+	-	+	+	+	F	+	S	+	F	+
CO <sub>2</sub>	-	+	+	+	-	+	F	F	F	+	S	+	-	+
agua	F	F	-	F	F	F	F	F	F	F	F	-	F	F
sol	F	F	-	F	F	F	F	F	F	F	F	-	-	-
excrementos/abono	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	.	-	-	-
minerales/sales	-	-	-	-	-	-	F	F	-	-	.	-	-	-
variables confusas	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-

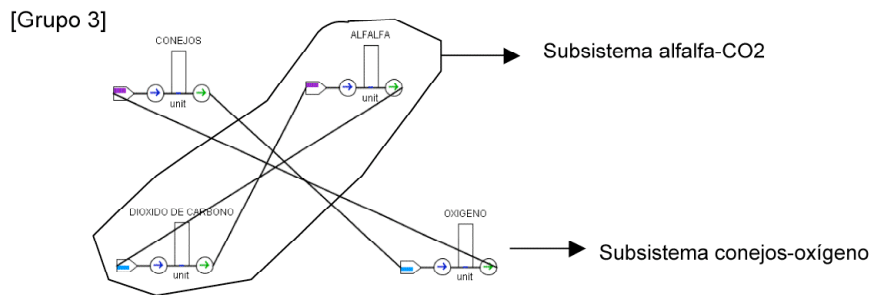
F: variable que funciona como fuente (sólo salen relaciones); S: variable que funciona como sumidero (recibe relaciones); +: variable con otra función; -: no se usa esta variable en el modelo.

nutrientes para las plantas, sin especificar cuáles son esos nutrientes ni incluirlos en procesos de circulación cíclica.

**Relaciones entre variables.**

Al clasificar las representaciones de los modelos realizados con ayuda de la herramienta VnR, fijándonos en las relaciones establecidas entre las variables, podemos diferenciar varios patrones.

a) Modelos con subsistemas aislados.



**FIGURA 1**

La Figura 1 representa el modelo del grupo 3. Se observa que está constituido por dos subsistemas aislados (conejos-oxígeno y alfalfa-CO<sub>2</sub>), aunque dibujado de forma que, al cruzarse las líneas de las relaciones, parece a primera vista que consta de un solo sistema. Cabe destacar que es el único modelo que presenta esta división. Además no aparece la relación directa alfalfa-conejos, siendo también el único grupo que no refleja en su modelo dicha relación.

b) Modelos con varias fuentes y un sumidero.

Los modelos que tienen un sumidero representan sistemas lineales, en los que no se cierra el ciclo. Para los grupos 5, 7, 8 y 13 la variable conejo es un sumidero en función del cual se organiza todo el sistema.

La existencia de sumideros lleva a cortar el ciclo en alguno de sus elementos -en este caso conejos- por ser el elemento "dominante", en el que terminan las relaciones, en función del cual está diseñado el sistema.

c) Modelos que consideran los gases como fuentes.

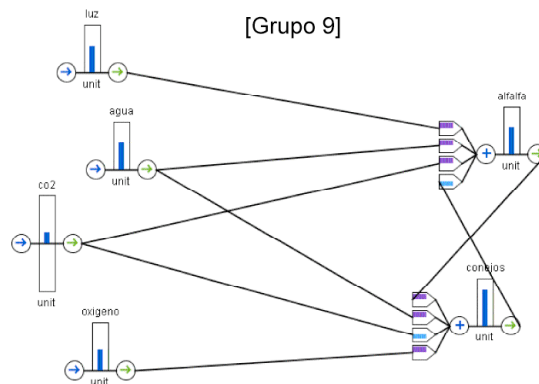


FIGURA 2

La tendencia a considerar los conejos y/o la alfalfa como sumidero conduce a utilizar las variables de los gases (oxígeno, CO<sub>2</sub>) como fuentes (grupos 7, 8, 9, 13). Son modelos en los que los gases son importantes según la función que realizan "para" la alfalfa y el conejo, pero no se le da importancia al hecho de ser producidos "por" la alfalfa y el conejo. Hay una ruptura del ciclo del oxígeno, como parte integrante del ciclo del carbono.

d) Alfalfa, oxígeno, conejos y CO<sub>2</sub> no son fuente ni sumidero: forman parte de un ciclo.

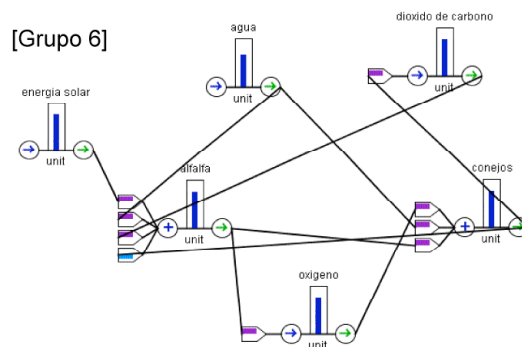


FIGURA 3

La Figura 3 muestra cómo la energía solar y el agua son fuentes, pues nuestro sistema es abierto respecto a la energía y el agua. Sin embargo, las otras cuatro variables (conejos, alfalfa, oxígeno y CO<sub>2</sub>) están relacionadas entre sí, son interdependientes, formando parte de un ciclo. Los grupos 2, 4, 6, 10 y 14 logran resultados parecidos.

### Estrategias Cognitivas de Modelización

Para analizar las estrategias cognitivas de modelización que utiliza cada grupo hemos usado la clasificación propuesta de Stratford y cols. (1998) adaptada.

A partir de las grabaciones de las conversaciones mantenidas en la elaboración de los modelos, y de la participación en la discusión en grupo, hemos valorado de 1 a 3 (nada, poco, mucho) la utilización de las estrategias por los grupos.

**TABLA 2**  
**Estrategias Cognitivas de Modelización usadas por los grupos**

Estrategia cognitiva	Tipo	Definición
Analizar	A1	Identifican factores y variables
	A2	Elaboran juicios, comparan y contrastan
	A3	Interpretan el comportamiento del modelo puesto en funcionamiento
	A4	Establecen conclusiones sobre la validez del modelo
Relacionar	R1	Establecen relaciones causa-efecto
	R2	Discuten o seleccionan relaciones
	R3	Predicen qué pasaría
Sintetizar	S1	Deciden cómo funcionará el modelo como un todo
	S2	Comentan cómo el modelo representa las ideas relacionadas
Comprobación y Mejora	CM1	Comprueban los modelos y buscan soluciones a los problemas
Explicar	E1	Explican qué partes y por qué están relacionadas
	E2	Dan ejemplos
	E3	Justifican un argumento elaborando o demostrando ideas
	E4	Describen lo que observan

**TABLA 3**

Grupos	A1	A2	A3	A4	R1	R2	R3	S1	S2	CM1	E1	E2	E3	E4
1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1
2	3	2	2	1	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1
3	3	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1
4	3	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1
5	----- grabación no válida -----													
6	3	3	2	1	2	3	2	1	2	1	3	2	1	1
7	3	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
8	3	2	1	2	1	3	1	1	1	2	1	1	2	2
9	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1
10	2	1	1	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
11	3	3	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1
12	----- grabación no válida -----													
13	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1
14	3	3	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Media	2,7	2,3	1,5	1,3	1,5	2,3	1,3	1,0	1,5	1,4	1,5	1,2	1,3	1,1

Constatamos que los alumnos utilizan de manera muy pobre las estrategias cognitivas relacionadas con la elaboración de modelos. Las estrategias se focalizan en la identificación de variables y la discusión de las relaciones que existen entre ellas. Son estas estrategias las que tiene más peso durante la construcción de un modelo inicial. Sin embargo, aquellas estrategias que tienen que ver más con la interpretación y mejora de los modelos iniciales apenas aparecen.

### Valoración del software utilizado

El programa VnR es bastante sencillo de usar y muy intuitivo. Esto lo hace muy apropiado para ser manejado por alumnos sin especiales habilidades en matemáticas y sin conocimientos previos en dinámica de sistemas complejos. La interpretación de los diagramas construidos es sencilla y permite visualizar fácilmente las ideas y los procesos que los alumnos han utilizado en sus diseños.

### CONCLUSIONES

Este trabajo ha mostrado que los alumnos para maestro participantes tienen graves dificultades para elaborar modelos. Por un lado, se advierten carencias que tienen que ver con su capacidad para movilizar y relacionar los conocimientos adquiridos previamente en otros contextos; por otro, aparecen carencias relativas a las estrategias cognitivas de los procesos de modelización. Parece oportuno investigar cómo mejorar la formación de los futuros maestros en este campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- GILBERT, J.K. y BOULTER, C.J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- GOBERT, J. y BUCKLEY, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), pp. 891-894.
- JUSTI, R. y GILBERT, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), pp. 369-387.
- LAWRENCE, I. (2002). VnR Modelling. En *ASE SY Primary CD-ROM*. Association for Science Education. En línea <<http://www.sycd.co.uk/primary/ict/vnr-modelling-package.htm>>, 2005.
- PALLANT, A. y TINKER, R. (2004). Reasoning With Atomic-Scale Molecular Dynamic Models. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (1), pp. 51-66.
- STRATFORD, S.J., KRAJCIK, J. y SOLOWAY, E. (1998). Secondary Students' Dynamic Modeling Processes: Analyzing, Reasoning About, Synthesizing, and Testing Models of Stream Ecosystems. *Journal of Science Education and Technology*, 7(3), pp. 215-234.