

Actividad y aprendizaje en la sustentabilidad acuícola.

Matus-Parada, J*, Morales-Antonio PY.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04960.

*Email responsible: montagno_49@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio retoma algunos principios y prácticas de la modelación colaborativa con la finalidad de analizar, en un grupo de estudiantes de Biología en una Universidad de México, cómo influye el conocimiento de meta modelación sobre su forma de aprender a modelar colaborativamente las distintas interpretaciones de lo que es la producción sustentable en granjas acuícolas de bajos recursos. De este modo, se identifican los elementos que potencian el pensamiento analítico y crítico del alumno en este campo formativo a través del aprendizaje activo. La metodología seguida contempló la realización de cinco reuniones con las partes interesadas (alumnos, funcionarios y productores) en promover la producción sustentable acuícola. El estudio se centró sobre 3 prácticas claves de la modelación colaborativa: la observación sistémica, la elaboración de un modelo hipotético y la negociación de puntos de conflicto. Ello mediante el desarrollo de un conocimiento de meta modelación que permitiera al alumno articular el cómo de su práctica, con el qué, el para qué y el sobre qué, como procesos progresivos que mejoran la superación de los retos que conlleva dicha modelación y la incorporación de los puntos de vista de las distintas partes interesadas. Los resultados mostraron que el conocimiento de meta modelación amplió el aprendizaje de los alumnos sobre la observación sistémica y sobre un mecanismo de colaboración que les permitió localizar aspectos concretos y diferentes a sus puntos de vista para realizar sus propias operaciones analíticas. Sin embargo, se encontraron restricciones en el momento de la observación sistémica referidas a la reducción de la capacidad de aprender a definir las evidencias relevantes. En el caso de la modelación hipotética, las restricciones se reflejan en una subvaloración de la complejidad de la situación de sustentabilidad. Finalmente, para el caso de la negociación de conflictos, las restricciones demeritan la capacidad de detectar los puntos de conflicto y los espacios de consenso.

Palabras clave: Modelación colaborativa, Conocimiento

de meta modelación, Aprendizaje activo, Producción sustentable acuícola

ABSTRACT

This study takes some of the basic principles and practices of collaborative modeling, with the aim of analyzing, in a group of Biology students from Mexico University, the influence of metamodeling knowledge in their way of learning how to collaboratively model different interpretations of sustainable in low resources aquaculture farms. There by, we are able to identify the elements that enhance the analytical and critical thinking of students in an educational field thought active learning. The methodology comprised five meetings with interested parties (alumni, officials and producers) to promote sustainable aquaculture production. The study focused on three key collaborative-modeling practices: systemic observation, creation of hypothetic models and negotiation of hot spots. This, through development of metamodeling knowledge allowing the student to completely understand all the progressive processes required to overcome challenges that entails such modeling, as well as incorporation of point of views from different stakeholders. The results showed that metamodeling knowledge increased student learning related to systemic collaboration, as well as their capacities to focus on specific aspects, different from their original point of views, leading to their own analytical operations development. However, restrictions in systemic observation, specifically related to reduction of their capabilities to define relevant evidence, were also found. In the case of hypothetic modeling, restrictions reflected an undervaluation of sustainability complexity. Finally, for hot spots negotiation case, restrictions limit the ability to detect conflict points, as well as consensus areas.

Key words: Collaborative modeling, Metamodeling knowledge, Active learning, Sustainable aquaculture production.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de la modelación colaborativa

Uno de los mayores retos de la formación hacia la sustentabilidad lo constituye el lograr que los alumnos aprendan a integrar los puntos de vista y los intereses de las distintas partes interesadas en situaciones productivas, ecológicas o ambientales (Coenen et al. 2015). Una forma de lograr esto es mediante la construcción de una representación colectiva de las situaciones propias de la sustentabilidad y que constituye una manera en que los distintos actores involucrados en ellas expresan en forma acordada su visión de esta. Este tipo de representación puede lograrse mediante la modelación colaborativa orientada a generar un entendimiento mutuo, a definir términos y nociones y a compartir experiencias¹.

Existe una amplia gama de enfoques de modelación colaborativa (Voinov et al. 2016), cada uno de los cuales con propuestas operativas particulares para realizar dicha modelación y, por tanto, distanciados notoriamente unos de otros. Pero más allá de las diferencias también se han reconocido la existencia de principios y prácticas básicas en este tipo de modelación (Voinov y Bousquet 2010). Este trabajo retoma algunas de esos principios y prácticas con la finalidad de estudiar, en un grupo de alumnos universitarios, los retos que conlleva el aprendizaje de la modelación colaborativa, cuya importancia parte de reconocer que, en los contextos de sustentabilidad, la participación de los interesados se ha convertido en un deber, ya que los problemas involucrados en dichos contextos son no definidos o mal estructurados (Basco et al. 2017). Dichos problemas son sujetos a múltiples interpretaciones y su solución hace imperativo el esfuerzo de una interpretación

construida entre las personas que se interesan o viven la problemática (Özesmi y Özesmi 2004).

Otras tres razones que abogan por la relevancia de la modelación colaborativa son las siguientes: a) amplían las posibilidades de incidir en las problemáticas de sustentabilidad, siempre y cuando se parta del supuesto de que una mejor comprensión de los problemas ofrecerá mayores posibilidades de solucionarlos (Ostrom et al. 1994), b) contribuyen a incrementar las posibilidades de superar las problemáticas de sustentabilidad al generar interpretaciones, que además de reducir el conflicto entre las partes interesadas, marcan orientaciones de trabajo de mayor legitimidad y apoyo (Korfmacher 2001) y c) por su virtud de ofrecer, no solamente una interpretación holística de las situaciones, sino también una visión acordada y con ella el beneficio de reducir el riesgo de que las partes interesadas se generen efectos adversos una a otras.

Como la relevancia de la modelación colaborativa apenas se está cristalizando, no existen muchos trabajos que analicen los retos que conlleva su aprendizaje², pero por su carácter holístico, transdisciplinario y aplicativo hace suponer que no son exiguos. Dichos retos educativos se encuentran ligados a las prácticas específicas de este tipo de modelación, aquí se estudian tres de ellas: la observación sistémica, la elaboración de modelos hipotéticos y la negociación entre las partes interesadas.

La práctica de la observación sistémica conlleva los retos de aprender a coleccionar y procesar evidencias relevantes, superando limitaciones comunes como: la recolección acrítica de datos, la obtención parcial de información sesgada por la propia comprensión y puntos de vista del o de los observadores (Barnaud et al. 2008), o bien, por la

1 La modelación participativa y la modelación colaborativa son términos que en muchos casos se han utilizado de manera intercambiable, pero se ha reconocido que la cooperación de las partes interesadas en la modelación colaborativa generalmente será mayor que en la participativa (Voinov y Bousquet 2010), razón por la cual en este trabajo se asumió el término de modelación colaborativa.

2 Existen abundantes y propositivos estudios sobre el aprendizaje de la modelación científica que han nutrido la teoría existente sobre este campo (Harrison y Treagust 2000; Grosslight et al. 1991; Snir et al. 2003; Spitulnik et al. 1999), pero los estudios sobre el aprendizaje de un modelado más interpretativo es un área que apenas empieza a explorarse.

obtención de datos irrelevantes o carentes de precisión y rigor científico (Özesmi y Özesmi 2004).

La elaboración de modelos hipotéticos implica construir un modelo conceptual colaborativo, lo cual conlleva los retos de retomar los puntos surgidos en el dialogo con las partes interesadas, así como a interactuar y a ser reflexivos con sus conceptualizaciones (Kerkhoff y Lebel 2006). Involucra también el aprender de los demás (Pahl-Whostl y Hare 2004), a organizar los pensamientos propios y los de los otros en un marco de práctica científica y de objetividad estándar. Pero tal vez el reto mayor de esta modelación sea el de integrar los puntos de vista de las partes interesadas, porque éstas pueden tener fuertes desacuerdos sobre la importancia de las características particulares del sistema, o bien, pueden tener puntos de vista muy opuestos sobre las prioridades y los resultados deseados.

La práctica de negociación se refiere a la interacción que se produce entre las partes interesadas en busca de una representación acordada (Ravnborg y Westermann 2002). Aquí se ubica el reto de cuestionar el modelo elaborado y someter a debate las diferencias y limitaciones detectadas por las diferentes partes interesadas (Ramsey 2009). También implica el desafío de analizar el modelo y discutir sus posibles mejoras mediante el ejercicio de un juicio crítico que reconozca las limitaciones cognitivas o de otro tipo, así como sus posibles fortalezas.

El aprendizaje activo y el conocimiento de meta modelación

Dada la relevancia de la práctica de la modelación colaborativa y los retos que implica su aprendizaje, la presente investigación se orientó a investigar el cómo potenciar el pensamiento analítico y crítico del alumno en este campo formativo a través del aprendizaje activo, que es una corriente educativa

constructivista caracterizada por fomentar las iniciativas de los alumnos para participar en su propia formación (Felder y Brent 2009). Esta corriente hace referencia a las solicitudes de los docentes hacia los alumnos para que realicen actividades relacionadas con el aprendizaje deseado. El aprendizaje activo tiene varias ventajas comprobadas en varios campos formativos (Freeman et al. 2014) y abarca una gama de actividades de distinta complejidad, desde las breves y simples como compartir con otros compañeros, hasta actividades de auto-regulación como el diseño, desarrollo y evaluación de proyectos (Lord et al. 2012).

En los estudios educativos de la modelación científica, una práctica de aprendizaje activo que ha resultado eficaz para mejorar este tipo de formación ha sido lo que se ha dado a conocer como conocimiento de meta modelación³. Con fines meramente educativos, se hace una distinción entre la práctica de modelado y dicho conocimiento el cual comprende el cómo se usan los modelos, por qué se usan y cuáles son sus fortalezas y limitaciones. Mediante este conocimiento se le solicita al alumno que realice actividades cognitivas que contextualicen su práctica con las finalidades de potenciar su pensamiento crítico sobre lo que hace y para auxiliarlo a que brinde una significatividad lógica a su hacer (Schwarz y White 2005).

Esta investigación retoma la noción de conocimiento de meta modelación, nacido en el marco del paradigma positivista que auspicia trabajos para lograr representaciones objetivas en distintos campos científicos (Schwarz y White, 2005), para extender su aplicación al interno de un paradigma constructivista que asume la construcción social de las realidades y favorece una modelación de tipo interpretativa (Giordano et al. 2007; Lynam et al. 2007; Checkland 2000). Se retoma con su sentido original, con sus aspectos que permiten al alumno integrar el cómo de su práctica, con el qué, el para qué

³ El conocimiento de meta modelación se refiere al conocimiento contextual de un modelo específico y que suele incluir: el propósito de la práctica de modelación, las bases conceptuales del modelo, la naturaleza de los modelos, los roles que desempeñan en la investigación científica y el empleo de criterios para evaluarlos. Dicho conocimiento puede hacer que los modelos sean más comprensibles y reutilizables y menos sujetos a interpretaciones erróneas (Keller y Dungan 1999).

y el sobre qué, al igual que los hacen los pensadores sistémicos expertos (Arnold y Wade 2015). El único ajuste realizado es que se sustituye la teoría sobre los roles que desempeñan los modelos en la investigación científica, por los conocimientos sobre el papel de la modelación colaborativa en interpretación de realidades.

Bajo el marco expuesto, la pregunta que guio la presente investigación fue: ¿cómo puede influir el conocimiento de meta modelación en el aprendizaje de la modelación colaborativa? Dicha pregunta se estudia en un caso particular: en el esfuerzo de modelar colaborativamente el camino a seguir para llevar a granjas acuícolas de bajos recursos a una producción sustentable. Este caso posee la relevancia socioeducativa de insertarse en la formación profesional de alumnos universitarios para que puedan participar en el desarrollo sustentable de actividades productivas primarias como la acuicultura, tan necesarias en un país como el nuestro. Pero el caso también posee una relevancia científica, pues la producción sustentable de una granja acuícola es un caso típico de un problema no definido o mal estructurado, en donde tanto el "qué" como el "cómo" son difíciles de definir. Es un problema enmarcado en una clásica problemática de sustentabilidad porque su solución requiere obligadamente del esfuerzo conjunto de diversos actores sociales y porque el progreso de cualquiera de sus objetivos productivos, ecológicos y sociales es igualmente importante, pero con la limitante de que cada uno de ellos puede darse a expensas de los otros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Contexto metodológico

La investigación se desarrolló a lo largo de un curso terminal de tiempo completo de una Licenciatura en Biología de una universidad mexicana, en ella participaron 17 alumnos quienes se formaban en ese momento en el desarrollo de su pensamiento sistémico. Además de los alumnos, aceptaron participar en la investigación ocho representantes de las partes interesadas en el

desarrollo sustentable de la actividad acuícola del Estado de Morelos de México: dos productores y propietarios de granjas acuícolas de peces de ornato y seis funcionarios; de los cuales dos de ellos laboraban como promotores de la actividad acuícola, otros dos ejercían su papel como reguladores ambientales y los otros dos eran representantes de una institución de desarrollo social.

Desarrollo de las prácticas de modelación colaborativa

Todas las partes interesadas, alumnos y funcionarios, se reunieron en cinco ocasiones para desarrollar tres prácticas reconocidas como claves en la modelación colaborativa (Renger et al. 2008): la observación sistémica, la elaboración de un modelo hipotético y la negociación de puntos de conflicto. Para la observación sistémica se realizaron dos reuniones, en la primera de ellas los alumnos no habían investigado sobre el conocimiento de meta modelación, pero en la segunda ya poseían dicho conocimiento. La primera tarea en estas reuniones fue que el grupo entero adoptara una dirección de análisis clara antes de comenzar a aportar información, dicha dirección fue la de establecer los factores necesarios para que una granja acuícola produjera en forma sustentable. Posteriormente se les solicitó a todas las partes interesadas que identificaran tales factores y ponderaran su influencia entre sí.

En la práctica de elaboración del modelo hipotético, se siguió la alternativa documentada de crear previamente un modelo por el analista (Andersen et al. 1997), para luego ser presentado a las partes interesadas, para que entre todos se cuestionará y se propusieran mejoras. Por ello, cada alumno recibió la consigna de integrar, mediante un modelo conceptual, la información recabada durante la observación sistémica. Una vez elaborado el modelo, los alumnos investigaron sobre el conocimiento de meta modelación referido a la construcción de modelos para, posteriormente, modificar su propuesta individual. A continuación, se presentaron los modelos a las partes interesadas y se fomentó un proceso interactivo para que cada alumno realizará mejoras en su propuesta.

En la modelación colaborativa es usual que las negociaciones de las propuestas de modelación se discuten en forma interactiva y que recorran varias fases repetidamente (Windsor, 2010). En la investigación, los tiempos de curso posibilitaron la realización de 2 reuniones de negociación. En la primera los alumnos no habían investigado aún sobre el conocimiento de metamodelación de la negociación, pero en la segunda ya lo habían hecho. En ambas reuniones la tarea principal fue la identificación de conflictos entre las partes interesadas y, si fuera posible, esquematizar algún camino de resolución acordado.

Investigación y debate del conocimiento de meta modelación

Posterior a cada una de las prácticas iniciales del modelado colaborativo por parte de los alumnos, se les asignó que investigaran sobre la utilidad, la naturaleza y los criterios de evaluación de cada una de las prácticas realizadas: observación sistémica, elaboración del modelo hipotético y negociación. Se infundieron conversaciones de meta modelación posterior a su investigación en forma grupal y con participación abierta, en donde los alumnos planteaban los distintos usos de las prácticas de modelación, así como la forma en que definían y debían realizarse desde los puntos de vista teóricos existentes. Una parte final de estas sesiones contempló la identificación de los criterios que podrían ser utilizados para evaluar la realización de las prácticas de modelación y, una vez identificados, se les solicitó que los aplicaran a la realización de sus propias prácticas. En la Tabla 1 se presentan los criterios identificados para cada una de las prácticas de modelación estudiadas.

Procesamiento de la información

El procesamiento seguido fue de naturaleza cualitativa y se desarrolló con la finalidad de presentar casos que representen los principales retos

y logros del aprendizaje de la modelación colaborativa. Dicha representación no hace alusión a frecuencias o probabilidad estadística, sino a una de tipo analítica orientada a la interpretación de los resultados de aprendizaje. El procesamiento se ubicó dentro de lo que se conoce como el estudio de casos múltiples, cuya lógica implica explorar y analizar las semejanzas o diferencias entre los casos a estudiar (Langley y Royer 2006) y cuyo desarrollo implicó las siguientes cuatro fases metodológicas:

1. Exploración y descripción de cada uno de los casos particulares.
2. Búsqueda de nuevas evidencias que profundicen la comprensión del caso para caracterizarlo con la mayor precisión posible.
3. Comparar los casos particulares aplicando las mismas preguntas a cada uno de ellos, realizando una comparación de las respuestas para llegar a las conclusiones de la comparación.
4. Síntesis de los hallazgos encontrados en la comparación de casos e identificación del caso más representativo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La observación desde un enfoque sistémico

La granja acuícola, como todo sistema, puede ser “definible” de diversas maneras (García 2006), igualmente los factores que pueden incidir para que alcance una producción sustentable pueden ser establecidos desde distintos puntos de vista. Por ejemplo, en la Tabla 2 se presentan dichos factores que fueron percibidos en su primer encuentro con las partes interesadas por un alumno que representa la tendencia de percepción encontrada en ese momento⁴. Lo que se observa en la tabla aludida es que no hay una clara noción de “dato relevante”, pues muestra un registro de aspectos de naturaleza diversa con una

⁴ Con esta afirmación no se pretende negar el que cada lectura de una experiencia está cargada de teoría (Hanson 1958) y que por lo mismo los alumnos destacaron hechos diferentes, pero la tendencia se refiere a la estructura general de la observación, la cual sí mostró patrones similares en la mayoría de los alumnos.

Tabla 1: Criterios identificados para evaluar las prácticas de modelación colaborativa.

PRÁCTICAS DE MODELACIÓN COLABORATIVA		
Observación sistémica	Modelo hipotético	Negociación
<ul style="list-style-type: none"> Definición de los componentes del análisis Componentes atendidos Naturaleza de los componentes Congruencia del análisis Balance del análisis 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones identificadas (subsistemas) Clasificación de los componentes Tipo y naturaleza de las relaciones establecidas Veracidad de las relaciones Estructura general asignada al modelo 	<ul style="list-style-type: none"> Distinción de puntos conflictivos Distinción de incertidumbre de conocimientos Distinción de problemas interpretativos Localización de fallas y faltantes Reestructuraciones acordadas

Tabla 2: Ejemplo de factores percibidos por los alumnos en su primer acercamiento con las partes interesadas.

PROMOTOR ACUÍCOLA	REGULADOR AMBIENTAL	TRABAJADOR SOCIAL	PRODUCTOR
<ul style="list-style-type: none"> Efectividad productiva Ingresos netos Organismos producidos Educación recibida Salario de los trabajadores Mantenimiento a los estanques Infraestructura productiva Tecnología productiva Tecnología ambiental preventivas Relación costo/beneficio Rentabilidad demostrada Seguridad mercantil Cadena de comercialización Relaciones institucionales Seguimiento de la regulación ambiental Ingresos generados 	<ul style="list-style-type: none"> Especies autóctonas Reglamentación existente Adaptación producción - capacidad de carga Articulación con actividades económicas Tecnologías preventivas Relación costos/gastos Integración producción-comercialización Articulación de la granja a su contexto Tipos de sanciones Mecanismos de vigilancia Autorregulación ambiental Distribución de beneficios 	<ul style="list-style-type: none"> Relevancia social y ecológica productiva Coherencia entre tecnología, conocimiento y condiciones ecológicas Diversificación de ingresos Relación ganancias/salarios Atención a las necesidades de consumo Auto- regulación para reducir conflictos sociales y ecológicos Contribución del ingreso a la satisfacción de necesidades básicas 	<ul style="list-style-type: none"> Especies producidas Rentabilidad Desarrollo de tecnología productiva Recambio de reproductores Capacitación recibida Recambios de agua Medidas sanitarias Control del agua Alimento suministrado Producción de alevines Diversificación de ingresos Seguridad sanitaria Ampliación de mercado Acceso y diversificación de apoyos Prácticas cooperativas de producción Participación en el desarrollo normativo

organización mínima, establecida ésta por la diferenciación de las partes interesadas.

La información percibida en ese momento inicial muestra un patrón caracterizado por una indiferenciación jerárquica, por ejemplo, se menciona indistintamente “mantenimiento de estanques” y “tecnología productiva” cuando la primera es solo una pequeña expresión de la segunda. Igualmente carece de criterios de inclusión lo que lleva a una indistinción de la naturaleza de los datos, combinando por igual entidades, tales como “organismos

producidos”, con procesos tales como “educación recibida” y con flujos como “alimento suministrado”, solo por mencionar algunas mezclas. También se puede observar que algunos factores percibidos son puntualizados mientras que otros se muestran de forma general, así hay detalles descriptivos tales como “recambio de productores”, “recambios de agua” con expresiones abstractas y generales tales como “seguridad mercantil” o “cadena de comercialización”. En general se puede decir que el alumno realiza una observación con escasos tintes

sistémicos, con reducida codificación y con datos que oscilan de extremos analíticos opuestos.

Después de investigar el conocimiento de meta modelación relacionado con la observación sistémica, los alumnos en general llegaron a detectar la naturaleza indiscriminada de sus registros, ocasionada en gran parte por la situación abrumadora de interactuar con diferentes fuentes, las cuales proporcionan información con criterios disímiles para definir los factores que pueden llevar a la producción sustentable de una granja acuícola. Esta situación tiene el efecto de dificultar el procesamiento analítico de los datos, reduciendo con ello la calidad de la observación. Los alumnos discutieron sobre el valor de contar con un mecanismo que les permitiera capturar información, establecida ésta con criterios menos disímiles o que les permitiera discriminar la naturaleza de los datos obtenidos. En diálogo con ellos, se discutió el valor de un mecanismo como el señalado y que éste podría estar representado por el uso, durante la observación, de una estructura conceptual que les permitiera percibir la información de una manera más discriminada.

Se discutió también con los alumnos importancia de que la estructura conceptual referida no se definiera a priori de capturar los registros, sino que fueran los datos en sí los que sugirieran dicha estructura, pues de otra forma la teoría contenida en tal estructura podría sesgar la observación hacia ella. Con los datos obtenidos en su primer encuentro con las partes interesadas, los alumnos formularon esquemas conceptuales preliminares que posteriormente desarrollaron durante un segundo encuentro de observación con las partes interesadas. También se debatió con los alumnos el hecho de que ellos también conforman una parte interesada y la conveniencia de incluirse en el registro.

La Tabla 3 muestra un ejemplo de la observación realizada con una estructura conceptual básica que simplemente diferenció a las aportaciones de las fuentes en dimensiones, criterios y rubros. Como podrá observarse en dicha tabla, la falta de discriminación de la información no desapareció del todo, pero se redujo debido a que la estructura permitió sistematizar en mayor medida la obtención

de registros. Así, el mecanismo utilizado en forma de un esquema conceptual permitió compartir la visión de las partes interesadas y se convirtió en un espacio cognitivo que apoyó la comunicación directa entre los participantes. La observación gracias a ese mecanismo se convirtió en un diálogo estructurado que no solo mejoró el balance del registro, sino que también lo amplió al permitir detectar a los participantes rubros faltantes, definidos siempre desde sus puntos de vista particulares. Los alumnos ampliaron su aprendizaje sobre la observación sistémica y sobre un mecanismo de colaboración que permitió a los participantes localizar aspectos concretos y diferentes a los de sus puntos de vista y a realizar sus propias operaciones analíticas.

Elaboración del modelo hipotético

En la modelación, el principal aprendizaje del alumno es el de integrar y relacionar los diferentes constituyentes de un sistema. En un sistema complejo, la relación de sus componentes obliga a definir a estos bajo algún criterio común, por ejemplo, en la modelación ecológica las variables de estado, las cuales representan a los constituyentes internos del sistema, son definidas bajo el criterio de su capacidad para acumular materia y energía (Blanco 2014). Pero en los sistemas ambientales no existen criterios acordados para definir a los componentes, lo cual lleva el riesgo de definirlos desde razonamientos muy disímiles. La definición de componentes sin criterios acordados lleva a una constelación de vistas parciales de un mismo sistema, situación encontrada en los alumnos estudiados al solicitarles un primer intento de modelación. Pero más allá de estas diferencias, también se encontraron tendencias en la forma de modelar que se sintetizan en la figura 1, la cual presenta un caso típico en las que se encuentran reflejadas dichas tendencias con mayor claridad.

Una de las tendencias referidas es la de definir a los componentes del modelo como procesos que implican acciones de naturaleza específica pero disímiles entre ellas. Otra tendencia es el uso de una clasificación elemental de los componentes, que solo distingue entre variables internas (las de la granja), de las variables externas (las del contexto). La

Tabla 3: Ejemplo de una observación sistémica realizada por un alumno después de investigar sobre el conocimiento de meta modelación.

DIMENSIÓN	CRITERIO	RUBRO	PARTES INTERESADAS				
			Alumno	Promotor acuícola	Regulador ambiental	Trabajador social	Productor
ECONÓMICA	Mejora productiva	Crecimiento productivo		XXX			XXX
		Adaptación tecnológica al contexto	XXX		XXX	XXX	XXX
		Relevancia social del producto				XXX	
		infraestructura e inversión productiva		XXX	XXX		XXX
		Reconocimiento y desarrollo de tecnología autóctona	XXX				
		Manejo productivo	XXX	XXX			XXX
	Generación y uso de ingresos	Articulación con otras actividades económicas	XXX				
		Inversiones productivas		XXX			XXX
		Generación de ingresos		XXX			XXX
		Relación costo / beneficio		XXX	XXX		XXX
		Planeación productiva	XXX				
		Diversificación productiva	XXX				XXX
	Mercado	Integración producción – comercialización	XXX				
		Cadena de comercialización		XXX	XXX		XXX
		Promoción mercantil		XXX			XXX
Responsabilidad social	Cumplimiento de normas		XXX	XXX			
	Autorregulación	XXX					
	Vinculación con grupos e instituciones	XXX	XXX		XXX	XXX	
SOCIAL	Colaboración	Participación en elaboración de normas				XXX	
	Mejora de vida	Aprendizaje colectivo	XXX				
		Diversificación de ingresos				XXX	
Ingresos y calidad de vida					XXX	XXX	
ECOLÓGICA	Control de riesgos	Distribución de ingresos				XXX	
		Acceso a la actividad				XXX	
	Responsabilidad ecológica	Tecnología ambiental		XXX	XXX		
		Control y manejo de desechos		XXX	XXXX		
	Integración ecológica	Uso racional de recursos			XXX	XXX	
		Adaptación al entorno ecológico	XXX				
		Articulación con el entorno	XXX	XXX	XXX		
		Aprovechamiento de servicios ecológicos	XXX				

clasificación de los componentes es un proceso crucial, pues la estructura de un sistema está constituida por las relaciones que le brindan identidad al sistema⁵ y estas relaciones pueden establecerse entre componentes individuales, o bien, entre conjuntos de componentes o subsistemas.

La tendencia más notoria en los alumnos estudiados se refiere a la forma en que relacionan los

componentes del sistema y que se observa en la Fig. 1 en forma de una secuencia progresiva constituida por relaciones lineales. Al interpretar de esta forma al sistema se le sobre-simplifica pues se parte del supuesto: al introducir una causa X siempre sucederá el efecto Y. Pero esto solo sucede en los problemas estructurados, casi inexistentes en las situaciones propias de la sustentabilidad, plétorica de problemas

⁵ En sistemas tangibles, como un carro, por ejemplo, existen relaciones entre sus componentes que le brindan identidad al sistema y que conforma una estructura identificable, pero en sistemas intangibles, como la producción sustentable de una granja acuícola, no existe una estructura acordada lo que da pie a la definición de identidades discrepantes.

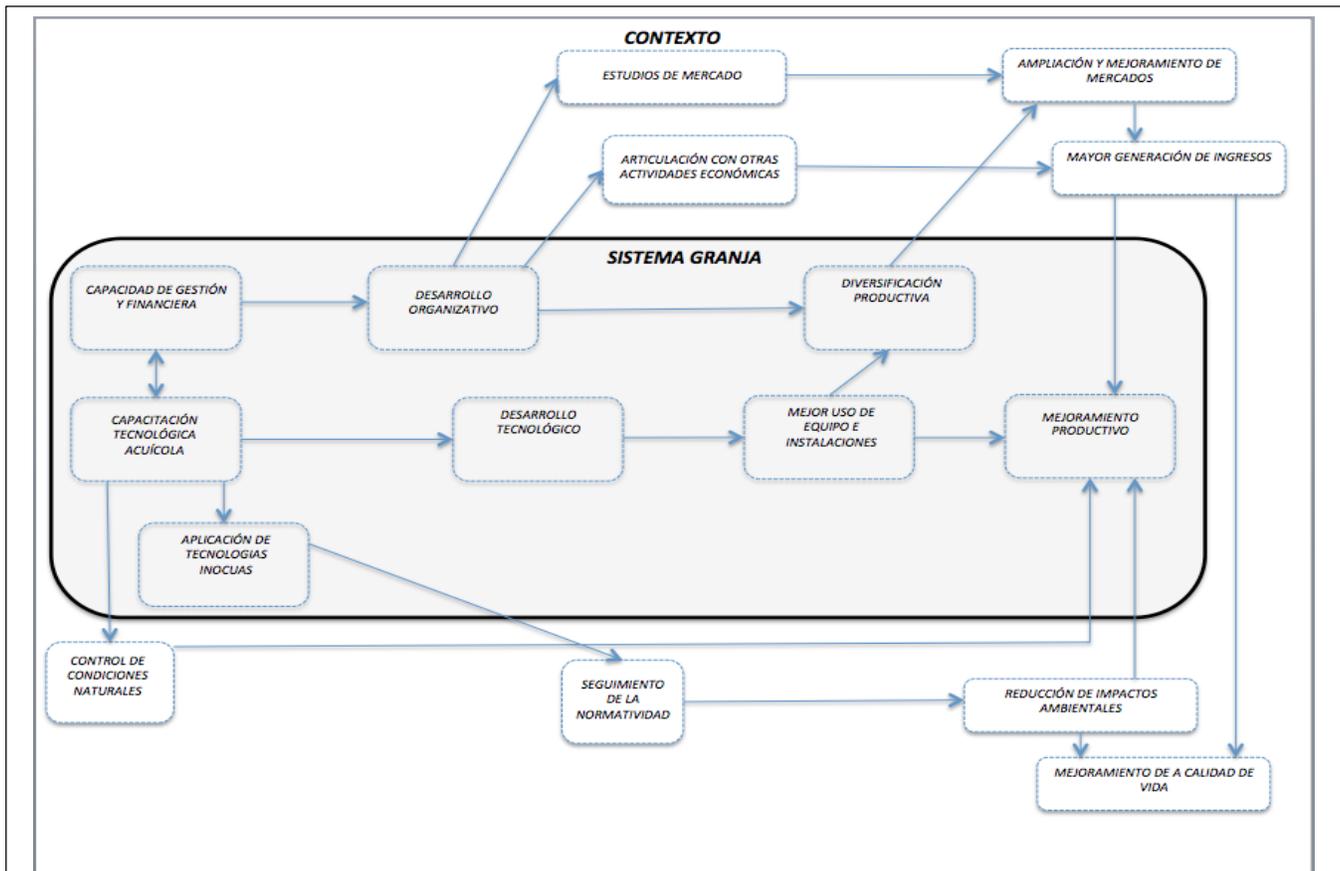


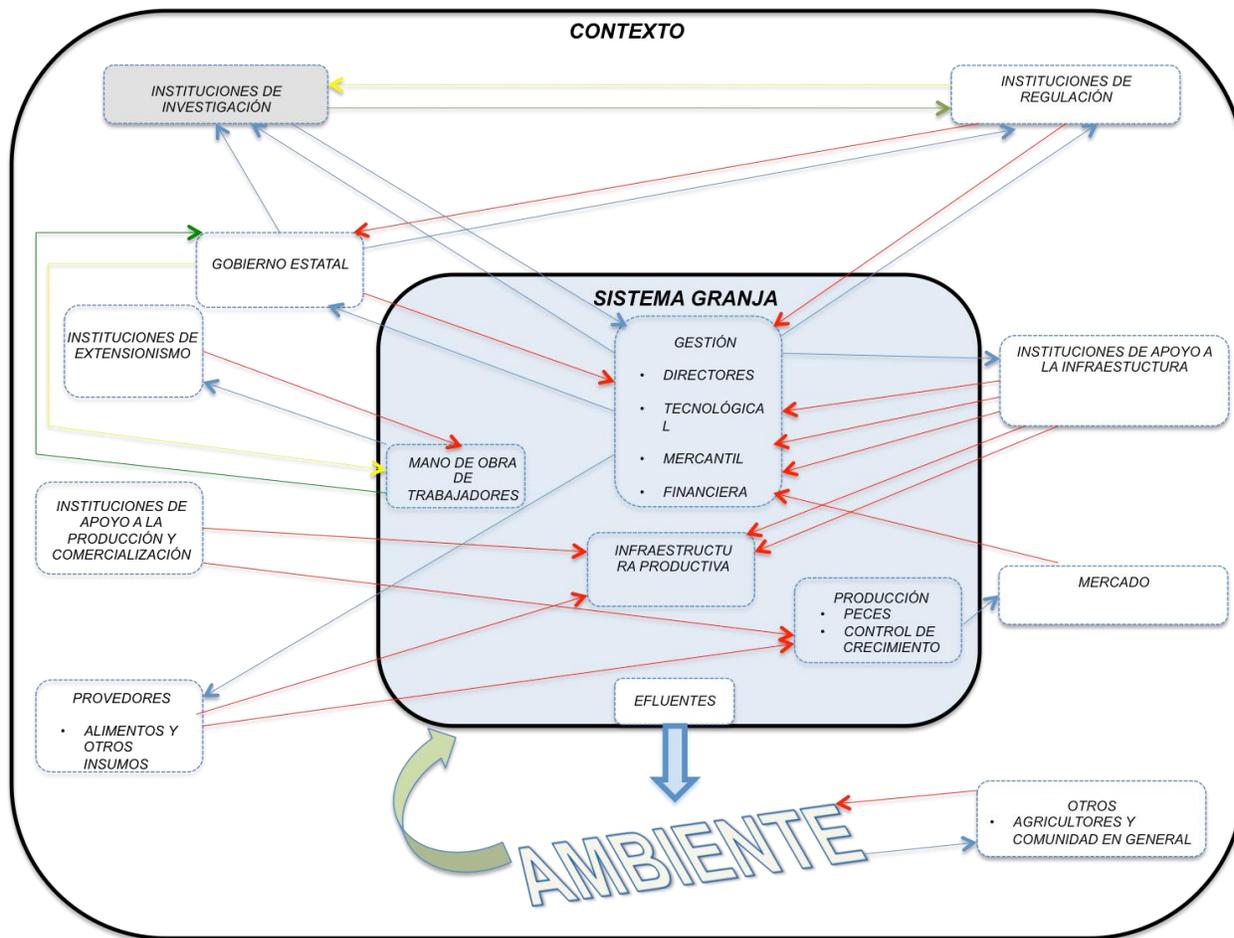
Fig. 1: Caso representativo de la modelación de los alumnos previa al conocimiento de meta modelación y antes interactuar con los participantes.

desestructurados en donde: al introducir una causa X se puede obtener efectos diferentes, por ejemplo, el “mejor uso de equipo e instalaciones” no necesariamente conducirá a un “mejoramiento productivo”.

Al dialogar con los alumnos sobre el conocimiento de meta modelación relacionado con el proceso de modelación, se puso atención a lo discutible que resulta ligar un evento con una causa mínima y que esto solo se justificaría si existiera consenso entre las partes interesadas de que esto sucedería. Posteriormente, al interactuar con las partes interesadas, los alumnos percibieron que frecuentemente los participantes, o manifestaban un

bajo grado de consenso sobre las causas de los fenómenos, o bien declaraban limitaciones de conocimiento para afirmar contundentemente que una causa X irremediamente producirá un efecto Y. Posterior a estos eventos, las tendencias de modelación cambiaron radicalmente, la Fig.2 presenta el caso representativo de este cambio, caracterizado ahora por considerar las posibilidades de las causas y los efectos, así por la manifestación de un pensamiento más cibernético o circular (García, 2011). En el fondo de este pensamiento está el hecho de que cada respuesta estará siempre contextualizada, es decir, que la respuesta a la introducción de una causa X, dependerá de cómo este

Fig. 2: Caso representativo de la modelación de los alumnos posterior al conocimiento de meta modelación y de interactuar con los participantes.



organizado el sistema en ese momento.

La negociación entre los participantes

Cuando los alumnos se reunieron por primera vez con las partes interesadas para analizar los espacios de consenso, los puntos conflictivos y los aspectos negociables, concluyeron con un modelo mejorado en detalles específicos y en claridad (al agregar nueva información puntual), pero no consideraron ni explicaron puntos conflictivos,

incertidumbres o problemas interpretativos. Posteriormente se discutió con los alumnos el conocimiento de meta modelación relacionado con la negociación, el cual tocó puntos como los objetivos intrínsecamente conflictivos de las situaciones de sustentabilidad (Zeitoun y Mirumachi 2008) que, a escala territorial, donde las prácticas acuícolas generan bienestar humano, provocan un trade-off al incrementar el servicio de abastecimiento, pero generalmente reduciendo los servicios de regulación

y culturales (Outeiro y Villasante 2013). Se debatió sobre cómo se manifiesta esto a escala de una unidad productiva, con conflictos entre los intereses, deseos y capacidades para seleccionar directa o indirectamente las características a desarrollar en dicha unidad, donde la elección principal es la del productor, pero que se retroalimenta de todas las partes involucradas (Costa-Pierce 2010).

En su segunda reunión con las partes interesadas, los alumnos fueron capaces de percibir distintos puntos de conflicto y de incertidumbre de conocimientos. En la Tabla 4 se presenta el trabajo de un alumno que logró identificar siete puntos de conflicto principales, señalados en rojo en la Tabla. El primero de ellos se refiere al “crecimiento productivo”, tan vital para el promotor acuícola, se percibe como una amenaza para un regulador ambiental por los efectos colaterales que usualmente conlleva dicho crecimiento (Chu et al. 2010). La “infraestructura e inversión productiva”, valorada por los productores y promotores acuícolas, es interpretada como un factor de exclusión social por los trabajadores sociales por la posibilidad de limitar la incorporación a la actividad a los sectores sociales más desprotegidos. El “reconocimiento y desarrollo de la tecnología autóctona”, tan reconocida en el campo académico y retomada por los alumnos, resulta un posible factor de bajas tasas productivas para un promotor acuícola. La “diversificación productiva”, tan fundamental para el productor para incorporarse a los mercados, es toda una amenaza para un regulador ambiental por la introducción de especies alóctonas y el incremento de riesgo de

transespeciación, factor de alteración ecosistémica muy común de la actividad acuícola (Edwards 2015). Finalmente, para un productor de granjas de escasos recursos, el “cumplimiento de normas”, la “tecnología ambiental” y el “uso racional de recursos”, tan cruciales para los funcionarios, son percibidos como factores de incremento de los costos de producción y por ende restrictores de sus ya de por sí exiguas tasas de ganancia.

CONCLUSIONES

El proceso de aprendizaje de la modelación colaborativa involucra al alumno en la realización de diversas actividades “instruccionales”, denominación debida a su determinación por consignas docentes, tres de ellas: la observación, la modelación y la negociación resultan cruciales. En la realización de tales actividades pueden surgir distintas restricciones cuyas fuentes son diversas, pero que pueden provenir principalmente del docente, de los participantes, del entorno de aprendizaje y de los propios alumnos. Por ejemplo, en el docente las restricciones pueden deberse por la falta de claridad en sus consignas; en los participantes, pueden generarse por las reticencias en su disposición a colaborar; en el entorno, pueden surgir porque las condiciones existentes resulten poco propicias para fomentar el dialogo y la interacciones entre los participantes y, en el alumno, las restricciones pueden provenir de su experiencia y de sus propiedades cognitivas y emocionales.

Tabla 4: Puntos de conflicto identificados por un alumno después de investigar sobre el conocimiento de meta modelación.

Rubro	Alumno	Promotor acuicola	Regulador ambiental	Trabajador social	Productor
Crecimiento productivo		XXX			XXX
infraestructura e inversión productiva		XXX	XXX		XXX
Reconocimiento y desarrollo de tecnología autóctona	XXX				
Diversificación productiva	XXX				XXX
Cumplimiento de normas		XXX	XXX		
Tecnología ambiental		XXX	XXX		
Uso racional de recursos			XXX	XXX	

Cualquiera que sea su origen, esas restricciones generan el efecto de limitar los resultados de aprendizaje en los distintos momentos del proceso de modelación colaborativa. Lo que se encontró en esta investigación, es que, en el momento de la observación sistémica, las restricciones actúan reduciendo la capacidad de aprender a definir las evidencias relevantes. En el caso de la modelación, las restricciones se reflejan en una subvaloración de la complejidad de la situación de sustentabilidad y en la negociación, las restricciones demeritan la capacidad de detectar los puntos de conflicto y los espacios de consenso.

En un proceso formativo, algunas de esas restricciones pueden preverse y actuar en consecuencia, pero la formación hacia la sustentabilidad es una situación compleja y muchas de esas restricciones son impredecibles, surgen y se detectan en el proceso mismo. El papel del conocimiento de meta modelación es disparar una actividad del alumno que vaya más allá de sus actividades “instruccionales” para incidir en la reducción del efecto de dichas restricciones. Esta cualidad del conocimiento de meta modelación de hacer emerger una actividad “de soporte” en los alumnos, es lo que lo coloca como otro mecanismo del aprendizaje activo. En esencia, dicha actividad “de soporte”, en el caso particular del aprendizaje de la modelación colaborativa, orienta el camino de alumno hacia la toma de consciencia de sus actividades “instruccionales” y hacia la crítica de sus propias suposiciones y las de los demás.

El conocimiento de meta modelación tiene un efecto diferencial sobre el aprendizaje de la modelación colaborativa que depende del momento en que interviene en tal proceso, no garantiza grados de aprendizaje definidos, pero si incrementa la probabilidad de que los alumnos se involucren en mayor medida con su aprendizaje y también retroalimenta su actividad “instruccionales”, expandiendo con ello su capacidad de aprendizaje. Actúa directa o indirectamente en el trayecto que va de la consigna docente a la realización de la actividad “instruccionales”, justo donde aparecen las restricciones de aprendizaje, agravadas en la

modelación colaborativa por las interacciones que se producen entre los adultos que participan. El conocimiento de meta modelación, en este caso, ofrece al alumno medios para que acceda a información que alimente su actividad “instruccionales” ampliando así su sentido y alcance. Se puede decir que lleva al alumno hacia atrás, al momento de su interpretación de la consigna docente, para que luego éste pueda avanzar más que la primera vez, estableciendo así una circularidad de naturaleza cibernética.

En términos didácticos, el conocimiento de meta modelación influye reduciendo las limitaciones de los adultos para aprender, pues estos poseen un marco de referencia (Mezirow 1991), compuesto éste por un cuerpo de experiencias, conceptos, valores, sentimientos y respuestas condicionadas que definen sus estructuras de suposiciones, las cuales a su vez definen y delimitan selectivamente las expectativas, las percepciones y la forma de entender las nuevas experiencias (Cranton 1996). El conocimiento de meta modelación auxilia a los alumnos para reconocer sus marcos de referencia y, a partir de ahí, a redefinir los problemas desde una perspectiva diferente.

BIBLIOGRAFIA

- Andersen DF, GP Richardson, JAM Vennix. 1997. Group model-building: adding more science to the craft. *System Dynamics Review* 13(2): 187-201.
- Arnold RD y JP Wade. 2015. A definition of systems thinking: a systems approach. *Procedia Computer Science* 44: 669-678.
- Barnaud C, G Trebui, P Dumrongrojwathana, y J Marie. 2008. Area study prior to companion modelling to integrate multiple interests in upper watershed management of Northern Thailand. *Japanese Journal of Southeast Asian Studies* 45: 559-585
- Basco CL, A Warren, E Van Beek, A Jonoski y A Giardino. 2017. Collaborative modelling or participatory modelling? A framework for water resources management. *Environmental Modelling & Software* 91: 95-110.
- Blanco JA. 2014. Modelos ecológicos: descripción, explicación y predicción. *Revista Ecosistemas*

- 22(3): 1-5.
- Checkland P. 2000. Soft systems methodology: a thirty year retrospective. *Systems research and behavioral science* 17: S11-S58.
- Chu J, JL Anderson, F Asche y L Tudur. 2010. Stakeholders' Perceptions of Aquaculture and Implications for its Future: A Comparison of the USA and Norway. *Marine resource economics* 25(1): 61-76.
- Coenen A, B Rehder y TM Gureckis. 2015. Strategies to intervene on causal systems are adaptively selected. *Cognitive psychology* 79: 102-133.
- Costa-Pierce BA. 2010. Sustainable ecological aquaculture systems: the need for a new social contract for aquaculture development. *Marine Technology Society Journal* 44(3): 88-112.
- Edwards P. 2015. Aquaculture environment interactions: past, present and likely future trends. *Aquaculture* 447: 2-14.
- Felder RM y R Brent. 2009. Active learning: An introduction. *ASQ Higher Education Brief*, 2(4): 1-5.
- Freeman S, SL Eddy, M McDonough, MK Smith, N Okoroafor, H Jordt y MP Wenderoth. 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(23): 8410-8415.
- García R. 2006. *Sistemas complejos: conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa. Barcelona.
- Garciandía IJA. 2011. *Pensar sistémico: una introducción al pensamiento sistémico*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Giordano R, G Passarella, V Uricchio y M Vurro. 2007. Integrating conflict analysis and consensus reaching in a decision support system for water resource management. *Journal of Environmental Management* 84: 213-228.
- Grosslight L, C Unger, E Jay y CL Smith. 1991. Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching* 28:799 – 822.
- Hanson NR. 1958. *Patterns of discovery*. Cambridge University Press. London.
- Harrison, A.G., & Treagust, D.F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011–1026.
- Keller RM y JL Dungan. 1999. Meta-modeling: a knowledge-based approach to facilitating process model construction and reuse. *Ecological Modelling* 119(2-3): 89-116.
- Korfmacher K. 2001. The politics of participation in watershed modelling. *Environmental Management* 27: 161-176.
- Langley A y I Royer. 2006. *Perspectivas on Doing Case Study Research in Organizations*. Management 9(3): 73-86.
- Lord SM, MJ Prince, CR Stefanou, JD Stolk y JC Chen. 2012. The effect of different active learning environments on student outcomes related to lifelong learning. *International Journal of Engineering Education* Vol. 28(3): 606–620.
- Lynam T, W De Jong, D Shell, T Kusumanto y K Evans. 2007. A review of tools for incorporating community knowledge, preferences, and values into decision making in natural resources management. *Ecology and Society* 12(1): 5-20.
- Mezirow J. 1991. *Transformative Dimensions of Adult Learning*. Jossey-Bass. San Francisco.
- Ostrom E, R Gardner y J Walker. 1994. *Rules, Games, and Common-Pool Resources*. University of Michigan Press. Ann Arbor, Michigan.
- Outeiro L y S Villasante. 2013. Trade-offs de servicios ecosistémicos causados por la salmonicultura en el sistema socio-ecológico marino de Chiloé (sur de Chile). *Semata: Ciencias Sociales y Humanidades* 25: 93-117.
- Özesmi U y SL Özesmi. 2004. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological modelling* 176(1-2): 43-64.
- Pahl-Whostl C y M Hare. 2004. Processes of social learning in integrated resource management. *Journal of Community & Applied Society Psychology* 14: 193-206.
- Ramsey K. 2009. GIS, modelling, and politics: on the tensions of collaborative decision support. *Journal of Environmental Management* 90 (6): 1972-1980.
- Ravnborg HM y O Westermann. 2002. Understanding interdependencies: stakeholder identification and negotiation for collective natural resource management. *Agricultural Systems* 73(1): 41-56.
- Renger M, G Kolshoten y G De Vreede. 2008. Challenges in collaborative model-ling: a literature review and research agenda. *International Journal of Simulation and Process Modelling* 4: 248-263.

- Schwarz CV y BY White. 2005. Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction* 23(2): 165-205.
- Snir J, CL Smith y G Raz. 2003. Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate nature of matter. *Science Education* 87(6): 794 – 830.
- Spitulnik MW, J Krajcik y E Soloway. 1999. Construction of models to promote scientific understanding. In W Feurzeig y N. Roberts (Eds.) *Modeling and simulation in science and mathematics education* (pp. 70–94). Springer-Verlag, New York.
- Van Kerkhoff L y L Lebel. 2006. Linking knowledge and action for sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources* 31: 445-477.
- Voinov A y F Bousquet. 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25(11): 1268-1281.
- Voinov A, N Kolagani, MK McCall, PD Glynn, ME Kragt, FO Ostermann, SA Pierce, y P Ramu. 2016. Modelling with stakeholders—next generation. *Environmental Modelling & Software* 77: 196-220.
- Windsor D. 2010. The role of dynamics in stakeholder thinking. *Journal of business ethics* 96(1): 79-87.
- Zeitoun M y N Mirumachi. 2008. Transboundary water interaction I: Reconsidering conflict and cooperation. *International Environmental Agreements* 8: 297-316.