



Revista Electrónica "Actualidades  
Investigativas en Educación"

E-ISSN: 1409-4703

revista@inie.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica  
Costa Rica

Gutiérrez Soto, Marco V.; Arias Reverón, Julio M.; Piedra García, Luis Ángel  
ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", vol. 9, núm. 2, mayo-agosto, 2009,  
pp. 1-22

Universidad de Costa Rica  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44713058017>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



---

**Actualidades Investigativas en Educación**

Revista Electrónica publicada por el  
Instituto de Investigación en Educación  
Universidad de Costa Rica  
ISSN 1409-4703  
<http://revista.inie.ucr.ac.cr>  
COSTA RICA

**ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS  
PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
PARTICIPATIVE STRATEGIES FOR THE TEACHING OF NATURAL SCIENCES IN THE  
UNIVERSITY OF COSTA RICA

Volumen 9, Número 2  
pp. 1-22

Este número se publicó el 30 de agosto 2009

Marco V. Gutiérrez Soto  
Julio M. Arias Reverón  
Luis Ángel Piedra García

*La revista está indexada en los directorios:*

[LATINDEX](#), [REDALYC](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [DOAJ](#), [E-REVIST@S](#),

*La revista está incluida en los sitios:*

[REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [HUASCARAN](#), [CLASCO](#)



## ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA PARTICIPATIVE STRATEGIES FOR THE TEACHING OF NATURAL SCIENCES IN THE UNIVERSITY OF COSTA RICA

Marco V. Gutiérrez Soto<sup>1</sup>

Julio M. Arias Reverón<sup>2</sup>

Luis Ángel Piedra García<sup>3</sup>

**Resumen:** En este trabajo, proponemos métodos para la ejecución y evaluación cuantitativa de ejercicios participativos en la enseñanza de las ciencias naturales, diseñados bajo los principios del constructivismo, trasladando el protagonismo de los profesores a los estudiantes. Los métodos implementan principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales actuales, propios del constructivismo cibernético de segundo orden, sustentado técnicamente en los hallazgos recientes de la Psicología cognitiva aplicada a la Educación, y los ajustan a las condiciones locales del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los ejercicios facilitan el aprendizaje y la práctica del método científico utilizado en las ciencias naturales, específicamente en el contexto de las ciencias agrícolas, y promueven el desarrollo de habilidades técnicas y la adquisición de competencias personales. Además se promueve la práctica de la investigación científica, la formulación de hipótesis, la indagación y el uso de procedimientos para la adquisición, la sistematización y el análisis de datos, y permite la transferencia de conocimientos fundamentales a los ámbitos cotidianos. Proponemos la evaluación de estas técnicas didácticas mediante la aplicación de la V heurística o epistémica, los mapas conceptuales, las pruebas de pre test-test-post test, y las curvas de aprendizaje.

**Palabras clave:** AGRONOMÍA/ BIOLOGÍA/ COMPETENCIAS OPERACIONALES/ DIDÁCTICA/ CONSTRUCTIVISMO CIBERNÉTICO DE SEGUNDO ORDEN/ MÉTODO CIENTÍFICO/

**Abstract:** We propose new methodologies to implement and evaluate participatory exercises as aids in the teaching and learning of natural sciences; these exercises transfer teacher protagonism in the classroom to a collaborative learning process developed with the students. These methodologies deploy modern epistemological, ontological and conceptual principles, born by second-order cybernetic constructivism, technically supported by the most recent findings of cognitive psychology, as applied to the local educational process. The exercises facilitate the understanding and application of the scientific method in natural sciences, and promote the development of other technical and personal skills and competences. The protocols also promote the practice of scientific research, formulation of hypotheses, and the use of procedures to acquire, systematize, and analyze data. In addition, allows the easy transference of basic knowledge to daily situations. We propose that the effectiveness of traditional versus new, constructivism-based educational methods, may be evaluated quantitatively using tools such as the heuristic or epistemic V, conceptual maps, pre test-test-post test, and leaning curves.

**Key words:** AGRONOMY/ BIOLOGY/ OPERATIONAL COMPETENCE/ DIDACTICS/ SECOND-ORDER CYBERNETIC CONSTRUCTIVISM/ SCIENTIFIC METHOD/

<sup>1</sup> Master en Fisiología Vegetal, Doctor en Horticultura, Investigador en eco-fisiología vegetal, agricultura sostenible, y fisiología de la producción. Labora en la Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Dirección electrónica [surdo26@racsa.co.cr](mailto:surdo26@racsa.co.cr).

<sup>2</sup> Master en Biología, Doctor en Entomología, Investigador en Entomología, Agro-ecología, y Manejo integrado de plagas. Labora en el Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. Dirección electrónica [julio.arias@ucr.ac.cr](mailto:julio.arias@ucr.ac.cr).

<sup>3</sup> Licenciado en Psicología y en Educación Popular, Master en Teología, Ciencias de la Religión y Teoría General de Sistemas, Egresado del postgrado de Ciencias Cognoscitivas. Investigador del Instituto de Investigaciones Lingüísticas, del Instituto de Investigaciones en Educación y del Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica. Labora en el Departamento de Docencia Universitaria, Escuela de Formación Docente, Universidad de Costa Rica. Dirección electrónica: [luis.piedragarcia@ucr.ac.cr](mailto:luis.piedragarcia@ucr.ac.cr).

**Artículo recibido:** 7 de julio, 2009

**Aprobado:** 10 de agosto, 2009

## 1. Introducción

El proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales a nivel superior es un tema de actualidad, tanto en nuestro país (Costa Rica) como en el ámbito internacional (Beardsley, 1992, Gómez y Pozo, 1998). Este interés emerge, entre otras razones, por la alta deserción estudiantil, el desinterés de los estudiantes por las ciencias naturales (no médicas), la baja calidad de algunas modalidades de lecciones tradicionales, particularmente aquellas conocidas como "clases magistrales", el descenso en el número de personas interesadas en seguir algunas carreras científicas (Blockstein *et al.* 1992), y en el bajo nivel de preparación de los estudiantes en ciencias básicas (Beardsley, 1992). Algunos docentes en las ciencias naturales han notado la prevalecía en nuestras instituciones educativas del tradicionalismo pedagógico y didáctico, y alta resistencia a cambios sustanciales en las maneras de ofrecer los contenidos a los estudiantes (Piedra, 2007). Esta situación no ha sido investigada en nuestro país en general y en la Universidad de Costa Rica en particular.

Es claro que se requiere implementar cambios en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, que permitan preparar a los futuros profesionales para acceder a la información y al conocimiento, de manera que puedan desempeñarse en un medio caracterizado por los avances tecnológicos, las comunicaciones, y la automatización de los procesos, bajo un contexto de la globalización mundial (Patten, 1993; Peacock, 1991, Lanyon, 1995; Mervis, 2007). Sin embargo, las estadísticas muestran que los países latinoamericanos siguen rezagados en la producción de investigaciones educativas en ciencias básicas, y en especial en el campo de las ciencias agrícolas (Saavedra, Sotolongo y Guzmán, 2002). Se requiere, además, explorar nuevas metodologías que faciliten la formación científica de nuestros estudiantes, por lo que creemos que las "propuestas constructivistas cibernéticas de segundo orden" pueden hacer aportes teóricos y técnicos importantes en el mejoramiento de la docencia.

Como parte del mejoramiento de la calidad docente de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, hemos planteado un proyecto para desarrollar "Ejercicios didácticos para la enseñanza participativa de las ciencias agrícolas", inscrito en la Vicerrectoría de Docencia, el Departamento de Docencia Universitaria y la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, del cual este ensayo es un primer producto. Este trabajo, sienta las bases teóricas para el diseño y describe varios métodos para la realización de ejercicios para la enseñanza participativa de las ciencias naturales. Además de describir los componentes teóricos fundamentales de la enseñanza participativa, en este

trabajo, describimos la realización de ejercicios participativos de tipo constructivista, dirigidos a estudiantes de pre y posgrado en ciencias naturales y áreas afines. Este material está diseñado para promover el desarrollo de habilidades en los estudiantes de disciplinas relacionadas con las ciencias básicas, específicamente de las ciencias agronómicas. Además, contribuye al desarrollo y adquisición de otras cualidades y habilidades, como la creatividad, la comunicación con profesionales en el campo, el trabajo en equipo, y la evaluación de los resultados obtenidos, entre otros.

Estos modelos son el resultado de la aplicación y la prueba de una serie amplia de posibilidades de recursos didácticos, que finalmente se decantaron en el conjunto de estrategias participativas que exponemos, aplicados en varios cursos del plan de estudios de la carrera de Agronomía, tales como AF-0104 Fisiología Vegetal, teoría y laboratorio (4 créditos, del bloque IV de la carrera), AF-0108 Agroecología (4 créditos, del V bloque de la carrera), AF-3204 y AF-3205 Entomología General, teoría y laboratorio (4 créditos, del bloque V del plan de estudios), y AF-3410 Fisiología de la Producción (4 créditos, un optativo a nivel superior).

## **2. Problemática pedagógica y didáctica de las ciencias naturales.**

Los objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior son varios: a) el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de modelos conceptuales y técnicos, b) el desarrollo de habilidades cognitivas, científicas, experimentales y de resolución de problemas, c) el desarrollo de actitudes y valores correspondientes, y d) la construcción de una imagen de la ciencia (Gómez y Pozo, 1998). Contrario a las tendencias tradicionales de enseñanza en las que el profesor es el principal protagonista, proponemos un método que traslada este protagonismo a los estudiantes y promueve el aprendizaje en un ambiente natural y crítico.

Las propuestas metodológicas para la enseñanza de las ciencias naturales son escasas en comparación con otras áreas, a pesar de recientes esfuerzos por mejorar en este aspecto (Bain, 2004), y en su mayoría han sido diseñadas fuera del contexto latinoamericano, por lo que difícilmente corresponden con nuestra realidad académica y cultural cotidiana (Álvarez y Santos 2006). Torres y Lima (2003), en un estudio sobre criterios cuantitativos de la eficacia pedagógica en la formación profesional del agrónomo, responsabilizaron a los modelos pedagógicos por la deserción estudiantil, mientras que otras

investigaciones señalaron problemas en los contenidos de los cursos a nivel curricular (Álvarez y Santos 2006).

Las metodologías pedagógicas que proponemos están ligadas a un uso no tradicional de la enseñanza en las ciencias agrícolas; son los espacios participativos de los estudiantes y de la pedagogía universitaria, implícita en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Procuramos una metodología eficaz para la enseñanza de los conocimientos y el desarrollo de habilidades esenciales propias del quehacer de las ciencias naturales. Estas modalidades de enseñanza participativa han sido utilizadas en la enseñanza de las ciencias naturales en distintos sistemas académicos (Gómez y Pozo 1998), e incluyen: a) estudios de casos (de variada naturaleza), b) talleres, c) discusiones lideradas por los estudiantes, d) proyectos de campo basados en estudios de historia natural, e) prácticas de laboratorios y parcelas en el campo, orientados por el método científico, y f) coloquios.

La eficacia pedagógica en la enseñanza universitaria se ha tratado con términos variados: "tasa de éxito", "eficiencia académica cuantitativa" (Almuiñas, 1994), "eficacia terminal" (Vidales, 1992), e incluso "eficacia académica interna" (Vecino, 1983). Estos nombres se vinculan con la eficacia de la docencia, del estudiante, del sistema, o del currículo, lo cual muestra la complejidad del problema abordado. Para nosotros, la eficacia de los métodos didácticos está determinada por el progreso de los estudiantes y la construcción del conocimiento por parte de éstos, construcción que ocurrirá a partir de la grupalidad y del trabajo en equipo, con la complicidad participativa del docente a nivel pedagógico y didáctico. Dados estos parámetros, es posible evaluar el éxito y la eficiencia de la educación participativa implementando técnicas específicas de enseñanza e instrumentos de construcción del conocimiento como la *Uve heurística* (o uve epistémico) y los *Mapas conceptuales* (Almuiñas y García del Portal, 1992) como se ha hecho en esta investigación. Además se han utilizado instrumentos evaluativos innovadores en este contexto, como el *Pretest-Test-Posttest* y las *Curvas de aprendizaje*, que pueden ser de gran ayuda en la construcción del conocimiento por su naturaleza retroalimentativa.

### 3. Trasfondos teóricos

El trasfondo teórico de la metodología propuesta es el constructivismo. Este término hace alusión a una gran cantidad de propuestas, casi todas desarrolladas a finales del siglo pasado y que se diversifican en el presente. La mayoría de las propuestas constructivistas están basadas en el constructivismo filosófico alemán, en los estudios de Piaget y Vigostky y

más recientemente de Maturana y Luhmann entre otros (Piaget, 1983,1984; Vigostky 1979, 1982; Maturana, 1990a; Luhmann, 1996, 1998). En nuestro caso, hemos asumido el enfoque constructivista cibernético de segundo orden, cuya estructura conceptual parte de los principios constructivistas generales, pero hace énfasis en las siguientes consideraciones en particular:

- a. El conocimiento es mucho más que información, se construye de manera dinámica y permanentemente en el "hecho educativo", a saber, en la experiencia compartida y también individual en donde la enseñanza y el aprendizaje se dan lugar. El conocimiento no está dado, está en constante desarrollo y adaptación a los contextos donde se ubica, y es por tanto histórico, subjetivo, inter e intra-subjetivo (Penrouse, 1995).
- b. Todo conocimiento se gesta desde el lenguaje y por ende es una experiencia social, cultural y adaptativa (Maturana, 1990a).
- c. El conocimiento no es neutro, se gesta en lo social, se asimila y transforma en lo individual, es altamente intencional, utilizable, semantizado, y constituye la forma específica que tenemos de entender el universo del que somos parte (Penrouse, 1995).
- d. El conocimiento se enseña en mayor o menor grado, pero nunca es posible enseñar todo, pues hay partes del mismo que son intransferibles por medio de la comunicación humana. (Watzlawick, 1998).
- e. El conocimiento se aprende pero para ello se toma y se transforma, se adopta y robustece, se limita, se acota, se traduce, se debate, se cuestiona, se acepta, y se altera (Varela, 1970).
- f. El conocimiento se memoriza, no se almacena. La idea de memoria como almacén es computacional, no humana. Memorizar en los estudiantes implica transformar, pues al pasar el conocimiento por el tamiz de la experiencia propia y grupal, éste se modifica y ocurren cibernéticas de primer y segundo orden (Piedra, 2008). El modelo implica la cibernética porque el conocimiento existe "ubicado" a la vez que "distribuido", y se desarrolla en los procesos de cambio, en la dinámica de las transacciones, en los contactos entre un usuario y otro; a su vez es de un segundo orden no solo por los metaniveles de análisis y observación sino por el tipo de relaciones que comporta (Von Foerster, 1991).

Los principios constructivistas de este enfoque asumen algunas caracterizaciones de la cibernética de segundo orden o cibernética de la cibernética (Von Foerster, 1991). La cibernética de segundo orden con tendencia hacia el constructivismo, se gestó a principios de 1970, treinta años después de la cibernética de primer orden, y se dedicó a estudiar no solo el sistema cibernético, sino también al propio cibernetista, es decir, al observador, como parte del entramado mismo del sistema.

Aplicar la cibernética de segundo a la docencia implica, realizar un análisis de la realidad también en un segundo orden. Una operación de este tipo toma como objeto-meta la operación en sí misma. En educación esto apuntaría, entre otras cosas, a admitir diversos puntos de vista en el planteamiento de un problema a una ubicación, como un meta-observador que explora la realidad desde diversas aristas. Esta concepción de observador es más cercana a la cotidianidad en la que los participantes del mundo ejercen una variedad de acciones simultáneamente y en diferentes direcciones.

En el modelo constructivista cibernético de segundo orden, las relaciones personales (uno a uno) no son las únicas posibles, y pueden existir de muchas otras formas y en varios niveles, haciendo de la realidad educativa una de tipo compleja. El docente ya no es el sujeto del saber o del poder, sino una parte importante del entramado de relaciones, pero que permite verse a sí mismo en su producción pedagógico-didáctica (conciencia pedagógica), al mismo tiempo de asumir la posición del estudiante, e incluso tener acceso a los procesos de aprendizaje que se espera que sean solo propios de éstos. El valor del docente reside en que tiene un control de las posibilidades y competencias de construcción cibernéticas, que debe ir cediendo a los propios estudiantes, que se convierten finalmente en artífices de la elaboración de sus conocimientos. En la dinámica constructivista de la que hablamos, la participación de los estudiantes es de vital importancia, cambia el énfasis en el conocimiento internista e individual por uno más colectivo y social, lo cual lo distancia del llamado "constructivismo piagetiano", que no solo es internista, sino que maneja en su entramado teórico la metáfora del computador, la noción de información.

El constructivismo cibernético de segundo orden toma muy en cuenta el contexto social, no solo como un punto de referencia para las construcciones internas como en Piaget (1983, 1984), sino también como un lugar en continuo con lo interno del sujeto cognoscente. Abandona la idea de que somos constructores de información y asume que lo que elaboramos es conocimiento; en otras palabras, es más cercano a la forma natural de aprendizaje de nuestra especie (Arce, Cartín, Piedra, D'Alton, 2008). El estudiante puede



asumir una comprensión de sus propios procesos de aprendizaje (conciencia de aprendizaje), plantear estrategias de comprensión y construcción, a la vez que puede colocarse como agente que enseña y asume un papel docente.

Uno de los grandes temas de la educación superior es la transición de la enseñanza "bancaria", a la analítica, constructiva, y propositiva. ¿Cómo lograr que los estudiantes de secundaria pasen de un modelo pasivo y memorístico de aprendizaje, hacia el pensamiento científico en las ciencias naturales?, ¿cómo lograr que se gesten verdaderos espacios de construcción del conocimiento en el enlace enseñanza-aprendizaje? Nuestra propuesta parte de la idea de que el aprendizaje colaborativo, participativo y constructivo, planteado adecuadamente y con el apoyo institucional necesario, logra llevar al estudiante al lugar adecuado para generar por sí mismo conocimientos más duraderos y efectivos (Marrero, 1995; Martínez, 1999; Pérez, 2005; Brockbank y McGill, 2002; Johansen, 2007). En lo que sigue trataremos un aspecto de la propuesta constructivista cibernética de segundo orden: la enseñanza participativa.

En los últimos años, la enseñanza participativa se ha unido a las propuestas de la enseñanza colaborativa y la enseñanza sistémico-compleja (Oliva, 2002). En el campo de la psicología cognitiva-educativa, de la teoría de los sistemas generales aplicados a la educación y en las mismas áreas de las diversas pedagogías específicas, se ha realizado una reflexión sobre las modificaciones requeridas en el modelo educativo de las ciencias en general, pero la influencia de estas reflexiones sobre la pedagogía en la educación universitaria y en las ciencias naturales en particular, ha sido muy reducido.

La enseñanza participativa es una propuesta didáctica contemporánea que nace de varias perspectivas pedagógicas, entre ellas las constructivistas. Parte de las cibernéticas de segundo orden, perspectivas sistémicas, y más recientemente, de los hallazgos de la Antropología, la Sociología, y las Ciencias Cognitivas aplicadas a la Educación, que indican que nuestra especie construye el conocimiento de manera natural a partir de las relaciones con "los otros". El énfasis en la educación individual es un asunto relativamente reciente, alimentado por las teorías internistas del procesamiento de la información, entre otras situaciones históricas.

La enseñanza participativa puede promover la adquisición de competencias operacionales como contenidos de aprendizaje a través de la solución de problemas reales y significativos (Spiegel, 2006). La enseñanza participativa en las ciencias básicas se formaliza académicamente gracias a los estudios médicos de los años sesenta (Torp y Sage,

1998), que demostraron que el aprendizaje de conocimientos realizado en las aulas no equivalía a su aplicación, y que aunque las calificaciones eran un buen indicador del rendimiento de los estudiantes, no permitían medir su capacidad para transferir esos conocimientos a situaciones clínicas con pacientes reales.

El modelo de enseñanza participativa genera niveles crecientes de competencia a través de dinámicas inductivas (generalización e integración) y deductivas (interdisciplinariedad y transversalidad). Los anteriores conceptos se enmarcan dentro de la modalidad de "dinámicas cibernéticas de segundo orden", en la que la interacción entre el docente-facilitador y el constructor-participante, involucrados en un proceso de retro-alimentación constante, permite desarrollar el proceso educativo (Arnold-Cathalifaud, 2007). Los procesos fundamentales de la construcción del conocimiento científico incluyen la estructuración teórica, la explicitación progresiva, y la integración jerárquica. Esta integración jerárquica permite el desarrollo de habilidades para la generalización y la aplicación de los conocimientos en ámbitos variados, el desarrollo de una estructura conceptual más compleja para interpretar las interacciones en los sistemas, y el ejercicio del poder explicativo para la generación de modelos (Hernández-Rojas, 1999).

Los nuevos y más dinámicos espacios para la enseñanza de las ciencias naturales, requieren modificaciones de los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales (Hernández-Rojas, 1999). Los principios epistemológicos deben evolucionar del realismo ingenuo e interpretativo, hacia el constructivismo marcado por la participación y el trabajo cooperativo en la configuración de nuevos saberes, en el cual el conocimiento científico proporciona modelos alternativos para la interpretación de la realidad. No es posible a estas alturas del desarrollo de los lazos entre ciencia y pedagogía, ignorar que un modelo dominado por la pasividad del aprendiz frente al deseo de informar del docente es contrario al pensamiento científico. Los estudiantes deben dejar los recintos universitarios no solo con contenidos que se desactualizan en un plazo relativamente corto, sino con habilidades y competencias para la confección propia de nuevos conocimientos, la crítica y el análisis. Los cambios ontológicos deben conducir a la interpretación de los fenómenos como conjuntos de relaciones que forman parte de sistemas más complejos, que solo pueden ser comprendidos a través de explicaciones complejas también. Los principios conceptuales tradicionales basados en interpretaciones cualitativas simplistas deben ser sustituidos por visiones basadas en la Teoría General de Sistemas de relaciones e interacciones, y las

interpretaciones deben incluir valoraciones cuantitativas basadas en métodos analíticos modernos, probabilidades y pruebas estadísticas.

Las modalidades de enseñanza participativa acercan a los estudiantes a la investigación científica mediante la formulación de hipótesis y el fomento de aptitudes como la indagación y el uso de procedimientos para la adquisición, la sistematización y el análisis de datos útiles en la comprensión y el desempeño en el contexto cotidiano y profesional. Estas modalidades permiten la adquisición de habilidades para la resolución de problemas y relacionan conceptos teóricos con aplicaciones prácticas, facilitando la transferencia de conocimientos fundamentales a los ámbitos cotidianos. Bajo estas modalidades, las teorías y los modelos científicos se convierten en objetos y medios para generar conocimiento. Los contenidos conceptuales específicos son definidos por las disciplinas científicas específicas, y la enseñanza ocurre de los niveles representacionales más superficiales a los más profundos, de los escenarios concretos a las estructuras desde las que éstos se analizan, y de los hechos a los conceptos y los principios (Pozo y Gómez-Crespo, 1998).

Profesores de campos diversos como la Ecología (Beardsley, 1992; Odum, 1992), la Fisiología Vegetal (Joly *et al.*, 2000), la Entomología (Rivers, 2006) y la Arquitectura (López Candeira, 1980), entre otros, han propuesto diferentes estrategias participativas que incluyen procesos de auto-gestión, acción social y trabajo de campo. Todos los resultados indican que el aprendizaje de los conceptos y habilidades esenciales, la promoción de los estudiantes, y la matrícula de los cursos, mejoran significativamente cuando las modalidades participativas de enseñanza y la flexibilidad curricular son consideradas como parte fundamental de la estructura de los cursos de ciencias naturales.

#### **4. Contexto de las propuestas.**

La investigación de la cual surge este ensayo se diseñó en cuatro etapas. La primera etapa hizo un análisis pedagógica de la situación actual en la enseñanza de la Agronomía en la Universidad de Costa Rica. La segunda etapa consistió en un inventario de modalidades de proyectos didácticos, apropiados para la integración de las disciplinas de las ciencias agrícolas. En una tercera etapa se hace una revisión de los resultados de la implementación de estas modalidades, y luego una comparación con la implementación de otras modalidades no constructivistas cibernéticas de segundo orden; de esta etapa en particular surgen las propuestas de este ensayo, que son ofrecidas al lector(a) con la intención de socializar los resultados. Finalmente, en la cuarta etapa, se realizará una evaluación general

del proceso, buscando implementaciones concretas en la enseñanza de las ciencias agrícolas. En el siguiente apartado ofrecemos algunas estrategias didácticas participativas, resultado de la prueba de una serie amplia de posibilidades didácticas aplicadas en varios cursos de la carrera de Agronomía.

## **5. Modalidades de las estrategias participativas en las Ciencias Naturales**

Los objetivos de los ejercicios constructivistas en el contexto de esta investigación son variados. Entre los más importantes se destacan: a) la implementación efectiva del aprendizaje del método científico, b) el desarrollo de aptitudes y actitudes adecuadas en los estudiantes para el trabajo en equipo, c) el estímulo de la creación original y el desempeño con mínima supervisión por parte del profesor, y d) el desarrollo de normas personales y éticas para el trabajo profesional. Se parte de una noción de conocimiento a construir, no de un conocimiento ya dado y escrito en libros de texto. De esta manera, el proceso de enseñanza-aprendizaje es una aventura de construcción del conocimiento.

### **5.1. La "V" Epistémica o Heurística**

Este es un instrumento para generar metacognición, y para el análisis de los trasfondos teóricos; es muy útil para diagnosticar el grado de dominio que los estudiantes adquieren sobre un núcleo temático, y para generar nuevos conocimientos. Fue desarrollada en los años setenta por Novak y Gowin (Campanario, Novak, Gowin, Otero, 1988). La uve sirve también como un instrumento evaluador constructivista, y como estrategia didáctica, puede ser asociada a los mapas conceptuales, pues ambos recursos son metacognitivos. Los aspectos organizativos necesarios para la ejecución de la uve epistémica son los siguientes:

- a. Entrenamiento en el uso de la uve epistémica.
  - Se capacita a los estudiantes en el uso de la uve epistémica. Se considera necesario que el docente ejemplifique de forma clara la construcción de una uve con alguno de los contenidos del curso.
  - La capacitación debe concluir con la construcción de una uve a nivel individual sobre algunos de los temas de un curso de la carrera, y luego la implementación de otra uve a nivel grupal. Se recomienda que estas uves sean entregadas a los demás miembros del grupo.
- b. Organización del trabajo de equipos

- Luego de la capacitación, los estudiantes forman grupos no mayores de cuatro integrantes para la confección de una uve sobre un contenido del curso. El tema asignado será igual para todos y deberá ser traído al aula una sesión después de la asignación del tema, pues la construcción de la uve demanda investigación para la argumentación teórica y filosófica del contenido.
- c. Resultados del trabajo grupal.
  - En una sesión determinada, el contenido del curso será desarrollado y comentado según los resultados del análisis y la discusión de las uves elaboradas por cada grupo de estudiantes.
  - Cada grupo tendrá un tiempo prudencial (15 minutos) para exponer su uve a los demás y discutir los contenidos de las mismas y deberá distribuir copias de la uve confeccionada.
  - La función del docente radica en facilitar los procesos de optimización de los contenidos de las uves.
  - Organización de una uve por parte del profesor y de los estudiantes. Luego de la exposición de las diversas uves epistémicas, el docente junto al grupo plasman en una uve general los contenidos más fuertes de las otras uves construidas. El profesor deberá posteriormente entregarles una copia a los estudiantes de esta uve.

## **5.2. Proyectos de Campo en la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Agrícolas**

La estrategia para el desarrollo de actividades constructivistas en su modalidad de proyectos de campo ha sido utilizada con éxito en la enseñanza del método científico y en la adquisición de competencias por parte de los estudiantes. Los aspectos organizativos reflejan el objetivo de comprender y aplicar el método científico bajo condiciones reales y representativas del contexto en el cual los estudiantes se desempeñarán profesionalmente. Estos incluyen: *Organización de los Equipos de Trabajo y Asignación de Temas, Revisión Bibliográfica y Recopilación de Antecedentes, Presentación del Plan de Trabajo, Realización del Trabajo de Campo, Análisis de los Resultados, Presentación de los Resultados, Informe Escrito, y Evaluación.*

a. Organización de los Equipos de Trabajo y Asignación de Temas:

- Los temas asignados deben ser seleccionados con base en varios criterios: a) características del lugar donde se llevarán a cabo los proyectos (un laboratorio, una estación experimental, un bosque, una finca o plantación), b) disponibilidad de recursos (bibliografía, vehículos, equipo técnico, computadoras), y c) tiempo disponible para su ejecución y evaluación.
- Los temas responden a los contenidos del curso, y están dirigidos a satisfacer los objetivos propuestos. La colocación de los estudiantes en situaciones inusuales genera respuestas inusuales, y se les entrena mediante la solución de problemas intelectualmente desafiantes.
- Los estudiantes desarrollan sus habilidades para la generación de hipótesis científicas (Bernstein y Goldfarb, 1995, Odum, 1992) y para probarlas bajo condiciones reales. Se recomienda involucrar a los estudiantes en la escogencia de los temas con los que desean trabajar, así como dar libertad para la formación de los grupos de trabajo (idealmente no mayor a tres estudiantes).
- El profesor provee las bases necesarias para que los estudiantes inicien su trabajo sin excluir conceptos e hipótesis esenciales, variables a evaluar, literatura y métodos apropiados para resolver las hipótesis propuestas.

b. Revisión Bibliográfica y Recopilación de Antecedentes:

- Se programa una charla sobre uso de bases de datos digitales y material bibliográfico arbitrado, así como herramientas como la V Heurística y los mapas conceptuales, después de la cual los estudiantes presentan una lista de referencias bibliográficas clave, con su respectivo resumen, que será revisada y utilizado por los estudiantes como base para la preparación del plan de trabajo.
- El profesor provee nombres de profesionales e investigadores que se encuentren trabajando en el problema asignado, de manera que los estudiantes interactúen con profesionales de áreas diferentes, lo cual promueve el trabajo y el análisis interdisciplinario.
- El profesor provee a los estudiantes con literatura científica arbitrada crítica y actualizada, y se realizan los contactos necesarios para la atención de los estudiantes en los diversos sitios visitados.

c. Presentación del Plan de Trabajo:

- La presentación y discusión de los planes de trabajo deben darse idealmente en el sitio donde se realizarán los proyectos de campo. Los estudiantes explican la naturaleza del problema y proceden a presentar oralmente su plan de trabajo, con ayuda de un rotafolio u otras técnicas expositivas apropiadas.
- Esta fase forma a los estudiantes en la formulación de proyectos y planes de trabajo (Lanyon, 1995). Los estudiantes serán capaces de definir su problema, proponer, defender y discutir las hipótesis y la metodología para abordarlas, responder preguntas formuladas por la audiencia, y especular acerca de los posibles resultados.

d. Realización del Trabajo de Campo:

- Los estudiantes realizan su trabajo de campo mediante la aplicación de los métodos propuestos.
- El profesor estimula la creatividad, el desarrollo de técnicas, y la construcción de instrumentos originales para la evaluación de las variables, y supervisa la aplicabilidad de la metodología propuesta en la solución de los problemas encontrados en la naturaleza.
- Esta fase del proceso estimula el desarrollo de las habilidades técnicas (habilidades motoras finas, uso de equipo e instrumentos de medición), la distribución del trabajo, y el trabajo en equipo. Se recomienda exigir la recolección de datos cuantitativos que permitan evaluar y caracterizar científicamente el problema asignado.

e. Análisis de los Resultados:

- El objetivo de esta fase es promover el desarrollo intelectual de los estudiantes mediante el análisis crítico de los resultados recolectados.
- Se promueve la adquisición de otras habilidades técnicas como el diseño de experimentos, los métodos estadísticos, la programación y el uso de sistemas para la elaboración de textos, figuras, presentaciones profesionales, procedimientos de muestreo y estadísticos, etc.
- El profesor interactúa con los estudiantes para interpretar y presentar los resultados obtenidos, aplicar métodos estadísticos apropiados, y discutir correctamente los resultados y sus implicaciones.

f. Presentación de los Resultados:

- En el campo, o en el aula si el clima no lo permite, los estudiantes realizan una presentación oral de sus resultados.
- La presentación en el campo puede ser realizada con medios audiovisuales como rotafolios, cartelones o instructivos individuales, y puede ser complementada con una exposición formal en el aula, en la que los estudiantes utilicen medios audiovisuales modernos para demostrar y discutir los resultados de su trabajo.
- En el caso de proyectos desarrollados con estudiantes de ciencias agrícolas, se recomienda enfatizar las implicaciones prácticas de los resultados obtenidos.

g. Informe Escrito:

- El informe escrito introduce a los estudiantes al formato y a la disciplina involucrados en la elaboración de artículos científicos e informes de trabajos en general. Se recomienda que el informe escrito contenga las siguientes partes: a) título, autores y afiliación, b) resumen (no mayor de 300 palabras), c) introducción con objetivos, d) materiales y métodos, e) resultados, f) discusión (y conclusiones), y g) literatura citada.
- Se recomienda la inclusión de secciones separadas para Resultados y Discusión, en vista de que representan actividades intelectuales diferentes que deben ser desarrolladas por los estudiantes.
- La presentación de un informe escrito permite el intercambio final de información entre los diferentes grupos de estudiantes de manera que facilita el estudio de los temas con miras a su evaluación posterior.

h. Evaluación:

- Se recomienda seguir procesos de co-evaluación de los proyectos, ya que la participación de los estudiantes ha sido esencial durante todo el proceso, y se cumple el objetivo de desarrollar la responsabilidad y honestidad necesarias para el trabajo en equipo.
- Se recomienda asignar una proporción alta de la nota final a los proyectos participativos, en vista de que los estudiantes invierten una cantidad importante de tiempo y esfuerzo en su desarrollo, y usualmente se encuentran altamente motivados por una actividad tan novedosa y retadora.



### **5.3. Los mapas conceptuales**

Los mapas conceptuales son artefactos cognitivos para la organización y representación del conocimiento y pueden ser vistos como técnicas o estrategias según el uso que se haga de ellos.

El objetivo de los mapas conceptuales es representar las relaciones entre conceptos en forma de proposiciones. En este sentido se asemejan a los diagramas de flujos de amplia utilidad en Ciencias Naturales y Agrícolas.

Los mapas conceptuales se consideran herramientas de ordenamiento de los conceptos por categorías o tipología o incluso de tipo propositivo, es quizá esta última forma la más comúnmente difundida.

Los mapas conceptuales pueden ser vistos entonces como una técnica útil en diferentes niveles educativos como instrumento didáctico que tiende a clarificar los contenidos o procedimientos, ordenándolos en estructuras representacionales de significado, que al ser visualizados tienden a mejorar los procesos de memorización y asimilación de los contenidos. El ejercicio de su elaboración fomenta la reflexión, el análisis y la creatividad porque es una herramienta de asociación, interrelación, discriminación, descripción y ejemplificación de contenidos, con un alto poder de visualización, y tiende a asociarse al aprendizaje significativo, pues hace más claro y pertinente el conocimiento para las personas.

La implementación de un mapa conceptual puede ser una actividad individual o grupal según se plantee, en nuestro caso nos interesa la participación de los estudiantes en la generación de conocimiento. Nuestra propuesta de uso es la siguiente:

- a. Inducción al uso de los mapas conceptuales, capacitación para el uso de mapas conceptuales en la que se indica el valor pedagógico de la herramienta y su valor en el ordenamiento de los conceptos teóricos de un contenido. Se introducen dos programas de cómputo para la elaboración de mapas conceptuales, "C-map Tools" y "Personal Brain".
- b. Confección de un mapa conceptual grupal. Los estudiantes forman grupos y se asigna un sub-tema específico dentro de un contenido de la clase. Cada grupo debe desarrollar un mapa conceptual implementando C-map Tools.

- c. Exposición y discusión de los mapas conceptuales. Los estudiantes exponen el mapa a los demás compañeros, y las mejoras sugeridas para optimizar el mapa deben ser realizadas como parte de la misma actividad.
- d. Conclusiones. Los estudiantes y profesores comentan la experiencia buscando resaltar los puntos más valiosos de la actividad y alcanzan conclusiones sobre los temas y subtemas bajo estudio.

#### **5.4. El pretest-test-posttest y las Curvas de aprendizaje**

Esta técnica se aplica para cuantificar la efectividad de diferentes técnicas didácticas en el aprendizaje de conceptos y competencias específicas. Las modalidades didácticas examinadas son las llamadas "clases magistrales" y varias formas de enseñanza participativa, como los estudios de casos, las prácticas de laboratorio, y los coloquios en el aula.

- El pre-test se aplica típicamente como pruebas cortas que examinan la preparación inicial del estudiante en el tema bajo estudio, tanto desde el punto de vista teórico como práctico, particularmente cuando el objetivo del proceso de enseñanza-aprendizaje es la adquisición de competencias y de habilidades técnicas.
- El test se aplica típicamente a lo largo o al final del semestre, en la forma de exámenes parciales o del examen final del curso, y evalúa la cantidad y la calidad del proceso de aprendizaje, y los conocimientos y las competencias adquiridas. La metodología de esta evaluación y la construcción de herramientas apropiadas para diagnosticar y diferenciar la efectividad de distintas técnicas didácticas, es objeto de investigación en nuestro proyecto también.
- El post-test se realiza con herramientas semejantes a las aplicadas en el test, pero se aplica 6 a 12 meses después del test, de manera que provea información a largo plazo sobre la efectividad de diversas técnicas en la consolidación del conocimiento. Representa el seguimiento a los procesos de enseñanza-aprendizaje evaluados y provee información sobre la "durabilidad" de los conocimientos adquiridos y revelados por los posos previos de pretest y test.
- Una curva de aprendizaje puede ser construida con base en varias pruebas de pretest-test-posttest aplicadas a lo largo de los cursos y los semestres, en la forma de una función que muestra la relación entre el tiempo de aprehensión, desarrollo y

construcción de un conocimiento, contenido o competencia, y un número que representa el logro alcanzado en ese aspecto.

- Estas evaluaciones pueden ser participativas también, de manera que los estudiantes, como protagonistas del proceso educativo, puedan valorar su propio desempeño tanto en el trabajo individual como grupal. En nuestro caso, la curva de aprendizaje muestra el resultado de la evaluación numérica de la efectividad de diferentes métodos didácticos en la facilitación del aprendizaje. Es posible además construir una curva de desarrollo longitudinal (a lo largo del tiempo) y obtener así el perfil del aprendizaje a lo largo, por ejemplo, de un curso.

## **6. Discusión**

La construcción, implementación y comprobación de la efectividad de las estrategias constructivistas participativos en la enseñanza de las ciencias naturales es actualmente objeto de investigación interdisciplinaria en las investigaciones de los autores de este ensayo en la Universidad de Costa Rica. La verificación de la eficacia didáctica de los ejercicios propuestos incluye la evaluación del aprendizaje de conceptos y el desarrollo de modelos, de habilidades cognitivas, científicas, experimentales y de resolución de problemas, el desarrollo de actitudes y valores, y la construcción efectiva de una imagen de la ciencia. Estos parámetros no son siempre fáciles de medir, y la construcción de herramientas para su evaluación cuantitativa son objeto de nuestras investigaciones también.

Hasta ahora, se han identificado importantes beneficios resultantes de la implementación del proyecto de investigación. Los estudiantes muestran alto grado de motivación porque los ejercicios didácticos los exponen a una variedad de temas novedosos e interesantes, y les proporcionan la oportunidad de resolver problemas de campo reales e interactuar con especialistas en diversos campos. En el caso de la estrategia de micro-proyectos, albergues como la Estación Biológica La Selva (Organización Estudios Tropicales, Puerto Viejo de Sarapiquí) y las instalaciones del Parque Nacional Santa Rosa en Costa Rica, reúnen los requisitos logísticos necesarios para el desarrollo de estas actividades académicas de enseñanza-aprendizaje.

El uso de la uve epistémica, los mapas conceptuales y los pretest-test-posttest han demostrado ser herramientas valiosas para que los estudiantes construyan conocimiento de forma participativa y generen conocimiento social importante. Estas estrategias no solo permiten realizar mediaciones pedagógicas y didácticas de amplio alcance y profundidad,

sino que exigen del estudiante y del docente el trabajo grupal efectivo, siendo una importante alternativa a las exposiciones tradicionales en grupo, en las que se reparte un pedazo del tema y nadie sabe nada del resto. En estas estrategias, la permeabilidad del conocimiento en todos los estudiantes de un grupo es alta.

Las estrategias propuestas han sido una excelente herramienta para la enseñanza a través de la práctica, particularmente en carreras en las que los estudiantes deben tener aptitud para el trabajo técnico al aire libre y adquirir destrezas prácticas para la resolución de casos de naturaleza clínica en el campo. El método soluciona una de las limitaciones más serias en la enseñanza de las ciencias naturales, como son la falta de práctica y la pasividad de los estudiantes durante las clases convencionales y las giras al campo.

## **7. Conclusiones**

Consideramos que el papel del profesor sigue siendo crucial en la implementación de las estrategias constructivistas (Bain, 2004). El profesor se concibe como un tutor afiliativo no directivo, que diseña y asesora la experiencia de los alumnos mediante un liderazgo instrumental y no protagónico. El estudiante es un protagonista autónomo cooperativo y afiliado al proceso de aprendizaje, que asume la función de diseñar soluciones para un problema, apelando a fuentes de información y a habilidades adquiridas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las evaluaciones hacen énfasis en los conocimientos adquiridos, en la dinámica de la participación estudiantil, y en la calidad de las soluciones propuestas.

El profesor debe comprender que no hay enseñanza sin aprendizaje, estar dispuesto a considerar a sus estudiantes como eventuales colegas, y a permitir la implementación de procesos de co y auto-evaluación, a través de los cuales los estudiantes se responsabilizan por el trabajo desarrollado, y el profesor utiliza la retroalimentación de los estudiantes para mejorar la construcción y la implementación de los ejercicios participativos constructivistas. No se busca desterrar el error como un problema, sino analizarlo y utilizarlo para el aprendizaje; en otras palabras, es anti-científico aceptar la existencia de dogmas acerca de lo correcto y lo perfecto, y por el contrario, la metodología propuesta propicia el análisis del error y lo propone como una herramienta para la ejecución de la cibernética del conocimiento.

Las principales limitaciones de la metodología propuesta son la carencia de equipo técnico, el riesgo de distribución desigual del trabajo entre los miembros de los grupos, y el aprendizaje incompleto de los conceptos fundamentales. Estas limitaciones pueden ser

solucionadas mediante el desarrollo de proyectos simples que promuevan el desarrollo de métodos e instrumentación sencillos por parte de los estudiantes, el fortalecimiento de los conceptos de responsabilidad durante la auto-evaluación, y la discusión cuidadosa de los resultados.

Debe considerarse también el hecho de que la planificación de los ejercicios participativos constructivistas y la logística requerida para su ejecución son más complejas que para las clases magistrales; haciendo a la vez más difícil que lo que ha sido planificado para un ejercicio en un curso, pueda ser usado sin modificaciones para cursos posteriores. Esto obliga al docente a invertir más tiempo y recursos en planear y actualizar los ejercicios cada vez que se aplican, evitando la costumbre de reciclar materiales didácticos que pueden volverse obsoletos sin que el docente se percate de ello.

Una limitación de la manera tradicional de enseñar ciencia es que constituye una aproximación simplificada al método científico, que pueden desnaturalizarse cuando el profesor proporciona toda la información y las instrucciones, y se pone énfasis en la evaluación de los resultados y no de los procesos (Hernández-Rojas, 1999). Estas limitaciones pueden corregirse promoviendo el desarrollo de estrategias y reflexiones por parte de los estudiantes, la elaboración y evaluación de los procedimientos de obtención y organización de la información, y la elaboración de informes. La evaluación debe lidiar con la diversidad de respuestas y niveles de respuestas, y el profesor debe asegurarse de alcanzar conclusiones significativas.

Los ejercicios participativos propuestos pueden contribuir a formar profesionales que se incorporen al sector laboral con contenidos actualizados, pero que además sean equipados con habilidades y competencias para la construcción de su propio conocimiento y el análisis y la solución de los problemas cotidianos. Creemos que con nuestra investigación nos aproximamos a posibles implementaciones de estrategias constructivistas cibernéticas de segundo orden que cambien la manera de hacer conocimiento, a través de las cuales los profesionales formados estén mejor capacitados para trabajar en equipo, buscar y autogestionar sus saberes, y actualizarse constantemente.

## REFERENCIAS

- Almuiñas, José. (1994). El modelos de cohorte: un instrumento de evaluación. **Revista Cubana de Educación Superior**, 14, 1, 93-106.
- Almuiñas, José y García del Portal, José (1992). El modelo de cohorte: un instrumento de evaluación. **Revista Cubana de Educación Superior**, 2, 14, 93-106.
- Álvarez, Ramón y Santos, Manuel. (2006). **Pedagogía y Agronomía hoy**. Argentina: Ariadna.
- Arce, Manuel; Cartín, Johnny; Piedra, Luis; y D'Alton, Christina. (2008) **Aprendizaje y procesos cognitivos**. Universidad de Costa Rica: Programa de Cognición y Lenguaje.
- Arnold-Cathalifaud, Marcelo (2007). **Sociopoiesis: una mirada sobre la educación**. Chile: Universidad de Chile.
- Bain, Kashad. (2004). **What the best college teachers do**. Massachusetts: Harvard University Press.
- Bateson, Gregory. (1976). **Pasos para una ecología de la mente**. Buenos Aires: Carlos Lohlé.
- Beardsley, Linda. (1992). Teaching real science. **Scientific American**, 267, 10, 98-106.
- Bernstein, Brock and Goldfarb, Lev. (1995). A conceptual tool for generating and evaluating ecological hypotheses. **BioScience**, 45, 32-39.
- Blockstein, David y Mandula, Barbara. (1992). Survey of AIBS societies-membership: trends and perception of the future. **BioScience**, 42, 10, 786-789.
- Brockbank, Anne y McGill, Ian. (2002). **Aprendizaje reflexivo en la educación superior**. Madrid: Ediciones Morata.
- Campanario, Eugenio; Novak, Joseph; Gowin, Bob y Otero, José (1988) **Aprendiendo a aprender**. España: Martínez Roca.
- Gómez, Miguel y Pozo, Juan. (1998) **Aprender en enseñar ciencia**. Madrid: Ediciones Morata.
- Hernández Rojas, Germán. (1999). El aprendizaje basado en problemas. En: Zubiría-Samper, Miguel (Ed.). **Enfoques pedagógicos y didácticas contemporáneas** (pp. 85-118). Barcelona: Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual.
- Johansen, Peter. (2007). **The social construction of what?** Chicago: The University of Chicago Press

- Joly, Robert, Jones, M.L., Verlinden, S., Rhodes, David. y Woodson, W.R. (2000). Learning in an inquiry-driven Plant Physiology laboratory. **Journal of Natural Resources for Life Science Education**, **29**, 31-35.
- Künzli, Quenel. (2005). **Principios didácticos específicos en la Universidad de hoy**. Berna: CIEA.
- Lanyon, Scott. (1995). How to design a dissertation project. **BioScience**, **45**, 1, 40-42.
- López Candeira, José Antonio. (1980). **La Escena Urbana, análisis y evaluación**. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Centro de Estudios y Ordenación Territorial y Medio Ambiente.
- Luhmann, Niklas. (1996). **Teoría de la sociedad y Pedagogía**. Barcelona: Paidós.
- Luhmann, Niklas. (1998). **Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general**. Barcelona: Anthropos.
- Marrero, Javier. (1995). **La cultura de la colaboración**. Madrid: Ediciones Morata.
- Martínez, Bueno. (1999). **Los nuevos modelos didácticos**. Buenos Aires: Anaula.
- Maturana, Humberto. (1990a). **Emociones y lenguaje: en Educación y Política**. Santiago de Chile: Hachette.
- Maturana, Humberto. (1990b) **Biología de la cognición y epistemología**. Santiago de Chile, Universidad de la Frontera.
- Mervis, Jeffrey. (2007). A new twist on training teachers. **Science**, **316**, 1270-1275.
- Odum, Eugene. (1992). Great ideas in Ecology for the 1990s. **BioScience**, **42**, 7, 542-545.
- Oliva, Iván (2002). **Sobre epistemología, complejidad y proceso de formación de los docentes**. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Patten, Bernard (1993). Toward a more holistic ecology, and science: the contribution of H.T. Odum. **Oecologia**, **93**, 597-602
- Peacock, Jim. (1991). Plant science in the 1990s. **Australian Journal of Plant Physiology**, **18**, 439-444.
- Penrose, Roger. (1995). **La nueva mente del emperador**. Barcelona: Grijalbo Mondadori.
- Pérez, Martín. (2005) **Aprendizaje y autonomía: hacia espacios de autogestión del conocimiento**. Colombia: UAR.
- Piaget, Jean. (1983) **Psicología y Pedagogía**. Madrid: Sarpe.
- Piaget, Jean. (1984) **Psicología del niño**. Madrid: Ediciones Morata.

- Piedra, Luis. (2007) **Resistencias al cambio pedagógico/didáctico en el contexto de las ciencias naturales de la Universidad de Costa Rica**. Departamento de Docencia Universitaria. Universidad de Costa Rica.
- Rivers, David. (2006). Teaching general Entomology to disinterested undergraduates. **American Entomologist**, **52**, 24-48.
- Roehrig Gillian; Luft, Julie; Edwards, Mary. (2001). Versatile Vee Maps. An Alternative To The Traditional Laboratory Report. **The Science Teacher**, **68**, 1, 28-31.
- Saavedra, Óscar; Sotolongo, Gilberto; Guzmán, M<sup>a</sup> Victoria. (2002). Medición de la producción científica en América Latina y el Caribe en el campo agrícola y afines: un estudio bibliométrico. [Revista Española de Documentación Científica](#), **25**, 2, 151-161.
- Spiegel, Alejandro. (2006). **Recursos didácticos y formación profesional por competencias. Orientaciones metodológicas para su selección y diseño**. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Torp, Linda y Sage, Sara. (1998). **El aprendizaje basado en problemas. Desde el jardín de infantes hasta el final de la escuela secundaria**. Buenos Aires: Amorrortu.
- Torres, Antonio y Lima, Zaida. (2003) Criterios cuantitativos de eficacia pedagógica en la formación del profesional agrónomo. **Revista Pedagogía Universitaria**, **8**, 5.
- Varela, Francisco. (1990). **Conocer**. Barcelona: Gedisa.
- Varela, Francisco; Thompson, Evan; Rosch, Eleonor. (1992). **De cuerpo presente: Las ciencias cognitivas y la experiencia humana**. Barcelona: Gedisa.
- Vecino, Fernando. (1983). **Tendencias de la educación superior en Cuba. Tesis Doctoral en Ciencias Pedagógicas**. Cuba: Universidad de la Habana.
- Vidales, Javier. (1992). Dos maestrías y una especialidad en la Universidad del Valle de Atemajac: Apuntes para una evaluación de la calidad de los postgrados. **Revista de la Universidad del Valle de Atemajac**, mayo-agosto, 14-22.
- Vigostky, Lev. (1979) **El desarrollo de los procesos psicológicos superiores**. Barcelona: Grijalbo.
- Vigostky, Lev. (1982) **Obras escogidas**. Madrid: Visor Distribuidores.
- Von Foerster, Heinz. (1991) **Las Semillas de la Cibernética**. Barcelona, España: Gedisa.
- Watzlawick, Paul y Ceberio, Marcelo. (1998). **La construcción del universo**. Barcelona: Herder.
- Watzlawick, Paul y Krieg, Peter (Comps.) (1994). **El ojo del observador**. Barcelona: Gedisa.