



**Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:  
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



# **COMPLEJIZAR EL AGUA COMO OBJETO DE ESTUDIO. UNA ESTRATEGIA PARA INNOVAR EL PROCESO FORMATIVO A PARTIR DE LOS PROCESOS INVESTIGATIVOS**

**John Freddy Ramírez Casallas, Hildebrando Ramírez Arcila**

**Universidad Cooperativa de Colombia  
Ibagué, Colombia**

## **Resumen**

Los programas de formación de ingenieros deben responder a diversas exigencias internas y externas, con el propósito de formar buenos ingenieros y excelentes ciudadanos. En este contexto, desde un enfoque curricular, implica elevar la calidad de la docencia, la investigación y la proyección social, como procesos interconectados. En particular, desde la perspectiva que aporta la actual reforma curricular de la Universidad Cooperativa de Colombia, implica en todos estos procesos la producción de conocimiento desde una perspectiva Interdisciplinaria sobre el mundo de vida. Al respecto, aprovechando los diversos trabajos realizados por investigadores del grupo de investigación AQUA –adscrito a la Facultad de Ingeniería-, se ha formulado como propósito elevar la pertinencia y complejidad del conocimiento producido sobre problemáticas regionales relacionadas con el agua y concebidas desde la ingeniería. Para lograrlo, como estrategia se ha planteado complejizar el agua como objeto de estudio para así elevar la complejidad del conocimiento a partir de las prácticas investigativas del grupo. Metodológicamente se ha optado por un enfoque de Investigación-Acción, en el que el objeto de estudio complejizado se convierte en un constructo que ayuda a fundamentar las prácticas orientadas a mejorar y/o realizar la propuesta curricular, especialmente desde la investigación. En esta etapa, mediante la técnica de análisis de contenido aplicada a los textos escritos derivados del análisis de las conferencias internacionales y nacionales –realizadas en I Bienal de Ingeniería organizada por la Facultad- alrededor de una visión humana y sostenible sobre la gestión de los recursos hídricos; se obtuvo una red de contenidos sobre el agua. Los primeros resultados ratifican la riqueza de la producción académica del grupo de investigación, y sugieren que a este objeto de estudio, representado como red de contenidos, se deben integrar: cuenca hidrográfica, historia, localización geográfica, y grupos humanos. Se exponen algunas cuestiones y recomendaciones para orientar la producción académica del programa de formación, incluido el grupo de

investigación, hacia un estadio de mayor complejidad en el marco de los principios de la Reforma Curricular y los retos externos a los procesos de formación.

**Palabras clave:** agua; interdisciplinariedad; objeto de estudio

### ***Abstract***

*Education programs for to form good engineers and excellent citizens, should respond to various internal and external demands. In this context, from a curricular approach involves raising the quality of teaching, research and social projection, as interconnected processes. In particular, from the perspective provided by the current curricular reform in the Cooperative University of Colombia, all these processes are involved in the production of knowledge from an interdisciplinary perspective on the world of life. In this regard, the purpose of elevating the relevance and complexity of the knowledge produced on regional problematics related to water is supported in the various work done by researchers of the research group AQUA –joined the Faculty of Engineering–.*

*To achieve this, the strategy has been study the evolution of the water as an object, to raise the complexity of knowledge from research practices of the group. Methodologically it has opted for the action research approach. In this context, the object new of study serve for helps to improve and / or make the proposed curriculum can be developed, especially from the research practices. At this stage, using the technique of content analysis applied to written texts derived from the analysis of international and national conferences -in I Biennial organized by the Engineering Faculty-around human and sustainable vision for resource management water, was produced map of contents. The first results confirm the wealth of academic research production group, and suggest that this object of study, depicted as map, should be integrated: catchment, history, geographical location, and human groups.*

*Some issues and recommendations to guide the academic production of the training program are discussed, with the purpose to obtain a stage of greater complexity in the formation processes.*

***Keywords:*** water; interdisciplinarity; object study

## **1. Introducción**

En el siglo pasado, identificaba Edgar Morin (1984) que el circuito occidental de la ciencia, la tecnología y la industria se organizaban de la siguiente manera (Íbid, 78):



En este marco, reconoce el desarrollo de la ciencia occidental como una ciencia de corte experimental. Pero alerta que, cuando este circuito se introduce en la vida social, se produce una inversión de la finalidad que se tenía en el marco de la producción científica: cada vez se verifica más para manipular o controlar. Un ejemplo concreto de este tipo de razonamientos puede verse de manera clara en la forma en que se planea el Sistema de Ciencia y Tecnología del país. En EE.UU., donde se desarrolla el primer sistema de estas características, se logra una organización social específica, histórica y socialmente consolidada –la primera sociedad informacional (Echevarría, 2003)- que luego hizo posible el desarrollo de los sistemas de calidad en este ámbito; evolución de la cual es posible reconocer un modelo. Sin atrevernos, como país, a cuestionar y superar esta imposibilidad epistemológica –que la realidad social no se copia de los modelos-, su aplicación avanza de forma tajante. En el caso de la producción académica de los grupos de investigación, desde Colciencias y desde las mismas instituciones universitarias, se cae en la trepidante lucha por verificar para manipular y controlar la “producción de dicha realidad”. Pero aún más allá, al imponer un sistema de calificación de la producción académica, se acepta un capitalismo cognitivo (Billig, 2013) que enfrenta a los investigadores al dilema de defender construcciones locales y globales de la realidad, y por lo tanto complejas e identitarias; frente a otras donde se renuncia a la propia realidad, simplificándola, poniendo al proyecto de Universidad como parte de una *cadena de producción de conocimiento* (Etchichury y Pacheco, 2013; Montenegro-Martínez y Pujol-Tarrés, 2013).

En este contexto, se plantean inquietudes generales para los grupos de investigación de la Universidad: (1) ¿cómo lograr producciones complejas de conocimiento al interior de los grupos de investigación?, ¿cuál opción deben tomar los grupos?; (2) ¿cómo contribuyen estos desarrollos a innovar el proceso de formación de los estudiantes?, en específicamente: (3) ¿cómo la ingeniería logra conceptualizar el agua como un objeto complejo de estudio?

Desde la perspectiva asumida en la Reforma Curricular de la Universidad Cooperativa, es posible manifestar que se apuesta por una visión compleja y sistémica de la realidad; pues no se trata de imponer las disciplina sobre la realidad sino tomar las disciplinas para indagar y formar en la comprensión del Mundo de la Vida a través de la interdisciplinariedad que resulta de articularlas. Tomando los preceptos de Jürgen Habermas, la interdisciplinariedad –resultado de la articulación de las disciplinas con intereses técnico (ciencias naturales), práctico (humanidades) y emancipatorio (ciencias sociales)- se constituye en el elemento básico para lograr una formación integral; ésta a su vez es condición para realizarse como persona en el Mundo de la Vida, el mismo que es sistema-objeto de conocimiento para todas las ciencias (Unigarro, s.f.).

A esta justificación de las problemáticas desde la perspectiva institucional, se suma como hecho sobresaliente que los diversos resultados del grupo AQUA han sido reconocidos socialmente porque estudian, en diversas investigaciones, el agua desde perspectivas múltiples que requieren conocimientos de las ciencias naturales, las humanas y las sociales. De esta manera el grupo AQUA se justifica como un caso que posee prácticas interdisciplinarias, en las que se reconocen diversos aspectos a superar, consistentes con los problemas generales: (i) producción académica reconocida, especialmente como prácticas sobresalientes; (ii) obtención de trabajos de investigación, como modalidad de trabajo de graduación en el pregrado, con altas valoraciones (meritorio, laureado); (iii) a pesar de tales avances, dichos logros no tienen igual intensidad cuando se trata de

reconocer la producción académica como una producción de alta calidad tecnológica. Lo es por partida doble: (a) en la presentación de artículos a revistas de alta categoría, especialmente, porque no existen desarrollos claros sobre los fundamentos metodológicos que permiten indagar por el agua articulando las ciencias naturales, las humanas y las ciencias sociales; (b) la experiencia de valoración de los proyectos de investigación por parte de los pares evaluadores, en el marco de convocatorias internas de investigación, hace pensar que estos consideran que los problemas se “repiten”, “hablan de lo mismo”, mientras que para los autores pertenecen a procesos completamente diferentes; (c) en parte, las dos anteriores razones, conllevan a que los esfuerzos del grupo se vayan trasladando a una práctica investigativa alrededor de ideas puntuales que pretenden ser novedosas, pero que por ahora tan sólo tienen el potencial de consolidar un programa de alta complejidad en el ámbito del agua.

De esta forma, aprovechando la tradición del grupo alrededor del agua y los soportes curriculares que brinda la institución, el grupo AQUA se convierte en un caso privilegiado para complejizar el agua como objeto de estudio y revisar los caminos que demarca en la innovación de los procesos formativos de la Facultad a partir de una mejora en los procesos investigativos.

## 2. La trama de contenidos como representación de la complejidad del objeto

Sostiene Edgar Morin (1988:250-251) que el conocimiento de esta complejidad:

“[...] Requiere el recurso de un pensamiento complejo que pueda tratar la interdependencia, la multidimensionalidad y la paradoja. Dicho de otro modo, la complejidad no es únicamente problema del objeto de conocimiento; es también el problema del método de conocimiento necesario para este objeto.”

Esta tesis de la interdependencia entre objeto y método aviene bien con el proceso de articulación de las disciplinas para comprender la realidad (Oliva, 2008); o sea, en este caso, la articulación de los conocimientos sobre el agua que provienen de disciplinas diversas, exigen que se reconozca que el objeto afecta la constitución del método, y viceversa.

En el caso del agua, como objeto, es posible identificar una trama de contenidos que nos plantea una aproximación a los conceptos metadisciplinarios que se relacionan con ella (figura 1). Dichos contenidos marcan los núcleos conceptuales que han venido construyendo en sus propias experiencias los integrantes de comunidades diversas (Toulmin, 1977), en este caso al menos los de ingeniería.

En este contexto, la complejidad del conocimiento sobre el agua introduce la necesidad de reconocer la unidad y complejidad de las experiencias humanas, integrando y organizando conocimientos dispersos (Giraldo, 2005; Oliva, 2008) y experiencias provenientes de diversas disciplinas. Es así que esta trama, como configuración de relaciones, puede transformarse de acuerdo con las diversas perspectivas que pueden aportar otros actores que también investigan sobre el agua y su papel en la obtención de ciudades sostenibles, asunto que fue el centro de la I Bienal de Ingeniería. De esta manera, la complejidad del objeto de estudio se concreta en la posibilidad

de enriquecer la trama de contenidos [perspectiva semántica], retomando aquellos que provienen de otras experiencias y le permiten al grupo AQUA revisar y hacer prospectiva de sus propias prácticas investigativas.

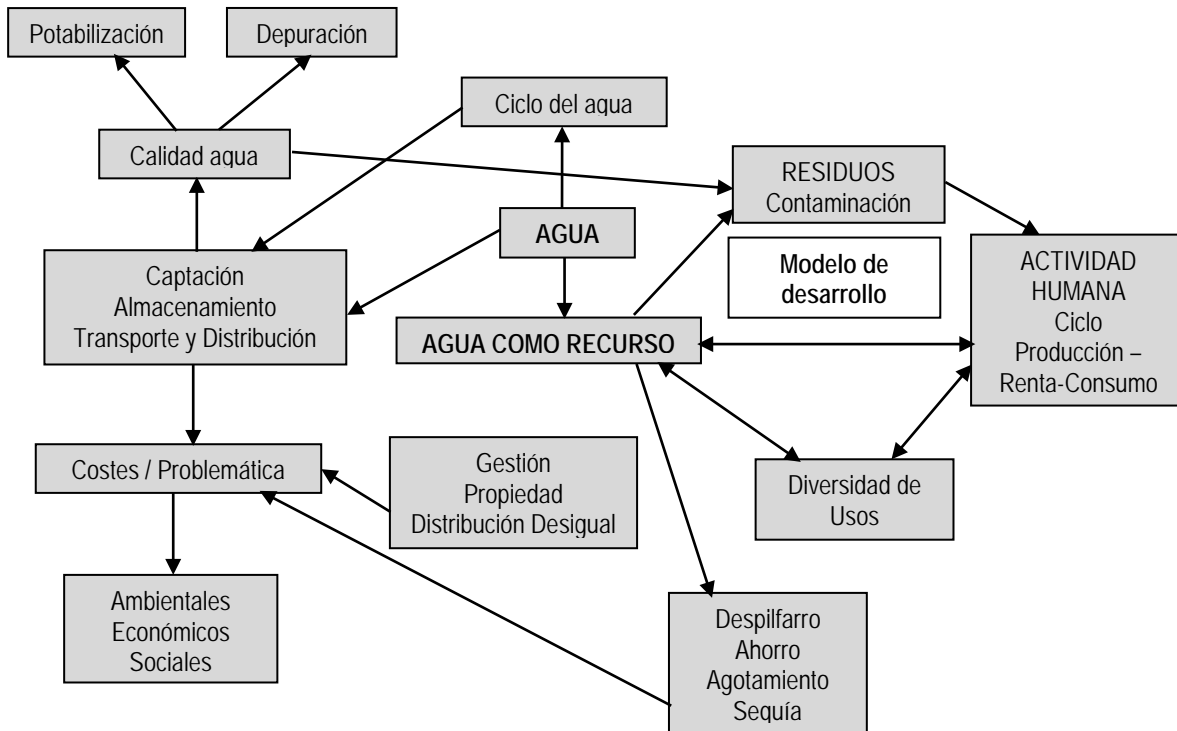


Figura 1. Conceptos metadisciplinarios integrados dentro de la trama de contenidos del agua. Tomada de Fernández-Arroyo (2012).

En general, al contar con una trama de contenidos de mayor complejidad, que sirve de base para comprender el agua como objeto, es posible avanzar en la indagación por esa interdependencia método-objeto; en este caso, núcleo central para avanzar en el proceso de construcción de un conocimiento de mayor complejidad sobre el agua a partir de los procesos de investigación.

### 3. Metodología

Como parte del proceso de evolución del modelo en Investigación Formativa (IF), el desarrollo y socialización de las características de un método propio que permita lograr estados organizacionales de mayor complejidad en la producción de conocimiento (Ramírez, 2013) ha sido posible en fechas recientes. Este proceso de acercamiento se enmarca en un enfoque de Investigación-Acción, desde el cual se pretende que en la medida de lo posible pueda convertirse en un enfoque de Investigación-Acción-Participación (Fals-Borda, 1979) o simplemente IAP desde la IF (Ramírez, 2014).

En este contexto metodológico, se investiga la trayectoria del grupo AQUA para complejizar el agua como objeto de estudio. En primera instancia, la I Biental de Ingeniería le permite al grupo mirarse a través de la experiencia

de otros (los conferencistas nacionales y/o internacionales). Para llevar a cabo la obtención de una trama de contenidos sobre el agua, que representa una primera complejización como objeto, los autores han procedido a: (i) escuchar las conferencias, realizando análisis del contenido de cada una de las presentaciones; (ii) con los textos obtenidos a partir del análisis, en caso de dudas los autores las despejaron directamente con los ponentes; (iii) posteriormente, se pusieron de acuerdo sobre las convergencias y discrepancias sobre el análisis; (iv) los contenidos aceptados dentro de la trama, se cotejaron y para cada uno de ellos se ilustró información concreta que justificara su inclusión. Finalmente, como resultados preliminares se obtuvo una primera trama enriquecida que opera como unas nuevas “gafas” para ver y actuar en los procesos investigativos y formativos.

#### 4. Resultados preliminares

El intercambio de saberes y la experiencia compartida sobre la producción académica del grupo y las intenciones de sus autores, ha permitido establecer que ésta se ha articulado preferencialmente desde una visión del desarrollo sostenible en una perspectiva humanista (Morales et. al., 2014), en la que preocupa el Ser humano y la solución de sus necesidades desde la ingeniería. Desde esta perspectiva, los intereses de los integrantes del grupo de investigación se encuentran fuertemente orientados a producir conocimiento que implique soluciones de tipo social para las comunidades; de aquí que su compromiso siempre exponga desarrollos que van en la línea de involucrar a los seres humanos y los grupos sociales en sus investigaciones. Un ejemplo claro es el modelo Agua Segura (Ospina y Ramírez, 2009), donde se estudia el agua desde una visión clásica, pero también se trabaja el comportamiento del agua dentro de la Cuenca Hidrográfica, como los aspectos humanos que son afectados por diversas prácticas de grupos sociales particulares (v.g. vertidos de venenos mediante prácticas de cultivo de café y potenciación de los casos de cáncer en la comunidad que recibe esa agua en particular).

De mutuo acuerdo, los autores consideraron que la *I Bienal Internacional de Ingeniería: Gestión de Recursos Hídricos para ciudades Sostenibles*, organizada por la institución en el año 2014, era una buena oportunidad para retomar las posiciones de los conferencistas internacionales y/o nacionales<sup>1</sup> y con base en ellas iniciar procesos de reformulación del agua a través de la reorganización de la trama de contenidos anterior (figura 1).

De todo el proceso de análisis, se pueden destacar por ponente lo siguiente. Por un lado, la ponencia de Manuel J. Rodríguez, titulada *Subproductos del proceso de tratamiento del agua para consumo humano y su potencial incidencia en la salud humana*, nos ha permitido evidenciar que por condiciones geográficas elementales –en Canadá y el efecto de las estaciones- los intereses en el proceso mismo de tratamiento son focalizados de diferentes maneras; mientras a en la localización geográfica de la ciudad de Ibagué preocupa apenas que se haga el abastecimiento de agua con buena calidad, continuidad y cantidad; desde la perspectiva canadiense, en plena estación de invierno, es indispensable descongelar el agua para abastecer a la comunidad, lo que implica considerar técnicas para mantener el agua en estado líquido, bajo la condición de obtener el mínimo efecto posible en la salud de los habitantes.

---

<sup>1</sup> Manuel J. Rodríguez-Pinzón, PhD [Universidad de Laval, Canadá]; Ingo Gentes, PhD [Programa de Apoyo Presupuestario Sectorial de agua y calidad, Unión Europea, Berlín-Alemania]; Adolfo Alarcón Guzmán, PhD [Universidad Nacional de Colombia].

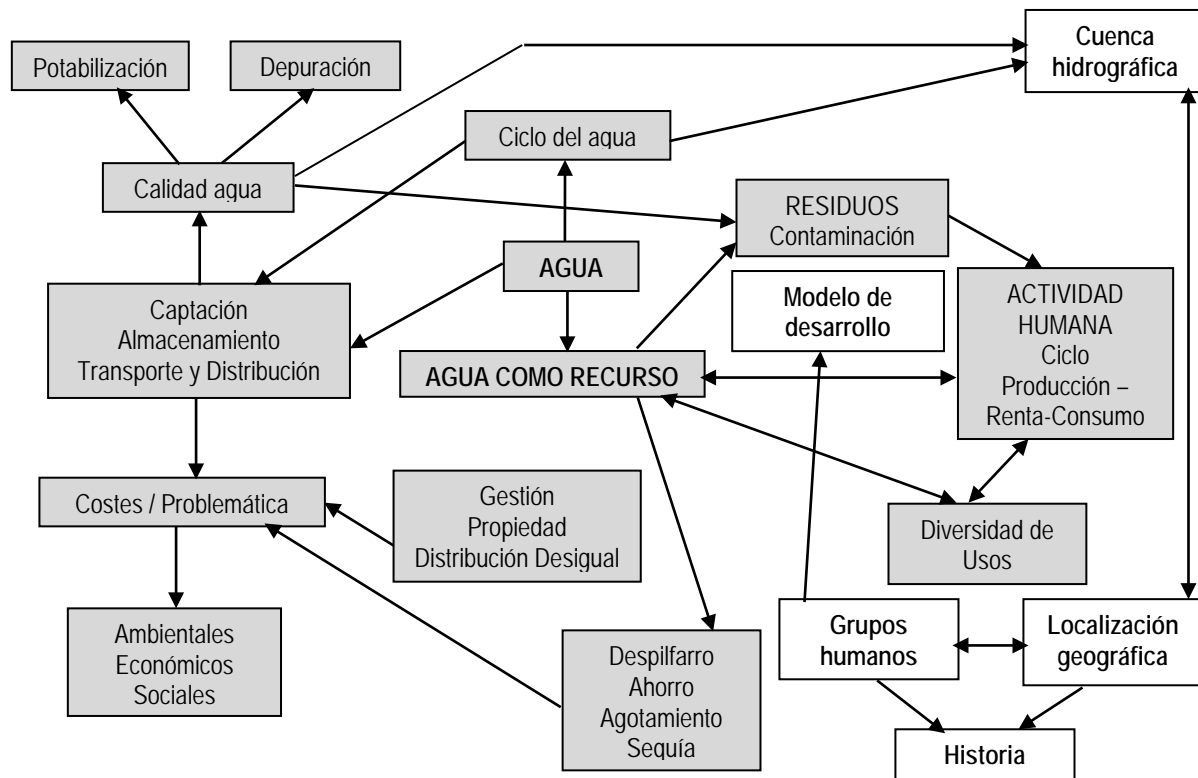


Figura 2. Trama de contenidos del agua reformulada a partir de los textos escritos de las conferencias internacionales y/o nacionales de la I Bienal Internacional de Ingeniería: *Gestión de Recursos Hídricos para ciudades Sostenibles*

La presentación de Ingo Gentes, titulada *Alternativas de sistemas comunitarios de acueducto y alcantarillado, su visión mundial*, permite destacar la forma en que los grupos sociales –especialmente los más vulnerables– pueden organizarse para obtener soluciones viables de distribución y tratamiento, incluso, en el marco de comunidades donde se hace evidente una distribución inequitativa. Este planteamiento revela que, a pesar de existir un modelo de Producción-Renta-Consumo que las administradoras del agua aplican en los municipios, es necesario hacer visibles los diversos grupos humanos que padecen de su distribución inequitativa. En el caso de Ibagué, la necesaria visibilidad y los diversos conflictos sobre los sistemas de acueducto y alcantarillado comunitarios.

La presentación de Rodolfo Alarcón, titulada *Conformación geológica de suelos en cuencas hidrográficas andinas y su potencial efecto en la calidad del agua* lleva a reconocer que las cuencas y los grupos humanos que las habitan poseen una historia que afecta la forma en que estos se distribuyen, como parte del sostenimiento y evolución de las relaciones sociales.



## 5. Conclusiones, cuestiones y recomendaciones

Este avance se muestra bastante enriquecedor en el proceso de complejización del concepto de agua, en la ruta de articular diversas disciplinas desde el ámbito de la ingeniería. En primer lugar, es posible apreciar que el reconocimiento de la historia de los grupos humanos y la cuenca hidrográfica, en una específica localización geográfica, conllevan que necesariamente deba revisarse el modelo de desarrollo al que se le apuesta desde los procesos formativos; lo que hace inevitable la pregunta por el tipo de desarrollo sostenible al que se aspira.

Esta forma de apreciar el agua como objeto de estudio, revela que es posible formular nuevos y enriquecedores interrogantes que orienten la evolución de la producción académica del grupo de investigación AQUA. Los siguientes interrogantes y posibles acciones permiten ilustrar su riqueza y complejidad al interior del mismo objeto y en relación con los métodos de investigación, y por ende con los procesos formativos:

- (a) ¿Es compartida una concepción humanista del desarrollo sostenible en el entorno académico y organizacional del grupo de investigación? En este caso, potencialmente, la propuesta de la Universidad, centrada en la economía solidaria es significativa cuando de estudiar y apoyar modelos de desarrollo regional y alternativo se trata.
- (b) Es conveniente que el grupo establezca redes de trabajo con otros grupos de investigación que se orientan al estudio de las cuencas, la economía y la historia, especialmente para conformar producción académica alrededor del agua.
- (c) Este tipo de evoluciones debe incluir el desarrollo de métodos de investigación donde la historia, la localización geográfica, las interacciones sociales y los grupos humanos sean objetos de estudio también. Por tanto, el agua funciona como articuladora de otros objetos de estudio.

## 6. Referencias

- Billig, M. (2013). Academics Words and Academic Capitalism. Athenea Digital, Vol. 14, No. 3, pp. 7-12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/athenead/v13n1.1108>
- Echevarría, J. (2003). La Revolución Tecnocientífica. Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- Etchichury, H.J.; Pacheco, M.C. (2014). Fuerzas globales y corrientes locales en la encrucijada de la política científica argentina: acceso restringido o conocimiento abierto. Athenea Digital, Vol. 14, No. 3, pp. 105-127. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/athenea.1286>
- Fals Borda, O. (1979). El problema de cómo investigar la realidad para transformarla. Ediciones Tercer Mundo, Bogotá.
- Fernández Arroyo, J. (2012). La construcción del conocimiento sobre la gestión y la contaminación del Agua. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Consultado en enero de 2013. Disponible en: <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1886/la-construccion-del-conocimiento-sobre-la-gestion-y-la-contaminacion-del-agua-concepciones-del-alumnado-de-primero-de-bachillerato/>



- Giraldo, G. (2005). Teoría de la complejidad y premisas de legitimidad en las políticas de educación superior. Revista cinta de moebio, No. 22, pp. 46-72. Disponible en: <http://www.revistas.uchile.cl/index.php/CDM/article/viewFile/26085/27390>
- Montenegro Martínez, M.; Pujol Tarrés, J. (2013). La fábrica de conocimientos: in/corporación del capitalismo cognitivo en el contexto universitario. Athenea Digital, Vol. 14, No. 3, pp. 139-154. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/athenead/v13n1.1031>
- Morales, A.A.; Murcia, C.; Ramírez, J.F.; Morales, F. (2014). Dimensiones de Desarrollo Sostenible para el proceso de Emprendimiento del Tolima – Propuesta desde la Investigación Formativa. En J. Reyes-Cruz, M. López Galindo y E. Villegas Guevara (Edits.), El holismo en las ciencias económico administrativas: Causas, efectos y tendencias (págs. 161-183). Cofradía de Coyotes, S.C., Hidalgo (México).
- Morin, E. (1984). Ciencia con Consciencia. Anthropos: Editorial del Hombre.
- Morin, E. (1988). El Método III. El conocimiento del conocimiento. Ed. Cátedra, Madrid.
- Oliva, I. (2008). Conocimiento, universidad y complejidad: bosquejos epistémicos y metodológicos para una vinculación transdisciplinaria. Estudios Pedagógicos, Vol. XXXIV, No. 2, pp. 227-243. Disponible en: [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000200014&script=sci\\_arttext](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0718-07052008000200014&script=sci_arttext)
- Ospina, O.E.; Ramírez, H. (2009). Modelo Agua Segura: Exploración de la fábrica de agua. Memorias, Vol. 5, No. 12, pp. 57-65. Disponible en: <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/me/article/view/215/214>
- Ramírez, J.F. (2013). Metodología para la definición de Ámbitos de Investigación alrededor de la Investigación Formativa en la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Ibagué. XII Congreso Nacional de Investigación Educativa, Guanajuato (México), s.p. Obtenido de: <http://www.comie.org.mx/v3/portal/?lg=es-MX&sc=03&sb=03>
- Ramírez, J.F. (2014). Ámbitos de Investigación alrededor de la Investigación Formativa: Método y resultados en la perspectiva de la Investigación-Acción. ARNA 2014 Conference Proceedings, Bethlehem (EE.UU.), s.p. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXhcm5hcHJvY2VlZGluZ3N8Z3q6OTFjZic0NzI2Yzg1MTBh>
- Toulmin, S. (1997). La comprensión humana I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Alianza Editorial, Madrid.
- Unigarro, M (2014). Modelo Educativo. Presentación de diapositivas. Universidad Cooperativa de Colombia. Consultado el 23 de junio de 2015. Disponible en: <http://wb.ucc.edu.co/diplomadoreformacurricular/files/2014/05/caracteristicas-de-la-reeforma.pdf>

## Sobre los autores

- **John Freddy Ramírez Casallas.** Licenciado en Matemáticas y Física, Doctor en Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla. Profesor investigador tiempo completo. [John.ramirez@campusucc.edu.co](mailto:John.ramirez@campusucc.edu.co)

- **Hildebrando Ramírez Arcila.** Licenciado en Biología y Química, Magíster en Investigación y Docencia Universitaria, Doctor en Ciencias de la IAU. Profesor investigador tiempo completo. Director del grupo AQUA. [Hildebrando.ramirez@campusucc.edu.co](mailto:Hildebrando.ramirez@campusucc.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la  
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)