



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **PROYECTOS INTER Y TRANSDISCIPLINARES A PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA CRÍTICA COMO INSTRUMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL DE INGENIEROS**

**Rosalina González Forero**

**Universidad de La Salle  
Bogotá, Colombia**

## **Resumen**

La experiencia académica se origina como respuesta a la débil interacción social y profesional de los ingenieros en contextos reales de trabajo principalmente en los últimos semestres. Se desarrolló un proyecto de aula en la Universidad de La Salle, el cual involucró cinco grupos del pregrado en Ingeniería Ambiental y Sanitaria y dos grupos de la Línea de Investigación del Doctorado en Agrociencias Agua, Suelo y Recursos Naturales que incluyó un matemático, un estadístico, dos veterinarios y un zootecnista con las asignaturas de Tópicos Avanzados I y Ecotoxicología. El proyecto puso como punto común de encuentro el Paradigma Ambiental del estudio de la Zona Crítica, que es interdisciplinar puesto que involucró estudiantes del mismo programa en diferentes espacios de su carrera y transdisciplinar porque incluyó estudiantes de diferentes niveles de formación Doctorado/Pregrado. El trabajo tuvo un problema común que fue el impacto antropogénico en el recurso hídrico por vertidos industriales y plaguicidas, para, que a partir de la información obtenida realizar propuestas de tratamiento ingenieriles para su mejora. Cada actor realizó su aporte desde su conocimiento: se identificó el estado de las fuentes hídricas en contexto, se caracterizaron fisicoquímicamente dichas fuentes, se diseñaron las soluciones de tratamiento del agua a los problemas encontrados, se construyeron indicadores ambientales, se aplicaron modelos matemáticos y se realizaron bioensayos para determinar el impacto antropogénico en el recurso hídrico y en especies vegetales. Lo anterior generó interacciones únicas ya que los estudiantes de pregrado lograron competencias cognitivas, técnicas, de análisis e interacción social muy diferentes a sus homólogos de otros cursos similares, cada grupo de personas dependía del otro, por lo que la responsabilidad de la calidad del trabajo sobresalió, el aula dejó de ser un espacio confinado ya que obligatoriamente tuvieron que generarse espacios diferentes como las redes sociales, los laboratorios y el trabajo de campo. Por otro lado, los estudiantes de Doctorado vieron una ayuda

técnica diferente, apoyaron y enseñaron a los ingenieros técnicas que éstos no conocían y el concepto de formación integral se vio materializado más allá de los documentos institucionales al generar resultados con posibilidad de visibilización en artículos y ponencias.

**Palabras clave:** zona crítica; formación integral; proyectos inter y transdisciplinarios

### **Abstract**

*The academic experience is the response to the weak social and professional interaction of engineers in real work contexts, mainly in the last semesters. A classroom project was developed at La Salle University, which involved five undergraduate groups of Environmental and Sanitary Engineering and two groups of the Agrosience Doctorate including a mathematician, a statistician, two veterinarians and a zootechnician. The project had a common point the Environmental Paradigm of the Critical Zone that is an interdisciplinary study. The task involved a common problem that was the anthropogenic impact on water resources due to industrial discharges and pesticides. Each actor made his contribution from his knowledge: the state of the water sources was identified, the samples were characterized, the water was treated by designs proposed by students, environmental indicators were built, mathematical models were applied and bioassays to determine the anthropogenic impact were conducted. This project generated unique interactions because the undergraduate students improved technical, analytical and social interaction skills, each group of people depended of the other ones, so, the responsibility for the quality information was the best, the classroom was opened. On the other hand, the Doctorate students saw in a different way the undergrads counterpart. They had technical help and support and taught the technical engineers that they did not know and the concept of integral formation was materialized beyond the institutional documents when generating results with the possibility of visualization in papers.*

**Keywords:** critical zone; interdisciplinary projects, integral formations

## **1. Introducción**

Al pensar en ingenieros la gente del común muchas veces los ve como lejanos, con lenguajes extraños y poca interacción social y ello se debe a que en su formación trabajan de manera independiente cada grupo de ellos con solamente con su disciplina y aun al interior de ellas se presenta mucha individualidad. En la presente experiencia se fomentó la interacción entre estudiantes de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle de diferentes semestres académicos, así como también con estudiantes del Doctorado en Agrocencias que involucraba un matemático, un estadístico, dos veterinarios y un zootecnista. Lo anterior con el fin de fomentar la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad. En este sentido, la interdisciplinariedad puede verse como una herramienta pedagógica que implica la interacción de varias disciplinas y la colaboración de éstas para lograr la meta de un nuevo conocimiento (Van del Linde, 2007). También se puede definir como la cooperación entre disciplinas que conlleva interacciones reales según Posada (2004). Y la transdisciplinariedad como un paso adelante de integración disciplinar que permite construcciones epistemológicas sin fronteras (Stokols, 2006).

Carvajal, 2010 indica que la investigación transdisciplinar se orienta hacia los aspectos del mundo real. Adicional a lo anterior, como marco de referencia se utilizó el paradigma científico de la Zona Crítica porque precisamente busca la investigación transdisciplinar en la zona que soporta todas las actividades humanas y que experimenta la presión ocasionada por el crecimiento de la población y sus efectos Banwart (2012), zona que según Fisher (2012) es la piel de nuestro planeta donde la roca, el suelo, el agua, el aire y los organismos interactúan para regular el medio ambiente que es fundamental para la vida. Carvajal, 2010 indica que la visión holística e integral permite resolver los problemas ambientales actuales, mediante el trabajo en equipo que implica un abordaje interdisciplinario y transdisciplinario.

## **2. Métodos**

El proyecto trabajó con cinco grupos del pregrado en Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle, de las Asignaturas de Contaminación de Recursos Hídricos, la cual estudia los problemas de contaminación de este recurso; la de Operaciones Unitarias Agua, donde se diseñan sistemas de tratamiento de agua y la de Identificación de Contaminantes Químicos Ambientales donde se aprende a analizar muestras de agua con un total de setenta estudiantes. Y con dos clases del Doctorado en Agrociencias Tópicos Avanzados I y Ecotoxicología, en la primera se trabaja en tema de la zona crítica, indicadores y modelos y en la segunda se analiza la ecotoxicología de sustancias químicas en contextos específicos. A todos ellos se les planteó un solo problema, la contaminación de un recurso hídrico con plaguicidas y se dieron las asignaciones, las cuales involucraban trabajo colaborativo, donde unos eran pilar de los otros, si un eslabón de la cadena fallaba, los que seguían también. En este sentido, los estudiantes de contaminación de recursos hídricos ubicaron el recurso contaminado, tomaron las muestras y apoyaron la realización de bioensayos a los estudiantes del doctorado de la asignatura de ecotoxicología con peces y cebollas; los de identificación de contaminantes químicos ambientales analizaron las muestras de agua e indicaron los valores de los parámetros fisicoquímicos de interés tales como plaguicidas, materia orgánica y sólidos. Con estos valores los estudiantes de operaciones unitarias diseñaron las unidades de tratamiento y los de tópicos avanzados generaron indicadores ambientales de zona crítica y modelaron la contaminación del plaguicida en el río.

Esta unión de disciplinas con colaboración entre ellas implica la interdisciplinariedad del proyecto y la transdisciplinariedad porque se dieron construcciones epistemológicas orientadas hacia un problema real que de hecho generó soluciones concretas.

## **3. Resultados y Análisis**

Se obtuvieron tres tipos de resultados, técnicos, cognitivos y sociales. En cuanto a los resultados técnicos se logró diseñar efectivamente un sistema de tratamiento de agua compuesto por un sistema preliminar, primario y avanzado para remover sólidos sedimentables, suspendidos y los plaguicidas por oxidación química. Adicional a ello se realizaron los bioensayos en peces y cebollas que indicaron la dosis letal media del plaguicida, mostrando un problema ecotoxicológico en el recurso hídrico y en las plantas regadas con él. Por último, se modeló a través de software

libre de la Environmental Protection Agency (EPA) la distribución del plaguicida en el recurso y se generaron algunos indicadores de zona crítica para este caso de estudio.

En cuanto a los resultados cognitivos se evidenció un aumento en las competencias de los estudiantes de Ingeniería de Pregrado ya que mostraron mejor capacidad de análisis, trabajo en grupo, autonomía académica, toma de decisiones en la solución de problemas e independencia en comparación con otros estudiantes en clases convencionales. Los estudiantes de doctorado tuvieron mucha ayuda de los de pregrado, lo que permitió una mejor calidad en los productos generados y material valioso para sus propuestas doctorales.

Desarrollo de competencias sociales, formación de grupos de trabajo en horarios independientes a los de la clase, uso masivo de las redes sociales y el internet, respeto por sus compañeros, apoyo a aquellos que así lo necesitaban y camaradería. Además de lo anterior se crearon lazos de amistad entre ellos. Los estudiantes de doctorado valoraron el trabajo de sus compañeros, resaltaron el profesionalismo y apoyaron al crecimiento académicos de los Ingenieros.

Adicional a lo anterior se entendió el concepto de Zona Crítica enmarcado desde la interdisciplinariedad y transdisciplinariedad y se evidenció que, si se pueden hacer las cosas con muy buena planeación y organización, ya que manejar casi ochenta personas a la vez de diferentes horarios y espacios físicos no fue fácil, ello también generó el uso de herramientas tecnológicas de apoyo para toda la coordinación.

También se tiene como resultado positivo la formación integral de todos los estudiantes, porque aparte vieron como su clase teórica cobró vida en un problema real y pudo solucionarse con el concurso de todos los actores intervinientes, se evidenció que los productos generados eran de mejor calidad que si se hubieran realizado de manera independiente y permitió la posibilidad de divulgación en artículos y ponencias.

#### **4. Conclusiones**

Del presente trabajo se concluye que es posible generar experiencias académicas inter y transdisciplinarias a través de proyectos contextualizados con problemáticas reales de zona crítica como instrumento de formación integral de ingenieros y no solo de ellos sino en unión con otras profesiones con las que no pensaría trabajar como en este caso con un matemático, un estadístico, dos veterinarios y un zootecnista y esa visión multidisciplinar propició resultados que trascendieron dichas disciplinas generando productos comunes como el caso del modelo y los indicadores ambientales.

Los resultados técnicos obtenidos son de más calidad cuando se trabajan inter y transdisciplinariamente porque deben satisfacer a todas las disciplinas involucradas y ello hace que haya más esfuerzo personal para lograr este objetivo.

## 5. Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad de la Salle por facilitar sus instalaciones para el desarrollo del proyecto y por brindar todos los recursos utilizados en el mismo como son los Laboratorios de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, los laboratorios de Bioensayos, las salas de sistemas, salones, auditorios, los consumibles para las caracterizaciones y la planta piloto para la ubicación del sistema de tratamiento generado.

## 6. Referencias

- Banwart S. (2012). Design of Global Environmental Gradient Experiments using International Networks of Critical Zone Observatories
- Carvajal, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación yesid carvajal escobar Revista Luna Azul ISSN 1909-2474 No. 31, julio-diciembre 2010
- Fisher, M. (2012). Investigating the earth's Critical Zone. CSA News. Recuperado de <https://www.soils.org/files/publications/csa-news/critical-zone.pdf>
- Posada Álvarez, Rodolfo. (2004). Formación Superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante, Revista Iberoamericana de Educación. Obtenido el 4 de marzo de 2010, desde <http://www.rieoei.org/deloslectores/648Posada.PDF>
- Stokols, D. (2006). Toward a science of transdisciplinary action research. American Journal of Community Psychology, 38, 63-77.
- Van del Linde, G. (2007, Jul-Dic). ¿Por qué es importante la interdisciplinariedad en la educación superior? Cuadernos de Pedagogía Universitaria, Año 4. No. 8. 11-13. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Rep. Domin.

## Sobre los Autores

- **Rosalina González Forero:** Ingeniera Química UN, Maestría en Tecnología Educativa e Ingeniería Ambiental, Doctor en Ingeniería Civil con Énfasis en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Delaware. Director del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle. [rogonzalez@unisalle.edu.co](mailto:rogonzalez@unisalle.edu.co)

---

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)