



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE CONSULTORÍA EN REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS COMO EJE INTEGRADOR PARA ESTE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

Rosalina González Forero

**Universidad de La Salle
Bogotá, Colombia**

Resumen

En el desarrollo de la Asignatura de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle, se planeó un proyecto transversal e integrador tipo consultoría, en el cual los estudiantes intervinieron un suelo. El curso se dividió en tres fases la primera, la Fase Diagnóstica donde se estudió conceptualmente la Descripción de Suelos, Análisis de Laboratorio y Muestreo de Suelos teniendo en cuenta los protocolos de entidades de referencia; posteriormente se realizó el muestreo en campo y se realizaron todos los análisis fisicoquímicos de Laboratorio, así como el estudio de información secundaria para la Descripción, lo que sirvió de parcial. La Fase de Impacto, donde se analizaron normativamente a nivel internacional los contaminantes más comunes en América Latina y se seleccionaron aquellos con los cuales contaba el laboratorio y se realizaron las asignaciones a los grupos; posteriormente se solicitó una matriz de evaluación de impacto, donde los estudiantes a través de artículos científicos buscaron formas y fuentes típicas de dichos impactos en suelo y con ello escalaron un experimento para poner en contacto los suelos y los contaminantes. Una vez se realizó esta práctica, se volvieron a analizar las propiedades para determinar cambios en el recurso; es de anotar que esta fase implicó un estudio fisicoquímico tanto del suelo original como de las posibles especies que se formarán con el tóxico haciendo uso de modelos de especiación y así determinar condiciones reales del impacto hecho. Esta parte constituyó el siguiente parcial. Por último, se revisaron teóricamente las diferentes técnicas de remediación, posteriormente los estudiantes realizaron una matriz de evaluación de alternativas para seleccionar el método, escalaron a nivel de laboratorio la técnica y la pusieron en práctica; a ella se le hicieron dos

seguimientos fisicoquímicos para establecer eficiencias de remediación. Es de anotar que esta práctica involucró el aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje situado y transferencia conceptual, logrando una muy buena integración teórica y práctica para la apropiación de la temática. Por último, se analizaron los temas normativos para determinar condiciones de prevención de contaminación del Recurso.

Palabras clave: consultoría; remediación de suelos contaminados; ingeniería ambiental y sanitaria

Abstract

In the Soil Pollution Prevention and Control Subject of the Environmental and Sanitary Engineering Program of the University of La Salle, a cross-sectional and integrative consultancy-type project was planned, on it the students treated a soil. The course was divided into three phases: the first one: The Diagnostic Phase, where the Description of Soils, Laboratory Analysis and Soil Sampling were studied conceptually. Subsequently, the field sampling was carried out and all the physicochemical analyzes of the Laboratory were carried out, as well as the study of secondary information for the Description, which served as partial. The Impact Phase, where the most common contaminants in Latin America were normatively analyzed at the international level and those with which the laboratory had were selected and assignments were made to the groups; Subsequently, an impact evaluation matrix was requested, where the students, through scientific articles, looked for typical forms and sources of these impacts on the soil and with it, they scaled an experiment to put the soils and the contaminants in contact. Once this practice was carried out, the properties were analyzed again to determine changes in the resource; It is noteworthy that this phase involved a physicochemical study of both the original soil and the possible species that will form with the toxic using speciation models and thus determine real conditions of the impact made. Finally, the different remediation techniques were theoretically reviewed. Later, the students made an evaluation matrix of alternatives to select the best method, scaled the technique at the laboratory level and put it into practice. It underwent two physicochemical follow-ups to establish remediation efficiencies. It should be noted that this practice involved project-based learning, situated learning and conceptual transfer, achieving a very good theoretical and practical integration for the appropriation of the subject. Finally, regulatory issues were analyzed to determine pollution prevention conditions for the natural resource.

Keywords: consulting; remediation of contaminated soil; environmental and sanitary engineering

1. Introducción

El tema de remediación de suelos contaminados en Colombia, apenas se cuenta con una política para la gestión sostenible del suelo, la cual según MinAmbiente, 2020, busca Promover la gestión integral para la conservación del suelo en Colombia, en las dimensiones social, ecológica, económica y política, esto es en lo ambiental, en un contexto en el que confluyan la conservación de la biodiversidad y la calidad del agua y del aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de

riesgo, con el propósito de garantizar la seguridad, autonomía y soberanía alimentarias del país, una economía sostenible y el bienestar de los colombianos. Según el Ministerio en este momento se está realizando un proceso con el objeto de elaborar una estrategia para la Gestión Integral Ambiental del Suelo, con énfasis en acciones de coordinación interinstitucional y de articulación normativa y se está formulando un proyecto de cooperación para avanzar en el desarrollo de algunas de las líneas estratégicas, que aporten a su futura implementación y con el fin de fortalecer la integración del país a la Alianza Mundial sobre los suelos. Lo anterior permite inferir que la política aun no se encuentra en aplicación, lo que ha hecho complejo el avance en la protección del recurso. Sin embargo, también se observa que el Decreto 50 de 2018 involucra el tema de vertimiento en suelo (MinAmbiente, 2018), que implica una serie de requisitos a cumplir para lo cual el país no estaba preparado, ni siquiera las mismas Corporaciones Autónomas Regionales, quienes no se han puesto de acuerdo en cómo llevar a cabo este control, ya que muy pocos laboratorios se encuentran certificados para realizar estos análisis y hay muy pocos profesionales con los conocimientos adecuados para llevar a cabo este tipo de estudios. Debido a esta situación, la Universidad de La Salle ha tomado el liderazgo en este tipo de estudios y es así como en su Asignatura Prevención y Control de la Contaminación del Suelo quiso dar las herramientas a sus estudiantes para realizar un estudio de Consultoría en este tema, donde los estudiantes pudieran aplicar los conocimientos teóricos aplicados.

2. Metodología

A continuación, se presenta el Contexto de Investigación, así como la Población Objeto de Estudio, las Fases de la Investigación, así como los Métodos utilizados:

2.1. Contexto y Población

El proyecto se desarrolló a través de la asignatura Prevención y Control de la Contaminación del Suelo del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de La Salle, la cual se encuentra ubicada en la malla curricular en 8 semestre (Unisalle, 2020), cuenta con 4 créditos académicos y fue cursada por 50 estudiantes del programa. La asignatura tiene como propósito brindar herramientas para que los estudiantes identifiquen, formulen y resuelvan problemas socio ambientales, en el contexto de la prevención y tratamiento de suelos contaminados, teniendo en cuenta restricciones económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad, de manufactura y sostenibilidad.

2.2. Fases de la Investigación

El curso se dividió en tres fases: Fase Diagnóstica, Fase de Impacto y Fase de Remediación, cada fase con un componente conceptual, componente práctico de modelamiento y componente práctico de laboratorio.

Fase Diagnóstica. Se estudió conceptualmente la Descripción de Suelos, Análisis de Laboratorio y Muestreo de Suelos. Es de tener en cuenta que la escasa normatividad hace que en el medio existan protocolos de diversas entidades tenidas de referencia tales como IGAC, CAR y FAO; con los estudiantes y en debate utilizando medios digitales colaborativos y discusión en plenaria se analizaron los diversos protocolos de descripción, laboratorio y muestreo y teniendo en cuenta la

disponibilidad de elementos en nuestro laboratorio se hizo la escogencia. También se revisó la información secundaria disponible. Posteriormente se realizó el muestreo en campo teniendo en cuenta las recomendaciones del IGAC (IGAC, 2020) y se realizaron los análisis fisicoquímicos disponibles en el Laboratorio. Con toda esta información se elaboró la Descripción final, lo que sirvió de primer parcial. A continuación, en la figura 1 se observan imágenes de esta fase.



Figura 1. Imágenes Fase 1. Muestreo, Análisis y Descripción. Fuente: UniSalle, 2020

Fase de Impacto. En esta fase, debido a que el país no cuenta con normatividad específica, se analizaron a nivel internacional las normas de los países de América Latina que cuentan con ellas y se establecieron los contaminantes más comunes en la región, así como los valores límite permisibles. Posteriormente se seleccionaron aquellos con los cuales contaba el laboratorio de la universidad y se realizaron las asignaciones a los diferentes grupos. Posteriormente se solicitó una evaluación de las formas impacto en suelo más comúnmente encontradas y a través de artículos científicos se identificaron las fuentes típicas de dichos impactos en suelo. Con ello se escaló un experimento para poner en contacto los suelos y los contaminantes “tipo real”. Una vez realizada esta práctica, se volvieron a analizar las propiedades del suelo para determinar cambios en el recurso. Con el fin de tener datos mucho más específicos se identificaron las especies formadas a partir del tóxico haciendo uso de modelos de especiación. Con lo anterior se garantizaban condiciones reales del impacto realizado. Esta parte constituyó el siguiente parcial. En la figura 2 se aprecian las imágenes de esta fase.



Figura 2. Imágenes Fase 2. Impacto. Fuente: Unisalle, 2019

Fase de Remediación. Se revisaron teóricamente las diferentes técnicas de remediación de suelos, desde su método, costos, área y operación. Posteriormente los estudiantes realizaron una matriz de evaluación de alternativas para seleccionar el método a seguir para el tratamiento, posteriormente lo escalaron a nivel de laboratorio y lo llevaron a la práctica en el laboratorio. Se realizó un formato de seguimiento, donde se identificaban las características fisicoquímicas a seguir y al diseño se le realizaron dos seguimientos. Con estos valores se establecieron las eficiencias de remediación. En la Figura 3 se aprecian imágenes de la remediación realizada.



Figura 3. Imágenes Fase 2. Remediación. Fuente: Unisalle, 2019

3. Resultados

La intervención realizada fue novedosa para los estudiantes ya que se iban los explicando los conceptos en la práctica directamente, donde el trabajo de campo y laboratorio direccionaba la búsqueda y consulta de la información teórica, esto en la Fase de Diagnóstico y hasta mediados de la Fase de Impacto ocasionó en los estudiantes dificultad en su comprensión, tardaron en entender el problema de estudio y poder llevarlo a escala real. Inconscientemente buscaban hacer una separación entre la teoría y la realidad. Lograr reproducir todas las variables en el escalamiento del problema real también fue difícil de conceptualizar en ellos, ya que dejaban variables de lado, ni siquiera las tomaban en cuenta y al momento de llevarlas a la práctica se daban cuenta que eran necesarias y les tocaba volver a los cálculos, lo que en su momento causó frustración; por otro lado el hacer que se imaginaran la escala a la realidad fue otra situación que tuvo que manejarse de manera individual mediante refuerzos con ejercicios para lograr la comprensión. Se observó que manejan muy bien y fácilmente la teoría, pero al momento de explicarla en condiciones reales se presentaban dificultades, por otro lado, en la etapa final se les indicó explicar su proceso a la comunidad mediante una nota periodística en forma entendible para la población en general y allí también hubo dificultad sobre todo en que manejaran el tema sin tener el lenguaje técnico. Hubo muy buena estimación de costos, pero se observó que para enriquecer el trabajo es importante la sinergia con otras áreas y profesores como los de economía e ingeniería de proyectos. Por último, es de destacar que el tema de agua lo tienen muy claro en su mente y quieren trasplantar ello al estudio de la remediación de suelo, que ha de manejarse de diferente manera, en los estudiantes ocasiona un choque conceptual al trabajar con sistemas multicomponentes como el suelo.

4. Conclusión

Es muy importante contextualizar a los estudiantes en situaciones reales similares a las que ellos van a encontrar una vez salgan de la universidad y fomentar en ellos retos de autonomía y a la vez de colaboración, ya que el tema de estudio del recurso suelo implica necesariamente una interdisciplinaria. Lo anterior exige aproximarse al tema de estudio con una mente amplia que obliga del entendimiento de otros lenguajes como los de la biología. Por otro lado, es muy importante que se tenga en cuenta que en especial en el tema de contaminación de este recurso, el carecer de un marco normativo propio en Colombia, implica una multivariedad de información disponible que hace necesaria la utilización de técnicas de selección y evaluación de alternativas para lograr un mejor acercamiento al contexto real.

5. Agradecimientos

A la Universidad de La Salle por la todo el apoyo y recursos brindados para el proyecto.

Al IGAC, CAR y FAO por su todo su apoyo en compartir la información que desde las diferentes instituciones manejan.

A los estudiantes de los Cursos de Prevención y Control de la Contaminación del Suelo II Ciclo 2019 y I Ciclo 2020

6. Referencias

1. IGAC. (2020). IGAC. Obtenido de www.igac.gov
2. MinAmbiente, 50 (Por el Cual se Modifica el Decreto 1076 de 2015 16 de enero de 2018).
3. MinAmbiente. (2020). Suelo. Obtenido de MinAmbiente: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/sostenibilidad-sectores-productivos/suelos>
4. Unisalle. (2019). Prevención y Control de la Contaminación del Suelo II Ciclo 2019. Bogotá, Colombia.
5. UniSalle. (2020). Prevención y Control de la Contaminación del Suelo I Ciclo 2020. Bogotá, Colombia.
6. Unisalle. (2020). *Universidad de La Salle*. Obtenido de Pregrado Ingeniería Ambiental y Sanitaria: <https://www.lasalle.edu.co/ingenieria-ambiental-sanitaria>

Sobre los Autores

- **Rosalina González Forero** (rogonzalez@unisalle.edu.co) es Investigadora y Docente Titular de la Universidad de La Salle, Coordina la Línea de Investigación en Estudios Agrarios y Ambientales del Doctorado en Agrociencias, así como la Línea Curricular de Recurso Suelo del Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Es PhD en Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Delaware, MSc en Ingeniería Ambiental, MSc en Tecnología Educativa, Especialista en Gestión Gerencial, Pedagogía e Investigación Criminal, así como Ingeniera Química de la UNAL.

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

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)