



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Aplicación experimental desde las unidades de estudio de química general y gestión de proyectos para la caracterización química y medioambiental en matrices urbanas con estudiantes de la facultad de Ingeniería de la Universidad Ean

Diana Angélica Varela Martínez

**Universidad Ean
Bogotá, Colombia**

Resumen

Un aspecto fundamental de los procesos de enseñanza aprendizaje dentro de las Ingenierías y las ciencias, es lograr que la formación de los profesionales futuros cuente con un perfil de destrezas, conocimientos, visión academia, habilidades que los haga competentes para afrontar los retos y hacer ingeniería para beneficio de la humanidad. Además de esto, es lograr que la integración de estos conocimientos tenga un significado y aplicación con los diferentes problemas que se pretenden solucionar como Ingenieros. Esta propuesta de enseñanza tiene como fin la integración de los conceptos de la química como ciencia en las prácticas de la Ingeniería. Se propone un problema que actualmente es de importancia y son los contaminantes medioambientales que juegan un papel fundamental en el desarrollo urbano y expansión de los territorios. Varios de estos contaminantes medioambientales como los plaguicidas, metales pesados, material particulado, entre otros, se usan en concentraciones más altas, incluso en áreas urbanas pequeñas, como céspedes, jardines, humedales y superficies impermeables, y como consecuencia de este uso indiscriminado, tanto extensivo como intensivo, en las zonas urbanas, la contaminación supone una grave amenaza para el medio ambiente, los organismos vivos y la seguridad alimentaria. Aunque el destino y los efectos ecológicos de los contaminantes medioambientales y sus residuos se han entendido a fondo en los suelos agrícolas, la información disponible en la literatura sobre el impacto de estos contaminantes en el medio ambiente urbano es muy limitada y fragmentada. De hecho, el destino y el comportamiento de los residuos de estos contaminantes en el entorno urbano son distintos de los de otros

ecosistemas, ya que los suelos de las zonas urbanas varían mucho en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas. Por lo tanto, la presente propuesta se desarrolló con estudiantes de Ingeniería de la unidad de estudio de química general y gestión de proyectos en la Universidad Ean, en donde con la aplicación experimental se realizaron algunas caracterizaciones de suelos como son pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), humedad higroscópica (HH) y Carbono orgánico total (COT) y así se determinaron características fisicoquímicas del suelo de acuerdo con la zona estudiada.

Palabras clave: enseñanza- aprendizaje; contaminantes medioambientales; suelos; matrices urbanas.

Abstract

A fundamental aspect of the teaching-learning processes within Engineering and Science is to ensure that the training of future professionals has a profile of skills, knowledge, academic vision, and skills that make them competent to face challenges and do engineering. for the benefit of humanity. In addition to this, it is to achieve that the integration of this knowledge has a meaning and application with the different problems that are intended to be solved as Engineers. This teaching proposal aims to integrate the concepts of chemistry as science into engineering practices. A problem that is currently of importance is proposed and they are the environmental pollutants that play a fundamental role in urban development and expansion of the territories. Several of these environmental pollutants such as pesticides, heavy metals, and particulate matter, among others, are used in higher concentrations, even in small urban areas, such as lawns, gardens, wetlands, and impervious surfaces, and because of this indiscriminate use, both whether extensive or intensive, in urban areas, pollution poses a serious threat to the environment, living organisms, and food security. Although the environmental fate and effects of environmental pollutants and their residues have been well understood in agricultural soils, the information available in the literature on the impact of these pollutants on the urban environment is very limited and fragmented. In fact, the fate and behavior of the residues of these pollutants in the urban environment are different from those of other ecosystems since the soils of urban areas vary greatly in terms of their physicochemical properties. Therefore, this proposal was developed with engineering students from the study unit of general chemistry and project management at Ean University, where with the experimental application some characterizations of soils were carried out, such as pH, cation exchange capacity (C.I.C), hygrosopic humidity (H.H) and total organic carbon (T.O.C) and thus physicochemical characteristics of the soil were determined according to the area studied.

Keywords: teaching-learning; environmental contaminants; soils; urban matrices

1. Introducción

Las actuales tendencias sociales, ambientales, económicas y políticas requieren que la educación se convierta en un proceso integral dentro y fuera de las escuelas y/o universidades, brindando conocimiento en ciencias básicas, ciencias humanas y ciencias económicas transversalizados, que respondan a las necesidades multiculturales y pluriculturales globales [1], [2]. Dando como



resultado, la necesidad de contar con profesionales que presenten competencias para solucionar los retos que hoy enfrentamos como humanidad. Por ello, surgen discusiones que evidencian la preocupación de hacer que, estos estudiantes lleven los conocimientos adquiridos a una solución de problemas reales, contando con la capacidad de trabajos en equipos sinérgicos con el objetivo de obtener los mejores resultados [2].

Las metodologías pedagógicas deben ser innovadoras; ocasionando que, los estudiantes presenten interés y motivación en la adquisición de nuevos conocimientos, dejando a un lado sentimientos negativos y/o emociones de disgusto que puedan afectar su rendimiento académico [3]. Dicho lo anterior, en los procesos de enseñanza actual se han diseñado e implementado estrategias pedagógicas como las aulas inversas, el aprendizaje basa en problemas, el aprendizaje basado en proyectos, el pensamiento de diseño y la gamificación [4], [5], que integradas con estrategias cotidianas como aprender haciendo, trabajo en equipo y enseñanza tradicional son estrategias que se deben implementar en la formación de estudiantes que entiendan las nuevas dinámicas globales del conocimiento [2], [6]. Estos cambios pedagógicos han sido alentados por organizaciones de índole internacional como las Naciones Unidas para la Educación integrando apartados de desarrollo sostenible en todos los dominios y niveles de educación [5].

Debido a esto, la Universidad Ean, ha buscado afianzar en su estructura educacional y pedagógica innovación en las prácticas educativas de enseñanza para responder a estos nuevos retos en la educación; proponiendo un enfoque de enseñanza basada en resolución de proyectos en cada uno de los programas académicos impartidos [7]. Este enfoque, tiene como objetivo principal realizar el trabajo en grupo sobre temas reales y de interés particular de cada estudiante. Además de, tener en los equipos de trabajo perfiles diferentes para lograr una multidisciplinariedad en la solución de problemas reales [8]–[10]. Esta diversidad ofrece grandes oportunidades de aprendizaje, además de lo conceptual, ya que los estudiantes trabajan en un ambiente global [1, 2]. Este enfoque ha sido fuertemente acogido para la enseñanza de ciencias básicas en la mayoría de las aulas académicas se ha centrado en metodologías experimentales, por su rigurosidad metodológica y por la aceptación de los conceptos validados en la comunidad científica [3]. Actualmente, existen nuevos desafíos disciplinarios y por consiguiente es necesario replantear y combinar estas estrategias pedagógicas para lograr en los estudiantes diferentes competencias que son necesarias para la vida profesional [2]. Con este desarrollo metodológico propuesto, se pretende desarrollar un aprendizaje de las ciencias básicas, específicamente de la química para estudiantes de Ingeniería basado en proyectos, en donde los estudiantes aplican sus conocimientos adquiridos para la solución de un problema en un contexto, en este caso medioambiental.

Dicho lo anterior, el siguiente estudio tiene como objetivo proponer una estrategia pedagógica vivencial-activa con estudiantes de diferentes programas académicos de la universidad Ean que están cursando las materias de química general y gestión de proyectos. Realizando una caracterización fisicoquímica de suelo en el húmeda Córdoba de la ciudad de Bogotá. Este espacio es propicio para fomentar la implementación de conocimiento transversalizado debido a la sensibilidad presentada en la matriz analizada y como esta puede ser fuertemente afectada por actividades antropogénicas que se realizan alrededor del ecosistema. En esta caracterización los estudiantes definirán pH, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), carbono orgánico total (C.O.T) y



humedad higroscópica que sumado a un trabajo en campo de observación permitirá al estudiante interpretar la realidad de este ecosistema en medio de una ciudad fuertemente urbanizada.

2. Objetivo general

Aplicar la metodología de aprendizaje basado en proyectos en las unidades de estudio de química general y gestión de proyectos desarrollando una caracterización fisicoquímica y medioambiental en matrices urbanas con estudiantes de la facultad de ingeniería de la universidad Ean.

3. Metodología de la investigación

En este apartado, se presenta la estructura que fue llevada a cabo en el proceso de investigación. Primero se presenta el problema e hipótesis de la investigación, segundo se hace una descripción de la metodología aplicada en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

3.1 Problema e hipótesis

Esta investigación fue una propuesta de innovación en el aula aplicada a estudiantes de la facultad de ingeniería y se plantea una forma de llevar a cabo los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias básicas para estudiantes de diferentes carreras de ingeniería, planteando estrategias de enseñanza innovadoras que están en la vanguardia para crear un panorama nuevo y prometededor en la educación [3], [6]. Se plantea desde el desarrollo experimental de la ciencia y con un enfoque en resolución de proyectos, que los estudiantes pongan en contexto la teoría para la solución de problemas reales como es el medio ambiente. Plantear la experimentación con un contexto o situación problémica y proyectado a resultados, con roles claros para la solución y presentación de resultados posibles.

3.2 Metodología

- Esta investigación, incluye un diseño e implementación de una metodología de aplicar las prácticas de laboratorio a un proceso experimental para la solución de un problema medioambiental.
- Se realizó la metodología y se definió las características fisicoquímicas en el suelo que los estudiantes debían analizar en el laboratorio, y pudieran aplicar los conocimientos y teorías a la aplicación de un problema real.
- Con ello, se escogió el humedal córdoba, situado en la localidad de Suba, en la ciudad de Bogotá, por grupos multidisciplinarios de trabajo que se desplazaron a la zona y realizaron la recolección de las muestras. Luego, siguiendo los protocolos experimentales y con la rigurosidad de los análisis procedieron a realizar las caracterizaciones físico- químicas de la matriz durante un periodo de 4 semanas.
- Los resultados de cada grupo fueron socializados y presentados de acuerdo con los criterios de calidad y análisis químico de cada punto muestreado en la zona de caracterización de suelo que se realizó.



Los participantes fueron estudiantes de primer semestre de los programas de ingeniería de la Universidad que estuvieran cursando la unidad de estudio de química general y estudiantes de 7 semestre que estuvieran cursando la unidad de estudio de gestión de proyectos. En total, participaron alrededor de 90 Estudiantes.

4. Resultados

Para el desarrollo del proyecto se contaron con estudiantes de primer semestre de los programas de ingeniería (ingenierías energías, ingeniería ambiental, ingeniería de sistemas, ingeniería química e ingeniería mecatrónica) que cursaban la unidad de estudio de química general y de séptimo semestre que cursaban la unidad de estudio de gestión de proyectos. En total se contaron con alrededor de 90 alumnos inscritos a la facultad de ingeniería de la Universidad Ean. Estos estudiantes fueron guiados y capacitados en metodologías para la recolección de muestras de suelos en ecosistemas estratégicos situados en grandes centros urbanos (Humedal Córdoba, localidad de Suba). Siendo este, el primer acercamiento a situaciones problemáticas reales en el campo de la ingeniería; permitiendo así, dar una perspectiva inicial al estudiante, de los retos venideros a lo largo de la formación educativa profesional. Cabe destacar que, alumnos de programas como ingeniería de sistemas y mecatrónica evidenciaron la importancia de desarrollar y apoyar investigaciones transversalizadas que les permitirá evaluar la integración de paradigmas de desarrollo sostenible en sus campos de acción. Además, de iniciar un proceso de transformación de perspectiva, que fomente la estructuración de soluciones basados en la naturaleza como unidad funcional sinérgica del planeta en sus diferentes campos de acción.

La toma de muestras se realizó en el Humedal Córdoba en el área que se encuentra entre la Avenida Suba y la Calle 117d. Esta sección en particular del ecosistema está fuertemente afectada por el ingreso de aguas residuales permitiendo a los estudiantes visualizar la interacción de actividades antropogénicas con el deterioro de franjas naturales. La zona de muestreo fue delimitada por un polígono irregular de 2.335 m² y aproximadamente a 106.35 m lineales del cuerpo de agua principal del humedal. En esta sección se realizaron 8 puntos de muestreo de suelo distribuidos de manera aleatoria. Los puntos de muestreos fueron analizados con un mínimo de 3 repeticiones (n=3). Sin embargo, estas repeticiones se realizaron por grupos de estudio diferentes (imagen 1). Esto con la finalidad de incentivar un dialogo entre los alumnos al evidenciar posibles sesgos en los resultados, promoviendo la capacidad de comunicación asertiva y objetiva necesaria en los profesionales actuales [4] en escenarios de desarrollo de proyectos y particularmente en prácticas analíticas de laboratorio.



Imagen 1. Recolección de muestras de suelos en el Humedal Córdoba.



Esta actividad dio como resultado la integración activa por parte de los estudiantes, demostrando sentimientos positivos referente a la adquisición e implementación de conocimiento de ciencias básicas en contextos medio ambientales reales y cercanos, alterados por actividades humanas. Este tipo de actividades como lo han mencionado varios autores permite generar en el alumno una participación en el desarrollo de los contenidos de las unidades de estudio. Por otra parte, se acerca al estudiante a la realidad de los ecosistemas y como desde una visión integral y transversalizada con pequeñas, medianas y grandes acciones se pueden efectuar cambios sustanciales en ecosistemas de vital importancia natural como lo son los humedales en medio de grandes centros urbanos. Como se mencionó anteriormente, este tipo de actividades ocasiono un impacto positivo en los grupos de trabajo, contando con comentarios como *“el salir de las aulas de clases y tanta teoría nos permite entender la realidad de las ciudades, el campo y los ecosistemas implementando los conocimientos que estamos adquiriendo”* y *“es impresionante ver como actividades “pequeñas” como el agua que sale de nuestras casas, puede afectar de manera sustancial a los humedales y me emociona que, desde lo que voy hacer en el laboratorio y lectura adicional podre saber si esa contaminación hídrica a afectado el suelo en el que estamos ubicados”*.

Por otra parte, los equipos de trabajo iniciaron la caracterización fisicoquímica de las muestras de suelos recolectadas por cada uno de ellos. Este escenario en especial les permitió practicar e implementar los conocimientos en ciencias básicas adquiridos a lo largo del semestre y su formación profesional. Para ellos, fue gratificante que múltiple teoría como separación de muestras, estequiometría, concentraciones y otros conocimientos podían ser implementados de manera eficiente en las muestras que recolectaron (imagen 2). Uno de los estudiantes manifestó *“en algún momento pensé que todo lo que habíamos leído no se podía implementar, sin embargo, hasta con un proceso tan simple como tamizar el suelo estoy recordando, estudiando y afianzando la teoría de separación de mezclas”*. Este tipo de propuestas permite a los alumnos romper la tendencia de satanización de las ciencias básicas (matemática, química y física), identificando su rol para la construcción de escenarios resilientes y la integración de paradigmas de desarrollo sostenible como reto para la ingeniería.

Imagen 2. Análisis den laboratorio de las muestras de suelos.



Estas prácticas de laboratorio género que los grupos de trabajo desarrollaran habilidades blandas que se visualizan en las metodologías de enseñanza innovadoras y tradicionales. Por ejemplo, los efectos de titulaciones y cambios de viraje le permiten al estudiante aprender de manera diferente como la mezcla de dos reactivos mediante proporciones equiparables y definiciones metodológicas pueden aportar a la identificación de analitos particulares como el carbono orgánico total (C.O.T). Lo más prometedor de este tipo de prácticas y que motiva al estudiante es como visual y sensorialmente pueden recopilar y entender información que posteriormente podrán utilizar en la entrega de resultados. Del mismo modo, se incentivó al trabajo colaborativo, lectura (lectura de guías y procesos metodológicos), utilización adecuada de espacios y utensilios en el laboratorio ente otros. Una vez finalizada las practicas, los estudiantes se encontraron con el reto de como analizar, discutir y entregar cada uno de sus resultados. Ocasionando que, los grupos de trabajo que contaron con mismos puntos de muestreo implementaran estrategias de aprendizaje integral y transversalizado. Permitiendo así, a los estudiantes de programas como ingeniería en sistemas el diseño de una página web que permitirá la visualización de los datos y/o el diseño de macros en Excel que facilitará la recolección y cálculo de valores (tabla 1).

Tabla 1. Entrega y visualización de resultados por parte de los grupos de trabajo.

PUNTO DE MUESTREO NO. 2 (HUMEDAL CÓRDOBA)		
COORDENADAS DEL MUESTREO:4°42'10.0"N 74°04'12.6"W		
Analito	Valor	Unidades
pH	5,42	pH
Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)	30,16	meq/100g
Carbono orgánico total (C.O.T)	1,075	%
Humedad higroscópica	55,78	%
Integrantes		
Alejandro Linares, Pablo Velandia y Gilberto Cachaya		

PUNTO DE MUESTREO NO. 2 (HUMEDAL CÓRDOBA)

COORDENADAS DEL MUESTREO: 4°42'10.0"N 74°04'12.6"W

Analito	Valor	Unidades
pH	5,28	pH
Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)	26,12	meq/100g
Carbono orgánico total (C.O.T)	1,34	%
Humedad higroscópica	48,49	%

Integrantes
Ciro Mora, Madison Castro, William García y Samuel Borja

Como se evidencia en la tabla 1 los resultados no son completamente análogos lo que generó en los grupos de trabajo un proceso de sustentación y socialización de los posibles factores que afectaron el cálculo de los valores numéricos. Este tipo de estrategia se implementó como actividad de cierre, formando en los alumnos un sentimiento de positivismo y participación activa al ser una sustentación diferente a los escenarios a los que se habían enfrentado anteriormente [2], [3]. Este tipo de actividades respondió claramente a los objetivos de enseñanza basada en proyectos fomentando en los estudiantes la integración de herramientas analíticas, sociales y ambientales que permitiera justificar cada uno de los resultados. Adicionalmente, la propuesta pedagógica fue aceptada de manera asertiva como propuesta metodológica integral que les permite palpar la realidad y el reto que enfrenta hoy la ingeniería y es interpretar de manera acertada la necesidad de las comunidades y los espacios. Por otra parte, el proyecto permite mejorar las capacidades blandas y técnicas de los estudiantes en diferentes intervalos educativos generando el apropiamiento de cada una de sus formaciones educativas y participación de espacios particulares adicionales como semilleros de investigación.

5. Conclusiones

La implementación y desarrollo de modelos educativos pedagógicos poco convencionales sumado a estrategias tradicionales es uno de los principales retos que se enfrentan la educación superior en todos los programas académicos. Es por ello, que el incentivar y propiciar la adquisición de conocimiento integral y transversalizado en los diferentes campos de acción fomenta la consolidación de soluciones pensadas en atender la necesidad de las comunidades enfatizando la integración de paradigmas de desarrollo sostenible. Esto da como resultado, percibir en el estudiante actitudes positivas frente al conocimiento técnico y humano potenciando así cada una de sus dimensiones profesionales y blandas con la capacidad de interpretar y adaptar conocimiento en los diferentes contextos medioambientales, sociales, económicos y políticos. Finalmente, esta transición pedagógica requiere del acompañamiento continuo de los docentes y los órganos administrativos de los centros educativos, provocando un cambio poco abrupto en los procesos organizacionales educativos y siendo ejemplo de resiliencia e innovación pedagógica.



Referencias

- [1] Félix-Herrán, L. C.; Izaguirre-Espinosa, C.; Parra-Vega, V.; Sánchez-Orta, A.; Benitez, V. H. and Lozoya-Santos, J. D. J. (2022). A Challenge-Based Learning Intensive Course for Competency Development in Undergraduate Engineering Students: Case Study on UAVs. *Electronics*, Vol. 11, No. 9, pp. 1–25.
- [2] Zamora-Polo, F.; Corrales-Serrano, M.; Sánchez-Martín, J. and Espejo-Antúnez, L. (2019). Nonscientific university students training in general science using an active-learning merged pedagogy: Gamification in a flipped classroom. *Education science*, Vol. 9, No. 4, p. 297.
- [3] Haatainen, O.; Turkka, J. and Aksela, M. (2021). Science teachers' perceptions and self-efficacy beliefs related to integrated science education. *Education science*, Vol. 11, No. 6, p. 272.
- [4] Pelger, S. and Nilsson, P. (2018). Observed learning outcomes of integrated communication training in science education: skills and subject matter understanding. *International Journal of Science Education, Part B*, Vol. 8, No. 2, pp. 135–149.
- [5] Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development - justifications, models, practices and perspectives. *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 11, No. 1, pp. 149–158.
- [6] Rodríguez, M.; Díaz, I.; Gonzalez, E. J. and González-Miquel, M. (2018). Motivational active learning: An integrated approach to teaching and learning process control. *Education for Chemical Engineers*, Vol. 24, pp. 7–12.
- [7] Universidad Ean (2019) Modelo educativo, formación en competencias.
- [8] Nicolás A. M. B. and Ramos, P. R. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos: Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, Vol. 40, No. 163, pp. 109–122.
- [9] Morales, P. T. and García, J. M. S. (2018). Project-based learning: A university experience. *Profesorado, J. M. J. M.* Vol. 22, No. 2, pp. 471–491.
- [10] Galeana, L. (2016). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, Vol. 1, No. 27, pp. 1–17.

Sobre los autores

- **Diana Angélica Varela Martínez:** Licenciada en Química, Especialista en análisis químico instrumental, Máster en Ciencias, Doctor en Química de Universidad de la Laguna, Profesor titular. davarela@universidadean.edu.co

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

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

