



Desarrollo de la competencia de indagación mediante la articulación del laboratorio físico y virtual en contexto escolar

Development of the inquiry competence through the articulation of the physical and virtual laboratory in the school context

Desenvolvimento da competência investigativa através da articulação do laboratório físico e virtual no contexto escolar

Jesús Mauricio Campo Bolaños¹
Miyerdady Marín Quintero²

Resumen

El estudio se propone desarrollar la competencia de indagación en 16 estudiantes de grado décimo de una institución educativa rural mediante la articulación del laboratorio físico y virtual como estrategia didáctica. Las fases del procedimiento investigativo cualitativo son: 1. Determinación del nivel de la competencia de indagación en los estudiantes; 2. Diseño e implementación del plan de actividades en el laboratorio físico y virtual en la resolución de un problema del contexto cotidiano vinculado al aprovechamiento de la pulpa de café para la obtención de biogás en un biodigestor casero; 3. Valoración final del desarrollo de la competencia de indagación en estudiantes. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los estudiantes evaluados con la prueba diagnóstica, presentan el nivel más bajo de la competencia de indagación, en contraste, luego de la propuesta de intervención pedagógica logran progresos lentos hacia niveles superiores desarrollando habilidades propias de la indagación científica. Se concluye que la participación de los estudiantes en la realización de actividades experimentales con nivel de indagación guiada y abierta en ambientes de laboratorio físico y virtual favorece el desarrollo de habilidades investigativas necesarias para hallar solución a problemas cotidianos vinculados con las ciencias.

Palabras clave. Indagación, laboratorio físico, laboratorio virtual, proceso biotecnológico, pulpa de café.

¹ Institución Educativa Nuestra Señora del Carmen Rosas Cauca. Correo: campo.jesus@correounivalle.edu.co

² Universidad del Valle. Correo: miyerdady.marin@correounivalle.edu.co



Summary

The study aims to develop the inquiry competence in 16 tenth grade students from a rural educational institution through the articulation of the physical and virtual laboratory as a didactic strategy. The phases of the qualitative investigative procedure are: 1. Determination of the level of the inquiry competence in the students; 2. Design and implementation of the plan of activities in the physical and virtual laboratory in solving a problem of the daily context linked to the use of coffee pulp to obtain biogas in a home biodigester; 3. Final assessment of the development of the inquiry competence in students. The results obtained show that the majority of students evaluated with the diagnostic test present the lowest level of inquiry competence, in contrast, after the pedagogical intervention proposal, they make slow progress towards higher levels, developing skills typical of scientific inquiry. It is concluded that the participation of students in carrying out experimental activities with a level of guided and open inquiry in physical and virtual laboratory environments favors the development of investigative skills necessary to find solutions to everyday problems related to science.

keywords. Inquiry, physical laboratory, virtual laboratory, biotechnological process, coffee pulp.

Resumo

O estudo tem como objetivo desenvolver a competência investigativa em 16 alunos do décimo ano de uma instituição de ensino rural por meio da articulação do laboratório físico e virtual como estratégia didática. As fases do procedimento investigativo qualitativo são: 1. Determinação do nível de competência investigativa dos alunos; 2. Desenho e implementação do plano de atividades no laboratório físico e virtual na resolução de um problema do contexto cotidiano ligado à utilização de polpa de café para obtenção de biogás num biodigestor doméstico; 3. Avaliação final do desenvolvimento da competência investigativa dos alunos. Os resultados obtidos mostram que a maioria dos alunos avaliados com o teste diagnóstico apresenta o nível mais baixo de competência investigativa, ao contrário, após a proposta de intervenção pedagógica, avançam lentamente para níveis superiores, desenvolvendo habilidades típicas da investigação científica. Conclui-se que a participação dos alunos na realização de atividades experimentais com nível de investigação guiada e aberta em ambientes físicos e virtuais de laboratório favorece o desenvolvimento de



habilidades investigativas necesarias para encontrar soluciones para problemas cotidianos relacionados a ciencia.

palabras claves. Investigación, laboratorio físico, laboratorio virtual, proceso biotecnológico, polpa de café.

Introducción

Desde hace varios años en la enseñanza de las ciencias, se vienen promoviendo estrategias que permiten contribuir al logro de propósitos como promover el acceso al conocimiento, la ciencia, a la técnica, fomentar la investigación, la promoción en la persona y la sociedad para crear, investigar y adoptar tecnologías (Franco, 2020). Desde un enfoque cuya base es el desarrollo de competencias se plantea que es fundamental que el aprendizaje de los estudiantes no se limite a adquirir unos conocimientos teóricos, sino que trasciendan a la capacidad para poner en práctica de manera integrada los conocimientos, las habilidades y las actitudes, en contextos y situaciones diversas (Ferres et. al, 2015), de manera que aporten en el desarrollo personal, en la solución de problemáticas reales generadas en sus contextos sociales y en el acercamiento al ámbito de la educación superior y el mercado laboral.

Para Caamaño (2012), es necesario realizar un proceso de contextualización de las ciencias, esto con el objetivo de alcanzar las competencias científicas en los estudiantes, propone entre otros factores, la indagación como estrategia de enseñanza-aprendizaje y como contenido para aprender la naturaleza de las ciencias. Por su parte, Sala et. al, (2012), establecen que la competencia de indagación hace referencia directa a aprender métodos de trabajo y estrategias para resolver problemas de forma eficaz. Martin - Hansen (2002), plantea cuatro tipos de indagación: abierta, guiada, acoplada y estructurada. (Ferres et. al, 2015, 2017) proponen una rúbrica que permite identificar las capacidades que muestran los bachilleres y establecer el nivel de desarrollo de la competencia de indagación.

Por otra parte, Fay et. al, (2007) diseñaron una rúbrica que permite identificar el nivel de indagación que tienen las prácticas de laboratorio como estrategia de enseñanza de las ciencias. Se entiende el laboratorio como un ambiente de aprendizaje desde la perspectiva de pequeñas investigaciones dirigidas, en el que se reconocen las condiciones del espacio físico y recursos materiales para el trabajo individual-grupal, ligados al desarrollo psicosocial, y a la relación contexto y aprendizaje.



Ante el uso de las TIC en la clase de ciencias, el laboratorio virtual se reconoce como entorno educativo de tendencia actual dadas las posibilidades que brindan a la implementación de estrategias innovadoras de medios y herramientas tecnológicas diferentes a las utilizadas en los laboratorios físicos. Amaya (2009) aporta en la identificación de las potencialidades y limitaciones de cada tipo de laboratorio.

Este estudio se centra en desarrollar la competencia de indagación en estudiantes de grado décimo de una institución educativa rural (Rosas, Cauca) mediante la articulación del laboratorio físico y virtual como estrategia didáctica. Esta problemática surge como una necesidad educativa que se sustenta en dificultades asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales: Las planificaciones de la enseñanza y la práctica docente no se lleva a cabo el desarrollo de las competencias en ciencias, los profesores manifiestan dificultades de formación para la enseñanza por competencias científicas, el escaso uso del laboratorio físico y con prácticas basadas en la información de los libros, ausente uso del laboratorio virtual, además enseñanza descontextualizada. En cuanto al aprendizaje se evidencian bajos resultados de pruebas internas y externas (pruebas saber 11) que evalúan la competencia de indagación en los estudiantes, poco interés y desmotivación hacia el aprendizaje de las ciencias.

Metodología

La investigación con enfoque cualitativo, de carácter descriptivo y transversal. El procedimiento investigativo consta de tres fases: 1. Explicitación, se determina el estado inicial de la competencia de indagación en los estudiantes (previa). 2. Diseño e implementación de la propuesta de intervención pedagógica. 3. Evaluación, se valora el desarrollo de la competencia de indagación (posterior). Las técnicas e instrumentos de recolección de la información usadas: la observación participante, la revisión de documentos (informes de práctica) y rúbrica analítica adaptada (Ferres, et al. 2015, 2017); son complementarios y permitieron distinguir diferentes niveles de aprendizaje. Para determinar el nivel de la competencia de indagación se usa la rúbrica que ofrece una escala ordinal de niveles de indagación NPTAI (acientífico, precientífico, indagador incipiente, indagador inseguro, indagador), que cuenta con unas categorías las cuales evalúan el desempeño en las habilidades que se desarrollan y que son propias de la competencia. El instrumento utilizado es un test que consta de 9 preguntas abiertas: las preguntas 1 y 8 (Recogida y procesamiento de datos); las preguntas 2, 6 y 7 (Análisis de datos y obtención de conclusiones); la pregunta



3 (Formulación de problemas); la pregunta 4 (Formulación de hipótesis); la pregunta 5 (Identificación de variables) y la pregunta 9 (Planificación de una investigación).

El escenario investigativo es una Institución Educativa rural y pública del municipio de Rosas (Cauca) con población estudiantil campesina que basa su actividad económica familiar en el cultivo del café. Los participantes son 16 estudiantes (14 - 16 años) de grado décimo.

La planeación de la propuesta de intervención pedagógica involucra el diseño de la *pequeña investigación dirigida* la cual inicia reconociendo la realidad cercana, los intereses y las experiencias de los estudiantes, lo cual conllevó a considerar problemáticas de la cotidianidad que afectarían la vida y el ambiente y que se relacionan con los contenidos de ciencias. En un ejercicio de diálogo con los estudiantes se proponen varias problemáticas de las cuales se selecciona un problema en común, que consiste en la acumulación de grandes cantidades de pulpa de café (subproducto considerado desecho en la etapa del despulpado del fruto) en las fincas cafeteras familiares que constituye un foco de infección por los malos olores y el ambiente propicio para pequeños animales y microorganismos.

A partir de este problema se plantearon algunos intereses sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por la actividad del cultivo del café. Los estudiantes luego de realizar consultas conocen el uso de la pulpa en la generación de energía limpia. Es así, como se propone el eje temático “la producción de energía renovable” siendo uno de los contenidos de biotecnología propuesto por la Unesco (Roa, 2010), seleccionándose para la enseñanza el proceso biotecnológico de la biodigestión, a través del cual se estudia la obtención de biogás a partir de los residuos de pulpa de café.

El biogás, es, por lo tanto, un producto que se obtiene a partir de un proceso de descomposición anaerobia de la materia prima (pulpa de café) con la acción de microorganismos especializados en la degradación de sustratos orgánicos como los residuos generados a partir de las actividades agrícolas (Cassanovas, et. al, 2019). El biogás producido es una mezcla de diferentes sustancias gaseosas principalmente CO₂, CH₄ y en una menor proporción H₂S.

Respecto al proceso metodológico que orienta la realización de la pequeña investigación dirigida en el laboratorio escolar consta de seis etapas como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Etapas del proceso metodológico de la pequeña investigación en el laboratorio escolar y las habilidades propias de la competencia de indagación



Fuente. Adaptado de Guzmán y Marín (2016)

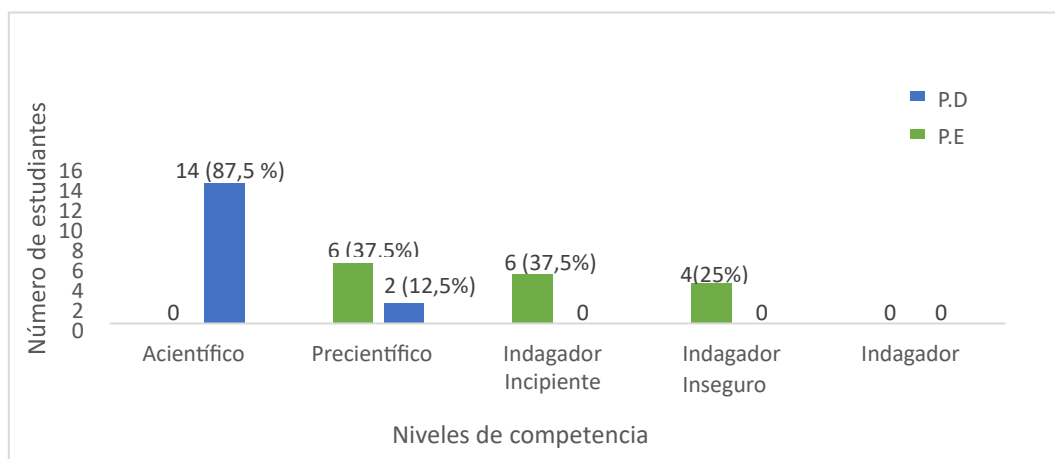
Para su aplicación se diseñaron siete guías como recurso didáctico que orientan la implementación de las actividades de aprendizaje en el laboratorio (físico y virtual). El uso del laboratorio físico fue fundamental para el proceso de construcción y ensayos de funcionamiento del biodigestor y posterior uso en la experimentación para la obtención del biogás. El uso del laboratorio virtual se hizo a partir de la plataforma en línea Cloud Labs con tres simuladores que abordan como temas: el diseño de una fermentación, la influencia de variables físicas en los procesos biotecnológicos y el análisis de producción de metabolitos en las etapas de vida de un microorganismo. Adicional a ello, los estudiantes también usaron la plataforma Make Code para diseñar un programa de simulación sencillo que le permita a la herramienta tecnológica Microbit actuar como un termómetro, para determinar la temperatura óptima del proceso de biodigestión, además indicar como se afecta este proceso cuando esta variable cambia.



Resultados y discusión

Los resultados obtenidos, a pesar de referirse a una muestra reducida de estudiantes, permiten afirmar que hay una incidencia positiva de la metodología didáctica sobre el desarrollo de la competencia indagación en los estudiantes (figura 2). La prueba diagnóstica evidencia que la gran mayoría se encuentran en un nivel acientífico (87,5%) y pocos en el precientífico (12,5%), en contraste, los resultados de la prueba evaluativa muestran que no hay estudiantes en el nivel acientífico y han logrado avances hacia niveles superiores: precientífico (37,5%), indagador incipiente (37,5%) e indagador inseguro (25%).

Figura 2. Resultados de análisis Rúbrica NPTAI. Prueba diagnóstica (PD) y evaluativa (PE)



Fuente propia.

En el proceso de realización de la práctica como pequeña investigación se puede evidenciar en cada fase algunos hallazgos y dificultades detectadas en los estudiantes respecto a las habilidades analizadas. En la fase pre-trabajo de laboratorio en la etapa 1 (descripción del fenómeno identificación y análisis de la situación problema) la observación y la experiencia directa de los hechos o fenómenos, sin modificarlos ni actuar sobre ellos, permitió a los estudiantes obtener conocimiento empírico relevante para identificar como problemático los efectos en el ambiente y salud de la descomposición de la pulpa de café al aire libre. En la etapa 2 (formulación de la hipótesis y selección de variables) y la etapa 3 (diseño y discusión del método experimental) se detectaron las mayores dificultades en estas habilidades particulares, lo que ha sido reportado en investigaciones recientes (Ferres et al, 2015). El uso de los simuladores aportó al reconocimiento de los factores y variables asociados a la



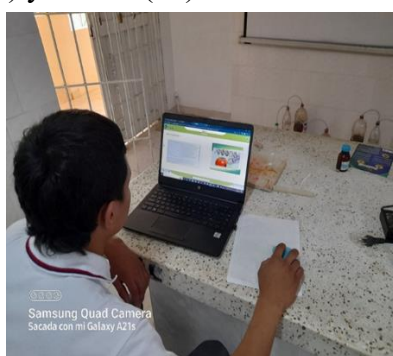
fermentación y a la actividad microbiana en dicho proceso. Sin embargo, los estudiantes requirieron mayor acompañamiento y guía del profesor en el diseño experimental para la obtención del biogás a partir de la pulpa.

En la etapa 4 el proceso de experimentación realizada en el entorno real y virtual (imagen 1) a través del conjunto de acciones que gracias al uso de una variedad de recursos de tipo natural (pulpa y estiércol de cerdo) y artificial: materiales (biodigestor) y herramientas tecnológicas (simuladores y Microbit) se brindaron experiencias prácticas que facilitaron el estudio de los fenómenos (desde lo macro a lo micro y viceversa), además de la profundización de los contenidos teóricos necesarios para comprender el proceso biotecnológico. El uso del simulador y de la Microbit fue importante para el estudio del comportamiento de la temperatura (variable) en la producción del biogás.

Imagen 1. Estudiantes en laboratorio físico (1a) y virtual (1b)



(1a)



(1b)

Fuente. Propia

En la fase post-laboratorio (etapas 5 y 6) se destaca en el análisis y la comunicación de los resultados la satisfacción percibida en los estudiantes cuando al participar en una Feria de ciencias local comparten su experiencia formativa a la comunidad y a autoridades cafeteras donde comunican la manera de producir energía renovable (biogás) en el laboratorio escolar a partir del aprovechamiento de la pulpa de café, mostrando los posibles beneficios ambientales, sociales y económicos para las familias campesinas, cuando expresan en sus conclusiones: *“el proceso ayudó a comprender que en esta zona cafetera se le puede dar un buen uso a los residuos orgánicos, y no que fueran desechados como la pulpa de café, dándole solución a la problemática que por mucho tiempo ha estado presente y que como consecuencia genera la contaminación de las fuentes hídricas”*, así mismo, *“... motivar a*



los caficultores a generar ingresos no sólo con la producción de café sino también con un buen uso de la pulpa como materia prima”.

Conclusiones

El diagnóstico muestra que los estudiantes presentan niveles bajos en cuanto al desarrollo de la competencia de indagación en ciencias. Posterior a la intervención pedagógica se observan progresos lentos en el avance a niveles superiores. Esto se evidencia con los resultados obtenidos de la prueba evaluativa. En este caso, se observa como los estudiantes pasan del nivel más bajo en cuanto al desarrollo de la competencia de indagación que es el nivel acientífico, y se ubican en niveles superiores como el precientífico, el de indagador incipiente e indagador inseguro.

En cuanto a la implementación de la estrategia pedagógica, es alentador encontrar que los estudiantes mostraron mayor interés y motivación hacia el aprendizaje en ciencias, siendo un aspecto positivo a considerar en las próximas planeaciones didácticas el empleo de prácticas como pequeñas investigaciones y la estrategia de articular el laboratorio físico y virtual para renovar la enseñanza de las ciencias en la institución educativa y continuar así en la mejora de las habilidades propias de la competencia de indagación, como son, formular problemas investigables, formulación de hipótesis, identificación de variables, diseño de experimentos, análisis de datos y formulación de conclusiones.

El uso de las guías para orientar el proceso indagatorio fue acertado y la rúbrica utilizada como instrumento de evaluación formativa permitió hacer seguimiento detallado a las habilidades de los estudiantes, permitió identificar las dificultades en el proceso indagatorio y realizar un acompañamiento oportuno (individual y grupal), además para hacer los ajustes que sean necesarios en las actividades de aprendizaje.

Una dificultad que se logró detectar en cuanto al desarrollo de los dos tipos de laboratorios, físico y virtual, es el tiempo, ya que para empezar a obtener los resultados que se pretenden durante el trabajo en el laboratorio físico, este es bastante largo, comparado con el tiempo que se utiliza para resolver las prácticas virtuales. Esta situación, empieza a generar serias dificultades en algunos estudiantes, pues estos al no ver resultados de forma inmediata, empiezan a perder un poco el interés sobre el trabajo que se está realizando. Para controlar este tipo de situaciones, es muy importante el diálogo constante que se debe tener con los estudiantes, que entiendan que todo hace parte de un proceso y que, para obtener unos buenos resultados, es importante desarrollar en ellos, algunas virtudes como la paciencia y la tolerancia.



Referencias

- Amaya, G. (2009). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física. *El Hombre y la Máquina*, (33), 82-95.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique*. 70, 83-91.
- Cassanovas, G., Reymundo, F., y Roberto, S. (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Colección Documentos Técnicos N° 12. ONU para la alimentación y la agricultura, 1-74.
- Fay, M., Grove, N., Towns, H., y Bretz, S. (2007). A Rubric to Characterize Inquiry in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 212-219.
- Ferres, G., Marba, T., y Sanmartí, P. (2015). Trabajos de Indagación de los Alumnos: Instrumentos de Evaluación e Identificación de Dificultades. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de Ciencias*, 12(1), 22-37.
- Ferrés, G., y Marba, T. (2017). Evaluación de Habilidades de Indagación. *Enseñanza de las ciencias*, n° Extra, 1241-1248.
- Franco, Z. (2020). La Biotecnología como Estrategia Pedagógica en la Enseñanza Aprendizaje de las Ciencias Naturales en Básica Secundaria. *Revista Q*, 11(22), 94-102.
- Guzmán, N. y Marín, M. (2016). *La utilidad del laboratorio de ciencias como un ambiente de aprendizaje en un contexto de resolución de problemas*. [Tesis de Maestría]. Universidad del Valle.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.). México D.F. McGraw-Hill.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The science teacher*, 69(2), 34-37.
- Roa Acosta, R. (2010). Referentes de la Biotecnología para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Bio-grafía*, 3(5), 170-180.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

Sala, S., Front, G., y Giménez, J. (2012). Una Mirada Curricular a la Competencia de Indagación. *Investigación en Educación Matemática*. Alicante. XIX, 485-490.