90 IPN ANIVERSARIO

30 ANIVERSARIO UPIITA

Memoria del

1er. COLOQUIO INTERNACIONAL

Saberes integrales en el mundo contemporáneo

24, 25 y 26 de noviembre de 2026



Educación
Secretaría de Educación Pública

Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

APRENDER A PREGUNTAR: INVESTIGACIÓN Y PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Rafael Bayareh-Mancilla · María del Rosario Munguía-Fuentes

Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA)

Instituto Politécnico Nacional (IPN)

rbayarehm@ipn.mx · mrmunguiaf@ipn.mx

RESUMEN

La formación de estudiantes de ingeniería suele concentrarse en el aprendizaje de herramientas, el cumplimiento de programas y la solución de ejercicios. Sin embargo, también es importante que los alumnos aprendan a formular preguntas, revisar información y discutir sus resultados antes de aceptar una respuesta. En este trabajo compartimos una reflexión a partir de nuestra experiencia docente con estudiantes que han participado en búsquedas bibliográficas, elaboración de protocolos, diseño experimental, adquisición de datos y procesamiento de señales e imágenes. Nos interesa mostrar cómo estas actividades pueden incorporarse desde etapas tempranas de la carrera, incluso cuando el estudiante todavía no cuenta con todos los conocimientos para desarrollar una investigación de manera independiente. Abordamos la relación entre el planteamiento de una pregunta, la lectura crítica de artículos, la interpretación de resultados y la posibilidad de proponer soluciones diferentes a un mismo problema. También discutimos el papel del error, las limitaciones del trabajo experimental y el acompañamiento del docente. Consideramos que la investigación, además de generar conocimientos, ofrece un espacio para aprender a argumentar, reconocer lo que aún no sabemos y tomar decisiones a partir de evidencia.

Palabras clave: Formación científica; investigación; pensamiento crítico; enseñanza de la ingeniería; innovación educativa.

ABSTRACT

Engineering education often focuses on learning technical tools, meeting course requirements, and solving exercises. However, students also need to learn how to formulate questions, examine information, and discuss results before accepting an answer. In this article, we reflect on our teaching experience with engineering students involved in literature searches, research protocol development, experimental design, data acquisition, and signal and image processing. We discuss how these activities can be incorporated from the early stages of an engineering program, even when students have not yet acquired all the knowledge required to conduct research independently. Our discussion connects research question formulation with critical reading of scientific papers, interpretation of results, and the possibility of proposing different solutions to the same problem. We also examine the role of errors, limitations in experimental work, and guidance from instructors. We consider that research, in addition to contributing new knowledge, offers a learning environment in which students can practice constructing arguments, identifying what remains unknown, and making decisions supported by evidence.

Keywords: Scientific training; research; critical thinking; engineering education; educational innovation.

Introducción

La formación universitaria en ingeniería tiene una carga importante de contenidos teóricos, matemáticos y tecnológicos. Durante los primeros semestres, el estudiante aprende a utilizar instrumentos, resolver problemas y aplicar procedimientos que ya fueron estudiados. Son conocimientos necesarios, aunque en ocasiones queda poco espacio para explicar de dónde surgen esos procedimientos o por qué una determinada solución es válida. Hemos observado que un estudiante puede resolver correctamente un ejercicio y, al mismo tiempo, tener dificultades para explicar qué ocurriría si cambian las condiciones del problema.

Por ello, consideramos necesario acercar a los alumnos a la investigación desde las asignaturas y no reservar ese contacto para el trabajo terminal. No se trata de exigirles que publiquen artículos o que dominen una metodología completa desde el inicio. Lo que buscamos es que aprendan a identificar un problema, consultar literatura, justificar una decisión y reconocer cuándo los resultados no permiten responder su pregunta. Estas habilidades pueden trabajarse en una práctica de laboratorio, en una revisión bibliográfica o en un proyecto que reúna conocimientos de distintas materias.

La literatura sobre enseñanza universitaria ha documentado los beneficios del aprendizaje activo, aunque sus resultados dependen de cómo se implementen las actividades y de las condiciones de cada curso (Prince, 2004). También se han reportado mejoras en el aprendizaje de estudiantes de áreas científicas y de ingeniería cuando participan activamente en la resolución de problemas (Freeman et al., 2014). En este artículo no presentamos una evaluación cuantitativa de un programa educativo. Compartimos, más bien, algunas reflexiones que surgen de nuestra práctica docente y que podrían ser útiles para discutir cómo fortalecer el pensamiento científico durante la formación de ingenieros.

Aprender a plantear una pregunta

Una de las primeras dificultades que encontramos al trabajar con estudiantes es la manera en que formulan sus preguntas. Es común que comiencen con una idea demasiado amplia: desarrollar un dispositivo, mejorar un proceso o detectar una enfermedad. Aunque esas propuestas pueden ser interesantes, todavía no expresan qué desean conocer, cuál será la variable que estudiarán o cómo podrían comprobar que su propuesta funciona. Antes de pensar en un prototipo, les pedimos que expliquen qué problema quieren resolver y qué evidencia necesitarían para sostener su respuesta. Esta forma de trabajo se relaciona con las estrategias de aprendizaje basado en problemas descritas por Hmelo-Silver (2004).

La pregunta no aparece terminada desde el primer intento. Requiere delimitar un fenómeno, conocer sus antecedentes y revisar si existen métodos para estudiarlo. En un proyecto relacionado con señales fisiológicas, por ejemplo, no basta con decir que se pretende analizar el funcionamiento del corazón. Es necesario precisar qué señal se medirá, qué característica se desea estudiar, en qué condiciones se hará la adquisición y qué interpretación sería posible a partir de esos datos. Lo mismo ocurre con una imagen o una muestra biológica: sin una pregunta suficientemente clara es difícil decidir qué medir.

Este ejercicio también cambia la relación del alumno con la información. Cuando tiene una pregunta concreta comienza a buscar antecedentes con un propósito. Ya no necesita reunir artículos solamente para cumplir con una cantidad solicitada, sino para saber qué se ha investigado, qué procedimientos se utilizaron y qué limitaciones siguen presentes. En esa revisión puede descubrir que su idea ya se ha desarrollado, que necesita modificarla o que el problema original requiere una explicación diferente.

De la búsqueda bibliográfica al protocolo

La búsqueda de información suele ser una de las primeras actividades de investigación que pueden incorporarse a una asignatura. Sin embargo, encontrar un artículo no significa necesariamente haber comprendido su contenido. En ocasiones los alumnos se quedan con el resumen, toman una figura como evidencia suficiente o recuperan una conclusión sin revisar cómo se obtuvieron los datos. Parte de nuestro acompañamiento consiste en pedirles que identifiquen la pregunta de los autores, el diseño del estudio, los resultados principales y las restricciones que se mencionan en la propia publicación.

Una práctica que consideramos útil es comparar dos trabajos que estudian un problema semejante. Las diferencias entre ambos pueden encontrarse en la población, los instrumentos, el procesamiento, las variables o la forma de validar los resultados. La intención no es elegir rápidamente cuál artículo es mejor, sino discutir si realmente responden la misma pregunta y qué información haría falta para compararlos. Esta actividad obliga a revisar las figuras y tablas, y permite introducir conceptos que más adelante serán necesarios para el análisis de datos.

Con esa información resulta más sencillo construir un protocolo. Pedimos que exista correspondencia entre pregunta, objetivos, metodología y resultados esperados. Si el objetivo propone evaluar una variable, el procedimiento tiene que explicar de qué manera será medida. Si se plantea comparar condiciones, debe quedar claro qué cambiará entre ellas. Y cuando se propone validar un sistema, es necesario establecer con qué referencia se contrastarán las mediciones. Una redacción ordenada no reemplaza esas decisiones metodológicas.

El experimento y la interpretación de los resultados

Cuando el estudiante comienza a adquirir datos, aparecen dificultades que no siempre se observan en una simulación o en un ejercicio de clase. Una señal puede contener ruido, un sensor puede comportarse de forma diferente a lo esperado y una medición puede cambiar por las condiciones del entorno. En actividades relacionadas con bioinstrumentación, procesamiento de señales e imágenes, estas situaciones permiten discutir aspectos de calibración, calidad de los datos y selección de procedimientos. Obtener una gráfica es solamente una parte del trabajo; también hay que explicar cómo se obtuvo.

Nos interesa que el alumno documente sus decisiones durante la adquisición y el análisis. Por ejemplo, si aplica un filtro a una señal, debe poder justificar por qué eligió sus parámetros y qué información podría estar modificando. Si utiliza un método para extraer características de una imagen, conviene revisar si los resultados cambian cuando se modifica la iluminación, la resolución o la región analizada. Estos ejemplos muestran que la herramienta puede funcionar correctamente desde el punto de vista computacional y, aun así, producir resultados difíciles de interpretar.

La interpretación requiere comparar lo observado con la pregunta inicial. En algunos proyectos se presentan varias figuras, porcentajes o métricas, pero no se explica cuál de ellos permite responder el objetivo. También ocurre que un resultado favorable se considera suficiente sin analizar si hubo datos excluidos, si las muestras fueron representativas o si el procedimiento podría repetirse. Es importante recordar que una conclusión debe guardar proporción con la evidencia disponible y que una diferencia visual no necesariamente significa una diferencia demostrada.

El error merece una discusión particular. Una medición inesperada puede indicar un problema instrumental, una falla en el procedimiento o simplemente que la hipótesis inicial no describe lo que sucede. Si se oculta o se corrige sin justificarlo, se pierde una oportunidad de aprendizaje. En cambio,

cuando el estudiante registra lo ocurrido, revisa las condiciones del experimento y propone una modificación razonada, comienza a comprender que investigar también implica volver sobre las decisiones tomadas.

Pensamiento crítico, creatividad e innovación

Entendemos el pensamiento crítico como la capacidad de examinar una afirmación antes de aceptarla, incluso cuando proviene de un artículo o de una herramienta que se utiliza frecuentemente. En ingeniería esto supone preguntarse si una medición es confiable, si una comparación es apropiada y si el alcance de las conclusiones coincide con los datos obtenidos. No significa rechazar todo resultado, sino desarrollar criterios para distinguir entre una afirmación, una interpretación y la evidencia que puede sostenerlas.

La investigación también ofrece oportunidades para trabajar la creatividad. Muchas veces se relaciona la innovación con construir un equipo nuevo o incorporar una tecnología reciente. Sin embargo, durante la formación de los estudiantes puede aparecer de maneras más sencillas: plantear otra forma de medir una variable, modificar una secuencia experimental, reorganizar el análisis o aprovechar conocimientos de otra asignatura para comprender un problema. Lo relevante es que la propuesta responda a una necesidad identificada y que exista una manera de evaluarla.

En nuestra experiencia, el carácter interdisciplinario de la ingeniería biónica permite trabajar estas habilidades con especial claridad. Un mismo problema puede requerir conocimientos de biología, química, electrónica, programación y procesamiento de datos. Los estudiantes descubren entonces que una solución técnicamente funcional no siempre es adecuada para el fenómeno que pretenden estudiar. También aprenden que deben explicar sus decisiones a compañeros que pueden tener una formación diferente y justificar conceptos que antes daban por entendidos.

El acompañamiento docente y la evaluación del proceso

Acercar a los alumnos a la investigación no requiere convertir todas las materias en un seminario científico. Puede comenzar con actividades pequeñas y bien delimitadas. En una primera etapa se puede pedir una pregunta y una búsqueda de antecedentes; después, la comparación crítica de dos metodologías; más adelante, una propuesta de adquisición o análisis; y finalmente, una discusión sobre lo que permiten concluir los resultados. La complejidad puede aumentar conforme el estudiante adquiere herramientas y experiencia.

Creemos que la evaluación debe considerar el proceso además del producto final. Es necesario valorar si la pregunta fue mejor delimitada, si la metodología guarda relación con los objetivos, si las decisiones se justificaron y si el alumno es capaz de señalar las limitaciones de su propio trabajo. Un prototipo que funciona tiene mérito, pero también lo tiene un experimento que permitió detectar un problema y documentarlo adecuadamente. Esto no significa renunciar a la exigencia técnica; significa hacer explícito qué estamos evaluando.

Conclusiones

Acercar a los estudiantes de ingeniería a la investigación desde etapas tempranas puede ayudarles a comprender que el conocimiento no se construye únicamente al aplicar una fórmula o utilizar correctamente una herramienta. Comienza cuando existe una pregunta, se revisan antecedentes y se toman decisiones que después deben contrastarse con evidencia. La búsqueda bibliográfica, el diseño de

un protocolo, la adquisición de datos y la discusión de resultados ofrecen distintas oportunidades para desarrollar esa forma de trabajo.

Desde nuestra experiencia docente, uno de los aprendizajes más importantes ocurre cuando el alumno puede explicar por qué hizo algo y reconocer qué parte de su respuesta todavía es incierta. Consideramos que el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación pueden trabajarse en ese proceso, siempre que las actividades tengan objetivos definidos y permitan revisar tanto los aciertos como los errores.

No todos los estudiantes se dedicarán a la investigación científica. Sin embargo, sí pueden incorporar a su ejercicio profesional el hábito de preguntar, comprobar y argumentar antes de tomar una decisión. Más que pretender que cada proyecto termine en un resultado extraordinario, nos interesa que los estudiantes comprendan cómo se construye una respuesta y por qué también es importante saber cuándo todavía no tenemos una.

Referencias y recursos electrónicos

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education, 93*(3), 223–231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x