



Enseñanza de la Ingeniería Ambiental: revisión y propuesta

Carlos Alberto Sacavini¹

El presente artículo tiene la intención de ofrecer una visión de la Ingeniería Ambiental en lo atinente a su enseñanza. Se trata de una opinión construida en más de treinta años de ejercicio profesional específico tanto en los campos donde tienen origen los problemas ambientales concretos, como así también, donde se manifiestan, y, además, en el ámbito de la docencia.

Por la naturaleza del tema convocante, nada de lo que se inscribe está expresado como proposición terminante y sin alternativa. La impronta general enunciada conlleva la conjunción de aspectos relativos a la provisión de conocimientos y la formación de la actitud del profesional que subyace en el ingeniero acabado.

INTRODUCCIÓN

¿Cuál es la propuesta más apropiada para realizar la enseñanza de la Ingeniería Ambiental?

¹ Director de la Carrera Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería de la Universidad Católica Argentina.

La pregunta congrega varias aristas y, de seguro, admite distintas respuestas; de hecho, en el mundo, no existe consenso cerrado acerca de la mejor manera de formar ingenieros. Cada Universidad aplica una pauta que tiene que cumplir armónicamente dos requisitos primordiales, uno externo y otro interno. El requisito externo implica asegurar que al final del proceso académico los alumnos hayan cosechado los contenidos mínimos consistentes de las incumbencias del título correspondiente; en tanto, el requisito interno, autodefinido, consiste en plasmar en cada egresado el perfil postulado institucionalmente.

La primera exigencia es, por su condición, impostergradable y se relaciona directamente con aprender conocimientos, comprender experiencias, desarrollar capacidades y aprovechar destrezas; mientras que la segunda se vincula con la gestación de aptitudes y actitudes. La conjunción de esos dos mandatos corre a favor de la maduración de los alumnos en cuanto personas.

Para ello, la enseñanza de la Ingeniería se despliega en tres planos complementarios,

- la instrucción de los aspectos técnicos, con el propósito de asegurar las competencias,
- la formación del carácter profesional del ingeniero, con la intención de engendrar fortalezas intelectuales, y
- la educación de la persona, con el ánimo de depurar las intenciones del estudiante y vivificar su entusiasmo.

En el proceso se reconoce que

- la Ingeniería es el objeto, el ser,
- en la enseñanza fluye la acción y
- en las utilidades de los resultados está la finalidad, el deber ser.

COMPRENSIÓN DEL OBJETO

¿Qué abarca la Ingeniería como materia de enseñanza? La contestación se ensaya recorriendo el camino desde lo general a lo particular, desde una esfera integradora al sitio individual, tratando de encadenar inclusivamente los espacios desde la Filosofía hasta la Ingeniería.

El proyecto de la Filosofía es el conocimiento de todas las cosas por sus causas últimas, a la luz de la razón; así, encierra el anhelo por saber acerca de cada realidad, saber la verdad en toda su potencialidad. Se trata de una voluntad que guía y permite encontrar la riqueza en el recorrido hacia lo auténtico y donde el horizonte constituye una utopía, porque la verdad absoluta es inasible al hombre. Nada cuanto existe queda fuera del alcance del estudio de la Filosofía, la cual se ocupa del ser, esto es, cómo son los entes.

En la visión ontológica, la mirada del ser no se hace solo con la razón pura (racionalismo), ajena a los sentidos, sino que está activa la razón por la naturaleza original y la razón vital, añadiéndose el conocimiento de los entes por sí mismos (la cosa estática) y por la historia y la experiencia.

Consecuentemente, la Filosofía imparte a la Ingeniería dos improntas:

- el afán por lo observado analíticamente (comprensión del objeto por sus partes) y por síntesis (comprensión del objeto por su procedimiento conjunto), y
- la avidez por lo exacto, lo preciso, lo disciplinado según fundamentos.

No obstante la Ingeniería no da preferencia definitiva a la ambición por el conocimiento ulterior de cada cosa, sino que antepone las utilidades tangibles emergentes del saber.

Por su parte, la Ciencia Básica compendia los conocimientos disponibles inherentes a los entes esenciales que permiten al hombre aproximarse a la múltiple y heterogénea realidad primaria (inquietamente primaria) que lo envuelve, sea esto en coincidencia con su propia dimensión o en escalas minúsculas (lo microscópico) y en escalas gigantescas (el cosmos).

En el campo gnoseológico, donde se discurre sobre la teoría del conocimiento, la Fenomenología (hipótesis de los acontecimientos que le aparecen al hombre) es la disciplina que estudia un dado fenómeno por su comportamiento mediante la descripción de lo que acontece, pero no lo contempla intrínsecamente en cuanto objeto o evento.

De tal modo que la Ciencia Básica y la Fenomenología proveen a la Ingeniería la sustancia (saber científico radical) para la creación de cuerpos y sucesos palpables que importan por su servicio y que, de ordinario, conllevan hechos sociales.

		Ingeniería
<i>Filosofía</i> La búsqueda del ser.	La razón pura. La razón vital e histórica. La verdad por las causas últimas.	Lo exacto, lo preciso. Lo observado, la experiencia. Los fundamentos.
<i>Ciencia básica</i> Conocimiento de los entes esenciales.	Reconocimiento de las sustancias del universo. Entendimiento de las cosas y los hechos de la naturaleza por sus cualidades y sus relaciones.	Exploración de las cosas y los hechos indagando en las eventuales prestaciones.
<i>Ciencia fenomenológica</i> Distinción entre el ser y la conducta que muestra el ser.	Entendimiento de los fenómenos por su comportamiento real. Descripción de lo que aparece al examen racional.	Exploración de fenómenos especulando en las eventuales prestaciones.
<i>Ciencia aplicada</i> Aprovechamiento de los entes esenciales.	Reunión del arte y la tecnología. Materialización del conocimiento.	Creación de medios funcionales.

A modo de ejemplos:

Ciencia básica →	Física - Química →	Calor - Temperatura
Ciencia fenomenológica →	Termodinámica →	Principios y leyes de comportamiento de los procesos energéticos - Intercambio de energía y materia
Ciencia aplicada →	Ingeniería →	Máquina de vapor - Producción y utilización de energía - Uso racional de la energía - Mejor calidad ambiental - Mejor calidad de vida

Ciencia básica →	Biología →	Microorganismos
Ciencia fenomenológica →	Digestión aeróbica →	Principios y leyes de comportamiento de los microorganismos
Ciencia aplicada →	Ingeniería →	Tratamiento biológico de residuos (biodegradabilidad) - Reducción de la contaminación ambiental - Mejor calidad ambiental - Mejor calidad de vida

La propuesta cardinal es, entonces, que la Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico puro para la materialización de elementos artificiales, a partir del empleo de recursos naturales con el aporte de la creación intelectual. En la palabra “aplicar” asoma lo medular. Entendida la Ingeniería como un fragmento,

por cierto, convencional, de la ciencia aplicada –ya que esta no admite límites precisos ni estáticos porque la complejidad de la verdad no concede divisiones disciplinarias– abordamos el capítulo particular: ¿Cómo tendría que ser enseñada la Ingeniería Ambiental? ¿Cuáles tienen que ser sus rasgos eminentes?

Para enriquecer la tesis asentada inicialmente, hay que agregar que, para su realización metodológica (observación, expresión/diseño, implementación, comprobación y revisión), la Ingeniería se vale de modelos, es decir, ensayos explicativos más herramientas fisicomatemáticas que obran como instrumentos al momento de interpretar problemas concretos, y de concebir y esbozar las soluciones. Los modelos son licencias teóricas, sin perjuicio de que puedan incluir pruebas por pericias, que posibilitan la comprensión parcial de la realidad. Siempre sería un error delicado atribuir valor de verdad plena a los resultados procedentes de esos empirismos. Asimismo, para facilitar su acceso académico, a la Ingeniería se la subdivide en áreas temáticas, las cuales se fueron robusteciendo a través del tiempo a la luz del caudal científico. En esa tesitura, la Ingeniería Ambiental tomó identidad distintiva recientemente y su ser puede enunciarse por comprensión (noción conceptual) y por extensión (noción por los contenidos).

Como noción conceptual, la Ingeniería Ambiental es el agregado de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico puro para la utilización adecuada de los recursos naturales, y la implementación de procesos y actividades capaces de compatibilizar intereses que influyen en la calidad de vida. Deliberadamente se ha eludido el arquetipo de lo *correcto*, lo ideal, y se atribuyó el perfil de lo *adecuado*. Ello se justifica asumiendo que la ciencia aplicada debe traducirse en soluciones accesibles, aunque sin ausencia de responsabilidad; de lo contrario, el riesgo es la eventual inacción. En este sentido, ante la complejidad que, inevitablemente, guarda todo problema real, la ciencia aplicada entiende sensato incorporar las restricciones que obran sobre la solución ideal y, por ecuación, restando, llegar a la alternativa óptima. Es ineludible acordar que los aspectos ambientales de la producción, por lo común, se relacionan con impactos sociales que cargan con conflictos de intereses que tienen que ser advertidos y reducidos, y procurar atribuir lo bueno y lo no bueno con equidad.

Los contenidos específicos que típicamente alcanza la tarea de un ingeniero ambiental responden a la enumeración, no exhaustiva, que se precisa en el apartado bajo el rótulo “tareas distintivas del ingeniero ambiental”.

Adicionalmente, viendo el escenario presente y lo que se puede avizorar, interesa abreviar algunas precisiones y reflexiones que encierra la cuestión ambiental.

- 1) La entidad *ambiente* acepta un sinnúmero de descripciones, todas susceptibles de ser válidas en orden al uso conjeturado. Sin embargo, el denominador trivial que reúne a las enunciaciones es que el ambiente adquiere valor en cuanto el hombre y la mirada jurídica así lo ratifican porque pone a la persona en el centro de la órbita del Derecho Ambiental.
- 2) El Derecho y la tecnología, en ese orden, acuden para constituir legalidad y prestar la compatibilidad entre los réditos demandados por cada uno de los actores del sistema social. Por su parte, el Derecho procede desde el reconocimiento de los derechos individuales hasta el establecimiento de los estándares de calidad ambiental, mientras que la Ingeniería está pronta para suministrar las tecnologías (duras y blandas) que viabilizan lo prescripto por vía reglamentaria. No obstante, admitiendo que la premisa de las buenas prácticas de gestión ambiental arroja la supremacía de las acciones preventivas por sobre las correctivas, se prevé que, en un futuro no lejano, el Derecho interviendrá instituyendo demandas puntuales en el plano de las tecnologías productivas; o sea, las exigencias acotarán, todo lo posible, los problemas en el perímetro donde se engendran. Concurrentemente, la misión de la Ingeniería se posiciona de manera preeminente en la fuente de cada problema.
- 3) Toda solución por cualidad tecnológica demanda diseño, el cual debe responder a los antecedentes únicos de cada caso, obtenidos mediante evaluación y diagnóstico. Ese diseño es propio de la Ingeniería Ambiental, aunque con afluencia interdisciplinaria.
- 4) La idea de *progreso* es intrínseca a la condición humana y dentro de ella está la búsqueda de buena calidad de vida que, a su vez, demanda la disponibilidad de productos y servicios modernos que prometen bienestar, seguridad y otros beneficios. La mayoría de los elementos que cooperan en esas instancias de satisfacción provienen de procesos creados y desarrollados por el hombre y, de tal forma, imperfectos, porque entrañan consecuencias no deseadas, en particular, la generación de residuos y la ineficiencia energética. Aquí nace la exigencia imperativa de procurar la conciliación de intereses y motivaciones con enfoque situacional y, al mismo tiempo, visión holística.

Hasta aquí, se ha articulado el objeto de la Ingeniería Ambiental por sucesivas derivaciones, desde la Filosofía hasta la Ingeniería, pasando por la Ciencia Básica.

COMPRENSIÓN DEL VERBO

¿Cuál es la orientación más provechosa para la acción de la enseñanza de la Ingeniería Ambiental? ¿Qué implica enseñar Ingeniería? ¿Qué significa aprenderla? Asintiendo lo obvio, es decir, que se enseña para que otro aprenda y que se aprende para saber, lo relevante es que se quiere saber para hacer. Entonces, se infiere la ganancia normal en el hecho social ulterior.

El quehacer académico de la Universidad se abrevia en

- instruir aspectos técnicos,
- formar aspectos profesionales y
- educar aspectos personales del futuro ingeniero, quien abastecerá a la Ingeniería para que esta revierta en servicio.

Instruir es transferir saber, mediante distintas formas de comunicación, a una persona con la intención de que capte los conocimientos y los interprete. De esta forma, el saber se completa según varias fisonomías simultáneas y concurrentes,

- principios, ideas y conocimientos,
- experiencias y conclusiones, y
- capacidades y destrezas.

Instruir correctamente requiere, ante todo, crear las condiciones apropiadas para lograr la ilustración de los discípulos. Recíprocamente, aprender es acceder a un conocimiento con la pretensión de hallar explicaciones de un aspecto de la realidad o más; en suma, es búsqueda de verdades.

La fuerza creadora del aprendizaje que procede de la razón crítica se facilita ejercitando comparaciones, experimentando, dudando e indagando, o sea, se aprende criticando. Este es un requisito impostergable de la actitud profesional en el lugar de lo no dogmático, cual es, estar dispuesto a dudar aun cuando un suceso o un argumento se muestran como evidentes. La indagación de la verdad es el germen que moviliza el hombre y,

para quienes residen regularmente en los espacios de las ciencias duras, a veces, la idea de perfección suele enredarse en los criterios y modalidades de trabajo. Cuando esto ocurre, se da una suerte de negación de la complejidad de la realidad y, consecuentemente, se incurre en implicaciones improcedentes.

La Ingeniería no tiene por qué ser enseñada bajo ideas inexorables; por el contrario, es propicio sembrar la imagen de que todo está sujeto a revisión y que toda verdad tiene confines. La realidad nunca se explica totalmente desde la sencillez, aunque hacer buen uso de la simplicidad puede ser lo aconsejable en determinadas situaciones.

Por consiguiente, como se requiere la exploración de una verdad pragmática y, luego, su aprovechamiento, es oportuno interrogar sobre cuál puede ser el sendero operable hacia la realidad de cada cosa. La realidad (transitoria) de una cosa puede ser hallada a través de distintas instancias:

- en la libertad, la posibilidad, el proyecto;
- en el suceso, la circunstancia, la escena;
- en la experiencia.

A su vez,

- en la libertad está la creación,
- en la circunstancia está la decisión,
- en la experiencia está la razón histórica y, por ende, el aprendizaje.

Se ha deducido una ecuación con tres términos de referencia:

- 1) La persistente disposición para dudar, aun de lo que se presenta como certero.
- 2) La conveniencia de validar cada idea para cada aplicación, por cuanto las ideas no son inexorables y merecen ser revisadas.
- 3) La convicción de que es falaz suponer que una dada realidad puede quedar conocida de manera completa.

Con lo cual se plantea que un ingeniero debe ser instruido, formado y educado sin apegarlo a soluciones por recetas. Por lo contrario, hay que exhortar recurrentemente su visión creadora, su genio y, también, su arte.

Recapitulando, la enseñanza de la Ingeniería Ambiental se plantea bajo una figura matricial en la cual

- la abscisa superior consigna el rol de la Universidad,
- la abscisa inferior plantea los objetivos para los alumnos,
- la ordenada refleja el proceso académico;
- siendo el desenlace proyectado transversalmente la maduración de los estudiantes.

Funciones y compromisos de la Universidad en la enseñanza de la Ingeniería Ambiental				
		Proveer ↓	Mostrar / Discutir ↓	Fomentar / Vigorizar ↓
		Principios - Ideas - Conocimientos	Experiencias - Conclusiones	Capacidades - Destrezas
Proceso académico	Instrucción	Aspectos técnicos		
		1	4	7
	Formación	Aspectos profesionales		
		2	5	8
	Educación	Aspectos personales		
		3	6	9
		Aprender ↑	Comprender / Asimilar ↑	Desarrollar / Cultivar ↑
Objetivos del alumno				

1	<p>* Transferir</p> <p>1) conocimientos inscriptos en la Ciencia Básica, porque estos son los que guardan mayor estabilidad temporal y ayudan a soportar el vértigo del cambio y la obsolescencia de las aplicaciones;</p> <p>2) conocimientos específicos inscriptos en las Ciencias Básicas (termodinámica, estadística, etc.);</p> <p>3) conocimientos aplicados en tecnologías duras (medidas técnicas y para el control de la calidad ambiental);</p> <p>4) conocimientos organizados según modelos de tecnologías blandas (medidas de gestión para el control de la calidad ambiental).</p>
2	<p>* Transferir</p> <p>1) conocimientos enrolados en las plataformas radicales, esto es, principalmente, la Filosofía, la Epistemología y la Lógica;</p> <p>2) conocimientos sobre la construcción de modelos fisicomatemáticos y la utilización de ellos;</p> <p>3) conocimientos para conjeturar sobre modelos que emplean las Ciencias Sociales.</p>

3	<p>* Transferir</p> <p>1) conocimientos que postulan la protección ambiental como un condición de borde para el desarrollo de procesos productivos creados por el hombre;</p> <p>2) conocimientos que abonan las actitudes precautorias en la búsqueda del progreso equitativo y solidario;</p> <p>3) conocimientos que concurren para cooperar con las acciones técnicas enriqueciéndolas continuamente con sentido social;</p> <p>4) conocimientos de Filosofía de la Ciencia.</p>
4	<p>* Cimentar coherentemente los conocimientos específicos en los conocimientos cuasi absolutos.</p> <p>* Enlazar conocimientos teóricos con las respectivas validaciones empíricas, asumiendo que, en particular, esta instancia otorga la oportunidad de aproximar razonablemente la interpretación de determinadas realidades.</p>
5	<p>* Vincular los problemas ambientales, desde sus causas en las fuentes hasta las eventuales consecuencias en los ocasionales receptores, con las aristas económicas, jurídicas, sociales y políticas, y, así, componer la visión holística de los problemas y sus soluciones viables.</p> <p>* Justificar y proyectar el ejercicio responsable de la Ingeniería, analizando en detalle las obligaciones reguladas jurídicamente y los compromisos implícitos en las buenas prácticas profesionales.</p> <p>* Predisponer la adaptación al cambio.</p>
6	<p>* Infundir la prudencia como cualidad axial en todo aquello que entraña la intervención del hombre en la naturaleza.</p> <p>* Ahondar en la calidad del uso del lenguaje y en las aptitudes para la comunicación.</p>
7	<p>* Apuntalar el pensamiento crítico del ingeniero, sustentado en</p> <ul style="list-style-type: none"> – la capacidad para comprender los objetos de estudio por la realización contrapuesta y complementaria de procesos de análisis y procesos de síntesis; – el enfoque situacional de cada problema; – el rechazo del pensamiento esquemático, el cual huye de lo complejo; – discernir la procedente armonía entre lo teórico y lo empírico.
8	<p>* Modelar la inteligencia.</p> <p>* Ordenar los procesos intelectuales (planificación, verificación) que conducen a las acciones (implementación).</p> <p>* Categorizar consistentemente las metas según objetivos y estos según políticas.</p> <p>* Organizar la actitud renovadora y desarrollar el pensamiento creativo.</p> <p>* Delinear los aspectos éticos del comportamiento del ingeniero y otros actores del sistema social.</p> <p>* Señalar puntos de referencia para el deber ser.</p>

9	<ul style="list-style-type: none"> * Disciplinar metodológicamente (método científico) la aptitud rigurosa para la investigación, desde el examen de los problemas en sus circunstancias hasta el diseño exhaustivo de las soluciones, pasando por diagnósticos hábiles. * Inculcar valores que puedan acudir para dar consistencia a las propuestas técnicas. * Impregnar de cultura del pensamiento para alejarlo de limitaciones que conspiran contra la creatividad. * Vivificar su entusiasmo. * Fortalecer los sentimientos, porque de ahí parten motivos y justificaciones para muchas cosas importantes de la vida.
---	--

COMPRENSIÓN DE LAS UTILIDADES

Se ha enumerado lo que involucra la Ingeniería Ambiental y se aceptó que la esperanza de progreso es intrínseco al comportamiento humano y dentro de ella está la búsqueda de mejor calidad de vida que, a su vez, demanda la disponibilidad de productos y servicios que provienen de procesos creados y desarrollados por el hombre y, por tanto, imperfectos porque comportan consecuencias no deseadas. Ahí nace la exigencia imperativa de procurar la conciliación de intereses. El aporte medular que realiza la Ingeniería Ambiental es, entonces, imaginar, desarrollar, implementar y examinar medidas de control operativo que facilitan el concierto de ventajas relativas priorizando criterios preventivos caracterizados por la prudencia.

Tareas distintivas del ingeniero ambiental

- Realizar ensayos sobre medios ambientales y sobre efluentes y residuos. Evaluar los resultados y elaborar diagnósticos.
- Intervenir en estudios de factibilidad ambiental de proyectos, sean estos de naturaleza industrial, obras de infraestructura o desarrollos de índole inmobiliaria, turística o social.
- Diseñar, proyectar y/o administrar recursos tecnológicos para el control de las implicancias ambientales derivadas de actividades de producción de bienes y/o servicios, así como de actividades extractivas.
- Implementar, operar y optimizar tecnologías aplicables para la prevención de efectos e impactos ambientales o para el control de riesgos ambientales asociados a actividades antrópicas o sucesos naturales.
- Organizar, programar, conducir y verificar procedimientos técnico-administrativos aplicables para la prevención de efectos e impactos ambientales o para el control de riesgos ambientales asociados a actividades antrópicas o sucesos naturales.

- Especificar requisitos técnicos y evaluar la aptitud de dispositivos, equipos, sistemas o insumos necesarios para la adecuada compatibilidad ambiental de los procesos productivos o actividades.
 - Especificar condiciones de diseño y de operación de instalaciones, tal que aseguren constituirse en el correcto contexto para el desempeño de procesos productivos o actividades.
 - Intervenir en la selección o concepción, la conformación y la optimización de tecnologías limpias.
 - Examinar tecnologías accesibles y tecnologías disponibles, y discernir acerca de su pertinente aplicación.
 - Implementar y administrar sistemas de gestión ambiental.
 - Diseñar y administrar procedimientos para inventariar, recolectar, segregar, almacenar, transportar y/o disponer residuos.
 - Concebir y administrar sistemas aplicables al reuso de materiales o subproductos.
 - Concebir y administrar sistemas aplicables a la recuperación, la rectificación y el reciclado de residuos.
 - Diseñar, proyectar y/o administrar recursos tecnológicos para la valorización de residuos.
 - Participar en grupos de trabajo calificados para la realización de auditorías de ambientales (auditorías de procesos, auditorías de *performance*, auditorías de procedimientos, auditorías de cumplimiento, auditorías de sistemas de gestión).
 - Evaluar técnicamente riesgos ambientales, observando elementos legales, económicos y sociales.
 - Participación en la tasación del alcance de daños ambientales reales o potenciales.
 - Participar en grupos interdisciplinarios constituidos para la realización de evaluaciones de impacto ambiental o para la apreciación de las consecuencias del uso de recursos naturales.
 - Realizar peritajes y/o arbitrajes referidos a los aspectos ambientales propios de actividades de producción.
 - Intervenir en el diseño de productos y servicios desde la perspectiva de sus componentes ambientales.
 - Intervenir en el análisis de ciclo de vida de productos.
 - Participar en el estudio de problemas ambientales globales, sus proyecciones y las alternativas estratégicas para la prevención, la atenuación y la mitigación contingente.
 - Participar en el estudio de alternativas asociadas con procesos de generación de energía; así como procesos de transporte, distribución y uso racional de energías.
-

