

# El desarrollo de la Ingeniería Ambiental

Eduardo Buróz Castillo\*

## 1. CONCEPTOS BÁSICOS

**Ingeniería**, es el arte y la ciencia de emplear los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio del hombre y de las actividades humanas en el uso de los materiales y fuerzas.

**Ambiente**, desde un punto de vista antropocéntrico, es el compendio de los valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y momento determinado, que influyen en la vida material y psicológica del hombre. Dicho de otra manera, es la suma de los componentes naturales (bióticos o no), y culturales, cuya dinámica en un espacio determinado, nos interesa a fin de mejorar las condiciones de vida de la población humana, que en él se asienta, refiriéndonos tanto a la población presente como a la futura.

Notamos de estas definiciones la coincidencia en procurar el mejor destino del hombre, en propender a su bienestar y, particularmente establecer un compromiso con las generaciones futuras.

Como ha sido común en el desarrollo de las diversas ramas y especialidades de la ingeniería, no puede dejar de señalarse que en el pasado, muchos temas que hoy consideremos como propios del campo de la ingeniería ambiental, fueron atendidos por otras de sus ramas, como lo son: la ingeniería civil, la ingeniería agronómica, la ingeniería química o la ingeniería forestal. Sin embargo, en la medida que los problemas ambientales han ido en aumento, y que se demanda mayor respuesta del ingenio del hombre para solucionarlos ha ido perfilándose cada vez con mayor nitidez la aparición de la Ingeniería Ambiental como una profesión específica.

La **Ingeniería Ambiental** es la respuesta de la Ingeniería a la necesidad de mantener e incrementar el desarrollo de las naciones, dentro de un marco de armonía

con la naturaleza y mínima alteración de los elementos que la constituyen.

Se podría decir, usando como base conceptos establecidos por otras ramas de la ingeniería, que la **Ingeniería Ambientales** la aplicación de cada uno de los conocimientos e instrumentos de la ingeniería, en la extensión en que ellos pueden ser usados, para compatibilizar las actividades humanas con un medio determinado, procurando el menor deterioro del delicado balance de la naturaleza y, evitando los daños que pueda causarle al hombre la agresividad que ese mismo medio manifieste.

Una definición más académica sería, establecer que es el estudio de las ciencias físicas, matemáticas y biológicas, con el fin de poder resolver problemas de ingeniería que procuren el uso más adecuado del medio. No puede dejarse de señalar, que tal estudio tiene que ir acompañado de los conocimientos pertinentes de las ciencias sociales, para que se pueda comprender cabalmente el punto focal de atención: el hombre y su entorno, en una dimensión temporal que trasciende el presente y nos obliga con el futuro. Esta condición de temporabilidad, determina que, la Ingeniería Ambiental debe ser **previsiva**. Esta condición surge, de la incertidumbre asociada a la visión a largo plazo, que debe tenerse al considerar problemas ambientales.

La División de Ingeniería Ambiental de Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) ha publicado la siguiente declaración de propósitos:

La **Ingeniería Ambiental** está representada por la ingeniería cabalmente ejercida —en pensamiento y práctica— en la solución de problemas de saneamiento

---

\* Ingeniero Agrónomo en la UCV. Director del Post-Grado de Ingeniería Ambiental en la UCAB.

ambiental, particularmente en el suministro de agua suficiente, sana y potable; la disposición apropiada o el reciclaje de efluentes líquidos o desechos sólidos; el drenaje adecuado y el control de la contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera y los impactos sociales y ambientales de esas soluciones. Por lo tanto se interesa por los problemas de ingeniería en el campo de la salud pública tales como: el control de enfermedades transmitidas por artrópodos, mamíferos u otros vectores, la eliminación de peligros industriales a la salud y el saneamiento adecuado de áreas urbanas, rurales y recreacionales y el efecto de los avances tecnológicos sobre el ambiente

Los Profesores Peawy, Rowe y Tchobanoglous de los Estados Unidos en 1985 definieron la Ingeniería Ambiental de la siguiente manera:

Es la rama de la ingeniería que se encarga de: proteger el ambiente de los efectos potencialmente deletéreos generados por la actividad humana; proteger las poblaciones humanas de los efectos y factores ambientales adversos y mejorar la calidad ambiental para la salud y bienestar humano.

El Ingeniero Ambiental participa principalmente en las tácticas ambientales: diseño, construcción y operación de sistemas de tratamiento de desechos líquidos, gaseosos y sólidos. También puede participar en las estrategias ambientales, planes a más largo plazo, en la que se toman en cuenta las variables tanto económicas y sociales como técnicas: el Ingeniero Ambiental es parte importante en el equipo interdisciplinario que participa en este tipo de decisiones que afectan a una comunidad.

Tres años más tarde Farde (1988) P. Aarne Vesilind, J. Jeffrey Pierce y Ruth F. Wiener en su Trabajo *Environmental Engineering* señalaron: En Ingeniería Ambiental todo cuenta. Las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades pueden ser importantes para la disciplina de la ingeniería ambiental como las destrezas clásicas de la ingeniería, tales como matemáticas y mecánica de fluidos

En Venezuela la Industria Petrolera, Petroquímica y Carbonífera Nacional en el Registro Unificado de Contratistas, establece que la Ingeniería Ambiental comprende el desarrollo de la ingeniería conceptual y básica, asesorías y estudios en el área de protección ambiental y abarca los siguientes campos: control de la contaminación ambiental, tratamiento de efluentes/desechos industriales, estudios sobre impacto ambiental, conservación de recursos y oceanografía. '

Una definición más general fue propuesta al V Congreso Venezolano de Conservación, en ella se señala: la ingeniería ambiental es la aplicación de cada uno de los conocimientos e instrumentos de la ingeniería, en la extensión en que ellos pueden ser usados, para compatibilizar las actividades humanas con un medio determinado. En otras palabras, es el estudio de la ciencias físicas, matemáticas, químicas y biológicas, con el fin de poder resolver problemas de ingeniería que promuevan el uso más adecuado del medio. No puede dejar de señalar, que tal estudio tiene que ir acompañado de los conocimientos pertinentes de las ciencias sociales, para que se pueda comprender cabalmente el punto focal de atención: el hombre y su entorno.

En Venezuela se desarrolló desde tres grandes vértices: el *saneamiento básico ambiental* que transformó a la Venezuela rural durante las décadas cuarenta y cincuenta; la *conservación de los recursos naturales renovables*, particularmente en lo atinente al recurso bosque, cuya atención data de principios de siglo y el *aprovechamiento de los recursos hidráulicos*, puesto en marcha durante las décadas sesenta y setenta y que mediante su Plan Nacional de Aprovechamiento, publicado en 1972 establece la necesidad de considerar todas las interrelaciones entre los recursos naturales para lograr su óptima utilización sin menoscabo de su condición de renovables.

A estas vertientes se agrega en la década de los ochenta, el reconocimiento que hace la industria petrolera, petroquímica y carbonífera nacional de que sus operaciones deben realizarse de acuerdo a las condiciones del medio y que su actividad no debe producir residuos contaminantes que deterioren el ambiente.

Producto de las tres corrientes de gestión iniciales, fue instalado en 1977 el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Este Ministerio como autoridad nacional del ambiente debe ejercer las competencias que le están atribuidas en la Ley Orgánica de la Administración Central y en la Ley Orgánica del Ambiente. En estas Leyes se encuentran los elementos que permiten definir cuales son las necesidades curriculares de un ingeniero que satisfaga las demandas de la gestión ambiental.

La actividad ambiental en el sector privado tiene su origen en la conciencia que han adquirido los empresarios sobre la producción con calidad, incluyendo en ella a los

aspectos ambientales; en la obligación establecida en la Ley Orgánica del Ambiente de disponer de entidades responsables de los asuntos ambientales en sus organizaciones y en el conjunto de leyes preventivas, incentivadoras y punitivas que motivan desde distintos ángulos la acción ambiental en la empresas.

## 2. OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL

En particular, la formación en Ingeniería Ambiental, debe perseguir los siguientes objetivos:

### **A) En materia de contaminación y otras alteraciones de los componentes del ambiente.**

- Conocer la situación de los cuerpos de agua. Evaluar los procesos que puedan dar origen a su contaminación o eutroficación. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas de depuración de efluentes líquidos. Organizar y llevar adelante programas de control de calidad de las aguas.
- Conocer la situación actual de la calidad del aire. Evaluar los procesos que puedan dar origen a su contaminación, así como establecer, diseñar, construir y operar sistemas de control de emisiones a la atmósfera. Organizar y llevar adelante programas de control de calidad del aire.
- Conocer la situación actual del deterioro del suelo, bien sea por procesos de pérdida (erosión), como por degradación de su calidad por acumulación de materiales. Evaluar los procesos que puedan dar origen a su traslación o a su contaminación. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas de control de erosión o de disposición de residuos. Organizar y llevar adelante programas de control de erosión o de contaminación del suelo.
- Evaluar las alteraciones nocivas de la topografía que puedan dar origen a procesos como: erosión, deslizamientos, aludes, etc. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas que procuren minimizar tales alteraciones.
- Evaluar los cambios en el flujo natural de las aguas tales como: canalizaciones, rectificaciones de ríos, cruces subfluviales, sublacustres o submarinos,

etc. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas que procuren minimizar tales cambios.

- Establecer las normas, así como el manejo de programas relativos al uso y posterior disposición de sustancias tóxicas o peligrosas, o no biodegradables, que necesariamente tengan que ser utilizadas en actividades específicas.
- Evaluar la producción de ruidos molestos o nocivos. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas de control de emisiones sonoras inaceptables.
- Conocer la calidad estética de los paisajes. Evaluar el deterioro o pérdida de valor estético. Dar las normas pertinentes al desarrollo de programas referidos a la recuperación del valor estético. Diseñar, construir y operar los sistemas de recuperación de valores estéticos que estén dentro del ámbito de esta especialidad. Por ejemplo, el sistema de limpieza de playas.

### **B. En manejo de recursos naturales**

- Participar junto con otras disciplinas en la definición de los mejores usos de los espacios, de acuerdo a sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas.
- Participar junto con otras disciplinas en la conservación y racional aprovechamiento de las aguas, los suelos, el subsuelo, recursos forestales y faunísticos.
- Conocer los mecanismos y formas de prevenir, mitigar o extinguir los incendios de vegetación y establecer las consecuencias de las elevadas temperaturas sobre el suelo e instalaciones que pudieran ser afectadas por ello.
- Conjuntamente con otras ramas de la ingeniería, establecer las áreas de inundación de los cursos de agua y definir los usos más apropiados.
- Diseñar, construir y operar sistemas para los desarrollar hábitats artificiales para estimular el desarrollo de determinadas poblaciones animales.
- Llevar bioestadísticas que contribuyan a planificar acciones de saneamiento ambiental.
- Realizar el combate de poblaciones animales nocivas, ponzoñosas o vectoras de enfermedades.

### **C. En materia de conocimientos básicos**

- Amén de las ciencias básicas de física, química, matemática, es necesario un conocimiento general de materias como: geomorfología, hidrología, geología, ecología, hidráulica de aguas subterráneas, mecánica de fluido, microbiología, botánica, zoología, pedología, etc.

### **D. En materia de conocimientos auxiliares**

- Legislación ambiental, economía (matemáticas financieras), sociología, ciencias administrativas y gerenciales, ética, informática, etc.

## **3. FUNCIONES**

Una revisión de las funciones generales que debe ejecutar un Ingeniero Ambiental, puede ayudar a completar la imagen del ámbito de su competencia.

Estas funciones generales pueden resumirse en:

- Asegurar que se cumpla una relación armoniosa entre las actividades que deben ser ejecutadas en procura del desarrollo de la sociedad y la conservación de los valores y recursos de la naturaleza que tengan de alguna manera que ser intervenidos.
- Reducir los riesgos y el azar en las consecuencias ambientales de las acciones del desarrollo, a través de los mecanismos de predicción (cuando ello sea posible) o de previsión (aún cuando se desconozca cuándo puede presentarse).
- Racionalizar los costos de bienes y servicios, producto de acciones que afecten al medio, al internalizar las externalidades, es decir incorporar dentro de los costos de producción aquellos necesarios para prevenir, corregir o minimizar las consecuencias ambientales de las acciones de desarrollo permitiendo a la vez la selección de la alternativa de menor costo ambiental.
- Mejorar la calidad de las instalaciones y preservar la vida útil de las mismas, al minimizar los riesgos provenientes de acciones o procesos del medio, que constituyan agresiones a ellas, tales como efectos sísmicos o corrosivos.

- Utilizar provechosamente los desechos y otros productos de los procesos destinados a la producción de bienes y servicios, contribuyendo de esta manera a minimizar sus requerimientos para disposición final.
- Efectuar la adecuada disposición de los productos indeseables, no aprovechables y de alguna manera dañinos al hombre o al medio, de forma que no vayan a perjudicarlo o afectarlo tanto en las circunstancias actuales como futuras.
- Procurar la preservación del valorestético del medio que por su belleza escénica contribuya a hacer más placentero el que hacer humano proporcionando solaz y esparcimiento al espíritu.
- Procurar la preservación del valor ecológico de medios que pueden constituirse en bancos de germoplasma o que contribuyan a garantizar la procreación de especies amenazadas de extinción.
- Contribuir a la creación de los hábitat o condiciones de vida que sean apropiados o que potencien las posibilidades de desarrollo de especies que por diversas razones se quieren proteger o aumentar en población.
- Conservar y usar más eficientemente los recursos naturales, a través del uso apropiado de técnicas de conservación de suelos, bosques y aguas.

## **4. LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL**

- En la actualidad, la formación de Ingeniería Ambiental en nuestros centros de enseñanza superior, corresponden básicamente, al cuarto nivel con excepción de algunas escuelas de Ingeniería Civil, que otorgan la especialización en Ingeniería Sanitaria y Ambiental y de ramas de la ingeniería que cubren campos similares como la carrera de Ingeniería de Recursos Naturales Renovables, la orientación de Ingeniería Agrícola o la de Suelos en algunas facultades de Agronomía.
- La necesidad de disponer de profesionales que satisfagan la demanda de los empleadores públicos y privados en el campo ambiental ha determinado que numerosas entidades universitarias ofrezcan opciones de diversa índole para la preparación de dicho personal. La mayoría de las opciones

constituyen postgrados que otorgan títulos de Especialista o Magister. En el campo de pregrado las posibilidades son escasas, citándose específicamente el título de Ingeniero de Conservación de Recursos Naturales Renovables otorgado por Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ).

- Dentro de las opciones de postgrado la mayoría de los títulos se ofrecen en el área de: Ciencias Ambientales o de Gestión Ambiental. En Ingeniería Ambiental, en particular, se otorgan títulos de postgrado en las siguientes universidades.
  - Universidad Central de Venezuela
  - Universidad del Zulia
  - Universidad de Carabobo

El Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) también otorgó títulos de postgrado en Ingeniería Ambiental.

- Además de estos cursos formales existen en el país numerosas organizaciones públicas y privadas que ofrecen cursos de extensión universitaria en el área de la Ingeniería Ambiental, entre ellos: el Colegio de Ingenieros de Venezuela, el Centro Interamericano para el Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT) y empresas consultoras ambientales debidamente registradas ante el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.
- Esta oferta de formación no ha satisfecho cabalmente la demanda, bien porque no ha cubierto algunas áreas específicas, o porque la demanda regional supera la oferta correspondiente, o porque se ha dirigido hacia determinado público, o porque la política ambiental se ha orientado hacia algunas áreas en particular.

## 5. LA INGENIERÍA AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

- Como consecuencia del análisis de estos aspectos se llegó a la conclusión de que existe en el país una necesidad sentida de desarrollar el conocimiento en el área de Ingeniería Ambiental para responder a los requerimientos de las empresas públicas y privadas en atención al grado de desarrollo del sector.

- El plan de estudios de Postgrado en Ingeniería Ambiental en la Universidad Católica Andrés Bello pretende formar un profesional dotado de un alto nivel de conocimiento, habilidades y destrezas que atienda los problemas ambientales de las funciones productivas, y que realice labores de control y de minimización de los riesgos de deterioro de la naturaleza.

El Postgrado de Ingeniería Ambiental tiene como objetivos principales:

- Promover oportunidades para la ampliación de conocimientos y la formación avanzada de ingenieros calificados en el campo de Ingeniería Ambiental.
- Formar recursos humanos capaces de utilizar eficazmente métodos, técnicas e instrumentos adecuados para la solución de problemas de ingeniería ambiental.
- Proporcionar una visión global de la Ingeniería Ambiental y de su aplicación en el manejo de proyectos de desarrollo para que estos puedan ser formulados de acuerdo con una concepción amplia sobre la relación hombre-ambiente-sociedad.

Con la *especialización* se ofrece al profesional la oportunidad de profundizar su formación con estudios que respondan a las necesidades surgidas en el ejercicio diario de la profesión e incorporar elementos nuevos para resolver problemas planteados en el trabajo.

Con la maestría se pretende que el profesional profundice en las causas de los problemas a través de la investigación, y sea capaz de generar ideas, incentivar el desarrollo tecnológico e incidir en un cambio significativo en el campo de la Ingeniería Ambiental.

Se espera que al final del programa de formación el profesional pueda cumplir con los siguientes objetivos de la Ingeniería Ambiental:

- \_Conozca los métodos y procedimientos que le permitan dictaminar la situación de los cuerpos de agua. Evaluar los procesos que pueden dar origen a su contaminación o eutroficación. Conceptualizar, diseñar, construir y operar sistemas de depuración de agentes líquidos. Organizar y llevar adelante programas de control de calidad de aguas.
- Conozca los métodos y procedimientos que le permitan establecer la situación de la calidad del

- aire. Evaluar los procesos que puedan dar origen a su contaminación, así como conceptualizar, diseñar, construir y operar sistemas de control de emisiones a la atmósfera. Organizar y llevar adelante programas de control de calidad del aire.
- Disponga de métodos y procedimientos que le permitan conocer la situación de deterioro del suelo, debido a la degradación de su calidad por procesos de acumulación de materiales. Conceptualizar, diseñar, construir y operar sistemas de tratamiento y de disposición de residuos sólidos. Organizar y llevar adelante programas de control de la contaminación del suelo.
  - Sepa utilizar métodos y procedimientos que le permitan evaluar la pérdida de un suelo por erosión u otros procesos de traslación del suelo como deslizamientos, derrumbes, etc. Conceptualizar, diseñar, construir y operar sistemas de control de erosión y otros procesos de traslación del suelo.
  - Sea capaz de evaluar los cambios en el flujo natural de las aguas, como consecuencia de acciones tales como: canalizaciones, rectificaciones de ríos, cruces subfluviales, sublacustres o submarinos. Establecer, diseñar, construir y operar sistemas que procuren minimizar tales cambios.
  - Conozca suficientemente los criterios necesarios para establecer las normas, así como el programa relativo al uso y posterior disposición de sustancias tóxicas o peligrosas o no biodegradables.
  - Domine las técnicas necesarias para evaluar la producción de ruidos, estableciendo su origen y formas de control de las emisiones sonoras.
  - Pueda evaluar riesgos tecnológicos u operacionales de las instalaciones, verificando sus consecuencias ambientales.

- Conozca los aspectos complementarios a su formación de ingeniero en áreas como legislación y ética ambiental, sistemas de información geográfica.

#### PERFIL Y EJERCICIO PROFESIONAL

El perfil profesional descrito es el de alguien que es parte de la función productiva, pero que, por su labor de control y minimización de los riesgos de deterioro de la naturaleza, puede entenderse como agente limitante o freno a una función productiva mal concebida.

En esta época de adaptación a unas nuevas relaciones espacio-temporales de la comunidad con su medio, el Ingeniero Ambiental tiene un papel preponderante que jugar en la función productiva; así, queda muy claro que hay todo un campo abierto a la imaginación y al desarrollo de empresas; por ejemplo, en el ámbito de la reutilización y reciclaje de desechos y en el establecimiento de servicios todavía no muy bien vislumbrados como el acondicionamiento y mantenimiento de playas, uno de los medios de recreación más ampliamente usados en el país. Conjuntamente con otras carreras como la Biología, puede orientarse al estudio de microorganismos que cumplan diversas funciones en los procesos de depuración. El tiempo es propicio para el desarrollo de equipos depuradores de origen nacional, para el establecimiento de industrias que produzcan las sustancias químicas que se requieran en los sistemas de tratamiento y desinfección de aguas, etc. Estos ejemplos intentan servir de referencia para que se entienda que está ante una rama de la ingeniería que al resolver los problemas inherentes a la conciliación del ambiente y el desarrollo, puede ser una fuente de trabajo en la producción de bienes y servicios.