

# Necesidad de introducir la dimensión ambiental en las ingenierías

Innumerables problemas ambientales han surgido en los países latinoamericanos en el empeño de lograr su crecimiento y desarrollo. Sería injusto responsabilizar únicamente a los ingenieros por el deterioro de la calidad ambiental, puesto que los problemas específicos creados no sólo tienen su origen en la aplicación de la técnica sino en el complejo sistema económico y socio-político de estas naciones. La segunda revolución industrial ha traído como consecuencia la obsolescencia de los programas clásicos de formación de los ingenieros, principalmente en lo relacionado con la protección del ambiente. De modo que toda actualización de los planes de estudio de las ingenierías deberá incluir la dimensión ambiental. Al respecto, se proponen algunas acciones concretas para ser ejecutadas por las escuelas de ingeniería y por organismos internacionales especializados.

**DANIEL VIDART**  
Profesor Especial

**PABLO LEYVA**  
Ingeniero Químico, Vicerrector de Recursos,  
Universidad Nacional.

**JORGE RICARDO BERNAL**  
Ingeniero Químico, M.S.  
Profesor Asociado U.N.

## VISION INTEGRAL DEL DESARROLLO

Diversidad de situaciones y desigualdad de estados de crecimiento y desarrollo son las características principales en el ámbito de los países latinoamericanos. La realidad geográfica, social, económica y política de estos países así lo demuestran. La mayor parte se encuentra en el marco de sistemas capitalistas, siendo en este momento una excepción la existencia de países latinoamericanos que se proyectan dentro del sistema socialista. Este punto de referencia es de la mayor importancia puesto que se estima que la orientación y concreción de políticas integrales de desarrollo, que incluyan la dimensión ambiental, tiene relación estrecha con el sistema económico-político en primer lugar y con las particularidades que en su interior pueden establecer cada una de las naciones, en segundo lugar. La diferencia cualitativa entre los sistemas hace que los planes de desarrollo constituyan una variable subordinada a la orientación política general; si bien es posible encontrar situaciones ambientales problemáticas que puedan tener el mismo tipo de tratamiento, independientemente del sistema económico, su corrección se dará en estos casos en relación más íntima con la concepción política y estilo de desarrollo y en segunda instancia con las posibilidades reales de adopción de medidas.

Un proceso de crecimiento relativo ha definido la realidad económica de los países latinoamericanos en los últimos 30 años. Este proceso ha estado supeditado en gran medida por la situación internacional y en particular por el condicionamiento que han impuesto los países desarrollados, con quienes se tiene mayor intercambio. Además se han tenido restricciones debidas a las condiciones específicas de las economías de cada país; el crecimiento se ha dado con una acentuada orientación en función de sus particularidades, en especial la oportunidad de aprovechar sus recursos y del potencial de ampliación de los mercados internos. Se ha producido, en general, un desarrollo marcado por un relativo despegue industrial, que se debate para asegurar

su existencia y crecimiento ante las situaciones coyunturales y los problemas de los intercambios del sector externo, que inciden en las definiciones políticas; éstas alternan el proteccionismo con la apertura de importaciones. Así se considera crítica la capacidad de operación de muchas de estas industrias nacionales frente a la dimensión de los mercados internos que limitan la posibilidad de producciones masivas, como frente a los nuevos productos que la revolución científico-técnica proyecta a los mercados internacionales. Esto conduce a una aparente, o en algunos casos real, situación de obsolescencia del equipamiento y la producción nacionales. Punto desafiante para la investigación e inventiva que permita la apropiación y aplicación de las nuevas tecnologías y asuma nuevos planteamientos frente a la presión ejercida en las fronteras de muchos países de América Latina por las mercancías de la gran industria desarrollada.

No obstante lo limitado del crecimiento, éste ha impuesto una presión muy fuerte sobre la naturaleza, la que ha sufrido un impacto indiscriminado. Se han extraído o sustraído de ella los recursos naturales que han presentado una opción de comercialización o transformación, se han destruido otros en función de las circunstancias y se ha impuesto, por último, la descarga de los desechos de la producción y la urbanización en los suelos, las aguas y la atmósfera sin contemplaciones. A diferencia de los países con economías más desarrolladas, que en algunos casos han logrado éxitos al menos parciales en la protección y recuperación de los sistemas naturales, en general en América Latina se observa con impotencia el avasallamiento de la naturaleza y se plantea con frecuencia el falso dilema de si se debe defender y preservar la naturaleza o sacar de la miseria a los amplios sectores de la población que la soportan. La marginación y deterioro de las condiciones de vida del campesinado en muchos países, la modernización de la agricultura en algunos sectores, el acelerado proceso de urbanización que de todas maneras ha generado la industrialización, la polarización de los servicios, así como la necesidad geopolítica de ocupación del espacio nacional, ha producido fuertes corrientes migratorias hacia los centros urbanos aumentando en ellos las condiciones de miseria, marginación y desempleo de grupos sociales numerosos; también ha generado desplazamiento de población hacia los últimos sectores boscosos de la región. La colonización espontánea así como la destrucción de los bosques, contribuyen notablemente a la degradación general del paisaje y al empobrecimiento del patrimonio de las naciones.

Es un momento difícil para América Latina. Los procesos de crecimiento han transformado y en algunos casos, causado fuertes impactos a la

naturaleza y no se ha logrado resolver las necesidades elementales de grandes sectores de población. El endeudamiento externo restringe de manera extraordinaria las posibilidades de dinamizar las economías por la vía de la financiación externa y las presiones de los empresarios, de los trabajadores, así como las necesidades de los Estados, siempre en angustiosa situación, inciden sobre el excedente económico.

Las posibilidades de crecimiento sostenido y de lograr aumento de productividad son limitadas. En esta situación una de las vías para aliviar presiones es hacer uso de los recursos naturales, en particular los energéticos, sin tener en cuenta ninguna restricción; por otra parte, los países tienden a posponer las medidas y variantes técnicas que aseguren una operación del aparato social productivo con bajo impacto sobre el medio ambiente dado el costo adicional inmediato que pueden tener las mismas, despreciando los beneficios sostenidos en el largo plazo. El crecimiento y desarrollo económico y social tiene lugar como el resultado de un proceso histórico. Todas las políticas gubernamentales, así como las decisiones privadas atinentes a la orientación de las actividades del aparato productivo, implican acciones de transformación de la naturaleza; éstas tienen forzosamente repercusiones directas e indirectas en los equilibrios de los ecosistemas; solamente la dimensión y persistencia de las acciones o la fragilidad del medio harán más o menos evidente el fenómeno; en consecuencia no es posible continuar tratando el problema del desarrollo en forma sectorial y aislada del manejo del ambiente.

La llamada dimensión ambiental debe hacer parte de las consideraciones para definir políticas de desarrollo de los países; en este sentido la conceptualización del problema por parte de los ingenieros y su capacidad teórica para proponer un uso diferente de las actuales tecnologías o el desarrollo de otro que maximicen el uso de los recursos buscando la permanencia de los mismos y la estabilidad de los sistemas naturales y llevar a la práctica soluciones de bajo impacto ambiental, es fundamental para hacer compatibles medio ambiente y desarrollo en América Latina.

## **ESENCIA Y SIGNIFICADO DE LA DIMENSION AMBIENTAL EN LA EDUCACION**

La introducción de la variable ambiental en la educación, desde el nivel parvulario y escolar al académico y postacadémico, desde la vertiente informal a la formal, desde la coyuntura institucional a la educación permanente, fue propuesta en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano que se reunió en Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972. En el principio 19 de los acuerdos adoptados se recomendó lo siguiente:

“Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos y que preste la debida atención al sector menos privilegiado de la población para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana”.

Los estados del mundo contestaban así, en el cumplimiento de la ley histórica del reto-respuesta, a la problemática que el incontrolado desarrollo industrial imponía a los países ricos y que el subdesarrollo y sus secuelas abatían sobre los países pobres. Las llamadas “polución de la riqueza” y “polución de la pobreza”, dialécticamente vinculadas por relaciones internacionales de producción entre el Centro y la Periferia, constituían el desafío de los hechos al cual la ciencia, la tecnología, la administración y la superestructura de la inteligencia y el diseño debían contestar con premura y eficacia.

Una de esas contestaciones es la de la educación. Como se sabe, el acto educativo es, en nuestras sociedades, un Jano bifronte: con una cara mira al pasado, hacia las tradiciones y realizaciones de la especie que es menester honrar y no olvidar; con la otra mira hacia el futuro, hacia las previsiones sistematizadoras de la cultura. La educación recoge, conserva y perfecciona el legado de las civilizaciones pretéritas y, a la vez, despliega, mediante la creatividad y la invención, sumadas a la integración de lo existente, el abanico prospectivo de los mañanas posibles.

En este último sentido, innovador, explorador, imaginativo, y a la vez altamente racionalizado y racionalizador, que debe concebirse la educación ambiental, propuesta como un incitante territorio a la actividad colonizadora de la pedagogía contemporánea.

Dicha educación ambiental fue objeto de una serie de instancias reflexivas durante las cuales se definieron sus objetivos y modalidades. La Comisión Nacional Finesa de la UNESCO, reunida en el seminario de JAMMI (1974), precisó los siguientes aspectos:

1º. La educación ambiental es un componente de todo pensamiento y de toda actividad de la cultura, en el más amplio sentido de la palabra, y su fundamento es la estrategia de la supervivencia de la humanidad y la naturaleza.

2º. La estrategia de una supervivencia es un enfoque general que requiere conocimientos de ciencias naturales, tecnología, historia y sociología, así como los medios intelectuales para analizar y sintetizar estos conocimientos para crear nuevos modos de actuación.

3º. Además de la estrategia de la supervivencia debe tenerse en cuenta la calidad de la vida, las metas fijadas a este respecto y los medios con que cuenta la humanidad para alcanzarlas.

4º. La educación ambiental aspira a que se tomen en consideración los principios de la ecología en la planificación social, en la economía y en otras actividades, ya a nivel nacional o internacional.

Los conceptos anteriores, de sesgo ecologizante, revelan el impacto de los “manifiestos para la supervivencia” redactados por la élites científicas (que de algún modo coinciden con las élites sociales) de las naciones industrializadas.

Es recién, con la Carta de Belgrado, surgida en un Seminario de especialistas convocado por la UNESCO en 1975, que comienza a precisarse una concepción más amplia, y las definiciones revelan en dicho sentido la inclusión, no ya de la variable, sino del pivot socioeconómico.

La educación ambiental se considera entonces como formando parte de la educación general y, en más de un sentido, sería la educación que debe impartirse en nuestro tiempo de acuerdo con los desafíos que afronta la civilización en un mundo dividido donde los riesgos del genocidio son aún más aterradores y súbitos que los del ecocidio.

En Belgrado se precisa un cuerpo conceptual más afinado que los anteriores. Dicho corpus se articula en derredor de objetivos centrados en la toma de conciencia del ambiente, el conocimiento sistemático de sus mecanismos, la creación de actitudes y aptitudes en todos los grupos sociales para que afronten responsablemente la crisis ambiental, y, finalmente, la capacidad de evaluación de los programas de educación ambiental y la participación crítica y comprometida de todos en la resolución de los problemas ambientales locales, nacionales e internacionales.

Un paso más adelante es dado por las Conferencias Regionales de Educación Ambiental patrocinadas por la UNESCO y el PNUMA entre 1976 y 1977. En las Conferencias de los países integrantes del Tercer Mundo se hace hincapié en los temas de transferencia de tecnología, de la alienación cultural, de las guerras, de las injusticias sociales y explotaciones económicas que sufren los pueblos de las naciones pobres, mientras que las naciones industrializadas expresan en la Conferencia Europea (Helsinki, 1977), los siguientes conceptos: “La educación ambiental debe centrarse en problemas específicos, tener carácter interdisciplinario, apuntar al reforzamiento del sentido axiológico, contribuir al bienestar colectivo, preocuparse por la supervivencia de la humanidad, derivar esencialmente sus fuerzas de la iniciativa de los alumnos y de su dedicación a la acción, y tener en cuenta las

preocupaciones presentes y futuras. La educación ambiental es esencialmente pluridisciplinaria e interprofesional. Está relacionada con todos los problemas, disciplinas y profesiones ambientales e implica la formulación y enseñanza de los principios y conceptos del medio ambiente en todas las fases del proceso educativo”.

Finalmente, la Conferencia Intergubernamental de Tbilisi, convocada por el PNUMA y la UNESCO en octubre de 1977, perfecciona un cuerpo doctrinario que a veces resulta demasiado casuístico, y por ende ambicioso, pero que impone definitivamente la vigencia de la variable ambiental o, mejor aún, de la educación ambiental en tanto que educación simplemente, “tuot court” destinada a conciliar las exigencias socioeconómicas del desarrollo, causantes de procesos desorganizativos, con los equilibrios biológicos y las necesidades de la calidad del ambiente humano.

En Tbilisi se modera el énfasis de las primeras definiciones de educación ambiental - cuyo eje ecológico era demasiado dogmático y al fin excesivamente simplista a fuerza de ignorar los aspectos políticos e ideológicos de las sociedades humanas, amén de las vertientes antrópicas donde todo ambiente debe ser considerado.

En el Informe Final de la citada Conferencia de Tbilisi se destaca claramente que si bien es obvio que los aspectos físicos y biológicos constituyen la base natural del medio humano “son las dimensiones económicas y culturales, y los valores éticos, los componentes que definen las orientaciones y los instrumentos con los que el hombre podrá comprender y utilizar mejor los recursos de la naturaleza para satisfacer sus necesidades”. En consecuencia “la educación ambiental es el resultado de una reorientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas que facilitan la percepción integrada del medio ambiente, haciendo posible una acción más racional, capaz de responder a las necesidades sociales”.

Se destacan, entre otros rasgos específicos de esta educación ambiental, los siguientes:

Acordar una particular atención a las relaciones complejas entre el desarrollo socio-económico y el mejoramiento del ambiente; concebirla como un proceso continuo; dirigirla a todos los grupos de edad y a todos los elementos socio-profesionales de la población.

Entre éstos se distinguen, y aquí entramos en el campo de los ingenieros, los grupos sociales específicos cuyas actividades profesionales inciden en la calidad de ese medio, y los científicos y técnicos cuyas investigaciones y prácticas especializadas constituirán la base de conocimientos sobre los cuales debe fundamentarse una educa-

ción, una formación y una gestión eficaz del ambiente.

### PERFIL CLASICO Y PERFIL CONTEMPORANEO DEL INGENIERO.

El perfil del ingeniero clásico, el típico politécnico, heredero de la doble función de hacer más eficaces los mecanismos e ingenios ofensivos y defensivos de la guerra, por un lado, y de construir en las sociedades civiles dispositivos que refrendaran con el bienestar material los beneficios de la paz, por el otro, se prolongó a lo largo de los tres últimos siglos, estereotipando en los moldes de una inevitable inercia cultural, los aspectos cuantitativos de su profesión, hasta que sobrevino, pasados los años sesenta de este siglo, la segunda revolución industrial.

Entendemos acá por segunda revolución industrial el complejo sistema que alía estrechamente la ciencia con la técnica y cuyos marcos se definen por los desarrollos de la cibernética, de los ordenadores, de las matemáticas relacionales y de la Teoría General de Sistemas. Sus productos van desde las micromáquinas al complejo industrial militar, de la automatización fabril a la astronáutica, del manejo de las nuevas energías, en especial la nuclear, a la organización planificada de la empresa privada y la administración pública, de la agroquimurgia a la nueva cirugía, de las prótesis técnicas a las antrópicas, de la revolución del transistor a la de los plásticos, de los transportes a los desarrollos hidroeléctricos.

El ingeniero de la segunda revolución industrial debe ser un gestor y coordinador eficaz de los subsistemas tecnológicos, económicos, biológicos y sociales que se interrelacionan mediante nuevos canales informativos, y, a la vez, manejar el flujo informático, el software electrónico, las teorías matemáticas (de los grafos, de las redes, de los compartimientos, de los conjuntos, de los juegos, de los autómatas, de las colas, de las decisiones) y el cálculo matricial, entre otras habilidades integradoras, para seguir siendo el amo de los esclavos técnicos y ordenador espacial de un planeta tecnificado.

Pero los efectos de la explosión científicotécnica, al traducirse en una cada vez más acentuada implosión ambiental, revelaron, paralelamente a los progresos y conquistas de la industria liviana y pesada, una serie de contaminaciones, degradaciones y pérdidas de amenidad del entorno donde aquellas se asentaban. Los medios terrestre, aéreo y acuático, los ecosistemas, los sociosistemas, y aún los tecnosistemas, se vieron afectados por impactos químicos, físicos y biológicos que, en tanto que fenómenos, que acontecimientos efectivos de la realidad, exigieron rápidos diagnósticos y eficaces correcciones.

De este modo, los efectos positivos y los negativos de la segunda revolución industrial convirtieron en obsoleta la figura del ingeniero clásico —cuya mentalidad aún campea en las Universidades y los desiderata profesionales (diseños, materiales, construcción, administración y tecnología de las obras— y acuñaron un nuevo tipo de ingeniero, más integral, más sensible a los marcos económicos y sociales, más atento a las exigencias del ambiente.

El ingeniero clásico, nacido de la confluencia del fuego y las técnicas, tal cual ilustra el mito de Prometeo, era un fabricante de espacios productivos racionalizados según la lógica de la economía clásica, un inventor de energías democratizadas, de herramientas inteligentes, de máquinas eficaces, de procesos cada vez más operativos y en lo posible menos costosos a los efectos de satisfacer las necesidades humanas. Creador y deudor de sus creaciones, se concebía al ingeniero como a un profesional exclusivamente ligado a su circunstancia técnica y a su imperativo instrumental (lograr los objetivos con un mínimo de energía y un máximo de rendimiento) y por ello ajeno a consideraciones económicas, políticas, éticas, sociales o ambientales. En su formación policémica debía conjugar a la vez un investigador, un proyectista, un ejecutor, un supervisor y un administrador, lo cual generaba una versatilidad praxiológica, un compromiso entre la teoría y la práctica, entre la economía y la tecnología, entre la racionalidad y la operatividad ejecutiva.

La personalidad de base del ingeniero clásico configuraba de tal modo una forma de vida ajena a la pasión del artista, no mezclada con voluntarismos ni improvisaciones, apegada a la exactitud, enemiga del desempleo imaginativo. Equilibrio, fortaleza, eficacia y congruencia entre los medios y los fines: he aquí los parámetros de su mundo y las limitaciones impuestas por un sentido fáctico, pragmático, de la empresa. De los cálculos a las tomas de decisiones, de la planeación de las obras al funcionamiento correcto de las mismas; estos eran los marcos que encuadraban al concebir y el hacer de un profesional pulcro, encargado de fabricar una tecnosfera a imagen y semejanza de las ciencias y técnicas disponibles.

Después de la revolución científico-técnica acontecida luego de la Segunda Guerra Mundial (siempre las guerras son aceleradoras de invenciones y de síntesis sistémicas), el ejercicio de la ingeniería clásica se ve paradójicamente, acrecentado y recortado a un tiempo. Acrecentado porque aparecen otras especializaciones y coordinaciones: se exige mayor profundidad en el manejo de las matemáticas relacionales, un dominio acabado de la programación con ordenadores, una práctica interdisciplinaria, un conocimiento lógico y aún filosófico de la teoría y

análisis de sistemas y, a la vez, una especialización creciente y aún superespecialización en ramas no tradicionales de la ingeniería. Recortado porque ya no le es posible recurrir a los razonamientos lineales, a la univocidad de las variables, a los análisis detallados, a la programación por etapas, sino que la validación de los hechos le obliga a confrontar los modelos con la realidad ambiental y económica, y al mismo tiempo con un nuevo acento de la programación por objetivos, con una percepción global de los efectos de las obras en el paisaje, con la necesidad de tener en cuenta grupos de variables. Además le toca aprender a trabajar en equipo con otros profesionales, a tener en cuenta las externalidades y los costos sociales de las obras, a ocuparse de los juegos y simulaciones ayer considerados como pasatiempos prospectivos, a saltar de lo juxtadisciplinario a lo inter y aún a lo metadisciplinario.

A este tipo de ingeniero pertenece el ingeniero ambiental a cuya formación en la universidad latinoamericana contemporánea vamos a referirnos de inmediato.

#### IMPACTO AMBIENTAL EN EL EJERCICIO DE LA PROFESION.

La productividad es la constante histórica a cuyo aumento permanente contribuyen las técnicas y los instrumentos que el hombre ha elaborado desde lo más remoto de su historia. De algún tiempo al presente, la puesta a punto de formas, métodos y procesos de producción, el diseño y construcción de máquinas y la construcción de obras civiles, ha sido responsabilidad de los ingenieros, éstas últimas contribuyen a aumentar la productividad de los hombres, acelerando las comunicaciones y facilitando el aprovechamiento de los recursos naturales. Tanto los desarrollos físicos, la extracción, transporte y transformación de los recursos naturales, como los procesos productivos empleados, alteran las formas originales de la naturaleza y transforman incesantemente el paisaje natural en cultural. Este continuo elaborar la base natural para construcción de estructuras complejas de la civilización actual, así como la invención de nuevos bienes materiales que soportan una cultura cuyas demandas y necesidades aumentan constantemente, transforman por supuesto la naturaleza, pero al hacerlo también interfieren en los procesos sobre los cuales se sustentan los ciclos y los sistemas naturales, en algunos casos bien frágiles, sobre los que se soporta la vida en la tierra. Por su parte las nuevas estructuras crean un hábitat artificial (cultural) como las ciudades, los edificios con aire acondicionado o los medios subterráneos de transporte y un medio ambiente propio, al cual han de adaptarse los humanos; estas nuevas condiciones generan problemas físicos y psico-

lógicos tanto en los lugares de trabajo como en los de habitación y recreación.

La participación y responsabilidad de los ingenieros en estas acciones es directamente proporcional al grado de desarrollo de los países.

En los países más desarrollados el espacio físico ocupado por estas estructuras limita y destruye los espacios públicos y las áreas naturales; en América Latina éste último es el caso para algunos conglomerados urbanos; no obstante restan grandes espacios naturales como la Amazonia, lo que siendo importante, hace olvidar no pocas veces el alarmante proceso de deterioro general como consecuencia de los desplazamientos de los sectores de la población que han tenido que recurrir al establecimiento de villas miseria o a colonizar grandes áreas de bosque natural artificializando y degradando el espacio natural

No se puede considerar una responsabilidad de los ingenieros, la disrupción de los ecosistemas ocasionada por la construcción de las infraestructuras civiles, industriales y la operación del sistema productivo; estas expresiones materiales de la actividad humana, si bien se fundamentan en la técnica en cuya elaboración seguramente han tenido mucho que ver los ingenieros, responde en proporción mayor a leyes económicas y sociales del desarrollo y a decisiones políticas y administrativas. No obstante, se considera que los ingenieros deben desempeñar un papel importante en el manejo ambiental puesto que, como concedores de las operación de los sistemas y procesos que han creado, están en posición de identificar en una forma muy clara los riesgos implícitos de la aplicación masiva de las nuevas alternativas técnicas. Claro está que hasta hace poco tiempo, la concepción generalizada de que se trataba de la lucha del hombre contra la naturaleza y que ésta soportaba y asimilaba cualquier agresión, contribuyó de tal modo que el ejercicio de la profesión de ingeniero se orientara básicamente hacia el perfeccionamiento de técnicas, despreciando cualquier consecuencia perjudicial para la naturaleza.

Las únicas consideraciones hechas hasta hace poco tiempo eran de carácter económico; si la producción y desarrollo de infraestructura causaba sobranes se daba por supuesto que éstos debían diluirse y su impacto ser absorbido por el medio natural, como si éste tuviese una capacidad ilimitada de asimilación. Las previsiones sobre las descargas nocivas, por ejemplo, eran totalmente desatendidas: basta recordar el caso del mercurio, subproducto de muchas actividades, cuyo efecto sobre la salud humana aparecía de tiempo atrás en la literatura pero que no recibió la atención debida hasta que se produjo la tragedia.

En la actualidad bien sea por desconocimiento, falta de control o descuido, continúan operando muchas unidades productivas en condiciones de alta peligrosidad para el medio ambiente y para la población; esto se debe por supuesto a las condiciones económicas que se imponen para su operación, pero también a que los profesionales de la ingeniería, en algunos casos, no conocen o no llaman la atención sobre el particular; igual sucede en la construcción de infraestructura vial o en los trabajos mineros. He aquí una gran opción para que los ingenieros de América Latina propongan opciones tecnológicas que aprovechen al máximo los recursos con estrategias alternativas, posiblemente acompañadas de medidas de descentralización, que lleven a una mejor distribución los beneficios de la industrialización, en términos de la población, las regiones y la preservación de los sistemas naturales.

#### **FUNCIONES DE LAS INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA EN LA FORMACION DE PROFESIONALES CON UNA PERSPECTIVA AMBIENTAL.**

La formación de ingenieros con perspectiva ambiental es una necesidad de actualidad e importancia, si se quiere disponer del elemento humano que esté en capacidad de comprender el problema y de proporcionar las soluciones referentes a la reducción del impacto adverso sobre los sistemas naturales por los procesos de producción o de transformación del medio. Por supuesto que este componente es algo que no solamente debe darse a los estudiantes de ingeniería, sino que debe estar presente en las diversas etapas de todo el proceso educativo formal y no formal. En el caso específico de las escuelas de ingenieros, tendrán que preocuparse desde ahora en acometer la tarea de investigar la forma de introducir la variable ambiental en la formación de los estudiantes de todas las ramas de la ingeniería. Para ello cada país deberá, de acuerdo con las particularidades de su medio natural y cultural y de la especificidad de su desarrollo y nivel al cual haya llegado, establecer la forma como ha de introducirse dicha variable.

Parece necesario también tener en cuenta que la introducción de los aspectos ambientales en la formación de los ingenieros no consiste simplemente en el establecimiento de una asignatura adicional dentro del currículo, sino que seguramente comprende la realización de cambios más profundos en la estructura clásica de la formación básica. Así, es preciso considerar la necesidad de reforzar el campo de los conocimientos generales relativos a las ciencias humanas, a la geografía, a la historia y a la biología, de manera que esta formación le permita al profesional en ejercicio tener una ubicación mejor, al insertarse

en el aparato productivo, ya que debe conocer especialmente la dinámica y las relaciones tanto de los procesos naturales como sociales, así como su función social primordial como motor de la innovación tecnológica. Solo una visión concreta de estos aspectos en las diferentes ramas de la ingeniería, civil, mecánica, eléctrica, química, agronómica, etc., permitirá realizar una práctica ambientalista de la profesión, hasta donde los estilos de desarrollo imperantes lo permitan.

Cabe discutir igualmente la necesidad y la oportunidad de establecer carreras específicas para la formación de ingenieros ambientales o el establecimiento de posgrado, de especializaciones en esta materia. En ambos casos, el currículum que ha de establecerse seguramente tendrá como característica lo novedoso del mismo pues ha de definir el perfil de un profesional con formación básica que lo prepare para entender y manejar los diferentes problemas de la ingeniería del ambiente y además lo capacite para formular propuestas de implantación de técnicas que minimicen los impactos adversos ambientales y contribuyan al mejoramiento de las condiciones de trabajo y de vida de la población. En la definición y conveniencia de una ingeniería del ambiente deben ocuparse los especialistas latinoamericanos; materia que puede ser un punto importante de discusión para próximos encuentros internacionales, todo esto se precisa al final del documento aportando algunos elementos que se estima permitirán el desarrollo de una discusión sobre el tema. Sobre el particular existen recomendaciones elaboradas en varios encuentros internacionales, que merecen ser consideradas por las diferentes escuelas de ingenieros de América Latina. Esta es una tarea que debe emprenderse y fomentarse con el apoyo de los organismos internacionales, como el PNUMA, la UNESCO y la CEPAL, quienes deben actuar como fuente de información y como promotores a fin de que en las Universidades llegue a comprenderse la importancia de la perspectiva ambiental y se animen a realizar los cambios pertinentes.

También se requiere como algo fundamental y complementario el establecimiento de las condiciones propicias para que los docentes de las escuelas de ingeniería se sensibilicen y se capaciten sobre el particular. Si esto no ocurre y se omite la inclusión de la temática ambiental, las respectivas escuelas de ingeniería bien pronto se convertirán en algo así como obsoletas piezas de museo.

En América Latina muchas de las facultades de ingeniería tienen una tradición centenaria, lo que lleva implícita una visión del mundo y del ejercicio de la profesión, que no se compadece con el momento actual ni con las opciones reales que en todo sentido debe tener la formación de los futuros ingenieros. Es indispensable incidir sobre

los sectores directivos de estas escuelas y en los docentes de las mismas.

Igualmente, es preciso desarrollar programas de educación continuada para el reciclaje y actualización de los ingenieros en la perspectiva ambiental. Esto se facilita hoy día en algunos países, puesto que en ellos se requiere la realización de estudios sobre el impacto ambiental de grandes proyectos de desarrollo; con base en este tipo de cursos es relativamente fácil atraer a muchos profesionales ya que este es un nuevo campo de trabajo y un complemento para el ejercicio de la profesión. Todos estos enfoques se amplían a continuación y se hace igualmente una propuesta de mayor precisión sobre la formación profesional del ingeniero.

### EL DESAFIO AMBIENTAL.

La formación de ingenieros y administradores ambientales, así como la inclusión de la variable ambiente en los estudios de ingeniería de la universidad latinoamericana contemporánea, no solamente revela un nuevo aspecto en el perfil profesional, acorde con los crecientes desafíos del medio humano, sino que además genera, dialécticamente, una dimensión contestataria, o por lo menos complementaria, que se enfrenta con las tareas tradicionales de la ingeniería a la vez que modifica el ángulo de la inserción científica y operativa del ingeniero en la sociedad.

En efecto, el ingeniero ambiental -y con él el ingeniero entrenado en el conocimiento y manejo de la variable ambiental- procura atenuar e inclusive suprimir los efectos de las estructuras fabricadas, los procesos puestos en marcha y perfecciona tecnologías de aprovechamiento integral y bajo efecto ambiental, ya en el momento de su implantación paisajística u objetual, ya en el de su funcionamiento, al impactar sobre los entornos naturales y humanos donde las obras se asientan.

La ingeniería ambiental configura además, por reciente que sea su existencia, una actividad meliorativa que pone su acento en la anticipación más que en la conjuración de los efectos ambientales: el "ante rem" respectivo tiene prioridad lógica y metodológica sobre el "post-rem" rectificativo tanto desde el punto de vista de la previsión científica como de la conducta instrumental. Las tan criticadas deseconomías externas y los costos sociales provocados por los dispositivos y los procesos técnicos (y no tecnológicos, en tanto que la tecnología es una reflexión sobre las técnicas) puede reducirse así a expresiones poco relevantes si no totalmente superados.

La figura de este ingeniero ambiental, que a continuación examinaremos en su consistir y en su obrar, y sobre todo en su deber ser representa

un logro importante en la progresiva racionalización de las técnicas y los procedimientos para conciliar las exigencias del desarrollo, cada vez más perentorias y por momentos acercándose, dramáticamente, a las situaciones límite, en los países latinoamericanos, de los equilibrios entre la ecosfera y la antroposfera. Dicho con otras palabras, más abstractas y gratas al sistema de señales del ingeniero: se trata de crear un profesional que lleve a cabo su praxis con un mínimo de entropía y un máximo de información.

### EL SER Y EL QUEHACER DEL INGENIERO AMBIENTAL.

Las diversas conferencias y coloquios realizados para diseñar la formación ambiental de los ingenieros y la formación de ingenieros ambientales han dejado en claro que la dimensión ambiental de la ingeniería puede lograrse en distintos planos.

El primero es el de la introducción de un perceptible énfasis ambiental en todas y cada una de las especializaciones de la ingeniería. Se entiende que tanto el ingeniero civil como el agrícolo, tanto el ingeniero de sistemas como el eléctrico, etc., deben tener un conocimiento serio y completo de la problemática ambiental. Para ello existen dos estrategias, una en el pregrado y otra en postgrado. Veámoslo por separado.

En el caso del pregrado la variable ambiental puede establecerse según tres modalidades:

Primera. Una expresa modificación de los programas, con el propósito de crear una conciencia mesológica y darle al futuro ingeniero los instrumentos intelectuales y las pautas prácticas que le permitan comprender la complejidad de los sistemas ambientales con los cuales deberá enfrentarse.

Segunda. Un entrenamiento del cuerpo docente en temas ambientales a efectos de lograr su capacitación rápida y coordinada sin necesidad de recurrir a la reelaboración del syllabus completo.

Para ello será necesario contar con un cuerpo de profesores muy calificados y cursos especiales, intensivos, previos o simultáneos con la actividad académica regular.

Los profesores así entrenados podrán introducir en los programas de sus asignaturas un énfasis ambiental que favorezca, en cada uno de los cursos, una visión holística, integrada, de la problemática ambiental y de las necesidades del desarrollo.

Tercera. La introducción de dos o tres asignaturas claves (calidad del ambiente, ambiente y desarrollo, ecología para ingenieros) que ofrezcan, ya

en el área de las ciencias naturales, ya en el campo de las ciencias humanas, una perspectiva complementaria a las impartidas por las asignaturas específicas.

Estos tres procedimientos no son excluyentes: pueden y deben coordinarse según las condiciones locales y disponibilidad de cada Universidad. La problemática nacional y la latinoamericana deben ser claramente destacadas; el proceso de la contaminación debe, además, ser ubicado en sus exactos niveles de causalidad compleja, no lineal, contando en todo momento con un diagnóstico socio-económico de las políticas ambientales utilizadas (o la ausencia de las mismas).

En el caso del postgrado se trata ya de profesionales formados que deben recibir nociones y conceptos de tal modo integrados que su especialización no sea un acarreo de nuevas asignaturas sino una sistematización intencional de conocimientos.

No puede ser esta especialización meramente teórica. En la mayoría de los casos lo es, habida cuenta de los espacios sustraídos a una actividad laboral regular (comienzos y fines de la jornada) y de la escasa o nula oportunidad de la docencia *in situ*. Sin embargo, es deseable que se busquen ayudas y estímulos económicos para crear fondos de becas, cursos de vacaciones y otros expedientes dirigidos a hacer más eficaz y completa la especialización.

Sería que previamente a estos cursos existiera un periodo de nivelación consistente en el estudio de un programa de ecología general, procesos naturales y relaciones sociales, biogeografía y geografía humana del país, organización de la administración nacional de los recursos naturales, programación para ordenadores y, muy especialmente, matemáticas relacionales.

Dentro de los cuatro semestres, o aún cinco (destinado éste último a la redacción y discusión de la tesis de grado con tutoría docente) se impartirán, paralelamente a los cursos regulares de cada uno de ellos, un syllabus dedicado al conocimiento modelístico, matemático y operativo de la teoría y análisis de sistemas. En cuanto a los aspectos prácticos e interdisciplinarios ellos tendrán como núcleo constante y centro de interés integrador los estudios concretos de impacto y efectos ambientales. Ordenamiento ambiental y Planificación Regional.

Finalmente, es conveniente que las Universidades de la región analicen, la conveniencia de implementar una carrera de ingeniería ambiental, extendida a lo largo de nueve o diez semestres. Dicha carrera, con base en las asignaturas fundamentales de la ingeniería civil, ingeniería

química e ingeniería industrial, debe ser planeada para los siguientes efectos:

1º. Tender a la formación de un profesional que conozca los aspectos regionales del país de origen, con especial énfasis en los biosistemas, sociosistemas y tecnosistemas característicos de cada región. Así como de las relaciones entre los procesos sociales y naturales en una perspectiva realmente ambiental.

2º. Que dicho profesional sea capaz de evaluar los impactos y efectos ambientales de las obras de infraestructura, de las instalaciones industriales, de la actividad minera, de la agricultura comercial, de la implantación de los asentamientos humanos y de toda actividad que genere procesos antrópicos y contaminantes en los ambientes circundantes.

3º. Que tal profesional sea capacitado para presentar proyectos alternativos de obras congruentes con las exigencias de los ecosistemas y antroposistemas locales al par que acordes con las pautas de desarrollo nacional.

Efectos que, si bien se plantean, para ser obtenidos en la formación del ingeniero ambiental, son precisamente los que deberían lograrse en la formación del profesional de la ingeniería, si se piensa, además, que la variable ambiental debe contribuir a un viraje más profundo en el sistema educativo. Por supuesto que el establecimiento de una especialidad como la ingeniería ambiental debe ser contemplado no solamente en razón de unas necesidades a las que efectivamente puede responder sino también frente a las posibilidades reales de lograr una ocupación, así como dentro de las tendencias de la ingeniería que en la actualidad parecen orientarse hacia una formación más general buscando la especialización y actualización posteriormente. Sirvan estas reflexiones para suscitar la discusión y el análisis de este importante tema en el marco de los países de América Latina.

## RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS

La conclusión de la dimensión ambiental en los planes de estudio de las diferentes ramas de la ingeniería no es un problema cuya solución puede aplazarse. Deberá abocarse de inmediato. Por otra parte, la importancia y lo novedoso del tema, requiere hacer uso de estrategias especiales.

a) Debe disponerse de una amplia información sobre el particular. Es necesario conocer, analizar y aprovechar las experiencias de otras regiones, teniendo en cuenta que no se trata de adoptar sino de adaptar hasta donde sea prudente y conveniente, las acciones que en otros países hayan tenido éxito.

Para el efecto, convendría que los organismos internacionales especializados como PNUMA y la UNESCO estableciesen una División de Informática, o reforzaran los actuales sistemas para que se encarguen de recopilar, clasificar y distribuir la información correspondiente.

b) Un mecanismo ágil y eficiente para el intercambio de experiencias puede ser la realización periódica de seminarios o simposios. El contacto directo acelerará la toma de decisiones sobre la introducción de los ajustes en los currícula y en los aparatos administrativos que los apoyan.

Similarmente, la División de Informática tendría a su cargo la coordinación de estos eventos en cada regional.

c) En cada una de las Facultades o Escuelas de Ingeniería debería organizarse un grupo de trabajo permanente para la reflexión sobre la enseñanza de la profesión y la preparación de propuestas concretas sobre las modificaciones o ajustes que deben llevarse a cabo en los planes de estudio.

d) Otro de los campos de acción sería el de la promoción y fomento de la investigación interdisciplinaria, con el fin de involucrar otras áreas del conocimiento en la solución de los problemas ambientales.