

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE
INGENIERÍA -ACOFI-**

**ACTUALIZACIÓN Y MODERNIZACIÓN CURRICULAR EN
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DOCUMENTO FINAL
ACOFI - ICFES**

Bogotá, Noviembre de 1999

PRESENTACIÓN

El Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, han continuado el desarrollo del programa de Actualización y Modernización de los Currículos de Ingeniería.

La actualización y modernización curricular constituye un ejercicio académico que hace parte de la autoevaluación institucional, tiene horizontes hacia la acreditación y sobre todo, propende por el mejoramiento continuo de la calidad de la educación superior.

Esta publicación recoge el resultado del trabajo de varios seminarios en los cuales académicos, directores de programa y decanos discutieron los contenidos mínimos curriculares y los perfiles de las ingenierías Agrícola, Ambiental, de Alimentos, Agroindustrial y Forestal.

Esperamos que la comunidad a la cual va dirigida esta publicación pueda enriquecerla con sus conocimientos y sea de gran utilidad para los directivos, docentes, estudiantes y egresados que están comprometidos con el desarrollo de estas ingenierías.

Dirección General

- ICFES -

ANTECEDENTES

El hombre desde el inicio de su existencia y a través de su evolución, ha venido utilizando y modificando la naturaleza para obtener la satisfacción de sus necesidades, produciendo efectos en ésta y afectando su durabilidad. El ser humano como parte de un sistema global, es el responsable de garantizar la supervivencia de la especie, dada la conciencia que los humanos han logrado sobre ese sistema.

El hombre, la sociedad y las organizaciones, para lograr sus propósitos y su supervivencia, han utilizado de manera indiscriminada los recursos que el medio ambiente les ha brindado, afectando los ecosistemas y comprometiendo la vida de las generaciones y especies futuras.

Afortunadamente en los últimos cuarenta años ha surgido una coincidencia ambiental y gracias al desarrollo tecnológico, del que se dispone hoy en día, la comunidad puede percibir y monitorear en tiempo real, cómo y cuánto se está afectando el medio ambiente. Los recursos se están agotando y se requieren políticas, educación y estrategias que faciliten al hombre su papel como responsable del ambiente.

En este sentido y dado el carácter transversal de la temática ambiental, es indispensable que se aborde este tema desde los primeros años de edad, en los hogares, en las escuelas y esta sea una línea permanente de formación a lo largo de todo currículo, tal como se debe concebir la educación en valores o la educación en tecnología, sin que eso signifique que la formación de especialistas no sea una prioridad nacional.

La creación de una conciencia ambiental y una visión sistémica del universo no puede lograrse de manera intuitiva o espontánea, sino que requiere un diseño deliberado de políticas, estrategias y ambientes de aprendizaje en todas las profesiones y en todos los niveles del sistema educativo.

Las facultades de ingeniería, en general deben definir una estrategia que trasciende a la comunidad; es decir, no reducida a la incorporación de la dimensión ambiental al currículo general, para que dicha visión se proyecte simplemente a través de los egresados, sino actuando permanentemente como sujeto activo de los procesos de mejora, como diseñadores de procesos limpios, como gestores de sistemas ambientales, como entidades de soporte al sistema ambiental, como evaluadores objetivos de impactos y como punto de referencia permanente para la sociedad en cuanto a que sus profesionales y ella misma sean verdaderos y enriquecedores de nuestra biodiversidad.

Con el propósito de establecer estas estrategias y proporcionar puntos de referencia para que los programas de ingeniería se actualicen y modernicen la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI y el Instituto Colombiano para Educación Superior ICFES se dieron a la tarea de crear espacios de opinión y discusión, dentro de los cuales directamente involucrados en el proceso de la enseñanza de la Ingeniería Ambiental, trataran temas relacionados con las tendencias en la formación de ingenieros y la incorporación de estas tendencias a los currículos.

La metodología utilizada fue la creación de mesas de trabajo en las que a través del intercambio de ideas y experiencias y después de una discusión con base en documentos previamente

elaborados, se establecieron los principales factores a considerar para la actualización y modernización de los currículos en ingeniería.

El presente documento amplía la información consignada en el documento base y considera los aportes, sugerencias y conclusiones de las mesas de trabajo llevadas a cabo en la Universidad de la Sabana, en el mes de mayo de 1999.

Calidad de vida y desarrollo

La preocupación por el ambiente está íntimamente ligada con la preocupación por la calidad de vida y el modelo de desarrollo.

Ninguna sociedad puede restringir su concepción del desarrollo y medirlo empleando solamente indicadores como el valor agregado per capita. Se requiere construir en las personas una visión integral de desarrollo estrechamente relacionada con el nivel de vida y de cultura de su sociedad.

En algunos escenarios se ha concebido que el desarrollo siempre perjudicará el ambiente y que estos dos conceptos van en sentidos opuestos; pero existe una relación profunda y de doble sentido entre ambiente y desarrollo, dado que el uno no puede mejorarse sin el otro. ¿Acaso no es evidente el impacto que tienen sobre la estabilidad económica de un país de fenómenos como la falta de oportunidades para la juventud, la distribución inequitativa de la riqueza y nuestra falta de tolerancia? Lo confuso para ser la distinción, en este caso, entre causa y efecto; es como si no quisiéramos ponernos de acuerdo para seguir así justificando que las cosas deben ser como son y como las hacemos ahora.

Los gobiernos en 1972, en la reunión de Estocolmo, comenzaron a plantear el problema de armonizar los fines económicos y sociales con aquellos que estaban relacionados con la preservación del medio ambiente, es decir contar con un ambiente sano y rico con parámetros de crecimiento y desarrollo de las naciones.

Involucrar la dimensión ambiental como criterio de desarrollo implica transformar la cultura de una población e implica llevar a cabo acciones de formación especializada a todos los niveles del sistema educativo formal y no formal, selectivo o de masas.

“La búsqueda de una nueva cultura de desarrollo, cuya meta sea el bienestar de la población en condiciones de equidad y armonía con el ambiente, debe integrar la formación de valores sobre la conservación de los recursos naturales, la calidad del entorno, el comportamiento poblacional, la participación ciudadana y las tecnologías de producción, sobre la base de la equidad presente e intergeneracional”.

“El mejoramiento de la calidad de vida, a través de la solución a los problemas ambientales que afectan a la población, en especial a los grupos más desprotegidos, contribuye a la equidad y a la mejor distribución de los beneficios del crecimiento y el desarrollo. En este marco se reconoce el papel estratégico de la mujer el joven el niño como gestores y beneficiarios del desarrollo humano sostenible”.

Lo más importante es que no se trata de dedicarse a contemplar la naturaleza sacrificando el desarrollo y bienestar de los ciudadanos de hoy sino de producir riqueza con responsabilidad y equidad. Ambiente y desarrollo no son incompatibles, son complementarios, ya que si el desarrollo no propende por el mejoramiento de los recursos disponibles y por su uso racional, estaría creando sus propias barreras, estaría autolimitándose.

La mejor garantía de un desarrollo sostenible es una sociedad satisfecha de sí misma y segura de su propio futuro “Desarrollo humano sostenible”: es la forma de crecimiento que propende por el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y protege el derecho de las generaciones presentes y futuras a llevar una vida saludable y productiva, acorde con la conservación del ambiente sano.

2

Principales características de la Ingeniería en Colombia

Dada la evolución del hombre y de sus impactos sobre el medio que lo rodea el concepto de educación debería tener implícito el de ambiente. Las acciones del hombre y de su desempeño en función de su actividad natural, económica y productiva deben ser orientadas asegurando la convergencia de dos grandes actores: la comunidad y los especialistas en el tema ambiental: la primera para que actúe como conciencia del problema ambiental y los segundos para que, dominado los conocimientos científicos y tecnológicos, dirijan las acciones de la comunidad. Esto implica el desarrollo de programas y estrategias específicas para que la comunidad y los especialistas en temas ambientales confluyan alrededor de unos propósitos nacionales.

Dentro de este contexto se ha venido indicando que la educación es el instrumento que puede garantizar la sostenibilidad de las actividades y de los procesos, dado que a través de la educación se construya la cultura, y la cultura como tal define los parámetros de conducta del individuo en la sociedad.

Así como un propósito de desarrollo sostenible trasciende incluso las fronteras de los países, la formación integral de los individuos y la puesta en marcha de planes ambientales debe trascender entre los diversos campos de la ciencia y la tecnología planteando nuevos escenarios para el trabajo multidisciplinario.

De las tendencias mundiales de la competitividad, las que han vistos más incisivas en los cambios, en el sentido de que requieran un replanteamiento de fondo, son las que tienen que ver con las nuevas tecnologías, y entre ellas las innovaciones logradas en gestión tecnológica, con el mercado dentro de un enfoque mundial o globalización, con la gestión ambiental, con la administración de la base de conocimiento de las organizaciones y, con ella, la administración adecuada de la información como herramienta de la gerencia y como elemento de consolidación del acervo de conocimiento de las organizaciones.

La gestión ambiental se concibe entonces con la actividad orientada a la aplicación de principios y técnicas modernas de administración al proceso de producción sostenible, buscando establecer alternativas de uso de los recursos naturales que sean económica, ecológica y socialmente sostenibles. Su objeto es el de incorporar consideraciones ambientales en los procesos de planificación y en la difusión de proyectos de desarrollo.

De hecho la dimensión ambiental determinará las estrategias de crecimiento, de diversificación e inversión de sectores claves como la minería, la química, la agroindustria, el transporte, la industria manufacturera, y aun sectores tecnológicamente nuevos, como el de las comunicaciones (espectro electromagnético), la biotecnología, los manomateriales, entre otros.

Este hecho genera demandas de personal calificado y especializado en dos sectores: las industrias necesitan capacitar a su personal e incluir en la nómina profesionales con formación ambiental para que utilicen estos conocimientos en una orientación adecuada de la producción y organización, de modo que se contribuya a la preservación del medio ambiente. Por otro lado, el

sector público requiere personal que esté en capacidad de auditar los planes de mejora y ejercer labores de control del cumplimiento de la legislación sobre vertimientos tanto en aguas como en el aire y la tierra.

Los esfuerzos de capacitación en el pasado han estado más orientados hacia la ingeniería sanitaria y hacia aspectos más bien conceptuales del currículo, sin considerar áreas estratégicas de mucho impacto como son las del aire y los residuos sólidos y peligrosos.

Dentro del ámbito universitario, en 1997 se ofrecen 17 programas de ingeniería en el área ambiental. En la tabla No. 1 se pueden observar los diferentes programas existentes a nivel nacional. Durante el año de 1997 estos programas ofrecieron 1808 cupos para aspirante. Solamente el 40% de los solicitantes logró acceder a un cupo. Durante el mismo año se graduaron 189 ingenieros y en el segundo semestre el total de matriculados en todos los programas accedió a 3316. En la Universidad Nacional de Palmira a partir del primer semestre del 2000 se dará inicio al programa de Ingeniería Ambiental; hasta el momento se han presentado 191 aspirante.

Tabla No. 1

OFERTA Y DEMANDA EN INGENIERIA AMBIENTAL 1997

NOMBRE DEL PROGRAMA	No. Total de programas	Cupos	Solicitudes	TOTAL Matriculados 2do. Semestre	Egresad.	Graduados
Ingeniería Ambiental y Sanitaria	4	337	616	779	102	93
Ingeniería del Desarrollo Ambiental	1	400	122	212	0	0
Ingeniería Ambiental	5	521	749	751	0	0
Ingeniería Sanitaria	3	193	1986	734	96	96
Ingeniería del Medio Ambiente	1	117	650	352	0	0
Ingeniería Agroambiental	1	100	153	144	0	0
Ingeniería de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente	1	ND.	105	238	0	0
Ingeniería Ambiental y de Saneamiento	1	140	252	106	0	0
TOTAL	17	1808	4503	3316	198	189

Fuente: Estadísticas de la Educación Superior 1997, ICFES

En postgrado la oferta es más amplia con 29 programas en total (no se incluyen los programas de gerencia, administración o educación ambiental). Como especialización en Ingeniería Ambiental se ofrecen nueve (9) programas, como Especialización en Gestión Ambiental siete (7) y otras especializaciones ocho(8), tales como especialización en Planeación Ambiental, Manejo Integrado del Medio Ambiente, Ecología del Medio Ambiente y en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, entre otros. En la tabla No. 2 se muestra algunas cifras sobre los cupos y

solicitudes, pero vales la pena aclarar que no toda la información sobre solicitudes de todos los programas se encontraban disponibles.

En relación con las maestrías en Ingeniería Ambiental, en 1997 se ofrecían tres programas, en la Universidad Nacional de Bogotá, en la Universidad del Valle y en la Universidad de Antioquía.

Tabla No. 2

OFERTA Y DEMANDA PROGRAMAS DE POSTGRADO

NOMBRE DEL PROGRAMA	No. Total de programas	Cupos	Solicitudes	TOTAL Matriculados 2do. Semestre	Egresad.	Graduados
Especialización en Ingeniería Ambiental	9	220	230	431	57	68
Especialización en Gestión Ambiental	7	285	119	118	73	73
Maestría en Ingeniería Ambiental	3	15	N.D.	33	5	5
Otras Especializaciones	8	347	270	89	123	148
Otras Maestrías	2	24	32	27	5	5
TOTAL	29	891	651	698	263	299

Fuente: Estadísticas de la Educación Superior 1997, ICFES

Tendencias en la formación de ingenieros ambientales

Las acciones y programas que se encuentren dentro de la estrategia de una nación para el mejoramiento y cuidado del medio ambiente deben ser el punto de partida para generar, adaptar y modernizar los procesos de educación y formación en el área ambiental. Estas estrategias combinadas con la regulación, normatividad y tendencias tecnológicas, tanto a nivel nacional como internacionales, proporcionan los escenarios de acción que deben ocupar los profesionales del área ambiental.

El cuidado del ambiente tiene propósitos claros para cada país y éstos se definen de acuerdo a los recursos naturales disponibles, a su actividad productiva y a su actividad humana y/o social, entre otros. Algunos de estos programas son:

- Protección de ecosistemas estratégicos
- Mejor agua
- Mares limpios
- Más bosques
- Mejores ciudades y poblaciones
- Producción limpia

A continuación se resumirán algunos de los conceptos claves que se deben considerar para establecer la visión de la educación ambiental en Colombia y que son parte de la base de las estrategias para el mejoramiento ambiental.

3.1. Regulación nacional

Existe en Colombia una política macro que ha definido las líneas gruesas de la temática ambiental en todos los contextos, política que debe ser precisada e implementada en todos los niveles educativos y en todos los ámbitos del desempeño de la ingeniería.

La regulación ambiental de un país debe considerar la utilización de una amplia gama de instrumentos de política disponibles en la legislación y las instituciones vigentes aprovechando de la mejor manera las características de aplicación, alcance, eficiencia y costo-efectividad de cada instrumento. En el caso de la regulación directa de la industria se necesita ir más allá de la visión segmentada de las diferentes instancias de regulación de agua, aire y suelo, incrementado la eficiencia administrativa y enfocando la transferencia de contaminantes y de impactos ambientales de un medio a otro.

Para proteger el medio ambiente las autoridades o los organismos encargados han establecido límites a las concentraciones de contaminantes que pueden ser emitidos por las industrias.

Estos límites pueden variar de país a país o pueden depender de la zona donde se encuentra la industria; pero no consideran la situación económica ni las características tecnológicas de las diferentes actividades industriales.

Para realizar y aprobar una legislación se debe contar con el concepto de profesionales que puedan realizar el análisis del costo beneficio de las acciones que abordaría la empresa para reducir la contaminación y cumplir con los límites. Si esto realiza las industrias terminarán por construir plantas de tratamiento de efluentes ya aprobadas que aseguren el cumplimiento de la legislación sin medir costos, afectando la competitividad ambiental de las empresas.

Un elemento adicional que refuerza la posibilidad de desarrollar este enfoque se encuentra en las propuestas que se orientan a favor de incorporara consideraciones ambientales en la planeación industrial. Es importante reconocer el interés creciente de industrias por generar acciones de protección ambiental y vincularse con las comunidades donde se establecen a través del cuidado del ambiente.

La protección del ambiente ya no es vista como una obligación y un costo que puede afectar la competitividad de la empresa, sino que cada vez más parece como una oportunidad de mejorar la eficiencia productiva. Las empresas involucran cada vez más dentro de su imagen corporativa los esfuerzos realizados para proteger el ambiente.

El Sistema Nacional Ambiental es un intento de hacer coherente todo el esfuerzo que desde diversas instituciones y desde la misma comunidad se viene haciendo para el desarrollo sostenible.

3.2. Normas ISO 14000

Los procesos de normalización internacionales son las manifestaciones sociales de cambios culturales en el terreno del comercio y de la tecnología; esta dimensión, a veces olvidada, de los acuerdos promovidos por organizaciones como la International Organization for Standardization debe ser considerada como tendencia futura en el escenario colombiano.

Las normas de la Serie ISO 9000 se están abriendo camino, más lento de lo esperado en Colombia, pero están llevando con ellas la cultura de la ISO 14000 y de las ISO 18000.

Sin embargo, la generalización de los usos de estas normas está condicionado por imperativos de naturaleza distinta a los puramente culturales; por ejemplo, la inserción del país al comercio internacional, las estrategias de comunicación y de la difusión a la sociedad con su conjunto, la capacidad económica para hacer las reconversiones necesarias en los productos y en los procesos y la adecuación, cuando sea el caso, de la reglamentación nacional para ponerse a tono con estas nuevas exigencias.

Una buena estrategia de largo plazo para la difusión de estos postulados ha de ser apoyarse en los grupos que ya han aceptado las normas ISO 9000 y los grupos existentes de gestión de calidad y aseguramiento de calidad.

En el terreno de la formación, por lo tanto, unos procesos de educación en calidad están estrechamente relacionado con la educación en los temas ambientales e incluso, para agregar otro más, con los temas del comercio internacional.

No entrar en la comunidad normalizada en el terreno de la calidad o de lo ambiental tendrá para nuestros países en desarrollo un gran impacto, económico negativo por las restricciones que estos requerimientos imponen al comercio internacional.

La política de compras de un país puede ayudar también a la adopción de políticas ambientales en las empresas productoras de bienes y servicios o consumidoras.

TABLA No. 3

PANORAMA DE LAS NORMAS ISO 14000

ISO 14000	SUBC TECN.		NORMAS Y OBJETIVOS
<p>PRINCIPIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deben ser prácticas útiles y utilizables. • Deben dar como resultado una mejor gestión ambiental. • Aplicables a todas las naciones. • Deben promover intereses diversos. • De costos eficientes, no prescriptivas y flexibles. • Adecuadas para la verific. Interna y externa. • Científicamente soportadas. 	SCI	Sistemas de gestión ambiental, E.M.S. Environmental management system.	14001: especificación auditable para un sistema de gestión ambiental. 14004: documento guía para el sistema de gestión ambiental.
	SC2	Auditoria ambiental E.A., environmental auditing.	Determinar si todos los elementos del sistema de gestión están presentes y operan realmente en la organización.
	SC3	Etiqueteado ambiental y declaraciones. E.D.D. Environmental labels and declarations.	Guiar y coordinar programas y fomentar un enfoque internacional armonizado para etiquetar que no confunda a los consumidores, que no cree barreras artificiales al comercio y no duplique costos.
	SC4	Evaluación del desempeño ambiental, E.P.E. environmental performance evaluation.	Permitir a una organización monitorear continuamente los aspectos de su desempeño en relación con el medio ambiente. Es una norma de uso interno de la organización que incluye ventajas competitivas que no pueden ser públicas.
	SC5	Análisis de ciclo de vida, L.C.A., life cycle assessment.	Conjunto de principios sistemáticos para ampliar y examinar las entradas y salidas de materiales y energía y los impactos ambientales asociados con un producto o servicio a través de todo su ciclo de vida.
	SC6	Términos y definiciones	
	WG1	Aspectos ambientales de normas de productos	
	WG2	Forestación	Información sobre legislación internacional y políticas internacionales relacionadas con la forestación e información sobre la implementación de sistemas de gestión ambiental en organizaciones forestales.

3.3 Responsabilidad integral

La responsabilidad integral es un proceso voluntario de autogestión con base en el mejoramiento continuo del desempeño en:

- Seguridad industrial
- Salud ocupacional
- Protección ambiental

Es decir, pretende salvaguardar a los empleados, la comunidad y el ambiente. Es aplicable a cualquier proceso de producción. Es un compromiso empresarial públicamente adoptado mediante políticas empresariales que son puestas en práctica al interior de la empresa mediante lineamientos estructurados, que son los frentes de acción en los que trabaja activamente la organización.

El concepto básico de *Responsible Care* fue concebido en 1984 por la Asociación Canadiense de la Industria Química y con el tiempo diferentes compañías propiciaron su adopción interesante para industria. Hoy en día existen 42 países del mundo que impulsan la iniciativa de *Responsabilidad Integral* adaptada a las condiciones específicas de su propia cultura pero siguiendo una línea compuesta por los elementos fundamentales y los compromisos de integridad y coherencia.

En Colombia la ANDI, ACOPLASTICOS y el Consejo Colombiano de Seguridad, constituyeron un convenio por medio del cual son responsables de la coordinación y desarrollo de Responsabilidad Integral en Colombia. Bajo el nombre de Responsabilidad Integral (R.I.) se adoptaron para Colombia los elementos y estructura de *Responsible Care* haciendo su lanzamiento formal en 1994.

Uno de los aspectos más importantes involucrando en la Responsabilidad Integral es la posibilidad de la participación ciudadana en las acciones que desarrollan las empresas vinculadas al proceso de la constitución de paneles de consulta pública, uno de los elementos fundamentales de la estructura de R.I.

La iniciativa de Responsabilidad Integral Colombia está estructurada en ocho elementos fundamentales a través de los cuales se concretan las obligaciones suscritas por las empresas adoptantes. Estos son:

- Los diez *Principios Directivos* como marco para la política empresarial.
- Los seis *Códigos de Prácticas Gerenciales* mediante las cuales se concretan las políticas.
- Un sistema de *Seguimiento y Autoevaluación* para facilitar el diagnóstico y la definición de metas y avance.
- Un conjunto de *Indicadores de Desempeño* para demostrar a la sociedad el progreso de la implementación.
- Un *sistema de Verificación* para que externamente se confronte avance y cumplimiento de metas individuales de la empresa.

- Un principio que contribuye al avance al propiciar el intercambio de experiencias entre todos los participantes, el de *Asistencia Mutua*.
- Una instancia de toma de decisiones consensuales integrada por los altos directivos de las empresas adherentes, el *Comité de Liderazgo Ejecutivo*.
- Un mecanismo apropiado para establecer relaciones claras y transparentes con beneficio mutuo, el *Panel de Consulta Pública*.

Los seis Códigos de práctica gerenciales que constituyen los seis frentes de acción son:

- Código No. 1 Preparación de la comunidad para respuesta a emergencias.
- Código No. 2 Distribución y transporte
- Código No. 3 Seguridad de proceso
- Código No. 4 Protección ambiental
- Código No. 5 Acompañamiento del producto
- Código No. 6 Seguridad y salud de los trabajadores

Es evidente que estos procesos reúne varios sistemas de gestión empresarial, dentro de los cuales la protección del ambiente se coloca a la par con la protección de la comunidad y el hombre. Cada vez serán más las empresas que participen en estos procesos y deseen ser empresas adherentes.

3.4 Producción limpia

El desarrollo de la conciencia ambiental por parte de los consumidores ha creado las bases para una demanda de bienes industriales producidos de manera cada vez más limpia. Esto se traduce en la creación de estándares de calidad y sistemas de reconocimiento de productos y procesos, el tiempo que se le otorga a la prevención de la contaminación un papel impulsor de ventajas competitivas. Por lo general la producción más limpia suele traducirse en ahorros significativos en cuanto al uso de energía, recursos naturales e insumos intermedios. De esta manera un número creciente de empresas y de países buscan ahora establecer sistemas de gestión ambiental y, en general, incorporar variables ambientales dentro de los esquemas administrativos internos de la planta productiva.

“La UNEP (United Nations Environment Program)”, define producción más limpia como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

En el caso de los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxica, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

El énfasis no se coloca solamente en lo que debe hacerse con los residuos o las emisiones, después de que éstas se han producido; una de las metas de la producción limpia es evitar la producción de desperdicios y minimizar el uso de materias primas y de energía, como la forma más rentable de un proceso, dado determinado nivel de dominio tecnológico que sobre él se posea.

Un amplio rango de proyectos está direccionando los retos de ingeniería para prevenir la contaminación: el análisis del flujo de materiales y de energía en los procesos, la investigación fundamental en ingeniería de reacciones químicas para encontrar nuevas rutas de síntesis limpias y tecnologías de reacción seguras, la catálisis selectiva y el mejoramiento de la eficiencia de procesos de separación para que los subproductos puedan ser concentrados y reciclados, como es el caso de la destilación reactiva.

Un análisis minucioso del flujo de materiales en una industria en particular o en un sector industrial puede conducir a una optimización del uso de materias primas, dado que lo que se considera residuo o desperdicio para unos puede ser considerado como materia prima para otro proceso. Por esta vía se pueden identificar los procesos y productos que son responsables de ciertos tipos de contaminación.

Los flujos de materiales pueden ser vistos desde tres perspectivas: los patrones nacionales de generación de desperdicios y el manejo que de ellos se hace mediante correlaciones entre procesos y productos; la ecología industrial que examina cómo los desechos pueden convertirse en materias primas; y finalmente el aseguramiento del ciclo de vida, que comienza con un producto particular identificado desde los precursores requeridos para su manufactura, su uso y los impactos de su disposición final.

Esto implica tanto el uso de técnicas para manejar los modelos de cinética química a escala molecular, involucrando miles de reacciones elementales y modelos de mecánica de fluidos para explicar lo que sucede a escala industrial, como el uso de métodos semiempíricos de mecánica cuántica para explicar la termoquímica y velocidades de reacción al nivel atómico para poder analizar la formación de contaminantes claves.

En la práctica, la aplicación del concepto de producción más limpia, tanto en los sistemas actuales de producción como en los productos y servicios no significa, en sentido estricto, una sustitución de las rutas de síntesis o de los procesos actuales por otros diferentes, sino mejorarlos continuamente, bajo el entendido de que las nuevas tecnologías serán más limpias.

De aquí que producción limpia se profile como la meta que será alcanzada con las nuevas inversiones, en tanto que la búsqueda sistemática del mejoramiento continuo, corresponde al concepto de producción más limpia.

Es importante aclarar que la tecnología más limpia es sólo un elemento integral, pero parcial, dentro del concepto de la producción más limpia, ya que este incluye otros tales como las actitudes, los valores, las prácticas gerenciales de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.

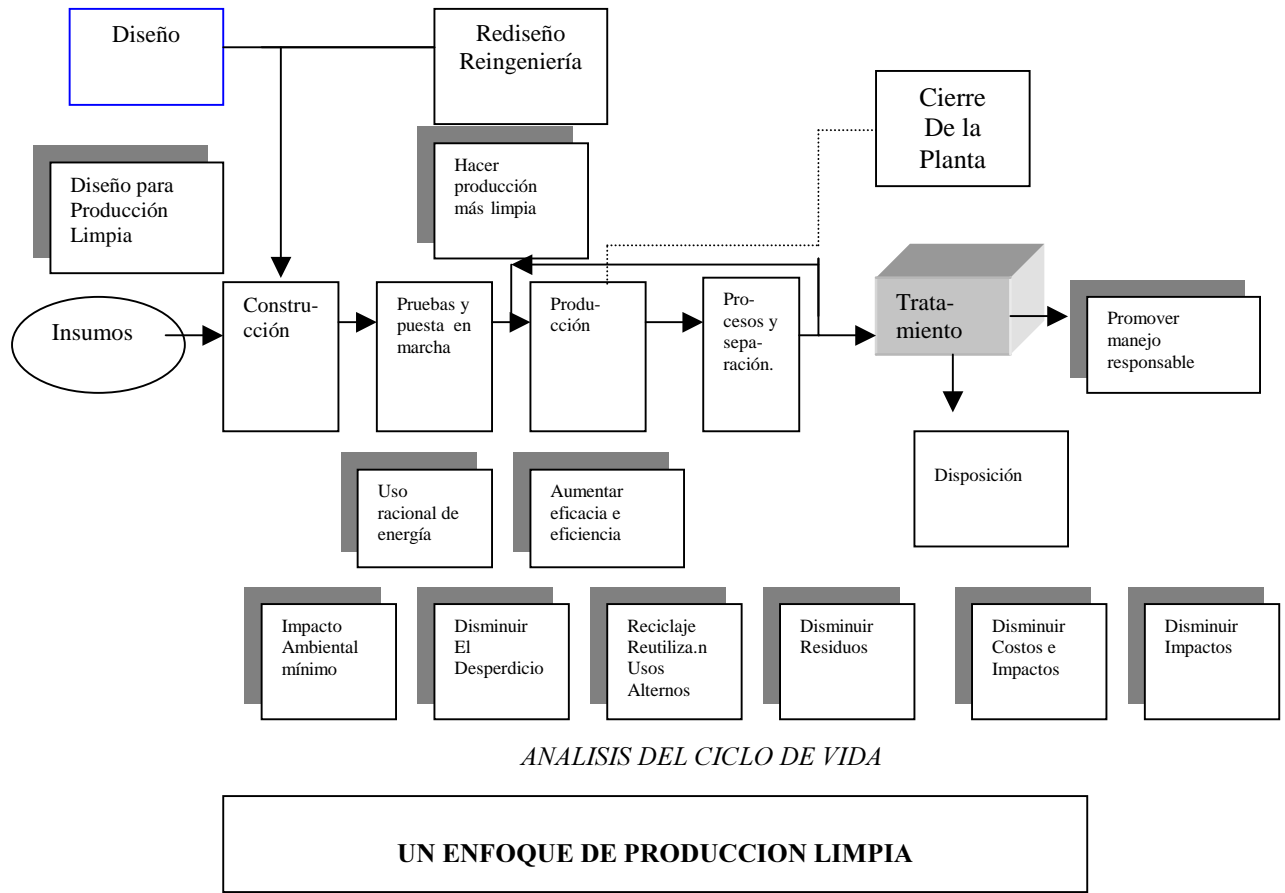
Objetivos de la política de producción más limpia

La política de producción más limpia tiene como objetivo fundamental impedir o minimizar, de la manera más eficiente, los riesgos a corto, mediano y largo plazo para los seres humanos y el medio ambiente que generen las actividades productivas, contribuyeron a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico, sobre la concepción de que se trata de un propósito permanente y de largo plazo; consiste en introducir la dimensión ambiental en todas sus actividades, de forma que mejore su gestión empresarial y amplíen sus posibilidades de desarrollo.

Los objetivos específicos de la política de producción más limpia son los siguientes:

- Integrar y articular la política de producción más limpia con las demás políticas gubernamentales, especialmente las de desarrollo y educación.
- Fortalecer y mejorar la capacidad institucional para el desarrollo e implementación de la política de producción más limpia.
- Establecer un sistema de calidad ambiental en Colombia que permita:
 - a. Obtener información primaria sobre calidad ambiental en el país diseñado e implementando una red de monitoreo de calidad ambiental a nivel nacional, determinando el estado actual de generación de residuos y emisiones en los sectores productivos.
 - b. Definir las prioridades ambientales de intervención.
 - c. Establecer metas y objetivos de calidad ambiental.
 - d. Diseñar y establecer indicadores de calidad ambiental.
 - e. Revisar y formular la normatividad ambiental.
 - f. Mejorar el sistema de seguimiento de la calidad ambiental.
 - g. Diseñar y operar bases de datos sobre tecnologías más limpias.
 - h. Fomentar la investigación básica y aplicada, en todas las áreas relacionadas con los temas de producción más limpia.
 - i. Generar mecanismo de cooperación internacional.
 - j. Formular e implementar instrumentos económicos.
 - k. Promover las prácticas empresariales de autogestión y autorregulación.
 - l. Establecer un sistema de evaluación y seguimiento de los avances y resultados de la política nacional de producción más limpia.

Figura No. 1. Una manera de ver la producción más limpia



Sustituir
Insumo
Reducir
Deterioro

3.5. Ecoeficiencia

Se entiende por ecoeficiencia aquellas acciones encaminadas a cerrar el ciclo del producto, optimando económica, científica, social y técnicamente el uso de recursos naturales en un ambiente sano y seguro.

Elementos de responsabilidad integral a los que contribuirán los profesionales formados en procesos limpios:

- Desarrollar, fabricar y comercializar productos o sustancias de forma tal que puedan ser manufacturados, transportados, usados y dispuestos en forma segura.
- Dar prioridad a las consideraciones sobre salud, seguridad y ambiente en la planeación de los productos y procesos nuevos y existentes.
- Asesorar a los clientes respecto a la seguridad en el uso, transporte y disposición de productos y sustancias químicas.
- Operar las plantas e instalaciones de manera que se preserve el ambiente la salud y la seguridad de los empleados y el público, y hacer uso eficiente de los recursos naturales.
- Extender el conocimiento mediante la realización o el apoyo de investigaciones acerca de los efectos sobre la salud, la seguridad y el ambiente de los productos, sustancias químicas, procesos y materiales de desecho.
- Hacer auto evaluaciones, calificar su avance, definir metas y gestiones para mejorar su desempeño ambiental.

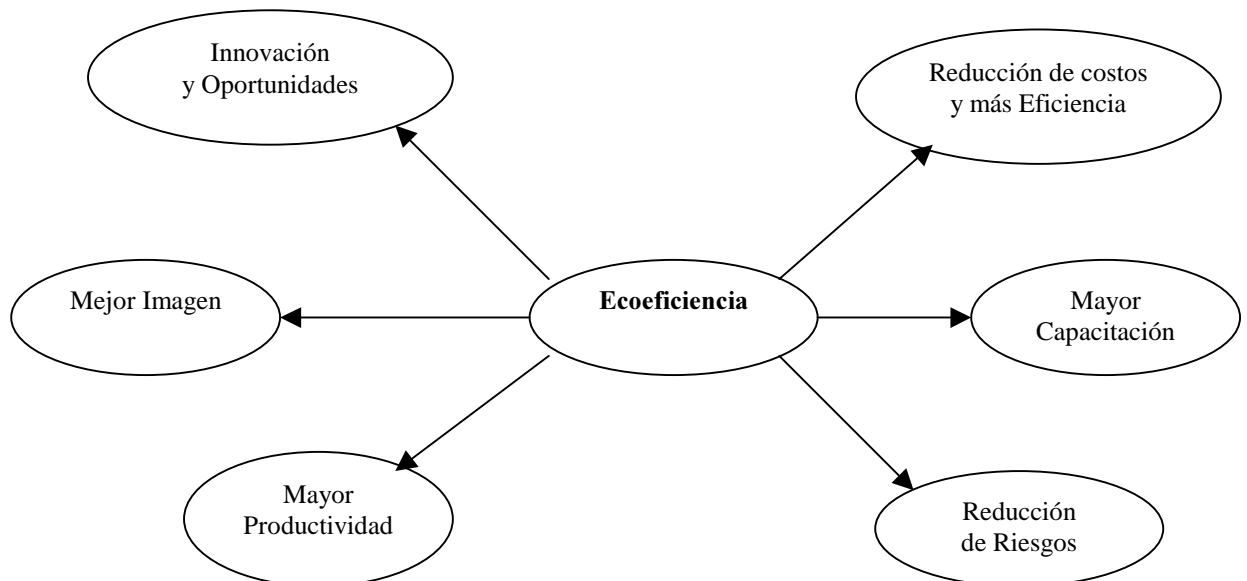


Fig. No. 2. Beneficios de la ecoeficiencia

3.6 Ciclo de vida del producto

La comunidad en general cada día toma más conciencia de que el consumo de productos manufacturados y/o de servicios, al igual que las actividades diarias de la sociedad, producen nocivos en los recursos naturales y el medio ambiente. Estos efectos provienen de cada una de las diferentes etapas que conforman el ciclo de vida de un producto, el cual comprende:

- Adquisición y acopio de materias primas.
- Fabricación de bienes intermedios
- Fabricación del producto
- Distribución y mercadeo
- Utilización del bien por parte del cliente o de la sociedad
- Tratamiento como residuo

Considerando que los gobiernos y en general las comunidades internacionales han intensificado el desarrollo y la aplicación de métodos para identificar y reducir los efectos ambientales, surge entre otros conceptos el de **Análisis de ciclo de vida** (LCA, Life Cycle Assessment)

El LCA, es una metodología compuesta por un conjunto de principios sistemáticos que compila y examina todas las entradas y salidas de materia y energía asociados a un producto, con el propósito de evaluar la calidad ambiental del producto (o servicio) y los impactos ambientales asociados al mismo, al fin de tomar decisiones que estén orientadas hacia la mejora potencial de cada etapa del ciclo de su vida. Tradicionalmente se consideraban sólo los impactos ambientales causados durante su fabricación o manufactura. (Figura No. 2).

El LCA, es un campo que está sufriendo avances y cambios rápidos. No solamente es una porción de conocimientos que se expande rápidamente, sino que la demanda de guías consistentes y utilizables continúa creciendo también. Cada día se requieren más profesionales capacitados para satisfacer la demanda proveniente de los consumidores, grupos ambientalistas preocupados por el tema, fabricantes y entes reguladores.

El enfoque del análisis del ciclo de vida se puede usar como un instrumento técnico para identificar y evaluar oportunidades en orden a reducir los efectos sobre el medio ambiente de un determinado producto, proceso de producción, envase, material o actividad. Este instrumento también se puede utilizar para evaluar los efectos de las opciones de gestión de recursos concebidas para crear sistemas sostenibles, en análisis de procesos, selección de materiales, evaluación de productos, comparación de productos y elaboración de políticas.

Para el análisis del ciclo de vida de unos productos se considera que el medio ambiente es un consumidor. Los impactos ambientales son conocidos. Como el medio ambiente es el soporte de toda la vida, una empresa que ocasiona impactos ambientales estará afectando la vida misma y no tendrá éxito comercial en el largo plazo.

La evaluación del ciclo de vida completo tiene tres componentes complementarios:

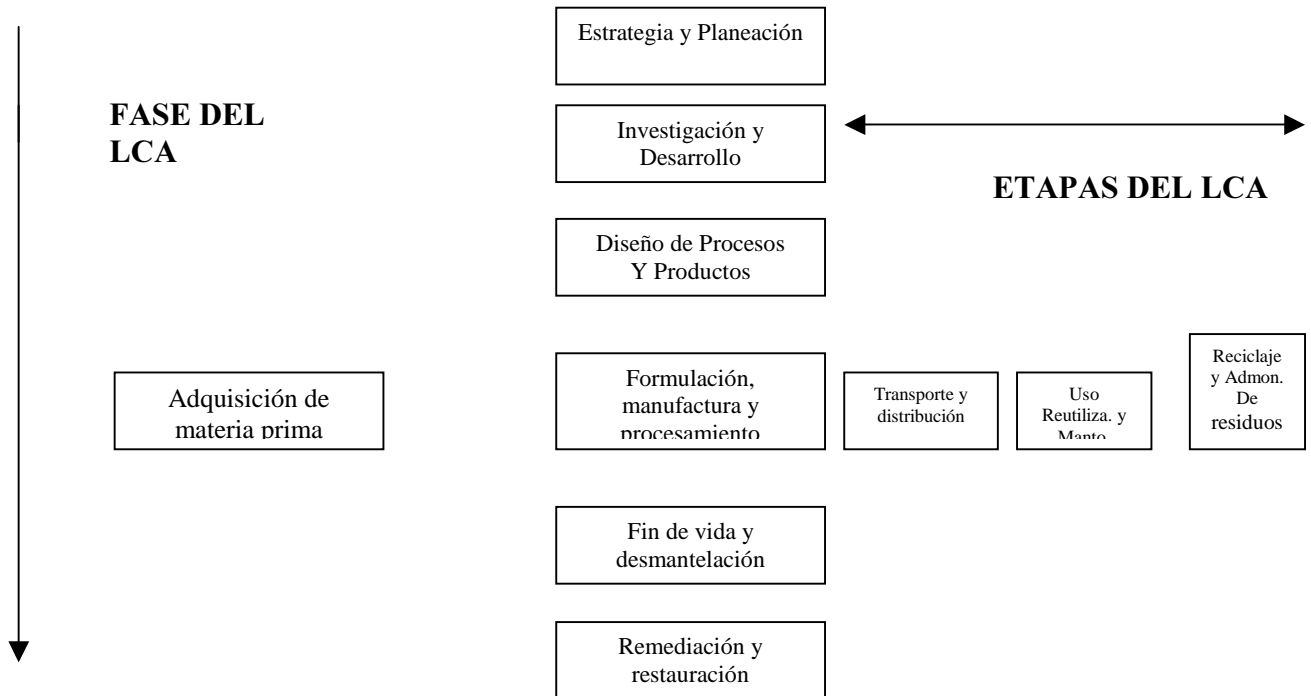


Fig. No. 3. El ciclo de vida de un producto (Fuente: SETAC 1994)

- Análisis de inventario

Proceso técnico basado en datos, diseñado para cuantificar las necesidades de energía y materias primas, las emisiones a la atmósfera, los efluentes vertidos al agua, los desechos sólidos y otras emisiones durante todo el ciclo de vida de un producto envase, procesos, material o actividad.

- Análisis de impactos

Proceso técnico cuantitativo y/o cualitativo necesario para caracterizar y evaluar los efectos de las necesidades de recursos y las cargas ambientales (aire, agua, suelo) identificados en la etapa del inventario. El Análisis se refiere a los impactos al entorno ambiental como a la salud humana, al agotamiento de recursos y en alguna medida al bienestar social de una comunidad.

- Análisis de mejoramiento continuo

Evaluación sistemática de las necesidades y oportunidades de reducir la carga asociada al uso de energía y materias primas, así como las emisiones de desechos, a través del ciclo de vida de un producto, proceso o actividad.

El LCA no es necesariamente un proceso lineal o de etapas secuenciales, es un proceso de cambio sistémico en el cual la información de cada etapa puede complementar la información de los otros y cada paso se puede utilizar por sí solo para diferentes fines. En él se aplican los enfoques sistémicos de auditoría: se debe analizar primero el todo, luego las partes; ir del proceso a la operación, del general a lo particular, del cliente externo a los procesos medulares de la organización, etc.

La aplicación de un LCA permite identificar diferentes ventajas y oportunidades, dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes: proporciona bases para la realización de evaluaciones ambientales, establece información de referencia, clasifica la contribución relativa de cada etapa o proceso, puede servir como base para el establecimiento de políticas, la certificación del producto y la mejora del proceso de toma de decisiones en las organizaciones.

4

Plan básico de estudios

4.1. Definición

Un ingeniero ambiental diseña e implementa tecnologías para disminuir la contaminación y minimizar el impacto de la actividad humana en el ambiente. El objetivo de la ingeniería ambiental debe estar centrado en la formación de recursos humanos que, con un profundo dominio del conocimiento científico y tecnológico, sean capaces de **identificar, comprender y proponer alternativas de solución** a los problemas ambientales relacionados con el desarrollo de la sociedad. El ingeniero ambiental debe buscar el equilibrio de la interrelación entre los factores ambientales para lograr un desarrollo sostenible.

La ingeniería ambiental es una actividad multidisciplinaria; sus profesionales deben estar en capacidad de trabajar estrechamente con otros especialistas de diferentes disciplinas, como biólogo, economista, sociólogos, abogados, planeadores urbanos y regionales, entre otros; para que en conjunto realicen un papel fundamental en la definición, diseño y ejecución del desarrollo sostenible de un país, una ciudad o una región.

4.2. Título que se otorga

Ingeniero (a) Ambiental.

4.3. Duración

Diez (10) semestres académicos.

4.4. Perfil profesional

Es un profesional formado con visión integral, con capacidad de identificar, comprender y proponer alternativas de solución a problemas medio-ambientales, empleando conocimientos científicos y tecnológicos, buscando el desarrollo sostenible en beneficio del hombre optimizando procesos y minimizando costos.

4.5. Perfil ocupacional

Los conocimientos, habilidades y destrezas de un ingeniero ambiental están relacionados con:

- Diseño, construcción, y operación de plantas de potabilización y acueductos.
- Diseño, construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y alcantarillados.
- Diseño de programas y planes de manejo de problemas sanitarios y ambientales.
- Diseño de estudios de impacto ambiental.
- Diseño de sistemas de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos.
- Asesoría y consultoría medioambiental.
- Diseño, construcción y operación de sistemas de contaminación atmosférica, auditiva y visual.
- Diseño e implantación de tecnologías limpias.
- Diseño e implantación de gestión ambiental.
- Participación en la elaboración de planes de ordenamiento y desarrollo municipal.

4.6. Plan mínimo de estudios con sus áreas básicas

La estructura básica del plan de estudios considerado como mínimo en programas de Ingeniería Ambiental es la siguiente:

AREAS	% MINIMO CON BASE EN TOTAL DE HORAS PRESENCIALES
Ciencias Básicas	20
Ciencias de la Ingeniería	20
Aplicaciones de Ingeniería	35
Socio-humanística	5
Económico-administrativa	5
Flexible	15

Se resalta la necesidad de realizar proyectos reales de ingeniería con la participación de los estudiantes desde los primeros semestres, al igual que proyectos de investigación en lo posible orientados y soportados desde líneas de profundización dinámicas o programas de postgrado.

El trabajo de campo es imprescindible; no se concibe un adecuado programa de Ingeniería Ambiental sin trabajo de campo. La formación integral de los estudiantes no está garantizada por una presencialidad sin significado, contenido y contexto; la experiencia directa, el enfrentarse a problemas reales de la industria o de la ciudad constituyendo un elemento esencial para la conformación de las competencias necesarias en los ingenieros.

Los objetivos de aprendizaje de un ingeniero pueden ser ordenados en cuatro etapas, temporalmente sucesivas a lo largo del plan de estudios; inducción, metodológica, experimental y síntesis. Cada una de estas etapas está orientada con énfasis particular, mas no exclusivo, en cada

una de las diversas competencias. Estas etapas serán descritas en el punto sobre modelo pedagógico.

Ciencias Básicas

Teoría general de sistemas
Matemáticas I, II, III, IV
Métodos numéricos
Probabilidad y estadística
Física I, II, III
Química general, orgánica y analítica
Biología
Bioquímica
Microbiología
Fisioquímica

Básicas de Ingeniería

Termodinámica
Introducción a la Ingeniería Ambiental
Expresión gráfica
Informática
Química ambiental
Física ambiental
Topografía
Sistemas de información geográfica
Ecología
Hidrografía
Climatología
Geología ambiental
Mecánica de fluidos
Manejo de sólidos
Hidráulica
Física de suelos

Aplicaciones de Ingeniería

Tratamiento de aguas residuales
Contaminación de aire
Requisitos sólidos y peligrosos
Operaciones unitarias
Control de procesos
Producción limpia
Diseño de plantas y equipos

Socio-Humanista

Comunicación oral y escrita
Geografía económica de Colombia
Ética y tecnología
Antropología
Sociología
Higiene y seguridad industrial
Salud pública y ocupacional
Legislación ambiental en Colombia

Económico-administrativa

Fundamentos de economía
Economía ambiental
Preparación y evaluación de proyectos
Normas ISO 14000 y otros
Sistemas de gestión ambiental

Flexible

Las líneas de profundización que se proponen tiene que ver con las siguientes temáticas:

- Control de emisiones atmosféricas.
- Pretratamiento y potabilización de aguas
- Monitoreo, prospección y remediación de acuíferos
- Manejo de suelos y control de erosión
- Descontaminación de suelos
- Manejo y recuperación de zonas verdes
- Protección de bosques
- Protección de áreas silvestres
- Gestión de residuos sólidos, tóxico y peligrosos
- Gestión y recuperación de ecosistemas
- Sistemas de gestión ambiental
- Protección y ordenamiento de los recursos terrestres.
- Calidad y cantidad del agua dulce
- Desarrollo urbano y sus problemas ambientales
- Planificación y ordenamiento territorial
- Energía y ambiente, fuentes alternativas
- Transporte y medio ambiente
- Diseño y rediseño de procesos y equipos industriales con enfoque de producción limpia y más limpia.
- Modelamiento y simulación
- Salud pública
- Epidemiología

4.7. Recursos específicos para un programa de Ingeniería Ambiental

Con el fin de establecer niveles mínimos de calidad en los programas que se ofrecen se debe contar con laboratorios de ciencias básicas, tales como física y biología, cada uno de los cuales provisto con los equipos y materiales suficientes y adecuados.

Adicionalmente se requieren laboratorios de química sanitaria y ambiental, procesos unitarios, microbiología ambiental, manejo de sólidos y calidad del aire.

En el área de informática se debe contar con salas provistas de equipos modernos cuya capacidad permita que cada estudiante pueda tener acceso y utilizar los equipos mínimo diez (10) horas por semana.

Los equipos deben estar dotados con herramientas de software actualizadas, tanto genéricas como especializadas en temas ambientales (por ejemplo, para modelamiento y simulación) y de igual forma contar con acceso a Internet y a las principales bases de datos mundiales en temas ambientales.

En relación con el cuerpo docente, por cada cincuenta estudiantes se requiere un profesor dedicado de tiempo completo, de forma que se garantice que quienes sean contratados de medio tiempo o de cátedra encuentren en ellos soporte y asesoría, y que los estudiantes puedan contar con la asesoría y apoyo necesario para su desarrollo académica y personal. El programa debe tener un 30% de profesores de tiempo completo, de los cuales un 60% con título de postgrado y de ellos un 10% con título de PhD.

5

Estrategias para actualizar y modernizar El currículo

El establecimiento de estrategias para actualizar los currículos en ingeniería ambiental debe estar en correspondencia directa con las tendencias en áreas dinámicas del conocimiento y debe considerar los nuevos desarrollo que se derivan del cambio tecnológico. Esto es especialmente crítico en asuntos relacionados con producción limpia, con la búsqueda de nuevas rutas de síntesis para productos que deben ser sustituidos por otros menos contaminantes o en tecnología que hagan mejor uso de la energía o que aseguren un control más estricto de la eficacia y eficiencia de los procesos, o en la búsqueda de nuevos materiales con nuevas propiedades.

Universidad, sector productivo y gobierno deben estar en constante comunicación estableciendo y priorizando, de acuerdo a las necesidades del país, las variables y factores de cambio que afectan la dinámica ambiental, con el propósito de actualizar y modernizar el currículo.

5.1. Papel de la universidad

Educar para el ambiente es educar para una sociedad superior con un criterio de desarrollo. El papel de la universidad debe tener como principal propósito el educar para mejorar las condiciones de vida del conjunto de la población y no limitar nuestras posibilidades de crecimiento por el miedo mal infundado de destruir nuestro entorno. Un país tiene que

transformar sus recursos, darle valor agregado a sus fortalezas naturales, a su dotación de recursos; pero debe hacerlo con conocimiento, con ética y con responsabilidad.

Las estrategias de formación de valores ambientales deben ser completamentadas con formación en ciencias básicas y el dominio tecnológico tanto en aspectos de producción limpia como en el espectro amplio de acciones correctivas para que las políticas no sean simplemente proclamas sino acciones. La preocupación de una sociedad por el ambiente pareciera estar racionamiento justificada por principios; pero la realidad muestra lo contrario.

Las carreras llamadas “tradicionales” deben presentar un ajuste en su currículo, ya sea porque la parte medular de éste debe sufrir cambios de fondo, porque se requieren nuevas competencias en los profesionales o porque se han venido produciendo nuevas especialidades que crean suficiente espacio para la diversificación de carreras. Sea cual sea la motivación específica para los cambios globales, la universidad, en general, tiene que diversificar sus esfuerzos para hacer más eficaces los contenidos de las carreras que ofrece y diseña nuevas posibilidades de formación para los jóvenes.

Considerando lo que uno de los elementos de la competitividad es la dimensión ambiental incorporada como en los productos como en los servicios y en los procesos de producción y que el hecho de asegurar el proceso desde el punto de vista ambiental con inversiones y costos razonables es y será cada vez más necesario, procesos limpio significará a su vez procesos más eficaces, menos subproductos, mejor calidad, procesos más eficientes y por lo tanto, más satisfacciones para la sociedad y más competitividad nacional.

La universidad deberá proporcionar profesionales que dentro de las organizaciones permitan que la producción del presente no afecte la producción del futuro, buscando preservar, conservar, rehabilitar los recursos renovables y la calidad del medio ambiente. Las organizaciones, a su vez, deberán ser capaces de asumir la responsabilidad total por el impacto que causen la producción sobre sus empleados, sus clientes el medio ambiente y en general, sobre la sociedad en la que están inmersas.

5.2. Flexibilidad del plan de estudios

Todo diseño de por sí debe ser flexible y un diseño curricular no se puede escapar de esta característica. Considerando que un programa curricular incluye además del plan de estudios formal, todas las actividades desarrolladas en lo que se ha venido llamando currículo oculto, es necesario prever que la parte flexible puede ser modificada de acuerdo a circunstancias particulares de una región o de un período e incluso en función de las características de los profesionales que soportan el plan de estudios.

El componente flexible del plan de estudios estará integrado por las materias de las líneas de profundización, por materias relacionadas con la formación complementaria del ingeniero como ciudadano o aquellas que atienden al desarrollo de su cultura, de sus capacidades y de su personalidad.

5.3. Formación básica y formación como ingeniero

Una de las características de la tecnología de hoy es que cada vez es más intensiva en ciencias básicas, biología, química, física; emplean, tanto en el diseño como en la construcción y operación, conocimiento de control, de electrónica, de informática y telecomunicaciones, y por lo tanto exigen un dominio muy fuerte de matemáticas, de pensamiento abstracto, de pensamiento simbólico y experiencia en el manejo de metodologías derivadas de la ciencia, como el diseño de experimentos, el modelamiento y la simulación.

Un buen ingeniero, por lo tanto, debe poseer un dominio fuerte de la ciencia aquella que fundamenta el principio operacional de los diseños que hará, Esto se torna fundamentalmente importante dado el avance de la biotecnología y la necesidad de entender sistemas complejos como los naturales en los ecosistemas o aspectos relacionados con fenómenos climáticos o atmosféricos, que han sido fuente de desarrollo matemáticos y sistémicos modernos, como la teoría del caos, entre otros.

Diseño intensivo, en modelamiento y en simulación, procesos de fabricación altamente efectivos y estrictamente controlados, productos y servicios con alto contenido de gestión y de información, son las palabras cargadas de presente, pero también de futuro.

Los cambios en la formación de los ingenieros no dan espera: ellos se enfrentarán a nuevas responsabilidades, nuevas habilidades serán necesarias, se reduce el trabajo manual, deberá poseer mayor capacidad de pensamiento simbólico, tendrán que dominar técnicas avanzadas de solución de problemas y dispondrán de menos oportunidades para el entrenamiento manual directo.

El aprendizaje asistido por computador CAL y la instrucción asistida por computador CAI se emplearán intensamente en los procesos educativos de los nuevos trabajadores.

Todas las potencialidades de éstas tecnología, estimuladas ahora por la multimedia y la realidad virtual, aprovechadas convenientemente, modificarán necesariamente los procesos de enseñanza-aprendizaje de las nuevas generaciones de profesionales, reduciendo costos, aumentando el acceso, propiciando una relación y dedicación más flexible, más adecuada al perfil y motivación individual, diversificando las posibilidades de búsqueda y de auto-aprendizaje; herramientas que estarán disponibles solamente para quienes hayan construido, desde su infancia, una disposición hacia el computador y las nuevas tecnologías.

Múltiple afiliación

Nuevos negocios, productos y tecnología requieren estructuras diferentes, sistemas temporales y organizaciones matriciales interdependientes. Estas nuevas formas de organización exigen que las personas pertenezcan a varios grupos, que tengan varios jefes, con el fin de afrontar la competencia, con el tiempo y energía suficientes, desde diferentes proyectos.

Las nuevas tecnologías son fuente de nuevas afiliaciones. Usted puede pertenecer ahora no sólo a la asociación de ingenieros o de administradores sino también a los expertos en determinado software, a los suscriptores de una revista virtual, a los clientes de determinada marca de impresoras, a los miembros de la red virtual de usuarios de la tecnología X, a los protectores de la capa de ozono, a los clientes potenciales para determinado producto, a los identificados mediante

su iris o el tono de su voz, a los que tienen la firma autenticada en determinada red, a los que pagan los impuestos vía Internet, o los que cargan su historia clínica o el historial de mantenimiento de su carro en un chip incorporado en una tarjeta tipo tarjeta de crédito, etc.

Otras competencias deseables

Nuevos procesos, nuevas tecnologías requieren nuevas personas dotadas de:

- Competencia interpersonal y liderazgo, conocimiento y habilidades de solución de problemas complejos, con habilidades para la fijación de objetivos y para conducir a sus grupos de trabajadores hacia allí; habilidades de planeación, entendimiento de los procesos de cambio y de la naturaleza y calidad de los cambios; habilidades en el diagnóstico de sistemas operando, y grandes habilidades para gestionar procesos.
- Capacidad de operación, planeación, asignación de recursos, control, aseguramiento, organización, evaluación, documentación, aprendizaje y difusión de ese conocimiento.
- Capacidades de gestión de tecnología, de aprendizaje, de operación, de mejora continua, de difusión de las innovaciones y de las normas internas, de capacitación, formación y estímulo.
- Pensamiento prospectivo, habilidades de selección y evaluación de tecnologías disponibles y de sus impactos, y capacidad de transferencia de conocimientos de un contexto a otro.
- Capacidades tecnológicas, acumulación de capacidades tecnológicas en la organización; intensas actividades de búsqueda, investigación y desarrollo; capacidades para el aprendizaje en procesos de transferencia de tecnología; vinculación permanente a redes especializadas; actividades de acumulación y conocimiento, revisión y protección de la propiedad intelectual.
- Actividades de revisión, estudio sistemático de experiencias y prácticas internas y externas a la empresa; monitoreo de tendencias, auditorías tecnológicas, capacidad para hacer despliegues de calidad de un producto o servicio; capacidad para optimizar procesos y equipos con enfoques sistémicos; generación de tecnología, adaptación, incorporación y asimilación.

5.4. Formación en aspectos específicos de la carrera, una mirada a mediano y largo plazo

Para nadie es un secreto que el ambiente se está convirtiendo en parte muy importante de la toma de decisiones económicas y en factor determinante del desarrollo económico e industrial a corto, mediano y largo plazo.

Los altos costos involucrados en actividades de investigación y desarrollo para producción limpia o más limpia y los largos tiempos de retorno de las inversiones, junto con los impactos que se derivan de estos procesos sobre el empleo, son aspectos involucrados en el análisis de riesgos y de impactos.

Para abordar estos análisis entidades como el Institute for Prospective Technological Studies IPTS, han estructurado tres grandes líneas de trabajo.

Tecnologías limpias, innovación, competitividad y empleo:

- Regulación e innovación
- Competitividad
- Ambiente y empleo

Reducción de los flujos de materiales, el desarrollo y mejoramiento de tecnologías:

- Biocatálisis, integración de procesos
- Microbiología ambiental
- Tecnologías sostenibles, análisis del ciclo de vida del producto, producción limpia
- Reciclaje, desperdicios y desperdicios de agua
- Energías alternativas y uso racional de la energía

Nuevas agenda para el desarrollo de políticas ambientales sobre una base más realista de acción:

- nuevas agenda para el desarrollo de políticas ambientales
- Herramientas para el aseguramiento del progreso (contabilidad verde)
- Seguridad ambiental
- Acciones sobre el cambio climático global

Las variables que determinarán el futuro del tema ambiental se pueden clasificar en las categorías que se muestran en la Tabla No. 4

Tabla No. 4

DESPLIEGUE DE VARIABLES RELACIONADAS CON EL AMBIENTE

No.	CATEGORIA	DESPLIEGUE
1	Ideológicas y culturales	Concepciones sobre el universo, desarrollo, ecología y equidad, sostenibilidad, responsabilidad. Pensamiento sistémico Cultura Educación y capacitación, enfoque cobertura y calidad
2	Económicas	Disponibilidad de recursos naturales y energía Actividades económicas dominantes y sus impactos <ul style="list-style-type: none">• Fuentes de energía• Recursos naturales renovables y no renovables• Consumo de energía• Gases invernadero• Sustancias que afectan el ozono• Formas de transporte• Flujo de materiales y personas

		<ul style="list-style-type: none"> Residuos peligrosos Eficiencia y eficacia en los procesos y los servicios. Capacidad de inversión y de ahorro interno. Impactos de los temas ambientales sobre el empleo Distribución del ingreso. Acuerdos intra e intersectoriales Valor agregado nacional
3	Climáticas	Planetarias, nacionales, regionales, microclimas
4	Sociales, actores y relaciones	Poderes e intereses prevalecientes Consensos sociales construidos Niveles de tolerancia y de convivencia Impactos de los temas ambientales sobre el empleo
5	Políticas y geopolíticas, relaciones internacionales	Incorporación del tema ambiental en la estrategia de desarrollo Equidad internacional Solidaridad y vigilancia.
6	Científicas y tecnologías	Dominio tecnológico en la sociedad y en la comunidad especializada Nuevos sistemas de monitoreo y control Modelamiento y simulación Nuevas tecnologías de síntesis y separación (nanotecnologías, biotecnología, química final) Nuevos procesos Nuevas concepciones en procesos, producción más limpia
7	Organizaciones	Alianzas y redes Rivalidad y competencia Sistemas de gestión ambiental Responsabilidad integral
8	Administrativas	Sistemas de gestión ambiental Sistemas de normalización Sistemas de investigación y desarrollo cooperativos Sistemas de monitoreo y control Contabilidad ambiental Coherencia interinstitucional
9	Legales	Normas Control Estímulos Subsidios Castigos
10	Metodológicas	Para estudios de impacto ambiental Para el diseño de sistemas de gestión ambiental De análisis de ciclo de vida del producto De monitoreo y control De remediación De participación

El desarrollo minucioso de cada una de estas temáticas proporcionará el punto de partida para establecer las estrategias de modernización del currículo.

5.5. Modelos pedagógicos

Para diseñar los planes de estudios los conceptos definidos dentro de los mapas conceptuales, pueden cruzarse con “entornos de tarea” para conformar una matriz de planeación de la educación ambiental. La consideración de las necesidades básicas de la humanidad permiten establecer los entornos de tarea “primarios” como: hábitat, alimentos, vestido, transporte y comunicación. De estos entornos de tarea primario se puede avanzar en abstracción y

generalidad para la educación universitaria haciendo más específicos y complejos los problemas derivados, como por ejemplo: entornos como el generado por la emisión de partículas sólidas de una chimenea de una fábrica de cemento en un ecosistema.

La idea es que los estudiantes exploren una serie de “escenarios” (la intersección de conceptos y entornos de tarea, en la matriz). Estos escenarios son un conjunto de actividades diseñados de tal manera que garanticen que los estudiantes navegarán por el mapa conceptual pasando de un nivel de abstracción a otro en ciclos recurrentes determinados por:

- a) *Las competencias a ser desarrolladas.* Un escenario puede servir para varias e, y viceversa, una competencia puede ser trabajada en varios escenarios. Lo más importante es que el docente (o docentes) defina (n) cuidadosa y explícitamente a la competencia, sus indicadores y el nivel de aceptabilidad.
- b) *Los conceptos materia de aprendizaje.* Aquí también es necesaria una cuidadosa y explícita definición por los docentes, teniendo en cuenta las características particulares de la respectiva población estudiantil: su exposición previa a conceptos, su familiaridad con ciertos aspectos de la tecnología, sus destrezas, etc. La preocupación principal en este respecto es la capacidad de los estudiantes para pensar en términos abstractos, que constituye la piedra angular para desarrollar una adecuada planeación.
- c) *El nivel de complejidad.* El mismo escenario puede ser utilizado repetidas veces en diversos niveles de complejidad, dependiendo de los objetivos del aprendizaje y las habilidades de los estudiantes.
- d) *Foco de interés.* Situaciones complejas, como lo son generalmente las de la vida cotidiana, pueden ser utilizadas como escenarios si se define un foco de interés.

	BUSQUEDA DE INFORMACION	CONCEPTUALIZACION DEL ESPACIO DEL PROBLEMA	ARGUMENTACION TOMA DE DECISION	CALIDAD ABSTRACCION COHERENCIA EN EXPLICACION ESPECIALIZ.
	GENERALIDAD	HACIA LO CONCRETO	ESPECIFICO	
	INDUCCION	METODOLOGIA	EXPERIMENTAL	SINTESIS
CIENCIAS BASICAS				
TECNOLOGIAS				
TECNICAS				
LENGUAJES				
OTROS				

Los objetivos de aprendizaje pueden ser ordenados en cuatro etapas, temporalmente sucesivas: inducción, metodología, experimental y síntesis. Cada una de estas etapas está orientada con énfasis particular, mas no exclusivo, en cada una de las diversas competencias, así:

Inducción

Manejo de fuentes de información, búsqueda y selección
Visión sistémica del universo
Conocimientos sólidos desde la básica
Dominio del contexto, nacional e internacional
Pensamiento simbólico, modelamiento cognitivo, manipulación de símbolos

Metodológica

Construcción de espacios de problema
Capacidad de formular problemas en tres sentidos

- Representar objetos, situaciones, procesos y sistemas, tanto desde el punto de vista gráfico, la geometría descriptiva, como en lenguaje natural o en lenguaje matemático.
- Diferenciar clasificar, hacer analogías, definir, diferenciar y relacionar variables
- Estructuras problemas débiles, competencia imprescindible para el diseño; aquí formular un problema significa desarrollar modelamiento simbólico, modelos mentales de futuros que el mismo ingeniero construirá y operará.
- Capacidad de proponer soluciones:
 - Evaluar alternativas, seleccionar y optimizar
 - Argumentar, justificar y soportar
- Pensamiento estratégico y capacidades de planeación

Experimental

- Argumentación para la toma de decisiones (proponer soluciones).
- Capacidad de reconstruir lo complejo
- Capacidades de diseño, construcción, montaje y puesta en operación de tecnologías, procesos, sistemas.
- Creatividad basada en conocimientos sólidos y experiencias racionalizadas. “la creatividad, la capacidad anticipadora y propositiva de nuevos desarrollo, es una característica individual aunque ocurre en un contexto social. Ello implica que cada estudiante debe enfrentar retos de tareas relacionadas con el pensamiento estratégico para poner en tensión su propio desenvolvimiento cognitivo y metacognitivo.

Síntesis

- Explicación a otros de los resultados del trabajo propio (Destrezas comunicativas, otras destrezas).
- Capacidad de abstracción.
- Capacidad de expresión y de representación
- Dominio de la normalización

- Capacidad de optimizar un diseño, una solución desde todo el punto de vista, pero principalmente con criterios económicos.

El esquema de ambiente de aprendizaje presenta varias ventajas que lo hacen útil para la implementación de la educación en tecnología. En primer lugar, aparecen alternativas al proyecto como metodología única de la educación en tecnología.

Estudios recientes han señalado algunas dificultades importantes del proyecto como dispositivo metodológico multi-propósito. Entre ellas, la más importante, es que los estudiantes tienden a percibir el proyecto como una colección parcial de tareas, cuyas conexiones no les son claras, perdiéndose así la planeación del docente, cuando la ha habido (Mc Cormirck et allí; 1994). Este es otro ejemplo de la dificultad que reiteradamente muestran los estudiantes al intentar transferir conceptos, información, conocimientos de un contexto a otro, en nuestra opinión una muestra decisiva de que no ha ocurrido aprendizaje significativo.

Como lo evidencia la matriz de planeación propuesta anteriormente, un proyecto es una tarea compleja, que involucra diversos conceptos, incluso teorías enteras y varios entornos de tarea. No es coincidencia, entonces que otra de las grandes dificultades del proyecto es que no siempre está disponible el conocimiento requerido (conceptual o técnico), y que aún en proyectos aparentemente simples pueden encontrarse agazapadas dificultades teóricas grandes. Así por ejemplo, la física involucrada en la explicación de por qué gira el inocente trompo es todo menos sencillo.

En segundo término, la planeación conceptual detrás del esquema de escenarios provee una cierta garantía contra otro problema común en la implementación de la educación en tecnología, que es el riesgo de caer en un activismo sin propósitos claros, pasando de un proyecto a otro que, en el mejor de los casos, apenas si se puede servir para el desarrollo de algunas destrezas técnicas en los estudiantes.

En tercer lugar, los ambientes de aprendizaje significativo ofrecen posibilidades de exploración de conceptos y ambientes desde diferentes puntos de vista (focos de interés) y no sólo desde el punto de vista técnico. Sistema, estructura, función, etc., son todos conceptos que tienen connotaciones diversas dependiendo el ámbito en que se consideren. En las ciencias sociales o en las ciencias de la naturaleza, cada uno de ellos tienen un significado similar pero diferente, lo cual proporciona oportunidades ricas para trabajar con los estudiantes en el establecimiento de relaciones conceptuales, las claves del aprendizaje significativo, del conocimiento supraordenado y una de las condiciones necesarias para la creatividad, según lo expuesto antes.

5.6. Investigación y formación continua

“La planificación y la gestión ambiental deben basarse en la investigación. La única manera de obtener el nuevo equilibrio ambiental es logrando la síntesis en los equilibrios ecosistémicos y los tecnológicos, lo cual supone por fuerza, la articulación de las ciencias”.

Ningún programa serio en el área ambiental tiene sentido si no se desarrollan simultáneamente proyectos de investigación dentro de los cuales se pueden mencionar, a manera de ejemplo, las siguientes temáticas:

Biodegradabilidad y toxicidad, eliminación de carga orgánica, nitrificación, desnitrificación, detoxificación de efluentes mediante hongos.

Bioprocesos, desarrollo de equipos y procesos basados en la utilización de enzimas o microorganismos como biocatalizadores e incluye: operación y control de bioreactores pulsantes aplicados a equipos de lecho fijo, para producción de disolventes o compuestos químicos, aplicación de enzimas a la industria alimentaria (extracción de aceites), biolixiviación, control de procesos biológicos, estabilidad de microorganismos recombinantes en bioreactores.

Procesos de separación: Equilibrio entre fases.

Transferencia de materia en procesos de absorción.

Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos. Se estudian técnicas de deslignificación que permitan aprovechar integralmente la madera, la celulosa, la hemicelulosa y las ligninas para resolver los conflictos ambientales relacionados con ellas.

Catálisis, catalizadores biológicos.

Secado y uso eficiente de energía.

Tratamientos físico-químicos de depuración de aguas residuales industriales.

Modelación y control medioambiental, desarrollo de modelos de difusión atmosférica de efluentes gaseosos, incluyendo aspectos de predicción meteorológica y simulación en tiempo real.

Control de procesos ambientales, análisis de ciclo de vida, gestión ambiental.

Producción limpia.

6

Relaciones y estrategias de la universidad con el sector productivo, el sector público y la comunidad

La acción terminal de las universidades no puede restringirse solamente a la generación de profesiones adecuados para el contexto sino que comporta innumerables acciones y diversas expresiones del conocimiento generado y de las formas de difusión.

Esa acción terminal puede estar representada en resultados de investigación, en publicaciones, en tesis de grado, en propuestas de políticas, en tesis de grado, en propuestas de política e incluso del mismo ejemplo que la institución proporciona a la sociedad en su cotidianidad, pero, sin lugar a dudas, esa acción terminal puede ser fortalecida con la participación conjunta de los miembros de la comunidad académica en procesos sociales reales alrededor de la solución de problemas de la industria, la ciudad o las comunidades de una región, a través de prácticas industriales, semestres de práctica industrial, programas conjuntos de investigación, etc.

Una condición que debe ser lograda con prontitud, para hacer eficaces estos intentos de relación entre las instituciones de formación universitaria, la industria y la comunidad es que ambos actores maduren en su interior condiciones objetivas para hacer fluida la relación, los industriales valorando mejor el conocimiento científico y tecnológico como creador de valor, de riqueza, como factor de competitividad; desde el punto de vista académico haciendo corresponder sus ritmos y sus enfoques e incluso la naturaleza de su propia experiencia, su grado de responsabilidad, entre otros aspectos, para dar respuesta a requerimientos específicos que provengan del sector privado.

Los dos actores y el propio gobierno han de propiciar encuentros en nuevos escenarios para el desarrollo científico y tecnológico. Ejemplos de esos nuevos escenarios son los centros de desarrollo tecnológico sectoriales, en los cuales industriales, académicos e investigadores altamente especializados, han encontrado un ambiente propicio para la innovación, un escenario especial en cuando se sustrae de las dinámicas particulares de cada uno de los actores, considerando aisladamente, en el cual se desarrollan actividades en igualdad de condiciones en un contexto que ha construido sus propias reglas del juego.

Algunos de los Centros de Desarrollo Tecnológico que existen son: la Corporación para desarrollo de la Biotecnología, el Instituto de Capacitación del Plástico y del Caucho, el Centro de Capacitación y Desarrollo Tecnológico para la Industria Papelera, el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Alimentos, la Corporación para la Investigación de la Corrosión, la Corporación para la Investigación y Desarrollo en Asfaltos en el sector Transporte e Industrial, el Centro de Innovación y Servicios para la Industria y el Calzado, el Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales, el Centro de Investigación y desarrollo Tecnológico Textil-Confección, el Centro de Productividad y Desarrollo Tecnológico para la Industria Gráfica, el Centro Red Tecnológico Metalmecánico, la Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología, la Corporación Centro de Productividad y Desarrollo Tecnológico del Sector Metalmecánico y Siderúrgico, el Centro de Productividad y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico, el Centro Nacional de Tecnología de la Industria Alimentaria, entre otros.

En este sentido, adquiere especial importancia la financiación de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo tanto proveniente de los actores involucrados como de instituciones como COLCIENCIAS, EL SENA y algunas entidades especializadas como el DAMA, el Ministerio del Medio Ambiente, entre otros.

Las pasantías de académicos en la industria y de ingenieros de producción o administradores expertos en las universidades serán de gran ayuda para construir una cultura y un lenguaje común estos actores.

Otras estrategias ha de ser la articulación de las universidades en el Sistema Nacional y Regional de Ciencia y Tecnología y en Sistema Nacional de Innovación de Colombia.

7

RECOMENDACIONES

A manera de recomendación general vale la pena mencionar la importancia de que todos los actores que de una u otra forma se encuentren involucrados dentro del proceso de actualización

del currículo en cualquier ingeniería, sean concededores de las políticas que en el ámbito nacional e internacional se establezcan y que verifiquen que los esfuerzos que cada uno esté realizando estén dirigidos hacia el mismo sentido. En el área ambiental el Plan Nacional de Desarrollo centra su principal propuesta en el fortalecimiento de un sistema regulatorio sólido con base en la planificación de los recursos naturales y por tanto en el ordenamiento ambiental de espacio y de unidades naturales. Se propone así un cambio de enfoque en el control de la contaminación y uso de recursos naturales, que pase del control ambiental existente en la actualidad, exclusivo en la fuente contaminadora, a un esquema planificador de los recursos naturales, lo que define en última instancia las metas de descontaminación y empleo de recursos por parte de empresas y usuarios del medio ambiente y el marco de selección de los instrumentos apropiados y cumplimiento.

Es resumen, la recomendación principal es que todas las organizaciones involucradas realicen un consenso y direcciones sus esfuerzos en el mismo sentido.

7.1. Programas de Ingeniería Ambiental e instituciones de educación superior

- Proporcionar herramientas a los educandos para el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles sin deteriorar el medio: “desarrollo sostenible”.
- Formar en los profesionales una visión sistémica de la interacción hombre-medio.
- Brindar herramientas a los estudiantes que les permita diseñar y construir ambientes que mejoren sus niveles de vida.
- Contribuir a las actividades de investigación en las áreas relacionadas con el ambiente.
- La educación debe tener un enfoque hacia la investigación aplicada, el desarrollo experimental, el diseño e innovación de producto y de proceso.
- Los propósitos de investigación centrados en la solución de problemas del entorno y adicionalmente como forma de mejorar al docente y estimular el trabajo multidisciplinario con los estudiantes.
- Llenar el vacío existente en la estructura curricular general del sistema educativo, relacionado con la formación en áreas que manejen el recurso aires, los residuos sólidos y las sustancia tóxicas.
- Estimular la creación de empresas en los educandos y en los docentes.

7.2. Recomendaciones para ACOFI

ACOFI debe contribuir a asegurar que esta propuesta, considerada como el acuerdo sobre los requisitos mínimos que debe cumplir un programa de Ingeniería Ambiental, realmente se cumpla.

ACOFI deberá seguir promoviendo el intercambio de experiencias entre universidades que ofrezcan los programas de Ingeniería Ambiental para hacer más efectiva su acción en beneficio de la sociedad.

ACOFI deberá promover acercamientos entre las universidades, el sector productivo, los centros de investigación y desarrollo relacionados con asuntos ambientales y el gobierno, con el fin de aunar esfuerzos para el desarrollo de una cultura ambiental y para el desarrollo concreto de las

acciones de prevención, corrección y mitigación, con un enfoque que combine convergencia nacional y desarrollo regional.

ACOFI deberá mantener un trabajo persistente de mirar el futuro de la ingeniería con enfoques a largo plazo, estimular el intercambio con expertos internacionales del sector académico y con especializaciones nacionales e internacionales que posean experiencias destacada, para mantener una comunidad actualizada y, de esta forma, mejorar los procesos de formación.

7.3. Recomendaciones para el sector productivo

El sector productivo, por su parte, deberá propiciar acercamientos con el sector académico, participar activamente en proyectos conjuntos relacionados con el ambiente, vincularse con lo mejor de sus capacidades a los centros especializados de investigación y desarrollo, abrir sus puertas a estudiantes que deseen hacer las prácticas estudiantiles en sus empresas y aceptar invitaciones para participar en procesos de rediseño curricular o de autoevaluaciones de las instituciones en las que se ofrezcan programas de ingeniería ambiental.

Pero, sin lugar a dudas, la mejor contribución de los industriales consistente en ser responsables con el ambiente y consecuentes con sus enunciados en relación con el desarrollo sostenible; en la medida de sus posibilidades han de vincular especialistas formados en las facultades de ingeniería para que sean ellos los que organicen los sistemas de gestión ambiental y dirijan la ejecución de los programas relacionados con su mejoramiento.

7.4. Recomendaciones al Estado

El Estado, por su parte, deberá continuar precisando la política ambiental en correspondencia con el nivel de desarrollo de nuestra economía, desarrollará la política de estimular a quienes hagan esfuerzos destacados por el desarrollo sostenible y tendrá que mejorar los mecanismos de vigilancia, control y sanciones para quienes teniendo las posibilidades de actuar en beneficio del ambiente no lo hagan.

Procurará mantener un excelente grupo de profesionales especializados, no sólo para ejercer las funciones que le son propias de control sino para poder emprender programas de asesoría y capacitación masiva a los industriales que habrá de controlar, con el fin de que aliados en un esfuerzo conjunto se pueda avanzar en el desarrollo de acciones globales positivas.

Le corresponde también al Estado desarrollar acciones en el sentido de mejorar la cultura ambiental de toda la población y promover la inclusión de la dimensión ambiental en el currículo general, desde el preescolar hasta la educación superior.

Sólo así lograremos que las cuestiones ambientales dejen de ser retórica y se conviertan en práctica ejemplar para formar alrededor de acciones concretas y de una política en desarrollo a las generaciones presentes y a las futuras.