

dossier

Ingeniería y medio ambiente



MANUEL RODRÍGUEZ BECERRA**Editor invitado**

La intervención humana en la naturaleza ha generado impactos que afectan negativamente la integridad de los ecosistemas, de los cuales depende en gran parte el bienestar de la humanidad, y que, en algunos casos, han llegado a amenazar la integridad de la vida misma en nuestro planeta, tal como se evidencia en forma dramática con el calentamiento global.

La situación es alarmante, como lo han subrayado diferentes estudios. Así se concluye en la “Evaluación de los Ecosistemas del Milenio”, publicado en 2005 y en el cual participaron cerca de 1300 científicos del mundo, que tuvo como objetivo “evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas sobre el bienestar humano, y las bases científicas para las acciones que se necesita emprender a fin de reforzar la conservación y el uso sostenible de esos sistemas y su contribución al bienestar humano” [1].

El informe nos señala que, de las veintitrés subcategorías de servicios prestados por los ecosistemas a la humanidad, quince están en declive. En otras palabras, desde una perspectiva global, la destrucción y degradación de los ecosistemas ha tenido como consecuencia que ellos, cada vez más, estén en menor capacidad de prestar parte de los servicios de aprovisionamiento (agua dulce, pesquerías de captura, alimentos silvestres, combustible, medicinas y productos bioquímicos, recursos genéticos), de regulación (del clima, el agua, la erosión, las pestes, los desastres naturales, purificación del aire, purificación de las aguas, polinización), y culturales (espirituales, estéticos). Si bien producción global de alimentos correspondiente a la agricultura y la ganadería se encuentra en ascenso, el estudio muestra que parte de los agroecosistemas que proveen estos servicios se encuentra en procesos de degradación.

Estamos, entonces, frente a una paradoja, tal como se subraya en la mencionada Evaluación:

“Los cambios en la naturaleza han ayudado a mejorar la vida de miles de millones de personas, pero al mismo tiempo han debilitado su capacidad para brindar otros servicios clave, tales como la purificación del aire y del agua, la protección contra los desastres y la provisión de medicinas.” [1].

EL PAPEL DE LA INGENIERÍA

Precisamente, la ingeniería ha contribuido a generar muchos de esos cambios en la naturaleza, entre los cuales se encuentran aquellos de gran beneficio para la población, pero también aquellos que se consideran insostenibles desde la perspectiva ambiental y social.

La insostenibilidad ambiental, entendida como el desbordamiento de los límites impuestos por la naturaleza, en muchos casos tiene su origen en los patrones de producción y de consumo en sí mismos. Pero, como sabemos, ni los profesionales de la ingeniería que participaron en la creación e implementación de tecnologías que han sido críticas para resolver diversas necesidades humanas, ni los beneficiarios de las mismas, se imaginaron en su momento que muchas de ellas pudieran traer consigo las negativas consecuencias que hoy conocemos.

Tales son los casos, por ejemplo, del transporte —a partir de los motores de combustión— y de la termoeléctrica que, basados en la combustión del petróleo y el carbón, son dos desarrollos extraordinarios del ingenio humano con positivos impactos para la sociedad. Pero, después de utilizar estos combustibles en forma intensa durante cerca de doscientos años, sólo recientemente se identificó —hace escasas tres décadas— que sus emisiones son causantes mayores del calentamiento global —la principal amenaza hoy existente sobre el planeta—, así como de diversas contaminaciones del aire que respiramos —con graves consecuencias para la salud humana. Una historia similar a la de los dos casos mencionados se ha repetido con cientos de tecnologías que han sido objeto de desarrollo por parte de las ciencias de la ingeniería y de aplicación por parte de los contingentes de profesionales educados en sus centros de formación.

Además, los patrones de consumo del transporte, basado éste en los motores de combustión, y de la energía eléctrica procedente de las termoeléctricas, y otras fuentes, han agravado en forma sustantiva el problema del calentamiento global. Así, el predominio del automóvil privado sobre el transporte público y el uso irrefrenado de la energía eléctrica son causa de una acumulación adicional de gases de efecto invernadero, en comparación con un escenario hipotético caracterizado por uno patrones de consumo de estos bienes y servicios que privilegiaran el transporte colectivo, en el primer caso, y el ahorro de la electricidad, en el segundo caso. En otras palabras, con

estos ejemplos estamos recordando aquí que las tecnologías no son neutras en su aplicación y que sus beneficios e impactos están profundamente vinculados con la organización social de su uso; lo cual, en última instancia, es un asunto de naturaleza política.

Con frecuencia, las intervenciones humanas en el medio natural, incluyendo las efectuadas mediante la ingeniería, se han hecho a partir de la visión predominante de que los bosques, la fauna, las aguas y los suelos, son recursos renovables. En esta perspectiva, cada uno de estos recursos se concibe como un bien para ser modelado en un producto material o como un recipiente para la disposición de desperdicios. Se trata, entonces, de “administrar racionalmente los recursos naturales renovables” como un medio para asegurar un flujo continuo de los productos de la naturaleza. Pero, esa “administración racional” ha acentuado, en muchos casos, la optimización del uso de los recursos mismos sin entrar a establecer las consecuencias de ese propósito para los ecosistemas que los producen.

Es una visión que se expresa, por ejemplo, en el ejercicio profesional de muchas generaciones de ingenieros forestales que han estado concentrados en la extracción de la madera, sin un adecuado miramiento por la salud del bosque, lo que ha ocasionado la degradación o destrucción de valiosos ecosistemas boscosos. En forma similar, son bien conocidas las evaluaciones efectuadas a posteriori de muchas de las grandes represas construidas en el siglo pasado, verdaderos monumentos de la creatividad de la ingeniería civil, que a la postre mostraron un balance negativo desde la perspectiva del funcionamiento e integridad de los ecosistemas, como se tipifica en la represa de Assuan, en Egipto. Justamente a partir de experiencias como ésta, la ingeniería ha replanteado el diseño y construcción de esas necesarias obras con el fin de establecer medidas de prevención y mitigación del daño ambiental.

En el caso de los países de la América Tropical, una región prodigiosamente rica en diversidad biológica y recursos hídricos, esta visión de la renovabilidad infinita de los recursos naturales ha estado muy arraigada y aún parecemos resistirnos a cambiarla. Así nos la enseñaron a los miembros de mi generación —justamente la nacida después de la segunda guerra mundial— quienes aprendimos, también, que Colombia era un país pródigo en recursos naturales y que éstos tenían un potencial inimaginable para su desarrollo.

Ni en los colegios de los años cincuenta ni en la Universidad de los años sesenta —incluyendo los Andes donde me eduqué como ingeniero industrial—, nos señalaron nunca que estuviera ocurriendo algo anómalo en nuestra relación con el medio ambiente, como consecuencia de las presiones propias del crecimiento poblacional y del desarrollo económico y social que el país buscaba. Y no nos lo señalaron simplemente porque se conocía muy poco, no obstante que en nuestro país, ya en los sesenta, se comenzaban a oír las voces de instituciones, científicos y líderes de la sociedad civil que mostraban acciones pioneras en pro de la conservación de la naturaleza, las cuales se constituirían en antecedentes del ambientalismo, como hoy lo conocemos. Además, ya a finales de esa década, alcanzamos a escuchar los ecos del nacimiento del ambientalismo en el fragor de la Revolución de Mayo —Paris, 1968—, y de los impetuosos movimientos estudiantiles que estallaron en los países del mundo desarrollado para cuestionar los fundamentos y consecuencias de la sociedad afluyente.

Lo cierto es que en Colombia, a similitud de otros países y sólo recientemente, las intervenciones en el medio natural —que están expresadas en la apertura de nueva frontera agrícola, la construcción de las diversas obras de infraestructura y la conformación de los asentamientos humanos y del aparato industrial, entre otras— se hicieron sin que se contara en su momento con el conocimiento científico y técnico que permitiera evaluar sus consecuencias. Pero era un asunto que, de todas formas, no parecía importar mucho puesto que, como se subrayó, se partía del supuesto de que contábamos con un país rico e inagotable en “recursos naturales renovables”; una idea

que en los años cincuenta y sesenta del siglo pasado parecía estar respaldada por la existencia de vastas zonas de frontera, representadas por la costa Pacífica, los llanos orientales y la Amazonia, entre otras.

59

EL SURGIMIENTO DEL AMBIENTALISMO

La aproximación de la ingeniería frente a la naturaleza, del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, comenzó a transformarse con el surgimiento del ambientalismo como un movimiento global que sea alimentó de la creación de una conciencia pública sobre el imperativo de proteger el medio ambiente, frente a la constatación de la existencia de graves problemas ambientales y la necesidad de actuar para enfrentarlos.

Fue una conciencia que se detonó con fuerza en los países desarrollados a mediados de los años sesenta y que comenzó a gestarse muy lentamente desde principios de los setenta en los países en desarrollo. Para esa época, la lluvia ácida, la contaminación de los ríos y lagos, la contaminación del aire en las grandes ciudades, la amenaza de extinción de diversas especies de flora y fauna, los múltiples accidentes industriales con indecibles impactos ambientales y sociales, así como la destrucción de los bosques tropicales del sudeste asiático y de las cuencas del Congo y del Amazonas, se encontraron entre los principales factores que contribuyeron a que el tema ambiental surgiera como asunto que requería no sólo de la atención estatal, sino también de los más diversos grupos de la sociedad.

Al nivel gubernamental, este ímpetu se concretó en la Conferencia de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano, realizada en 1972, en la cual los países del mundo acordaron adelantar acciones colectivas para resolver problemas de naturaleza transnacional —como la lluvia ácida y la contaminación de los mares— y establecer capacidades nacionales para enfrentar los diversos problemas ambientales en el ámbito doméstico, lo cual permitió que se incorporara así el tema en la agenda de los gobiernos.

El ambientalismo se convirtió gradualmente en una forma de identidad entre diversos grupos de la humanidad ubicados en los más apartados confines, aunque en un sentido estricto no se puede hablar de un solo ambientalismo. En efecto, existen muchos ambientalismos cuyo nacimiento parte de las más diversas fuentes ideológicas, políticas, sociales y científicas. Pero el común denominador que une a todos ellos es una ética que postula nuestro deber de corregir las formas destructivas de relación entre la acción humana y su ambiente natural.

La conciencia ambiental se fue haciendo tanto mayor y, por ende, el ambientalismo se fue fortaleciendo en la medida en que se identificaron con certidumbre nuevas amenazas ambientales globales —como el declive de la capa de ozono y el calentamiento global a finales de los años setenta, o los contaminantes orgánicos persistentes





a finales de los ochenta—, o en la medida en que los problemas ya conocidos se fueron agravando —por ejemplo, la contaminación en los centros urbanos, el transporte de desechos tóxicos y peligrosos, el declive de la biodiversidad, la disminución de la disponibilidad de agua dulce para uso humano y diversas actividades agropecuarias, el deterioro del medio marino y la deforestación.

No obstante el incremento del deterioro ambiental —un fenómeno del cual no se exceptúa ninguno de los países—, el tema ambiental ha presentado altibajos en estos últimos cuarenta años en la prioridad de los gobiernos y en la agenda internacional. Así, el tema mereció de nuevo una gran atención, una vez terminada la guerra fría y ante el claro agravamiento de los problemas ambientales, como se expresó en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, en la cual se firmaron acuerdos globales de la mayor trascendencia, entre los cuales sobresalen las convenciones de biodiversidad y cambio climático.

Pero a finales de la década de los noventa y durante el primer quinquenio del presente milenio, perdió prioridad, como se manifestó en la resistencia de los Estados Unidos a firmar el Protocolo de Kyoto y en el declive de las políticas ambientales en los países desarrollados y en desarrollo.

En medio de esos altibajos, y mirado en el largo plazo, el ambientalismo se ha concretado en el establecimiento por parte de los gobiernos de instituciones y políticas para la protección ambiental en el ámbito doméstico y en la generación de unos tratados globales para enfrentar aquellos problemas que —como el cambio climático, el declive de la biodiversidad o el deterioro del medio marino— sólo pueden ser resueltos mediante una acción colectiva. Así mismo, se ha expresado en la fundación de partidos verdes y organizaciones no gubernamentales, en acciones por parte de numerosas empresas privadas que van más allá de lo que la ley les exige en materia de la protección del medio ambiente y en un gran desarrollo de la ciencia y la tecnología ambiental.

Recientemente, hace escasos dos años, la confirmación científica de la gravedad del problema del cambio climático así como los efectos de este fenómeno que comienzan a sentirse con rigor en diversas regiones del mundo han detonado una nueva ola de preocupación y acción en aras del tema ambiental. Se trataría del comienzo de lo que muchos hemos denominado el nuevo ambientalismo, un movimiento que se cimienta sobre el ineludible imperativo de actuar en forma decidida y continua, a partir de hoy y durante las próximas décadas, mediante una acción colectiva sin precedentes en la historia de la humanidad, si se quiere evitar que el aumento de la temperatura a nivel global traspase el límite que, según los científicos, podría generar unos costos sociales, ambientales y económicos del todo inaceptables.

LA INGENIERÍA EN BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

En este contexto, la ciencia y la tecnología se han visto en el imperativo de buscar soluciones a los diversos problemas ambientales, muchos de los cuales fueron generados por las tecnologías de su propio cuño. Así que la ingeniería de hoy, desde sus múltiples ramas, busca contribuir a enfrentar los diversos problemas ambientales, entre los cuales se mencionan: el calentamiento global, la contaminación del aire, el declive de la capa de ozono, el deterioro de los recursos de agua dulce, el deterioro del medio ambiente marino, el declive de la biodiversidad, el empobrecimiento y la pérdida de suelos y los contaminantes orgánicos persistentes.

En últimas, la ingeniería más avanzada busca producir tecnologías, no solamente para prever y mitigar los impactos ambientales, sino también para ofrecer orientación al gobierno, al sector privado y al tercer sector, sobre las diferentes alternativas que permitirían crear un futuro que sea más sostenible desde la perspectiva ambiental.

En el caso de Colombia, el cumplimiento de ese propósito debe realizarse en un contexto que le genera retos sui-generis a la ingeniería nacional. En efecto, hoy sabemos, gracias a los avances de la ciencia, que Colombia es uno de los países más complejos del globo desde el punto de vista biológico y geográfico, un hecho que exige que desarrollemos el conocimiento requerido para intervenir los ecosistemas en forma ambiental y socialmente sostenible.

DOSSIER: "INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE"

Este dossier tiene como objetivo examinar algunos de los problemas ambientales globales y domésticos, y sus perspectivas. En su orden: la evolución de la temática ambiental en la práctica de la ingeniería nacional, la adaptación al cambio climático en nuestro territorio, la contaminación del aire en Bogotá, la valoración económica de los servicios ambientales de nuestros páramos y la evaluación y perspectivas de la política de producción más limpia. Además, en la sección de *Memoria* se incluye un artículo sobre el nacimiento y evolución de la Ingeniería Ambiental en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.

Como se observa, no se ha intentado de ninguna manera ofrecer una visión comprehensiva sino que se intenta, simplemente, efectuar una primera aproximación al tema, con la seguridad de que en el futuro la Revista de Ingeniería tratará otros asuntos no incorporados en este número, tal como lo ha hecho en ediciones pasadas con el tema del Agua (edición 22) y la Energía (edición 25).

El dossier se inicia con un acercamiento al complejo tema de la evolución del ejercicio de la ingeniería en Colombia en relación con las consideraciones medio ambientales. Se trata de un artículo, "Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia", que el ingeniero Juan José Mariño elaboró en gran parte a partir de las lecciones recibidas durante su ejercicio profesional y, muy en particular, de su experiencia y participación en el desarrollo de una de las firmas de ingeniería civil más significativas de nuestro país en los últimos cincuenta años. Precisamente J.J. Mariño se refiere a proyectos concretos, como la represa de Chingaza, para reflexionar sobre el pasado y el futuro de la ingeniería frente a la temática ambiental.

También se incluye la problemática del cambio climático, una amenaza para las actuales y futuras generaciones, cuya solución conllevará cambios en nuestro modo de vida que apenas intuimos. Carlos Costa, director del IDEAM y quien ha participado en las recientes negociaciones globales sobre cambio climático, contribuye con el artículo "La adaptación al cambio climático en Colombia". Después de examinar las recientes conclusiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre la materia, examina las evidencias científicas sobre los impactos que se están dando en Colombia como consecuencia del calentamiento global. Finalmente, presenta un programa

de medidas de adaptación que se está realizando en diferentes regiones del país a partir de las tendencias que en ellas se presentan en relación con los efectos del calentamiento global; se trata de uno de primeros proyectos de esta naturaleza que se realiza en un país en desarrollo y el primero que sobre la materia financia el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

En el reciente estudio del Banco Mundial, 2006, [2] sobre el estado del medio ambiente y la gestión ambiental en Colombia, se ha recomendado al país dar mayor prioridad a combatir la contaminación del aire en los grandes centros urbanos, en virtud de las consecuencias que está teniendo para la salud de su población. Eduardo Behrentz, Profesor de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería los Andes, en colaboración con Juliana Cancino, Ingeniera Ambiental, recién egresada de esta facultad, y el estudiante Mauricio Gaitán hacen un “Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá” a partir de la evaluación de la situación de la contaminación en relación con los óxidos de azufre y de nitrógeno, y el monóxido de carbono. Mediante esta evaluación, los autores nos permiten profundizar sobre la naturaleza del problema en Bogotá, como necesario paso para contar con un diagnóstico preciso que permita a la ciudad concentrar sus esfuerzos de prevención y mitigación en aquellos problemas que sean críticos.

Colombia es un país rico en aguas. Sin embargo, hoy sabemos que se podría presentar escasez de este recurso en algunas regiones del país en los próximos veinte años si no se toman medidas para resolver los problemas atinentes al deterioro de los ecosistemas fuente del agua, que tienen que ver entre otras con la contaminación de las aguas y la deforestación. Así, es prioritario, por ejemplo, que se ofrezca una protección efectiva al Páramo de Chingaza, en la actualidad fuente principal del agua potable de Bogotá, y al Páramo de Sumapaz, la fuente del futuro; toda vez que ambos ecosistemas se encuentran hoy amenazados por presiones antrópicas, incluyendo el calentamiento global. Precisamente, J.J. Mariño, en su artículo se refirió al proceso de desarrollo de la represa de Chingaza, una gran obra de la ingeniería ubicada en un Parque Natural Nacional. Pero es evidente que si las mencionadas presiones sobre Chingaza no se vencen, el futuro de esa fuente prodigiosa de agua —y con ella la utilidad de las obras de ingeniería que la captan, almacenan, y conducen— están en grave riesgo. El economista Juan Pablo Ruiz, especialista en recursos naturales del Banco Mundial, en su artículo “Servicios ambientales, agua y economía”, examina las potencialidades de la valoración de los servicios ambientales y del instrumento económico denominado como pago por servicios ambientales, como medios para coadyuvar en la protección de los páramos. El establecimiento de un sistema de pagos por los servicios de los páramos (vgr: el agua para el consumo humano y labores agropecuarias), a partir de su valoración económica, debería propiciar su mejor uso, así como la obtención de los recursos económicos suficientes para adelantar la compleja trama de programas que se requieren para la protección del páramo propiamente dicho y de los bosques que lo rodean, cuyo conjunto es crítico para asegurar el ciclo del agua.

La producción más limpia constituye uno de los enfoques más promisorios para la gestión ambiental, pues se trata de desarrollar y poner en práctica tecnologías para la producción de bienes y servicios basadas en el principio de prever el daño ambiental, en contraste con las tecnologías de final de tubo que intentan mitigarlo al final del proceso. Todas las ramas de la ingeniería tienen enormes potenciales para desarrollar las tecnologías asociadas a esta aproximación, pero para el efecto se requiere que las empresas demanden ese tipo de tecnología, así como el trabajo de profesionales que las diseñen y las pongan en práctica. El profesor Bart van Hoof, de la Facultad de Administración de la Universidad de los Andes, y Carlos Herrera, Director Ambiental de la Andi, en su artículo “La Evolución y el Futuro de la Producción más Limpia en Colombia”, evalúan las experiencias obtenidas con la política nacional dirigida a impulsar el compromiso con este enfoque por parte del sector privado, la cual fue expedida hace diez años y, a partir de ellas, hacen unas recomendaciones para fortalecerla en el futuro.

Finalmente, en la sección *Memoria*, el Ingeniero Germán García, primer profesor de Ingeniería Ambiental en vincularse a la Universidad de los Andes, escribe un artículo de naturaleza testimonial sobre el surgimiento y evolución de esta disciplina en el marco de la Facultad de Ingeniería de la Universidad. Volvemos entonces al origen y desarrollo del ambientalismo, expresado en este caso en el nacimiento en Colombia de un área de investigación y una profesión de gran relevancia para la protección ambiental.

Las diferentes miradas del tema ambiental que presenta el *Dossier* y la sección *Memoria* nos recuerda que la ingeniería, como todas las profesiones, debe comprometerse en el intento de nuestra sociedad de *garantizar un medio ambiente sano para las presentes y futuras generaciones*. En últimas, este propósito, consagrado tanto en la Constitución de Colombia como en la mayor parte de constituciones de América Latina y el Caribe, debería transformarse en uno de los principios éticos que ilumine las actividades formativas e investigativas que están en el corazón de la Universidad.



REFERENCIAS

- [1] Consejo de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. *Estamos Gastando más de lo que poseemos*. New York: United Nations. 2005.
- [2] Republic of Colombia. *Mitigating Environmental Degradation to foster Growth and Reduce Inequality*. Report No. 36345 – CO, Environmentally and Socially Sustainable Development Department, Latin America and the Caribbean Region, The World Bank, 2006.