

Anotaciones sobre la ingeniería de postgrado en Colombia

Por: Dario Valencia Restrepo

Trabajo presentado en la Novena Reunión Panamericana sobre la Enseñanza de Postgrado en Ingeniería, auspiciada por la Organización de los Estados Americanos y llevada a cabo entre el 10. y el 6 de octubre de 1984, en la Universidad de Guanajuato, Salamanca, México.

0. INTRODUCCION

La Novena Reunión Panamericana sobre la Enseñanza de Postgrado en Ingeniería se propuso examinar de cerca algunos aspectos de importancia para países en desarrollo, como producción y maquinaria agrícola, vivienda popular y fuentes económicas de energía. También se quiso obtener una visión panorámica de la situación de los estudios de postgrado en América Latina y el Caribe, con el fin de poner en marcha acciones de cooperación multinacional, y presentar ejemplos del impacto nacional o regional de dichos estudios.

El autor de este trabajo fue invitado a hacer una presentación general de la formación de postgrado en ingeniería en Colombia y a comentar una experiencia regional que fuera de su conocimiento. El trabajo se centra en un diagnóstico y unas perspectivas de la situación actual, y termina presentando la experiencia y posibilidades de tres programas de la Universidad Nacional de Colombia - Seccional de Medellín.

1. BREVE RESEÑA

Los primeros programas académicos de ingeniería de postgrado en Colombia se inician en 1966 en las áreas de sanitaria, estructuras, transportes y sistemas, ofrecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de Bogotá, y con asesoría de Naciones Unidas. Durante los siguientes nueve años, la misma Facultad abre otros programas en recursos hidráulicos, potencia eléctrica, geotecnia e ingeniería ambiental, completando así ocho especialidades que aun hoy subsisten, y confirmando su liderazgo en los primeros pasos

de la formación avanzada dentro de la ingeniería colombiana.

Otros esfuerzos pioneros se plasman en la creación de programas de postgrado antes de 1970. La Universidad Industrial de Santander, la Universidad del Valle y la Universidad del Cauca, todas instituciones de carácter estatal pero localizadas fuera de la ciudad capital, inician, respectivamente, especializaciones en ingeniería química (1968), ingeniería industrial y de sistemas (1969), y vías de comunicación (1969). Mención particular merece la Universidad de Los Andes, institución de origen privado con sede en Bogotá, que crea seis programas de postgrado entre 1968 y 1977, incluyendo los conducentes a los títulos de Magíster en Ingeniería Mecánica, Industrial, Civil, Eléctrica, y de Sistemas y Comunicaciones.

Una observación del conjunto de programas hasta 1980 muestra un claro predominio de aquellos relacionados con áreas de ingeniería civil, seguidos por otros asociados con ingeniería de sistemas, ingeniería eléctrica, ingeniería sanitaria e ingeniería industrial, principalmente.

Un corte efectuado en 1983 (1) mostró la existencia de 20 programas de ingeniería de postgrado en Colombia, de los cuales 16 estaban a cargo de universidades estatales y 4 a cargo de universidades de origen privado. De ese total ya citado, 12 programas tenían su sede en Bogotá y los 8 restantes fuera de la ciudad capital.

La década que se inicia en 1980 está cambiando en forma muy significativa el panorama antes descrito. La ingeniería de postgrado se encuentra en plena expansión y diversificación, al punto que un informe de julio de 1984 (2) indicó que había 36 programas funcionando o cuya creación estaba en trámite. Recientemente, el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, con la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo, inició un ambicioso programa de apoyo a la investigación y los programas de postgrado en varios campos, entre los cuales se cuenta el de la ingeniería. El mencionado programa, que en lo sucesivo se denotará por las siglas ICFES-BID, estuvo precedido por unos

* Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia.

análisis y unas decisiones del mayor interés para estas anotaciones sobre la ingeniería de postgrado en Colombia, y a unos y otros se hará referencia más adelante en los numerales 3 y 4.

2. MARCO JURIDICO Y ADMINISTRATIVO

La legislación que regula la formación de postgrado en la universidad colombiana está fundamentalmente contenida en el decreto extraordinario número 80 del año de 1980, expedido por el gobierno nacional. Aunque con anterioridad a dicho año diferentes instituciones de educación superior expidieron títulos de postgrado, éstos no contaron con un claro reconocimiento estatal.

El mencionado decreto reorganizó en forma integral la educación postsecundaria (posterior al bachillerato) en el país, y definió las siguientes modalidades educativas: formación intermedia profesional, formación tecnológica, formación universitaria y formación avanzada o de postgrado. Esta última constituye el máximo nivel de la educación superior y tiene por objeto la preparación para la investigación y para la actividad científica o para la especialización; la investigación debe ser el fundamento y ámbito necesario de dicha modalidad.

Los programas de formación avanzada pueden ser de formación académica o de especialización. En los primeros prevalece la investigación y en ellos se prepara al estudiante graduado para la actividad científica; conducen a los títulos de Magíster o de Doctor. Los correspondientes a la especialización buscan un perfeccionamiento del estudiante graduado en su misma profesión o en áreas afines a ella; conducen al título de Especialista.

El título de Magíster se otorga a quienes aprueben el respectivo programa y cumplan con los demás requisitos, el principal de los cuales es la elaboración y sustentación de un trabajo de investigación. El título de Doctor se otorga a quienes aprueben el respectivo programa y cumplan con los demás requisitos, el principal de los cuales es la elaboración y sustentación de un trabajo que constituya un aporte original a la ciencia o a sus aplicaciones. Para obtener el título de Especialista es necesario aprobar un programa de actividades académicas, principalmente cursos o asignaturas, en las cuales no se hace énfasis en la investigación.

Aunque la legislación no fija duración para los programas antes mencionados, puede decirse que un estudiante de tiempo completo requiere aproximadamente unos 3 ó 4 años para terminar el doctorado, 18 a 24 meses para

obtener el título de Magíster, y un año para el de Especialista.

De los 36 programas en funcionamiento o cuya creación se encuentra en trámite, según se dijo en el numeral 1, 31 corresponden a programas conducentes al título de Magíster y 5 al de Especialista.

Para dar una idea del régimen administrativo en que se desenvuelven los programas de postgrado, se mencionará a continuación el que corresponde a la Universidad Nacional de Colombia y que es similar al de otros importantes centros de educación superior en el país.

Los programas universitarios de pregrado o de postgrado son administrados por Facultades, de manera que los estudiantes de aquéllos pertenecen a éstas. Las Facultades están divididas en Departamentos, y éstos a su vez en Secciones. Los profesores están adscritos a Secciones, siendo éstas las unidades académicas de base, cada una de las cuales trabaja una cierta área o disciplina de la ciencia, la técnica o el arte, y cumple funciones docentes, investigativas y de extensión.

El objeto y contenido del plan de estudios de cada programa que se crea o modifica es recomendado en primera instancia por un Comité Asesor del Programa, compuesto principalmente por profesores, además de un representante de los estudiantes y eventualmente otro de los exalumnos del programa; en esta instancia se da participación a las Secciones y Departamentos que tienen relación con el plan de estudios. Las recomendaciones son consideradas por organismos de la Facultad y la Universidad, instancias en donde se adoptan las decisiones finales.

Se destaca entonces que las Secciones adelantan en sus respectivos campos de trabajo actividades docentes e investigativas en los niveles de pregrado, de grado y de postgrado, de manera que, en particular, prestan sus servicios a los programas que los requieran. De otro lado, los programas se conforman con asignaturas, seminarios, talleres, trabajos de grado, tesis, etc., cuya dirección está a cargo de profesores de las diferentes Secciones, y a éstas al igual que a los Departamentos corresponde una importante responsabilidad en la supervisión de dichas actividades académicas.

3. DIAGNOSTICO

Un escrutinio crítico del desarrollo de los programas de ingeniería de postgrado en Colombia permite, sin desconocer el camino que se ha abierto y los logros dignos de encomio, llamar la atención sobre algunos problemas

importantes que deben ser resueltos si se desea consolidar, fortalecer y aprovechar plenamente esta actividad en el país.

3.1 La actividad investigativa en los programas de pregrado que ofrecen las Facultades de Ingeniería ha sido muy modesta en general e inexistente en muchos casos. Dado que la actividad de postgrado significa una formación en profundidad, se espera que en este nivel avanzado se dé un alcance institucional a la investigación. Sin embargo, en buena medida ello no ha ocurrido así por diversas razones, entre las cuales aquí se aventuran algunas con sentido de hipótesis.

El carácter colectivo de una investigación institucionalizada exige un ambiente y unos recursos que no permiten el franco despegue de aquella mientras no se llegue a lo que podría llamarse una "masa crítica" en éstos. Ese despegue no ha tenido lugar en la ingeniería colombiana, por factores como: carencia de un adecuado número de investigadores que ejerza un liderazgo en el proceso; limitaciones en documentación, equipos e instalaciones; dificultad para financiar líneas y proyectos de investigación; falta de relación entre la academia y la vida profesional, lo que lleva consigo un trabajo universitario teórico y libresco en muchos casos, sin conexión con la realidad y los problemas concretos que deben proporcionar una temática a la investigación; excesiva dependencia de los sectores productivos con respecto a tecnologías foráneas; ausencia de políticas de investigación.

3.2 Los programas no logran obtener un adecuado número de estudiantes graduados que puedan dedicarse de tiempo completo al postgrado, de manera que estén en condiciones de cumplir con la exigencia docente e investigativa de su formación. Un buen número de estudiantes se vincula con dedicación de tiempo parcial, sin dejar su principal ocupación laboral por fuera de la Universidad, lo que en un grado importante explica la alta deserción que se observa en dichos programas, y también incide negativamente sobre el desarrollo de la investigación. Algunas universidades han puesto en marcha exitosas experiencias para resolver esta cuestión, tales como:

- Vinculación de profesionales que mantienen un salario de las entidades en donde venían trabajando y que regresan a ellas una vez obtenido su título. La eventual experiencia de esos profesionales suele ser útil para la investigación, pues ellos pueden plantear problemas reales de sus entidades de origen y, a la vez, de interés académico. Además, se asegura que los egresados tendrán posibilidad de aplicar la formación adquirida.

- Contratación de estudios con entidades gubernamentales o privadas, que facilitan la financiación de estudiantes que prestan sus servicios como asistentes de investigación.

- Establecimiento de becas con algún tipo de contraprestación.

3.3 Falta de claridad para distinguir entre las diferentes modalidades de la formación de postgrado. Un cierto número de estudiantes de tiempo parcial se matricula en programas de especialización o de maestría, cuando en el fondo está deseando actualizar conocimientos y ello podría lograrlo con programas de educación continua o de extensión. De otro lado, quienes tengan la oportunidad de dedicar cierto tiempo a los estudios pero sin énfasis en la investigación deben encontrar programas de especialización que los satisfagan, para no verse obligados a tomar programas conducentes al título de Magíster, en los cuales la investigación es preponderante.

3.4 Escasa interacción con agencias estatales y los sectores productivos del país, lo cual no sólo es responsabilidad de las universidades sino también de los participantes de dicha interacción. No obstante, se han dado experiencias aisladas en el país que muestran la bondad de esa relación no sólo para una región o el país, sino internamente para las universidades: suministro de temas de investigación, paralelos a los que se ejecutan en desarrollo de un cierto contrato; entrenamiento práctico para la formación de investigadores; financiación de profesores y asistentes de investigación, así como de planes de inversión principalmente para la adquisición de equipos.

3.5 Carencia de un número suficiente de docentes-investigadores, particularmente en ciertas áreas. Aquí conviene señalar que las grandes universidades estatales tienen significativos programas de perfeccionamiento para sus docentes, que con frecuencia les permiten obtener títulos de postgrado en el exterior; mientras duran sus estudios, los profesores disfrutan de su salario pero al regresar deben prestar sus servicios a la Universidad por lo menos el doble del tiempo que permanecieron fuera de ella. Sin embargo, a pesar del notorio porcentaje de docentes con título de postgrado, puede ser necesario complementar dichos recursos con expertos que posean buena experiencia investigativa, y ello no suele ser posible en razón de los modestos salarios de los centros de educación superior.

En el numeral siguiente, se describirá como el Programa ICFES-BID, de que antes se habló, intenta resolver algunos de los problemas aquí planteados.

4. PERSPECTIVAS

Notable ha sido la contribución de la ingeniería colombiana al desarrollo nacional, especialmente en lo tocante a obras de infraestructura y a sectores como los de energía, industria y minería. La ingeniería de postgrado, cuya existencia ya casi alcanza los 20 años, ha sido un factor importante para elevar el nivel académico y profesional de muchos ingenieros que han ejercido una benéfica influencia sobre los sectores antes mencionados.

Diferentes académicos y funcionarios gubernamentales, conscientes de lo señalado en el párrafo anterior y de los problemas que se discutieron en el numeral precedente, han iniciado este año un subprograma de largo alcance para vigorizar y replantear la ingeniería de postgrado, como parte del Programa ICFES-BID mencionado antes. Se ha visto que este fortalecimiento puede institucionalizar la investigación aplicada y estimular el progreso de la investigación científica.

El Programa ICFES-BID está apoyando 10 postgrados existentes o nuevos, relacionados con la ingeniería, en 5 de las más importantes universidades estatales del país. Para la asignación de recursos, se ha considerado que el Plan de Desarrollo Económico y Social preconizado por el actual gobierno define atención prioritaria a los sectores energético, minero y de infraestructura, en los cuales la ingeniería está llamada a desempeñar un destacado papel.

Los objetivos generales del programa son los siguientes (3):

- Introducir en los programas de postgrado en ingeniería la investigación científica, de manera institucional y con los recursos adecuados, con el objeto de mejorar la calidad de los programas y los perfiles profesionales de los ingenieros que en éstos se forman.
- Lograr que la tarea investigativa que se realice sea objeto de un planteamiento global basado en las necesidades y posibilidades de cambio en el país. Para ello se prevé la vinculación de la universidad estatal a las instituciones del Estado encargadas de la ejecución de los programas contemplados en el Plan de Desarrollo Económico y Social, mediante la investigación y los programas de postgrado.
- Desarrollar condiciones que permitan obtener el aprovechamiento óptimo de los recursos del sistema de educación superior en la creación y generación de ciencia y tecnología.

En el mismo documento citado se señalan dos metas:

atenuar gradualmente la dependencia que pueda existir al comienzo de docentes-investigadores del exterior, y preparar la creación de programas de doctorado.

La financiación está dirigida a las siguientes categorías de inversión: becas para estudiantes, expertos extranjeros, expertos nacionales, pasantías nacionales, pasantías internacionales, equipo, materiales, libros y revistas, obras y construcción, y muebles.

Los programas de postgrado que ya existían y reciben apoyo o que se crean, son los siguientes:

- Ciencia y Técnica del Carbón
- Ingeniería Química
- Tránsito y Transportes
- Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos
- Sistemas de Generación Eléctrica
- Potencia Eléctrica
- Materiales y Procesos de Manufactura
- Electrónica y Telecomunicaciones
- Ingeniería Ambiental
- Informática

La investigación en cada uno de los postgrados que se enumeraron se centrará en los aspectos que se detallan a continuación.

4.1 CIENCIA Y TÉCNICA DEL CARBÓN. Petrografía del carbón, palinología, geología de mantos de carbón, modelización de las explotaciones de carbón, influencia de factores hidrogeológicos sobre la estabilidad estructural de una explotación de carbón, dinámica de macizos rocosos, combustión de carbón, carbonización y subproductos, transformación del carbón.

4.2 INGENIERIA QUIMICA. Petroquímica: catálisis y reacciones petroquímicas, mezclas combustibles en petroquímica, polímeros. Carboquímica: recursos carboníferos, combustión y usos directos del carbón, gasificación y licuefacción.

4.3 TRANSITO Y TRANSPORTES. Evaluación de la capacidad de vías rurales y urbanas, accidentabilidad en ciudades intermedias de Colombia, especificaciones de diseño geométrico para las vías urbanas y rurales, transporte colectivo en ciudades intermedias de Colombia.

4.4 APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS. Planeamiento y manejo de los recursos hidráulicos, hidrología estocástica, sistemas hidrológicos, hidrología subterránea.

4.5 SISTEMAS DE GENERACION ELECTRICA.

Diseño y construcción de los equipos de generación de una microcentral hidroeléctrica de 250 Kw, operación y control de una microcentral hidroeléctrica de 250 Kw, planeación de sistemas de generación.

4.6 POTENCIA ELECTRICA. Diseño de líneas de transmisión a altas tensiones, estudio y análisis de los materiales aislantes, protecciones en sistemas de energía eléctrica, métodos de análisis de los sistemas de potencia, electrónica industrial y control de máquinas.

4.7 MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA. Tratamiento termoquímico, colada continua y procesos de deformación plástica del cobre y sus aleaciones, soldadura y ensayos no destructivos, fractomecánica y análisis de falla, procesos de conformado con arranque de viruta.

4.8 ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES. Diseño y construcción de una central temporal de baja capacidad, estudio de la red telefónica de Popayán, desarrollo de prototipos industriales de computadores secretariales, desarrollo de instrumentos de medida y teleproceso para energía solar, ídem para energía sísmica, ídem para hidroenergética, ídem para geotérmica, ídem para la meteorología (microclimas), ídem para control industrial de "operaciones", ídem para control industrial de calidad, evaluación económica y técnica de los proyectos del IPET, diseño y construcción de un sistema PCM para transmisión de voz y datos, planeación de una red de transmisión de datos.

4.9 INGENIERIA AMBIENTAL. Contaminación atmosférica, contaminación acuosa, contaminación del suelo, planificación y ordenación del territorio, identificación de problemas en ambientes de trabajo.

4.10 INFORMATICA. Software para computadores, software para aplicaciones en ingeniería, aplicación de computadores a procesos industriales, aplicación de computadores en educación.

5. CASO REGIONAL

Con el fin de ilustrar la relación de la ingeniería de postgrado con problemas de desarrollo, se mencionan aquí la experiencia y posibilidades de tres programas, relacionados con vivienda, recursos de agua y carbón, y que pertenecen a la sede seccional de la Universidad Nacional de Colombia situada en Medellín, capital del departamento de Antioquia.

5.1 PROGRAMA DE ESTUDIOS DE VIVIENDA EN AMERICA LATINA (PEVAL).

En la Facultad de Arquitectura del centro universitario ya señalado funciona en la actualidad y desde 1981 el Programa de Estudios de Vivienda en América Latina (PEVAL) (4) como resultado de un convenio de cooperación técnica entre los gobiernos de Holanda y Colombia, cuyas entidades ejecutoras son la mencionada Facultad y el Institute for Housing Studies—BIE— de Rotterdam, Holanda. Aunque no se trata de un programa formal de postgrado ni directamente de ingeniería de postgrado, se cita aquí en virtud de que las actividades del PEVAL son típicamente de postgrado, y por sus obvias relaciones con la ingeniería.

El fenómeno de urbanización en América Latina, particularmente acentuado en países como México, Brasil, Venezuela y Colombia, ha estado acompañado de la aparición de graves problemas socioeconómicos, entre los cuales el de la vivienda ocupa un lugar preponderante. Grandes sectores de población como consecuencia de sus bajos ingresos, no pueden obtener vivienda a partir de los planes gubernamentales o de la actividad privada, y se ven forzados a construir viviendas deplorables en asentamientos marginales por fuera de los controles legales.

Los gobiernos han venido prestando mayor atención en años recientes a esta situación urbana, y es lógico que la Universidad está llamada a cumplir una función investigativa al respecto que es a la vez de conocimiento, relación con el medio, cambio social y articulación con el proceso educativo.

Con la realización de diferentes actividades de nivel latinoamericano, el PEVAL busca el intercambio de experiencias entre distintos grupos técnicos, institucionales o comunales, y analiza la viabilidad de alternativas y reformulaciones del problema de la vivienda mediante la discusión continua y sistemática de experiencias llevadas a cabo en diferentes sistemas políticos, o en diversas composiciones sociales, culturales y económicas, y teniendo en cuenta su relación con los problemas comunes. Se desea establecer un vínculo con el medio a través de la investigación participativa, de la investigación-acción, y del acercamiento a los actores que tienen que ver con los procesos de generación y mejoramiento del hábitat.

Cuatro son las actividades del PEVAL: investigación, talleres internacionales, seminarios internacionales, y proyecto piloto.

Se han llevado a cabo 21 trabajos de investigación en países como Perú, Uruguay, Brasil, México y Colombia,

sobre los siguientes temas: infraestructura, autoconstrucción, organización y participación, tecnología y diseño, alquiler, economía y financiamiento, planificación y mejoramiento.

Con la participación de entidades y grupos que trabajan el problema de la vivienda popular en casi todos los países latinoamericanos, se han realizado 8 talleres internacionales sobre: Aumento de nuevas construcciones habitacionales, Diseño, morfología y tecnología, Vivienda popular, Procedimientos económicos, sociales y legales. El noveno taller, relacionado con el mejoramiento de vivienda popular, se efectuará en la ciudad de México en noviembre de 1984, y contará con el copatrocinio del Centro de la Vivienda y Estudios Urbanos de México.

Entre 1982 y 1984, profesionales de 10 países se han vinculado a 4 seminarios realizados en Colombia con los siguientes títulos: Alternativas para el papel del Estado en programas de vivienda para familias de bajos ingresos, Proyectos pilotos de vivienda popular, Estrategias actuales y alternativas de lotes con servicios, y Primer encuentro departamental por autogestión comunitaria.

Finalmente, para impulsar la modalidad de investigación aplicada permanente, se viene gestando el establecimiento de un programa piloto con la participación de la comunidad, una agencia estatal o privada, y la Universidad.

5.2 APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS.

Los recursos hidráulicos son abundantes en Colombia y su adecuado aprovechamiento es parte fundamental del desarrollo nacional. Mención destacada merece el potencial hidroeléctrico del país, cercano a los 93 millones de kilovatios (excluyendo proyectos menores de 100 mil kilovatios), consecuencia de la buena precipitación y las tres grandes cordilleras que los Andes forman en su territorio. De dicho potencial, apenas se ha aprovechado una modesta parte, de manera que se prevé la puesta en marcha de importantes proyectos en el futuro.

El departamento de Antioquia, del cual antes se habló y cuya capital es la ciudad de Medellín, posee casi el 25% del potencial hidroeléctrico del país y ha ejercido un liderazgo no sólo en el desarrollo de la hidroelectricidad sino en la prestación de los servicios de energía, acueducto y alcantarillado. De otro lado, la tradición casi centenaria que en ingeniería posee la Facultad Nacional de Minas, de la Universidad Nacional de Colombia - Seccional Medellín, así como sus antecedentes en la docencia e investigación relacionadas con los recursos de agua, fueron también factores que llevaron

a la creación de un programa conducente al título de Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, que se inició en el presente año.

La conveniencia de implantar esta actividad de formación avanzada se pone de presente al conocer que el gobierno colombiano desde hace aproximadamente dos años contrató un Estudio Nacional de Aguas, cuya ejecución está en marcha. En razón de este estudio, y las tareas que de él se deriven, las entidades oficiales y la ingeniería nacional están llamadas a desarrollar una intensa y permanente labor para determinar las disponibilidades de aguas superficiales y subterráneas, estimar las demandas futuras del recurso de acuerdo con el crecimiento del país, señalar los proyectos de orden prioritario, corregir los conflictos de orden institucional y político y, fundamentalmente, articular integralmente el aprovechamiento de los recursos hidráulicos con el desarrollo nacional, para lo cual necesitan el concurso de suficientes profesionales e investigadores ampliamente capacitados.

Los objetivos principales del programa son los siguientes (5):

- Formar investigadores que contribuyan a un mejor conocimiento de los recursos de agua del país, al planeamiento de su desarrollo y al manejo de los mismos.
- Especializar profesionales que atiendan los proyectos nacionales y regionales de aprovechamiento y manejo de recursos hidráulicos.
- Capacitar profesores universitarios que incrementen y mejoren el trabajo docente e investigativo en el área en todo el país.
- Permitir y fomentar la interacción entre la Universidad y entidades públicas y privadas para el desarrollo de estudios e investigaciones y para el intercambio de experiencias sobre disciplinas relacionadas con el campo de los recursos hidráulicos.
- Proyectar la experiencia de la Facultad hacia entidades públicas y privadas en lo referente a la investigación, planeación, desarrollo y administración de recursos hidráulicos, sobre la base de un trabajo académico avanzado.

El programa de postgrado se orienta a especializar al estudiante en una de las cuatro áreas básicas que se mencionan a continuación, y a promover la investigación aplicada en cada una de ellas, con especial énfasis en el caso colombiano.

- **Planeamiento y Manejo de los Recursos Hidráulicos:** Esta área comprende la planeación, la optimización, el desarrollo y la administración de los sistemas de aprovechamiento de recursos de agua. Incluye el análisis de los aspectos institucionales, sociales, económicos y financieros relacionados con esos aprovechamientos.
- **Hidrología Estocástica:** Esta área incluye lo relativo a la modelación probabilística de los procesos hidrológicos, el conocimiento de regímenes hidrológicos regionales y el tratamiento del problema de la información escasa.
- **Sistemas Hidrológicos:** Esta área se orienta al estudio de la interacción del agua con el clima y la geomorfología. En especial, se analizan los procesos del ciclo hidrológico que intervienen en las relaciones lluvia-escurrentía.
- **Hidrología del Agua Subterránea:** En esta área se estudian aspectos relacionados con la modelación de acuíferos, la interacción acuífero-río y el potencial del recurso de agua subterránea a nivel regional.

5.3 CIENCIA Y TECNICA DEL CARBON.

Según estimativos, el planeta Tierra dispone hoy de reservas de carbón para atender los próximos 300 años, contra 50 años de petróleo y gas. Como bien se sabe, el aumento de los precios del petróleo cambió enormemente el panorama energético mundial, y el carbón, ha pasado a ocupar una posición favorable, al punto que expertos consideran que para el año 2000 el carbón podría cubrir el 50 por ciento de la producción total de electricidad y el 30 por ciento de los requerimientos industriales. El comercio internacional será del orden de los 500 millones de toneladas por año, y se estima que Colombia tendrá en él una importante participación del 10 por ciento.

El Estudio Nacional de Energía, terminado en Colombia hace un par de años, al hacer la proyección de la producción de energía primaria en el país para los próximos años, destaca que la participación del carbón pasará de 8,9 por ciento en 1970 a 36,5 por ciento en 1990. De las 35 cuencas carboníferas reconocidas que posee la Nación, sólo 7 han sido evaluadas en forma aproximada y a ellas se asigna reservas cercanas a los 17.000 millones de toneladas.

Se requiere con urgencia formar investigadores y especialistas que desempeñen un papel de importancia en la exploración y explotación de los recursos carbonífe-

ros, en la transformación que ya se inició de una minería artesanal en una más moderna y tecnificada, en la previsión de los nuevos usos del carbón que van más allá de la combustión y la siderurgia, en la realización de control preciso del carbón exportable, en la evaluación de los problemas ecológicos presentes en la utilización del carbón, y en la negociación de tecnología en condiciones favorables.

La Facultad Nacional de Minas, de la Universidad Nacional de Colombia - Seccional Medellín, ha tenido un liderazgo en la formación de ingenieros en el área de los recursos minerales. Ofrece programas de pregrado en Ingeniería de Geología, Ingeniería de Petróleos e Ingeniería de Minas y Metalurgia. Desde 1976 se creó en esa Facultad el Centro de Investigaciones del Carbón, conformado por personal colombiano especializado y por personal del Servicio de Cooperación Científica y Técnica del Gobierno de Francia, y en el cual se adelantan tareas de investigación, asesoría a minas e industrias carboníferas, participación en docencia de pregrado, y programas de educación continuada.

Teniendo en cuenta la situación nacional y los antecedentes de la Facultad Nacional de Minas, se decidió establecer en ésta un programa de postgrado conducente al título de Magíster en Ciencia y Técnica del Carbón, cuyo funcionamiento se iniciará en 1985.

Los objetivos de este programa son los siguientes (6):

- Formar investigadores que contribuyan a un mejor conocimiento de las reservas de carbón del país en cuanto a: la caracterización geológica de los yacimientos; la explotabilidad, a partir de la determinación de parámetros técnico-económicos; sus calidades y perspectivas inmediatas y futuras de utilización.
- Conformar un núcleo de personas capacitadas para presentar alternativas de alto nivel científico y tecnológico relacionadas con el manejo del recurso carbonífero y que pueda servir de asesor a los organismos estatales en la definición de políticas en este campo.
- Sistematizar e institucionalizar los antecedentes en investigación que en el campo del carbón se han dado en la antedicha Facultad.
- Capacitar docentes e investigadores que puedan participar en el mejoramiento del nivel académico de los estudios de pregrado en instituciones de educación superior que desarrollen programas relacionados con las áreas consideradas.
- Promover la transferencia racional de tecnología ten-

diente a garantizar la autonomía del país en el manejo de los recursos carboníferos.

A continuación se da una breve descripción de las áreas de investigación de este postgrado, con indicación de sus respectivas líneas de investigación.

- Caracterización geológica de yacimientos de carbón. Estudiará los ambientes de depositación que originaron la formación de cuencas carboníferas, los cambios endógenos y exógenos de los carbones presentes y la identificación y correlación de los estratos, con base en trabajos detallados de estratigrafía y sedimentología.

Las líneas de investigación serán: estratigrafía y sedimentación de cuencas carboníferas; estructuras geológicas en cuencas carboníferas; correlación estratigráfica en cuencas carboníferas; incidencia de la estructura geológica y la tectónica (regional y local) en la calidad y tipo de carbón.

- Estabilidad estructural de las explotaciones de carbón. Se pretende integrar una serie de disciplinas fundamentales en el análisis de la estabilidad estructural de las obras realizadas en macizos rocosos, bien sea en labores subterráneas o superficiales, relacionadas con la explotación de carbón.

Las líneas de investigación que se desarrollarán inicialmente son: modelización en las explotaciones de carbón; influencia de factores hidrogeológicos sobre la estabilidad estructural de una explotación de carbón subterránea o en superficie; influencia de la forma y extensión de la zona de descomposición sobre los patrones de desgasificación; dinámica de macizos rocosos.

- Caracterización físico-química y transformación del carbón. Esta área tendrá como objetivo fundamental la obtención de un conocimiento completo sobre el tipo, calidad, comportamiento y mejores usos de los diferentes carbones del país. Una determinación amplia de las características propias de cada carbón proporciona criterios de trabajo necesarios para la presentación de alternativas referentes a su utilización.

Esta área comprende tres líneas de investigación que se describen a continuación.

Combustión: incluirá tanto estudios fundamentales como aplicados. Entre los fundamentales están los relacionados con la reactividad de carbones, la cinética de la combustión y los aspectos de transferencia de calor en combustiones. La parte aplicada considerará entre otros tópicos los siguientes: mezclas carbón-aceite, sustitución de combustibles líquidos, desulfuración de carbones, técnicas de combustión (lechos fijo, fluidizado, . . .).

Carbonización y subproductos: estudiará el comportamiento de un carbón o mezcla frente a los procesos de destilación en seco a altas y bajas temperaturas: rendimiento en materias volátiles y residuo sólido (semicoque. . .), desarrollo de métodos de previsión de la calidad de coque, etc.

Transformación (gasificación y licuefacción): será objeto de interés para esta línea el estudio a nivel de laboratorio de parámetros y condiciones de operación (presión, temperatura, catalizador, régimen estático y dinámico), que favorecen la transformación del carbón en combustibles gaseosos, combustibles líquidos y demás productos valorizables en la industria petro y carboquímica.

6. REFERENCIAS

1. ARAMBURO, L.E. Diagnóstico sobre formación avanzada en Ingeniería, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, Bogotá, 1983.
2. Programas de postgrado que se ofrecen en el país, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, Subdirección Académica, Bogotá, 1984.
3. Programa para el desarrollo de la capacidad de investigación, capítulo tercero, Subprograma de Ingeniería, Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior, Bogotá, 1983.
4. Informe sobre el PEVAL, Programa de Estudios de Vivienda en América Latina, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1984.
5. Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Facultad Nacional de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1984.
6. Proyecto de programa de postgrado conducente al título de Magíster en "Ciencia y Técnica del Carbón", Facultad Nacional de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1982.