

**UN GIRO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

MIGUEL HUGO CORCHUELO MORA

**RUDECOLOMBIA
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
POPAYÁN
2007**

**UN GIRO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

MIGUEL HUGO CORCHUELO MORA

**Trabajo de Tesis
para optar al Título de
Doctor en Ciencias de la Educación**

DIRECTOR:

Dr. ÁLVARO RENDÓN GALLÓN

**RUDECOLOMBIA
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
POPAYÁN
2007**

La presente tesis se sustentó y aprobó públicamente el día 12 de Octubre de 2007 en el auditorio del Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad del Cauca. El tribunal estuvo integrado de la siguiente manera:

Dr. LUIS GUILLERMO JARAMILLO, Presidente.

Dr. JOAO FRANCISCO DE SOUZA y

Dr. LÁZARO PIÑOL JIMÉNEZ como Jurados Internacionales.

Dr. JULIO ENRIQUE DUARTE y

Dr. HÉCTOR SAMUEL VILLADA como Jurados Nacionales.

Adicionalmente firmó el acta de sustentación de tesis doctoral el Dr. LUIS EVELIO ÁLVAREZ como coordinador del CADE de la Universidad del Cauca.

Este trabajo no hubiese sido posible sin la colaboración y participación de un importante colectivo. GRACIAS A:

Dios
mi familia - Claudia y nuestros hijos
Dr. Álvaro Rendón
Dra. Magnolia Aristizábal
el jurado evaluador de este trabajo
mis compañeros del SEFIUC: Juan Pablo Paz, Sonia Gaona,
Carlos Cobos, Gloria Castro, Verónica Catebiel
equipo de ieRed: Ing. Ulises Hernández e Ing. Sandra Anaya
compañeros de los Grupos CYTEMAC y SEPA
Dr. Jorge Rodríguez y Dr. Elío Fabio Gutiérrez
Ing. Arlex Benítez
Dr. Pablo Valdés – Universidad de La Habana - Cuba
Dr. Alberto Scian y Dr. Esteban Aglietti
Universidad de La Plata - Argentina
Química Janeth Cobo
RUDECOLOMBIA
compañeros de estudio del Doctorado y
Profesores
equipo CADE Unicauca
Dra. Eugenia Trigo
Dr. Luis Guillermo Jaramillo
Dr. Luis Evelio Álvarez
Asistente del CADE Unicauca Sandra Liliana Vidal
Universidad del Cauca: Consejo Superior
Vicerrectoría de Investigaciones VRI
Vicerrectoría Administrativa
Vicerrectoría Académica
compañeros del Departamento de Física
Decanaturas de
Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones,
Ciencias Agropecuarias, y
Ciencias Naturales; Exactas y de la Educación
estudiantes de Ingeniería Física, Sistemas y Forestal
coordinadores y profesores de los programas de Ingenierías
Ing. Carlos Serrano
Ing. Ary Bustamante
Instituto de Investigaciones Históricas
José María Arboleda Llorente
Oficina de Planeación
Departamento de Sistemas
Bibliotecas José María Serrano y El Carmen
División de Comunicaciones
COLCIENCIAS Proyecto: 1103-11-16964
Profesores INEM-CTS y del Proyecto ieRed CTS
Mag. Nancy Cucuñame – CRC
ACOFI: Ing. Eduardo Silva y Grupo Educing
Dr. Boris Plazas
Y a todos los lectores por su atención y comentarios.

CONTENIDO

	<i>pág.</i>
PRESENTACIÓN	3
PRIMERA PARTE	
La formación de ingenieros en la Universidad del Cauca. Antecedentes, Actualidad y Perspectivas.	19
1. SEMILLAS	21
1.1 Apertura a todo vapor	23
1,2 El auge del electrón	33
1.3 La avalancha de INTERNET	49
1.4 Para considerar	65
2. MERISTEMOS	69
2.1 Tipificación de la labor académica	71
2.2 La práctica docente	76
2.2.1 Reflexión desde el SEFIUC	76
- La clase actual	77
2.2.2 Diagnóstico de 1997	84
2.2.3 Descripción desde EDUCING	84
2.3 Actividad investigativa	86
2.3.1 Institutos de postgrado	87
2.3.2 Sistema de investigaciones	89
2.4 Acciones con proyección social	95
2.5 Para considerar	101

	<i>pág.</i>
3. NUEVOS FRUTOS	105
3.1 En el contexto de la Universidad del Cauca	106
3.1.1 La clase nova	106
3.1.2 Propuestas desde las facultades	108
- <i>Facultad de Ingeniería Civil</i>	108
- <i>Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones</i>	109
- <i>Facultad de Ciencias Agropecuarias</i>	113
3.1.3 La universidad deseada	114
3.2 En el contexto nacional	116
3.2.1 Grupos de investigación vinculados con la educación en ingeniería	117
3.2.2 La perspectiva 2020 desde ACOFI	123
- <i>Estrategias curriculares</i>	123
- <i>Formación pedagógica</i>	125
- <i>Perfil del ingeniero 2020</i>	127
3.2.3 La visión 2019	132
3.2.4 Otras visiones académicas sobre la educación superior	135
3.3 En el contexto Internacional	137
3.3.1 Comunidad Europea	138
3.3.2 Comunidad Norteamericana	140
3.3.3 Comunidad de Iberoamérica	144
3.4 Para considerar	146
Referencias Bibliográficas – Primera Parte	151

SEGUNDA PARTE	<i>Pág.</i>
La Educación en Ingeniería: vacíos y alternativas	157
4. BRECHA Y GIRO: SOMBRA Y LUZ	159
4.1 La Brecha	
4.1.1 Sobre el concepto	160
4.1.2 La brecha en la educación en ingeniería	164
- <i>De la trama</i>	165
- <i>De los escenarios</i>	167
- <i>De los actores</i>	169
- <i>Del director</i>	172
- <i>De los libretos</i>	173
- <i>Del laboratorio escénico</i>	174
4.2 El Giro Educativo: de corrales a Cumbres.	177
4.2.1 La interacción social	183
4.2.2 La investigación acción participativa en educación	189
4.2.3 La innovación	202
4.3 Para considerar	207
5. SAVIA	211
5.1 El Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas	212
5.1.1 Trayectos y vivencias	215
5.1.2 La propuesta curricular basada en ESPC	218
5.1.3 Actividades del ESPC	221
- <i>Sensibilización</i>	222
- <i>Contextualización</i>	225
- <i>Exploración de conceptos</i>	227
- <i>Análisis de relaciones</i>	230
- <i>Diseño, simulación y/o experimentación</i>	233
- <i>Análisis de resultados</i>	235

	<i>pág.</i>
- <i>Socialización</i>	236
- <i>Valoración y ajuste</i>	237
- <i>El nuevo discurso</i>	238
5,2 El caso del Roble en Clarete Alto	239
5.3 El caso de las arcillas de Popayán	251
5.4 Para considerar	262
Epílogo	265
Referencias Bibliográficas – Segunda Parte	275
ANEXOS	281

LISTADO DE ANEXOS

	<i>pág.</i>	
Anexo II-A	Distribución de la labor académica por facultades año 2007	281
Anexo II-B	Encuesta sobre “La Clase Actual”	282
Anexo II-C	Grupos de investigación por facultad	283
Anexo II-D	Lista de proyectos en ejecución	287
Anexo III-A	La clase ideal	292
Anexo III-B	Problemáticas a atender por Ingeniería Civil	293
Anexo IV-A	Valoración del papel de la Interacción Social en la formación de ingenieros	294
Anexo IV-B	Acuerdo de voluntades	295
Anexo IV-C	Valoración del papel de la innovación en la formación de ingenieros	296
Anexo V-A	Matriz de valoración de una presentación	297
Anexo V-B	Resultados del taller sobre problemática de la cuenca de Clarete Alto	298
Anexo V-C	Representaciones del bosque de Clarete Alto	299
Anexo V-D	Taller: nuestros recursos	300

LISTADO DE FIGURAS

	<i>pág.</i>	
Figura 2.1	Distribución de la labor académica al iniciar el año 2007	75
Figura 2.2	Resultados del Ítem “Hablo la mayor parte del tiempo de clase”	78
Figura 2.3	Importancia que le confiere el docente a su exposición	79
Figura 2.4	Principales recursos de la docencia	79
Figura 2.5	Elementos poco habituales en las clases	80
Figura 2.6	Estrategias de enseñanza y aprendizaje	81
Figura 2.7	Domina una disciplina y preparación individual de la clase	81
Figura 2.8	Fidelidad al programa	83
Figura 2.9	Frecuencia con que se califica y se evalúa	83
Figura 2.10	Dedicación a la investigación	92
Figura 2.11	Participación en investigación de los programas de ingeniería por facultades	94
Figura 4.1	Representación de la brecha	166
Figura 4.2	Propósito del giro educativo en la Educación en Ingeniería	176
Figura 4.3	El Giro Educativo	181
Figura 4.4	Elementos para enfrentar la brecha	182
Figura 4.5	Perspectiva metodológica integradora	195
Figura 4.6	Dimensiones de la investigación en las prácticas educativas	197
Figura 4.7	Dinámica del seminario de investigación	199
Figura 5.1	Determinación del espacio para ESPC	220
Figura 5.2	Actividades del ESPC	222
Figura 5.3	Distribución de los equipos para la investigación solidaria	229
Figura 5.4	Trazado de la parcela empleada para la caracterización de los bosques de Roble en la micro-cuenca del río Clarete	245
Figura 5.5	Representación de las interacciones	259

LISTADO DE TABLAS

		<i>pág.</i>
Tabla 2.1	Docentes de ingenierías por facultad II-2006.	72
Tabla 2.2	Estudiantes matriculados en programas de ingeniería I-2007.	73
Tabla 2.3	Distribución de la labor académica en porcentajes de tiempo para el año 2007.	74
Tabla 2.4	Clasificación de los grupos de la universidad en las últimas convocatorias de Colciencias.	90
Tabla 2.5	Distribución de los grupos de investigación de los programas de ingeniería según el escalafón de COLCIENCIAS 01-2007.	91

TABLA DE SIGLAS

ACAC	Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia
ACOFI	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
AACC	<i>American Automatic Control Council</i>
ALE	<i>Active Learning in Engineering Education</i>
ARPA	<i>Advanced Research Projects Agency</i>
ASCUN	Asociación Colombiana de Universidades
ASIBEI	Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería
AT&T	<i>American Telephone and Telegraph Company</i>
CNA	Consejo Nacional de Acreditación
COLCIENCIAS	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas”
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CTS+I	Ciencia, Tecnología y Sociedad más Innovación
CYTEMAC	Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos
DTU	<i>Technical University of Denmark</i>
ECAES	Examen de Calidad para la Educación Superior
EDUCING	Grupo de Investigación en Educación en Ingeniería
EEES	Espacio Europeo de la Educación Superior
ESPC	Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas
EUCA	<i>European Union Control Association</i>
FAC	Fuerza Aérea Colombiana
FACA	Facultad de ciencias Agropecuarias
FACNED	Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación
FIC	Facultad de Ingeniería Civil
FIET	Facultad de ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
FISH	Formación Integral Socio-Humanística
GTI	Grupo de Investigación en Tecnologías de la Información
IAPE	Investigación Acción Participativa en Educación
ICETEX	Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior.
ICFES	Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior
IERED	Red de investigación en Educación

IES	Instituciones de Educación Superior
INRAVISION	Instituto Nacional de Radio y Televisión
INTELSAT	<i>Internacional Telecommunications Satellite Organization</i>
IPET	Instituto de Postgrado en Electrónica y Telecomunicaciones
ITEC	Instituto Colombiano de Telecomunicaciones
LLL	<i>Life Long Learning</i>
MEN	Ministerio de Educación Nacional
MINCOMUNICACIONES	Ministerio de Comunicaciones
MINTRANSPORTE	Ministerio de Transporte
MIT	<i>Massachusetts Technology Intitute</i>
MITS	<i>Micro Instrumentation and Telemetry Systems</i>
NAE	<i>National Academy of Engineering</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NBIC	Nanotecnología, Biotecnología, Informática y Ciencia Cognoscitiva
NSF	<i>National Science Foundation</i>
OEI	Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura
PEI	Proyecto Educativo Institucional
SEFI	Sociedad Europea para la Formación en Ingeniería
SEFIUC	Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SEPA	Seminario Permanente sobre Formación Avanzada
SNIES	Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TELEX	<i>Teletypewriter Exchange</i>
TIC	Tecnologías de la información y la Comunicación
TLC	Tratado de Libre Comercio
TREE	<i>Tunnig Research Education Engenieering</i>
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UNAD	Universidad Nacional Abierta y a Distancia
VHF	<i>Very High Frecuency</i>
VRI	Vicerrectoría de Investigaciones - Universidad del Cauca

**UN GIRO EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

PRESENTACIÓN

A través de la historia de la humanidad han existido personajes capaces de construir, renovar y explorar nuevas rutas, nuevos senderos que se convierten en alternativas para que los habitantes del mundo interactúen entre sí y con el ambiente en busca de mejores condiciones de vida. Se trata de los trayectos de formación orientados al ser, al conocer, al hacer y al convivir. Filósofos, literatos, religiosos, guerreros, exploradores, artistas y más recientemente científicos, ingenieros y educadores figuran como protagonistas de estos procesos en más de una ocasión.

Sin lugar a dudas, los procesos de formación involucran los fines y los métodos, así como a los espacios para deliberar e introducir las transformaciones pertinentes en un momento dado. Es a través de ellos, que una sociedad mantiene y promueve los conocimientos, la cultura y los valores, que influyen en los aspectos físicos, mentales, emocionales, morales y sociales de la persona. El trabajo educativo que inicia la familia y continúa la escuela, la iglesia, la universidad y la sociedad en general, se orienta supuestamente, para que hombres y mujeres estén profesionalmente preparados para generar innovaciones; sin embargo la cotidianidad muestra que sólo unos pocos, tal vez los más expertos, o quizás los que pueden desarrollar ópticas diferentes, o seguramente los que puedan participar en espacios socio-políticos influyentes, pueden llegar a cumplir tal propósito.

Fue precisamente la preocupación por los procesos de formación lo que me condujo en el año 2000 a cursar el diplomado en docencia universitaria, animado por el entonces jefe del Departamento de Física Arlex Benítez y con el propósito de aportar a la organización del naciente programa de Ingeniería Física para la obtención del registro calificado en virtud de lo planteado en el Decreto 792 de 2001¹.

El acercamiento al saber pedagógico permitió en un primer momento observar que hoy en día se cuestionan las parcelas del conocimiento como el lugar para encontrar respuestas integradoras a los problemas que surgen en la teoría y en la práctica del hecho educativo. Interrogar, problematizar, investigar y abstraer acerca de la práctica docente son tareas que le corresponden al profesor, si se quieren construir nuevos rumbos. Se necesita hacer realidad el profesor-investigador de su propia práctica, propuesto por Stenhouse (1987).

Desde la coordinación del programa de Ingeniería Física se contó con la oportunidad de asistir por primera vez en el año 2002 a un foro de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- en la Universidad Tecnológica de Pereira, experiencia que sumada a la participación en el proceso de acreditación contribuyó a la reflexión sobre los trayectos para la formación de ingenieros.

Adicionalmente, surgió de manera particular el interés en el grupo de investigación CYTEMAC², coordinado por el doctor Jorge Enrique Rodríguez, por buscar alternativas de formación para contar con el talento humano que pudiese desarrollar la línea de síntesis y

¹ Con este Decreto se inició el establecimiento de estándares de calidad en programas académicos de pregrado en ingeniería después de la Constitución Política de 1991 y la Ley 30 de 1992.

² Grupo de Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos –CYTEMAC- adscrito al Departamento de Física.

procesamiento cerámico y encontró un aliado en el grupo SEPA³, coordinado entonces por el doctor Elio Fabio Gutiérrez. Fruto de esta alianza resultó mi vinculación como estudiante al programa del doctorado en ciencias de la educación de RUDECOLOMBIA.

En principio la situación pareció sencilla. Se tuvo el imaginario de que bastaba con aprender un poco de pedagogía y de didáctica, y transferir estos saberes a la Educación en Ingeniería. Pronto esta imagen cambió cuando de una parte se inició a través de los seminarios doctorales el estudio de la problemática alrededor del *currículum* y de otra, cuando a través de la indagación se identificaron poco a poco las demandas asociadas a la formación de ingenieros. En efecto, aparecen barreras que es urgente superar, tales como la debilidad del enlace entre pedagogía e ingeniería y los planes de estudio fragmentados, sobresaturados (en algunos casos) de créditos académicos y alejados en su planeación de las problemáticas del contexto. Así mismo, se observa que es necesario transformar las concepciones triunfalistas sobre ciencia y tecnología que circulan por las facultades, a través de procesos mediados por la Interacción Social.

En cuanto al *currículum* se hizo evidente que a partir del siglo XX tomó auge la mirada de la educación como parte de la producción con un valor creciente en la conquista del mercado. En este contexto, el concepto de *currículum* desde la visión anglosajona penetró en nuestro país y se asimiló como la organización de lo que debe ser enseñado y aprendido, mimetizándose con el plan de estudios. Se trata de la visión instrumental, en la que los profesores se convierten en ejecutores de programas, cuyas preocupaciones residen en el qué y cómo enseñar, pero los fines no se cuestionan porque están resueltos de antemano por otros. El *currículum* suena como algo establecido fuera del marco de la institución

³ Grupo Seminario Permanente de Investigación sobre Formación Avanzada –SEPA- de apoyo al doctorado en ciencias de la educación de la Universidad del Cauca.

educativa donde el profesor como individuo tiene poco que decir. Según Lundgren (1992), esta es la ruta de Tyler y de Bobbit, desde la que difícilmente se observa el *curriculum* como un proyecto propio de la institución, en la comunidad, en la sociedad en su conjunto.

Pero existe otra perspectiva del *curriculum* que invita a la investigación crítica y creativa (Kemmis, 1986). Transporta a estudiantes, docentes y demás miembros de la comunidad educativa, más allá de la esfera de lo que pudiesen especificar los planificadores del *curriculum*, es decir, invita a pensar por sí mismos, a considerar hasta qué punto vale la pena repetir los pensamientos de sus antecesores, a interrogar los fines y a explorar alternativas para la construcción de propuestas formativas más pertinentes. Se abrió entonces desde esta perspectiva crítica un campo atractivo y complejo de investigación.

Otro elemento importante que aporta para ampliar la mirada de la situación y al diseño de la propuesta es el enfoque educativo de los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS⁴- como una puerta para acceder a otros mundos posibles. Centrado en la formación para la participación social, el enfoque CTS favorece el trabajo en equipo e interdisciplinario, desarrolla una sensibilidad crítica acerca de los impactos sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología, articula los conceptos estudiados con problemáticas del contexto y promueve la toma de una postura política de los expertos en la sociedad contemporánea (García *et al.*, 2001).

Lo anterior alimentó la idea presente desde el momento en que se inició el proceso de formación doctoral, que el resultado no podría reducirse a un documento que reposara en un

⁴ Para más información se puede consultar el sitio web: <http://www.oei.es/catedractsi.htm> (OEI, 2003).

anaquel sino que tendría que tomar vida en los programas. Gracias a la Convocatoria 223 del año 2004 de COLCIENCIAS y a un proceso de gestión que contó con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca -VRI- y de la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-, se conformó un colectivo de trabajo para la formulación del proyecto de investigación titulado “Propuesta Curricular para la Formación de Ingenieros desde el enfoque en estudios CTS+I,⁵ en la Universidad del Cauca”.⁶ En la elaboración de la propuesta se contó con la experiencia investigativa acumulada de dos proyectos desarrollados con este enfoque en el marco de la educación media.

Con la venia de las anteriores instituciones a la propuesta, se tuvo la posibilidad de establecer una estrecha relación entre los planteamientos teóricos y la práctica docente en ingeniería. El colectivo se conformó con ingenieros que ejercen la docencia en los programas de Ing. Física, Ing. Forestal e Ing. de Sistemas, docentes de Física y docentes del departamento de Educación y Pedagogía de la Universidad del Cauca. Se trazó como objetivo general el identificar los elementos esenciales para la construcción en la práctica de una propuesta curricular, que con base en los estudios CTS+I promoviera los procesos de formación de ingenieros.

Plantear la formación de ingenieros desde esta perspectiva implica una transformación en el ejercicio de la docencia que requiere a la vez de la formación de los docentes de ingeniería. Este hecho junto con los conceptos estudiados condujo a que con el colectivo se adoptara la metodología de la Investigación Acción Participativa en Educación -IAPE- con las orientaciones metodológicas planteadas por Kemmis y McTaggart (1987). Se eligió la estrategia del seminario como espacio de encuentro, reflexión colectiva, aprendizaje mutuo,

⁵ Ciencia, Tecnología, Sociedad más Innovación.

⁶ Código Colciencias: 1103-11-16964

planeamiento de las actividades y valoración de los resultados. Fue así como se conformó en el año 2005, el “Seminario sobre el sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca” -SEFIUC-, el cual se convierte en uno de los elementos importantes para la enunciación de los planteamientos de la tesis doctoral en ciencias de la educación que aquí se presenta, teniendo en cuenta las consideraciones éticas del caso.

La teoría de los paradigmas, planteada en la ciencia por Kuhn (1996), establece que todo paradigma tiene un léxico propio, unas palabras centrales respecto a un tema que configuran neologismos que apuntalan una determinada posición. El espacio interdisciplinario del SEFIUC tuvo que asumir en principio la tarea de identificar los paradigmas de sus integrantes, aprender a aprender unos de otros, de sus ideas y prácticas respecto a los procesos de formación y establecer tramas entre los léxicos cultivados desde las diferentes disciplinas. Luego, el trabajo se orientó a indagar sobre qué tipo de cambios se demandan en la formación de ingenieros. Para ello fue necesario en primer lugar, realizar la caracterización de las propias prácticas docentes participantes. El proceso se facilitó por el vínculo entre pedagogía e ingeniería, así como por la participación de invitados especiales al seminario para tener claridad sobre ciertos temas.

Adicionalmente, la actividad del SEFIUC se complementó con la realización de talleres y eventos programados en la medida en que el estudio planteaba conceptos importantes y en los que se contó con la participación de estudiantes. De los talleres, se cita el encuentro con “Ingenieros en ejercicio” y el de “Identificación de problemas”. Se realizaron las Jornadas sobre las temáticas de “Innovación” y de “Interacción Social” en la formación de ingenieros. Estas Jornadas abiertas a la comunidad universitaria, permitieron a través de paneles contar

con la opinión de invitados nacionales de otras instituciones como el doctor Jorge Reynolds⁷, entre otros; además se tuvo la oportunidad de recolectar información de los asistentes interesados en los temas.

El contraste entre las características de las actuales prácticas docentes en la formación de ingenieros, y la información suministrada por los talleres y los eventos permitió diferenciar dos estados: el actual de los procesos de formación y el deseado, determinado por las aspiraciones de los docentes, las Facultades de Ingeniería, otros grupos de investigación en el ámbito nacional y las asociaciones de facultades de ingeniería del contexto nacional e internacional. Se acudió entonces a la técnica del *Gap* (la brecha) con el ánimo de establecer la distancia entre estos dos estados. En esta parte resultó de gran valor la información recopilada a través de la asistencia a los Foros y Reuniones Nacionales programados por ACOFI.

La anterior experiencia investigativa enriquecida con los seminarios doctorales, las tutorías y los aprendizajes producto de las pasantías internacionales⁸ permitieron dejar en evidencia que existe una distancia entre lo que se demanda del ingeniero en este siglo y lo que se hace en la aulas, trecho propiciado por la visión instrumental de la formación y la ausencia de un proceso de formación de docentes en ingeniería que revela un vacío pedagógico, presente en quienes tienen a su cargo la Educación en Ingeniería en la Universidad. No obstante, la experiencia vivida muestra que dicho vacío no se puede enfrentar por la vía instrumental reduciendo la problemática sólo a una cuestión de metodología o al dominio de

⁷ Ingeniero electrónico, reconocido por la invención del marca pasos y sus estudios sobre los latidos del corazón de las ballenas jorobadas.

⁸ Se realizó una pasantía en el Centro Tecnológico de Recursos Minerales y Cerámicos -CETMIC- adscrito a la Universidad de La Plata (Argentina) bajo la tutoría del doctor Alberto Scian, y otra en la Universidad de La Habana (Cuba) bajo la orientación del doctor Pablo Valdés.

disciplinas como la pedagogía y la didáctica. En lugar de ello, se sostiene la necesidad de un encuentro interdisciplinario (docentes de ingeniería y pedagogos, por ejemplo) que permita introducir un Giro Educativo, una reorientación en la formación, motivada por el cuestionamiento del sentido de la formación de ingenieros, así como por sus expectativas en estrecha relación con el mundo cotidiano y en consecuencia proponer los procesos más pertinentes.

Para la presentación de la tesis, el texto se divide en cinco capítulos distribuidos en dos partes. La organización y los títulos siguen la metáfora de un árbol (en particular inspirada en el roble), que se asimila con los procesos de formación. La primera parte denominada “Antecedentes, Actualidad y Perspectivas” tiene como propósito ubicar al lector en el contexto en que ocurre la formación de ingenieros en la Universidad del Cauca. Su construcción obedece a dos elementos; en primer lugar, una mirada particular de la historia, que comprende la que se escribe sobre lo acontecido, el ayer; la que nos corresponde escribir, el hoy; y la que se quiere que se escriba sobre el mañana de estos programas de la Universidad del Cauca. En segundo lugar, los planteamientos de la investigación solidaria propuesta por Martín y González (2002) que permitieron no sólo comprender la evolución del proceso, sino además identificar potencialidades y límites.

En el capítulo primero, bajo el nombre de “Semillas” se acude a la historia, como un referente para la comprensión del presente y que permite identificar si en épocas anteriores ocurrieron procesos relevantes en la formación de ingenieros. Con base en entrevistas y en una detallada revisión documental tanto en el Instituto de Investigaciones Históricas “José María Arboleda Llorente” de Popayán como en los archivos de las facultades de ingeniería y de diversas dependencias de la Universidad del Cauca, se identifican importantes

acontecimientos políticos, científicos, tecnológicos y sociales, durante la génesis de los programas de formación de ingenieros en esta universidad, que se articulan con lo acontecido en los ámbitos nacional e internacional. El estudio se divide a su vez en tres períodos importantes a saber. El primero denominado “Apertura a todo vapor”, cubre desde las iniciativas del general Tomás Cipriano de Mosquera durante el siglo XIX hasta la llegada del ferrocarril a Popayán en el siglo XX. En este período aparece la Facultad de Ingeniería Civil –FIC- con nexos muy particulares con la construcción del Ferrocarril del Pacífico. El segundo periodo, “El auge del electrón”, hace énfasis en el proceso de desarrollo de las telecomunicaciones para el progreso de la nación, dinámica en la que incide la iniciativa del general Gustavo Rojas Pinilla. Es en este momento cuando surge la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones -FIET-, con el apoyo de TELECOM y la Unión Internacional de Telecomunicaciones -UIT-. Finalmente el tercer periodo, “La avalancha de Internet”, corresponde a la última década del siglo XX, momento en que el entonces presidente de la república César Gaviria coloca al país de cara a la apertura económica. Es en esta época, que aparecen los programas de ingeniería Agroindustrial, ingeniería Ambiental, ingeniería en Automática Industrial, ingeniería Física, ingeniería Forestal e ingeniería de Sistemas que ofrece la Universidad del Cauca hasta el año 2006. Se desvela cómo en sus orígenes la aparición de los programas influyeron iniciativas de los gobernantes cautivados por una ilusión Circeriana⁹ gestada a partir del vínculo de los productos de la ciencia y la tecnología con la conquista del mercado internacional, situación que lleva a preguntarse sobre cuál debería ser el proceso más adecuado para la formación de ingenieros idóneos en nuestro contexto. Existió entonces la preocupación por contar prontamente con ingenieros pero no existió una propuesta especial para la formación de docentes en ingeniería. Se mantuvo la idea que para ser docente de ingeniería bastaba con

⁹ Se usa este término para referirse a Circe, aquella hechicera de la mitología griega que convertía a los hombres en animales, aunque aquellos creían mantener la conciencia de su humanidad.

ser ingeniero, es decir, no existió mayor diferencia entre ser ingeniero y ser profesor de ingeniería para efecto de la docencia. Adicionalmente, se identifican experiencias en la formación de ingenieros en las que se tuvo estrecha relación con problemáticas del contexto.

En el segundo capítulo bajo el nombre de “Meristemas” se exponen las características del quehacer universitario en las funciones instituidas de docencia, investigación y proyección social. La tipificación de la docencia en el pregrado tiene como primera fuente las reflexiones de los participantes en el SEFIUC. Estas son trianguladas con encuestas y entrevistas a otros docentes, así como con documentos de la misma institución y con otras investigaciones en el país como la del grupo EDUCING. De esta manera se identifican debilidades producto de la desarticulación entre la pedagogía y la práctica docente en ingeniería. En el ejercicio de la docencia se concentra cerca de 60 % de labor académica. En ella prima el transmisionismo heredado por los docentes de ingeniería de las clases con sus maestros. Con ello se infiere la disposición a mantener esquemas educativos altamente reproductivos, petrificados cual presa de la gorgona Medusa¹⁰, en contraste con las necesidades de innovación. Se trata de un modelo masificante, preocupado por la distribución de tiempos y espacios, por aumentar cobertura pero poco interesado por los espacios para la interacción entre los sujetos, entre las áreas del saber y entre estas mismas con las problemáticas del contexto.

El currículo se asume como plan de estudios con programas preestablecidos, independientemente de las condiciones y expectativas de los estudiantes. Contiene un número significativo de asignaturas y cuando los comités curriculares intentan reformas de integración, que implican la reducción de cursos, aparecen disputas que semejan el

¹⁰ En la mitología griega, la Medusa es la única mortal de las tres gorgonas. Quien la miraba de frente quedaba convertido en piedra.

enfrentamiento con Hidra¹¹. La visión de las mallas curriculares fragmenta el conocimiento y atiende las necesidades de formación a través de la organización de cursos, argumentados en ocasiones en los avances científicos y tecnológicos, y que por lo tanto, siempre resultarán insuficientes. Además, se realiza la organización por créditos pero ella no necesariamente permea la práctica docente. A ello se suma el dilema que introducen los indicadores de gestión entre cobertura y calidad.

En cuanto a la actividad de investigación, ocupa en promedio el 7,14 % de la labor académica en los programas de ingeniería, se realiza a través de proyectos formulados por los grupos de investigación, los cuales corresponden en número al 27 % de los grupos reconocidos por Colciencias en la Universidad. En su mayor parte la preparación para la investigación es a través de la experiencia, sólo en la FIET se registra la existencia de un semillero de investigación. Si bien existen grupos y proyectos de investigación se percibe una significativa desarticulación entre la docencia, la investigación y la proyección social, lo que reduce las posibilidades para transformar las prácticas docentes a partir de procesos de investigación.

En el ejercicio de la ingeniería, si bien se emplean los conocimientos de la ciencia y de la tecnología, se tiene como propósito la solución de problemas para el bienestar social, se esperaría entonces que este componente ocupe un lugar importante en la formación, si además se considera el potencial que tiene la Interacción Social en los procesos de aprendizaje. Por tal motivo en esta parte tomó especial atención el interrogante acerca de en qué medida las prácticas curriculares desarrolladas por los docentes de ingeniería en la Universidad del Cauca responden a la proyección social propuesta en su Proyecto Educativo

¹¹ En la mitología griega, Hidra es el monstruo de múltiples cabezas. Cuando le cortaban una le nacían dos en su lugar.

Institucional, en la normatividad para la Educación Superior y en correspondencia con las aspiraciones nacionales e internacionales de la formación de ingenieros.

Los datos indican que sólo el 3,52 % en promedio de la labor académica de los programas de ingeniería se destina para la proyección social, porcentaje que no difiere mucho del promedio de la Universidad (4,1 %). Paralelamente se colocan en evidencia debilidades en la formación socio-humanística. Los criterios para elegir los cursos de esta área aparecen desarticulados de los propósitos de formación profesional. Hecho que motiva a que se consideren de segunda categoría, más aún cuando en su orientación se desconocen las otras actividades formativas en ingeniería. Se hace necesario reflexionar sobre la pertinencia social de los procesos desarrollados en la Educación Superior, así como en materia de ciencia y tecnología, con la intención de considerarlas como los núcleos desencadenantes de los nuevos desarrollos culturales, económicos y sociales que requiere el país a partir de la estrecha relación entre docencia, investigación y proyección social. Las clases por lo general no se articulan con las problemáticas del contexto como si ocurrió en otros momentos de la historia. Ello conduce a revisar el influjo de las corrientes políticas educativas, científico-tecnológicas y su relación con la sociedad, así como la forma en que incide la enseñanza de las ciencias y de la tecnología en las visiones de mundo.

En el tercer capítulo denominado “Nuevos Frutos”, se identifican perspectivas para la formación de Ingenieros. Su desarrollo se hace a través de tres contextos: el local, el nacional y el internacional. En cuanto al primero, se exponen las expectativas del SEFIUC a partir de la reflexión sobre la clase nova, así como las aspiraciones de las facultades de ingeniería, indagadas a partir de la revisión de los documentos sobre sus planes de mejoramiento y la prospectiva de la Universidad del Cauca.

En el ámbito nacional, el tema es motivo de reflexión en diferentes instancias. En primer lugar, se presenta un inventario de grupos de investigación que trabajan en el tema de la Educación en Ingeniería, ubicados en virtud de su participación en los eventos de ACOFI¹². Posteriormente se realiza una revisión documental de las memorias de las reuniones y foros de ACOFI en relación con la visión 2020 para identificar tendencias, acciones y expectativas nacionales respecto al tema. El panorama nacional se complementa con la visión 2019 propuesta desde el Ministerio de Educación Nacional y con perspectivas académicas sobre la Educación Superior en Colombia. Finalmente, en el contexto internacional se realiza un esbozo de las tendencias de las comunidades Europea, Norteamericana e Iberoamericana identificadas a través de los eventos organizados por las asociaciones internacionales de facultades de ingeniería. Expuestas las diversas visiones se pregunta entonces sobre ¿cuáles serían las transformaciones pertinentes a promover en los procesos de formación de ingenieros en la Universidad el Cauca, teniendo en cuenta que en tales procesos es necesario considerar la formación de docentes en ingeniería?

La segunda parte denominada “La Educación en Ingeniería: Vacíos y Alternativas” consta de dos capítulos y el Epílogo. El capítulo cuarto titulado “Brecha y Giro: Sombra y Luz”, como lo indica el nombre, plantea primero la brecha existente en los procesos de formación de ingenieros producto de la visión instrumental, entendida en términos de Stenhouse (1987) como la distancia que existe entre las ideas y aspiraciones de la comunidad educativa y los intentos por hacerlas operativas, en el contexto amplio de la relación educación y sociedad. Como se anotó anteriormente se recurre a la técnica del *Gap*, a través de la cual se realiza

¹² En especial la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, desde hace más de una década, advierte sobre la necesidad de reflexionar críticamente sobre los procesos de formación de Ingenieros, Salazar, J. y Silva, E. (1995). Esta organización constituye un espacio de participación para el estudio de la formación de ingenieros.

básicamente un contraste entre los hallazgos expuestos en el Capítulo 2 y los presupuestos planteados en el Capítulo 3. Para la presentación se recurre a la metáfora de la puesta en escena de una obra en la que se identifican las categorías de trama, escenarios, actores entre los que se incluye al director, libretos y laboratorio escénico. Este último hace alusión a la Universidad como el espacio en donde se preparan a los ingenieros para desempeñar su papel ante la sociedad. Ahora se pregunta ¿qué podría motivar a enfrentar esta brecha?

De una parte, la brecha coloca en evidencia la soledad del docente de ingeniería para enfrentar el transmisionismo, la fragmentación del conocimiento y la visión instrumental del *currículum*; así como una debilidad en la formación socio-humanística, de tal manera que como lo dijera Einstein, una *“locura sería esperar obtener resultados diferentes haciendo siempre lo mismo”*. Por otra parte, la experiencia obtenida a través del SEFIUC, registra no sólo el potencial para la reflexión y aprendizaje en colectivo de los participantes sino adicionalmente la posibilidad de transformar las propias prácticas docentes a partir de la IAE. Si adicionalmente se considera que el fin de la ingeniería es el servicio en favor del bienestar social, se trata entonces de aprovechar el potencial de lo social para reorientar la Educación en Ingeniería a partir de un Giro Educativo en el estilo del Giro Copernicano, de manera tal que se trascienda de un estudio centrado en las disciplinas a otro cuyo centro motivo de estudio sea el mundo cotidiano y que sea éste quien determine la configuración de las disciplinas. En los procesos de formación es necesario reconocer que las disciplinas son constructos de la interacción social, nacen en lo local y aspiran a la globalidad, son dinámicas, evolucionan gracias a la investigación y se trasladan todas ellas en órbitas alrededor del mundo cotidiano, en el que ocurren las innovaciones. Pues no se aprende sólo para las aulas sino para actuar en el mundo, día a día.

Se agrega que dicho giro se dinamiza a partir de la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación y la Innovación. La transferencia se posibilita a partir de los fundamentos de la perspectiva crítica, investigativa y contextualizada del *curriculum*.

En el capítulo quinto bajo el nombre de “Savia” se propone que el Giro Educativo se refleje en la práctica docente a través del Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas - ESPC-, como una alternativa en la búsqueda de una educación más pertinente para la formación de ingenieros. Su desarrollo implica la realización de actividades (sensibilización, contextualización, exploración de conceptos, diseño y simulación de alternativas, socialización de propuestas, valoración, y elaboración del nuevo discurso) que tienen como referente la propuesta de investigación orientada de Gil *et al.* (2005) y en las que el grupo se considera como comunidad que aprende a través de la investigación solidaria enriquecida con el enfoque CTS propuesta por Martín y González (2002). El ESPC se propone como un elemento dinamizador de propuestas curriculares y la organización del seminario aparece como otro elemento que empodera al docente para superar el pozo de potencial en que lo sume una docencia exclusivamente guiada por la perspectiva instrumental. Finalmente, se ilustran dos casos organizados en función del ESPC: el del Roble en la micro-cuenca de Clarete Alto, fundamentalmente realizado dentro del programa de Ing. Forestal, y el de las arcillas de la Meseta de Popayán, asociado con el programa de ingeniería Física.

Se configura de esta manera una forma de trabajo cooperativo, en la que los profesores y otras personas relacionadas con procesos de formación de ingenieros pueden aportar visiones críticas de la educación, que en la práctica se traducen en formas de organización e investigación a favor de los cambios pertinentes para atender la producción y reproducción del saber, las habilidades y las formas de interacción social (Kemmis, 1986). Constituye un

referente más para los cerca de 650 programas de ingeniería aprobados de nivel universitario que involucran una matrícula que supera los doscientos mil estudiantes.¹³ Surge entonces el interrogante sobre su factibilidad en otros contextos.

Es importante tener en cuenta que la formación no es sólo un asunto que compete a los estudiantes sino que involucra a todas las personas relacionadas con la docencia, la investigación y la interacción social a través de las diversas acciones del quehacer universitario. Esta mirada está asociada con un proceso participativo de investigación según el cual, el colectivo le permite a los docentes involucrados en el proceso, vincular la teoría y la práctica con otras formas de organización de la sociedad. Ello es posible a partir de rasgos identificados por Hoyos y Vargas (1996) tales como la crítica, el sometimiento a prueba en la práctica de las ideas sobre la formación de ingenieros y el rechazo a la clásica separación entre sujeto (investigador) y objeto (situación investigada). Las comunidades que interactúan no son objeto de estudio, sino sujetos portadores de conocimientos, por lo cual se genera un diálogo de saberes que enriquece el conocimiento cotidiano.

La invitación es para remar con vigor y no desmayar ante las incertidumbres que se generan cuando se exploran rutas desconocidas. Se deja en evidencia la necesidad de superar a Medusa, Hidra y Circe. Perseo pudo enfrentar a Medusa gracias a los obsequios que recibió del Olimpo. El escudo Egis, pulido como un espejo para observar a Medusa por reflexión, las sandalias aladas Tálares, un casco y la espada indestructible. Cuando le cortó la cabeza a Medusa, de la sangre surgió Pegaso. En este caso, también es importante la reflexión, como el vuelo de la imaginación y contar en las manos con el ESPC para tener la posibilidad de alcanzar las expectativas previstas con las alas de nuestro cóndor de Los Andes.

¹³ Cifra que corresponde aproximadamente al 20% de la formación profesional en Colombia, según Botero (2006).

PRIMERA PARTE

LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.

ANTECEDENTES, ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS.

1. SEMILLAS

Retomar el origen de los procesos sobre formación de ingenieros en la Universidad del Cauca implica desvelar una red de significados tejida en triple hilo a través de espacios y tiempos. En cuanto a los espacios, se tiene una primera línea de acontecimientos en el ámbito internacional que involucra las corrientes de pensamiento, las presiones del mercado y los desarrollos en ciencia y tecnología. Un segundo trayecto corresponde a la sucesión de acontecimientos nacionales entre los que destacan aspectos tales como las políticas de Estado, la influencia de los avances científicos y tecnológicos foráneos, y los conflictos internos por el poder, entre otros. Finalmente no menos importante, el hilo de los acontecimientos locales configurado al interior de la Universidad, fruto de las aspiraciones de directivos, docentes y estudiantes. Todos ellos conjugados en diversa trama en cada periodo de la historia, pero con un estilo particular para la institución.

Para el análisis de los acontecimientos en el marco de la temporalidad, en este capítulo se identifican tres épocas. La primera inicia en el siglo XIX y se extiende hasta las primeras décadas del siglo XX, periodo en el que ocurre la construcción del Ferrocarril del Pacífico en el antiguo Cauca, y cuya etapa final se convierte en un escenario propicio para la formación de ingenieros civiles, motivo que invita a que esta época se denomine “Apertura a todo vapor”. La segunda, titulada “El auge del electrón”, cubre en particular las décadas de los años 40, 50, 60 y 70 del siglo XX, periodo en el que se reconoce la importancia de las telecomunicaciones; en ella surge la formación de ingenieros en Electrónica y

Telecomunicaciones como resultado del singular vínculo con la entonces Empresa Nacional de Telecomunicaciones -TELECOM-. Finalmente, la tercera época denominada “La avalancha de INTERNET”, corresponde a la última década del siglo XX en la que ocurre la apertura económica y se promulga la Ley 30 de 1992; en ella convergen movimientos científicos, tecnológicos, económicos, políticos, físicos y sociales tanto internacionales como nacionales que impregnan las iniciativas de la comunidad universitaria para la ampliación de la cobertura, gestando el nacimiento de los programas de: ingeniería Agroindustrial, ingeniería Física, ingeniería de Sistemas, ingeniería en Automática industrial, ingeniería Ambiental, ingeniería Forestal y la reciente propuesta de ingeniería Agropecuaria. Como fuentes primarias de información se consultaron las actas del Consejo Directivo de cada época que reposan en el Instituto de Investigaciones Históricas *José María Arboleda Llorente* y además, se realizaron doce entrevistas¹ a personas que participaron directamente en los acontecimientos.

No es la intención del capítulo recopilar toda la historia de los programas de pregrado en la formación de ingenieros de la Universidad del Cauca, sino, como lo denota el término “semillas”, reflexionar sobre el proceso que los originó, como uno de los elementos importantes que aporta a la identificación de potencialidades y vacíos de estos trayectos de formación. La sucesión de datos aparece como una relación de coordenadas que permite comprender la ruta y el sentido de la dinámica de las mentalidades que los gestaron, tal como lo señalara Arroyo (1926) refiriéndose a la historia como “maestra de la vida y vida de la memoria”.

¹ Para efecto de la codificación de las entrevistas se sigue la nomenclatura (Ent.#:Rel.#) indicando el número de la entrevista y el relato, respectivamente. En algunos casos aparece Ent.E, para referirse a una Entrevista vía electrónica.

1.1 Apertura a todo vapor

Embriagado por la evidencia de aquél prodigio, en aquél momento se olvidó de la frustración de sus empresas delirantes y del cuerpo de Melquíades abandonado al apetito de los calamares. Pagó otros cinco reales, y con la mano puesta en el témpano, como expresando un testimonio sobre el texto sagrado, exclamó:

- Este es el gran invento de nuestro tiempo. (García Márquez, 1967:31).

Un año antes de cumplir la Universidad del Cauca su primer centenario ², se prepara para recibir la visita del presidente de la República Pedro Nel Ospina³, primer ingeniero en alcanzar esta dignidad (Poveda, 1993a). Una de sus preocupaciones fue la de modernizar e industrializar el país aprovechando "la danza de los millones" recibida por el pago de la indemnización de parte de Estados Unidos por la usurpación de Panamá. Tal propósito se llevaría a cabo mediante un plan de obras públicas, entre las que se incluía el impulso a la construcción de los ferrocarriles, bajo la dirección de sus dos ministros del ramo, Aquilino Villegas y Laureano Gómez.

Fue precisamente la llegada del "Carro Triunfal" a Popayán, como lo llamó Saavedra (1919), lo que condujo a celebrar las festividades del 27 de Junio de 1926. Aquel día, minutos antes de las dos de la tarde (Arroyo, 1926), se cumplió el anhelo gestado 48 años atrás en los habitantes del Cauca de tener el encuentro con la locomotora. Cerca de doce mil personas congregadas en la estación escucharon por primer vez el sonido de la máquina a vapor, similar al que un siglo atrás provocara el ingeniero de minas inglés Richard Trevithick al disponer otra para tirar un tren de cinco vagones, cargados con 10 toneladas de acero y 70 hombres, sobre una vía de 15 km de la fundición de Pen-y-Darren, en el sur de Gales.

² La Universidad del Cauca se fundó el 11 de noviembre de 1827.

³ Ingeniero de Minas egresado de la Universidad de Berkeley.

Cómo se hubiese deleitado aquel día de las festividades el general payanés Tomás Cipriano de Mosquera⁴. Muy seguramente recordaría aquella experiencia macondiana en la que se encontró con el frenesí del vapor durante su visita a Inglaterra, allá por el año de 1831, gracias a los desarrollos de George Stephenson y su hijo Robert (Poveda, 1993b). Por aquel entonces, se puso en servicio la vía férrea pública Liverpool–Manchester para el transporte de pasajeros y de carga, que funcionaba exclusivamente con locomotoras de vapor como la *Northumbrian* y la *Planet*. Tal sería la impresión que el vapor provocó en el General Mosquera que no vaciló durante su primer periodo presidencial en impulsar una empresa semejante en nuestro país, cautivado por una imagen Circeriana⁵ similar a la de José Arcadio Buendía. Buscó con este invento la posibilidad económica de participar en el comercio exterior, particularmente con Inglaterra, comprometida por aquel entonces a liderar el comercio mundial. Fue así como se dieron las bases para la contratación del Ferrocarril de Panamá, construido entre 1850 y 1855; que permitió no sólo la comunicación entre las costas Atlántica y Pacífica, sino que además despertó el interés económico de los Estados Unidos por esa región.

El interés por el mercado extranjero condujo a la iniciativa de mirar con buenos ojos la salida al Pacífico a través de Buenaventura y de interconectar a todo el país, de norte a sur, con una red ferroviaria. Como contribución a este propósito, el Congreso expidió un decreto el 12 de abril de 1854, que le concedió privilegio exclusivo por ochenta años al General Tomás Cipriano de Mosquera para construir un camino carretero con desnivel no mayor del 10 %,

⁴ Tomás Cipriano de Mosquera y Arboleda, nació en Popayán el 26 de septiembre de 1798 y falleció el 7 de octubre de 1878.

⁵ Se emplea el término aludiendo al embrujo de la tecnología comparable al de Circe, la hechicera de la mitología griega.

de Cali a Buenaventura, y por el que se concedieron como auxilio 125.000 hectáreas de terrenos baldíos. Derechos que transfirió posteriormente el general Mosquera a una compañía anónima que organizó en 1859 (Ortega, 1923).

El gobierno progresista del general Mosquera contó durante su primer mandato con la colaboración del entonces secretario de Hacienda Florentino González (Castrillón, 1979) y se visualizó con iniciativas como la navegación a vapor a través del río Magdalena, la renovación de la maquinaria de la Casa de la Moneda, la dotación de equipos para el Observatorio Astronómico y la adopción oficial del sistema métrico decimal de pesas y medidas en el país (Bateman, 1972). El desarrollo de este espíritu emprendedor estuvo articulado con la preocupación por la formación de ingenieros, hecho que se manifestó, cuando en el año 1848 estableció el Colegio Militar de Ingenieros⁶, en el que se esperaba formar oficiales científicos de Estado Mayor, ingenieros, artilleros e ingenieros civiles⁷, teniendo entonces como referente la experiencia de Inglaterra, Francia y Alemania. La ingeniería militar englobaba tareas tales como la preparación de mapas topográficos, la ubicación, diseño y construcción de carreteras y puentes, y la construcción de fuertes y muelles. Entre los profesores que se designaron para el colegio militar figuran Don Lino de

⁶ En 1814 Don Juan del Corral fundó en Río Negro (Antioquia) el Colegio Militar de Ingenieros dirigido por Don Francisco José de Caldas que entre otros propósitos tenía el de fabricar los cañones para el ejército libertador. Los fusiles de aquel entonces pesaban cuatro kilos y medio, medían metro y medio, disparaban una mezcla de pólvora negra y balas esféricas de plomo que pesaban 30 gramos y tenían 18 milímetros de diámetro, con un alcance de unos 75 metros y una efectividad de uno por cada doscientos disparos. Los proyectiles avanzaban a razón de 320 m/s y su eficacia radicaba en la falta de medicinas adecuadas para curar las heridas, lo que convertía a la amputación como el mejor remedio viable para conservar la vida.

⁷ La denominación de ingeniero civil aparece para diferenciarse del ingeniero militar (origen de la ingeniería). El término fue introducido por John Smeaton en el siglo XVIII y difundido por la primera Sociedad de Ingenieros Civiles de Londres en 1771 (Petrovsky, 2002)

Pombo⁸ y el coronel Agustín Codazzi, de quien recibió consejo el General Mosquera para hacer la mensura de los terrenos y evitar de esa manera futuros pleitos. Tras el golpe de Estado dado por Melo se cerró el Colegio Militar en 1854 y ninguna institución volvió a preparar ingenieros en el país. En 1861 el General Mosquera regresó al poder y lo reabrió como Colegio Militar y Escuela Politécnica bajo la dirección de Lorenzo María Lleras. Cinco años después, en 1866, Mosquera expidió la Ley 70 “sobre deslinde y formación del catastro de tierras baldías de la nación”, lo que condujo a la creación del Cuerpo Nacional de Ingenieros⁹ y a promover la necesidad de formar Agrimensores¹⁰.

Según el ingeniero Ortega (1923), la iniciativa ferroviaria del general Mosquera para el suroccidente se concretó durante la administración del presidente de la república Manuel Murillo Toro, cuando en junio de 1872 se acordaron las bases de un contrato para la construcción del Ferrocarril del Pacífico. Los estudios iniciales fueron realizados por los norteamericanos David Smith y Frank Modica, asociados en la *Buenaventura & Cauca Valley Railroad Company*. Ante la asignación de contratos a ingenieros extranjeros y en busca del reconocimiento de los ingenieros nacionales como gremio se fundó la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1873, esto también contribuyó a determinar la competencia de aquellos que ejercían la ingeniería sin la calificación necesaria (Obregón, 1992); la sociedad sólo tomó

⁸ Don Lino de Pombo estuvo presente en el acto de fundación de la Universidad del Cauca el 11 de noviembre de 1827. Fue el primer ingeniero neogranadino que tuvo una educación formal como tal. Discípulo de Caldas, contó con el apoyo del General Santander para estudiar en la Escuela de Ingenieros militares de Zaragoza, donde se graduó como oficial de ingenieros. Luego perfeccionó sus estudios en la Escuela de Puentes y Caminos de París, fundada en 1747. En ella obtuvo su diploma en 1830. Escribió un texto de álgebra que se utilizó tanto en el Colegio Militar de Ingenieros como en la Universidad del Cauca.

⁹ El primero en emplear el término de Cuerpo de Ingenieros fue el mariscal Sébastien Le Prestre de Vauban durante el siglo XVII en Francia, con el objetivo de diseñar un sistema de ataque a posiciones fortificadas y mejorar las fortificaciones defensivas.

¹⁰ Los encargados de la medición de los terrenos, el trazado de linderos y caminos.

auge a partir de la reunión del 24 de mayo de 1887 con la dirección del ingeniero Abelardo Ramos (Bateman, 1972).

El incumplimiento de la *Buenaventura & Cauca Valley Railroad Company* condujo a la celebración de otro contrato con el ingeniero cubano Francisco Javier Cisneros en el año de 1878, justo 22 días antes del fallecimiento del general Mosquera. Dentro de las cláusulas del nuevo contrato se cedían al contratista 200.000 hectáreas de terrenos baldíos y el privilegio de usufructo por sesenta años, aunque el gobierno podía comprar la empresa después de veinte años de estar en servicio; adicionalmente Cisneros debía construir un muelle en Buenaventura como dependencia del ferrocarril. En 1882, se inauguró el trayecto de Córdoba a Buenaventura. Las dificultades de la obra y la carencia de dinero obligaron a la rescisión del contrato.

Durante los siguientes 22 años se realizaron otros contratos para la construcción del Ferrocarril del Pacífico, a saber: con J. Gaulim, con James Cherry, quien demandó a la nación, obligándola a pagar altas sumas por supuesto incumplimiento; con Muñoz Borrero y con Edward y Alfred Mason. En este periodo fue necesaria la formación de talento humano para realizar las mediciones de terrenos, así como el trazado y nivelación de caminos. En el acta del Consejo Universitario de fecha 15 de septiembre de 1887, la Universidad del Cauca en atención al régimen nacional que le fuera otorgado y con base en el Decreto 164 de 1884 dispuso sobre los grados académicos y títulos a conferir: "Maestro de Escuela, Bachiller, Doctor en Jurisprudencia, Profesor en Ciencias Exactas e Ingeniería y Doctor en Medicina y Cirugía". Posteriormente en el acta del día 9 de diciembre de 1893 se anuncia la solicitud del alumno Carlos Sinisterra para presentar exámenes preparatorios para optar al diploma de Agrimensor en la Facultad de Matemáticas; entre sus profesores se menciona a Augusto

Aragón (en geometría descriptiva, sombras y perspectiva) y a Adriano Paz como profesor de topografía, trazado y nivelación de caminos, entre otros.

Fueron continuas las suspensiones de los trabajos de los ingenieros por los conflictos entre los partidos políticos y que también afectaron en más de una ocasión el funcionamiento de las facultades de ingeniería; en particular se cita el conflicto entre liberales y conservadores que provocó la guerra de los Mil Días entre 1899 y 1902. Tal escenario de violencia provocó la separación de Panamá, el cierre de la Universidad del Cauca (Fernández, 1991) para dar albergue a las tropas en el claustro de Santo Domingo y el incremento del hambre y la desolación en la nación, de manera que cuando se reabre el bachillerato de la universidad en 1902, pocos estudiantes se vinculan debido a la crisis económica del momento.

En 1905, durante la administración del general Rafael Reyes, se impulsa nuevamente la inversión pública para atender los bienes nacionales, las minas, petróleos, patentes de privilegio y registros de marcas, los ferrocarriles, caminos, puentes, edificios nacionales y tierras baldías, mediante la creación del Ministerio del Transporte (MINTRANSPORTE, 2006). Realizó también una reforma militar en 1907 que dio paso a la profesionalización de las fuerzas militares.

En el general Reyes se identificaron dos pasiones. La primera fue con la región amazónica, a la que hizo varios viajes en busca del mercado de la quina; la segunda, su esposa doña Sofía Angulo Lemus, natural de Popayán. El vínculo de este general con la ciudad de Popayán se formó a partir de sus 17 años, cuando se instaló en ella para trabajar en el negocio Elías Reyes & Hermanos de su familia (Presidencia, 2006).

Fue también durante el gobierno de Reyes que se emitió el Decreto 182 del día 13 de febrero de 1906, por el que se reglamentó la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional, tres años después de la reapertura de la Escuela de Minas de la Universidad de Antioquia. En este mismo año de 1906, la Universidad del Cauca experimentó dos movimientos, el primero de carácter telúrico ocurrió el 31 de enero, como lo anota Castrillón (1994), y el segundo de carácter académico, debido a la dinámica del presbítero Belarmino Mercado, entonces rector del Alma Mater, que reinició las actividades de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería. En efecto, el día 25 de septiembre de ese año, según el acta del Consejo Directivo, se designaron como profesores de la facultad a Jorge Vergara E. en álgebra superior, Ernesto Borrero en geometría superior, Luis Ibarra como profesor de química, Pedro Antonio Caicedo en trigonometría y cosmografía y a Luis Chiappini como profesor de dibujo; y el día 1 de octubre se iniciaron las clases.

Se consigna en el acta del Consejo Directivo de la Universidad del Cauca de fecha 4 de julio del año 1908, la resolución que le concede el título de Agrimensor y Licenciado en Matemáticas a José María Obando¹¹ y Eugenio Sarria. En ese mismo año, Manuel María Mosquera Wallis, nieto del general Mosquera, motivado por las lecturas sobre la Revolución Industrial, se matriculó en la universidad para estudiar ingeniería (Arboleda, 1992).

También en ese año, en el mes de enero, por iniciativa de Don Nemesio Camacho, se organizó en Bogotá la compañía anónima del Ferrocarril del Pacífico. Tuvieron que pasar

¹¹ Don José María Obando años después se desempeñó como profesor en los cursos de caminos y puentes y en el de física industrial y de máquinas de vapor (1913). Sin embargo, para desempeñarse como profesor no realizó ninguna formación adicional, sólo bastó sus conocimientos sobre la materia y experiencia. Posteriormente, en conformidad con el Decreto 242 del 14 de septiembre de 1914 de la Gobernación, se convirtió en el primer representante de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería en el Consejo Directivo de la Universidad.

tres décadas para que los ingenieros nacionales tomaran la iniciativa de asociarse. La gerencia de la compañía estuvo a cargo del general e ingeniero Alfredo Vásquez Cobo, la dirección de los trabajos se encargó a los ingenieros Rafael Álvarez Salas¹² y Luis Lobo Guerrero. Ellos junto con su equipo debieron vencer las rocosas fortalezas del Dagua y abrirse paso para llegar hasta Cali en 1915. En estos trabajos se incluye la construcción del puente Camacho (en homenaje al organizador) sobre el río Cauca, estructura móvil y en acero que permitía el paso de embarcaciones. La llegada del ferrocarril a Palmira ocurrió en 1917. En este periodo de 9 años construyeron 179 km de vía a un costo promedio de \$45.000 por km frente a los 56 km de línea férrea construidos hasta 1907 por las compañías extranjeras en 29 años a un costo promedio de \$85.000 por km (Saavedra, 1919). La empresa del Ferrocarril del Pacífico se convirtió en una excelente escuela para los jóvenes ingenieros que en ella practicaron. Entre otros se cita a Carlos Aurelio Cajiao Wallis graduado de Licenciado y Agrimensor en 1910 (Universidad del Cauca, 1902–1912).

No está precisamente el general Mosquera presente en las festividades del 27 y 28 de junio de 1926, pero en su lugar se encuentra su nieto Manuel Maria Mosquera Wallis¹³ (Arboleda, 1992), en compañía de sus primos y colegas Carlos Aurelio Cajiao Wallis y Reinaldo Cajiao Wallis, este último Ingeniero Civil titulado de la Universidad del Cauca del año 1920. Manuel Maria y Carlos Aurelio, exalumnos de la Universidad del Cauca, se dedicaron pronto a los trazados de vías, actividad que les permitió suplir sus vacíos económicos gestados desde la guerra de los Mil Días. A los dos se les otorgó el título de Ingeniero Civil en ceremonia al día

¹² Ingeniero Civil egresado de la Universidad Nacional en el año de 1879, creada por medio de la Ley 22 de 1867. En aquella época la Facultad de Ingeniería laboraba en el Colegio Militar ubicado en el Edificio de la Candelaria (Bateman, 1972).

¹³ Manuel Maria Mosquera Wallis obtuvo su título de Licenciado en Matemáticas y Agrimensor en Octubre de 1912. Participó en el trazado de diferentes vías del Departamento del Cauca como la de Popayán–Buenos Aires (Piendamó). Se vinculó al Ferrocarril del Pacífico a partir de 1919 y continuó sus trabajos ferroviarios hasta 1935; en 1930 recibió la gerencia de esta compañía.

siguiente del festejo de la llegada del ferrocarril a Popayán. Fueron los primeros títulos “*honoris causa*” concedidos por el Alma Mater según el acuerdo 109 de 1926 del Consejo Directivo en la rectoría de Don José María Arboleda y motivados por su participación en el trazado y construcción de la línea Guachinte–Calibío para el Ferrocarril del Pacífico, en los que se “sepultaron vivos” a trabajar siete años sin desfallecimientos como lo anota el poeta Valencia (1926). Hasta aquel momento, habían obtenido el título de Ingeniero Civil 19 graduados en el transcurso de algo más de siete años, desde la primera vez que la Universidad del Cauca se lo otorgara a Ricardo Arboleda Quijano, el 29 de diciembre de 1918. El proyecto para otorgar el título de Ingeniero Civil lo sustentaron los consejeros Ayerbe y Caicedo, y fue aprobado según el Acuerdo 42 de noviembre de 1918 del Consejo Directivo¹⁴, por el cual les concedía el derecho a los estudiantes y a quienes hubieran concluido sus estudios en conformidad con el Decreto 182 de 1906 a optar el título de Ingeniero Civil sometiéndose previamente a lo dispuesto en el Decreto 481 de marzo de 1918.

Cumplido el primer centenario ininterrumpido de labores de la facultad en el año 2006, asciende a 3.892 el número de ingenieros civiles en el registro de graduados de esta facultad, con un promedio de 90 egresados por año en los últimos tres años.

En síntesis anota Mejía (2005), en el lapso de medio siglo el ferrocarril contribuyó a la más rápida circulación de hombres, ideas y mercancías, a la formación de las primeras élites técnicas y empresariales, al surgimiento de nuevas empresas y capitales privados, a otras formas de organización del trabajo y de conglomerados obreros reunidos en talleres. La

¹⁴ El Consejo Directivo en esa época lo presidía Don José María Arboleda Ll., quien era el director de Instrucción Pública, y la Rectoría de la Universidad estaba a cargo de Don Tomás Maya. Fuente acta del Consejo Directivo del día 13 de noviembre de 1918.

introducción del Ferrocarril del Pacífico transformó el paisaje, intensificó la agricultura y la interacción entre los pueblos. Las empresas ferroviarias construyeron vías e implementaron el servicio; se importaron las locomotoras pero no se pensó en fabricarlas como si ocurrió en Estados Unidos. Sin embargo los ferrocarriles constituyeron un elemento importante para el desarrollo empresarial colombiano y la formación de ingenieros desde mediados del siglo XIX hasta la primera mitad del siglo XX. Las expectativas se transformaron desde 1954 cuando se creó la Empresa Ferrocarriles Nacionales de Colombia; pero la ineficiente administración provocó su liquidación con el Decreto 1586 de 1989 durante la administración del ingeniero presidente Virgilio Barco.

Las labores realizadas no solamente implicaron enfrentar el escaso desarrollo tecnológico unido a la difícil y escarpada geografía caracterizada por cordilleras, valles, selvas tropicales, ríos de curso cambiante y climas malsanos. Todo esto junto con las continuas luchas de los partidos políticos y las dificultades para conseguir capital de inversión, obstaculizaron a los ingenieros nacionales y extranjeros el trazado y construcción de líneas, de modo que los cortes en las montañas, el tendido de vía en altas pendientes, los radios estrechos de curvatura así como el transporte del material rodante y fijo exigieron esfuerzos titánicos. Puede decirse que este escenario se convirtió en una situación problemática para la formación de ingenieros de manera que prevalecer ante tales condiciones los convirtió en profesionales idóneos para lograr las garantías necesarias para cumplir con su labor.

1.2 El auge del electrón

En el mundo están ocurriendo cosas increíbles, le decía a Úrsula. Ahí mismo del otro lado del río, hay toda clase de aparatos mágicos, mientras nosotros seguimos viviendo como los burros. (García Márquez, 1967:19).

El reloj marca las cuatro de la tarde del día 10 de septiembre de 1960. Han transcurrido tres semanas desde que se puso en órbita el quinto satélite *Sputnik* de la entonces Unión Soviética, cuando el Consejo Directivo de la Universidad del Cauca se dispone para reunirse de manera extraordinaria por convocatoria de Jaime Bonilla Plata, en ese momento rector del Alma Mater. El motivo es la visita del ministro de comunicaciones de la época, Francisco Lemos Arboleda, hijo de Popayán, quien asiste al claustro para manifestar su interés de crear la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones -FIET- en esta institución¹⁵. Durante la sesión el ministro manifestó la carencia en el país de ingenieros en telecomunicaciones y por tanto el interés del gobierno, de firmas como ERICSSON y de la Radio Televisora Nacional para formar profesionales en este campo. Adicionalmente, declaró su intención de designar al doctor Boris Ignacio Plazas para la organización de la facultad, así como el ofrecimiento de diez becas para los estudiantes del tercer año de ingeniería civil que quisieran estudiar esta especialidad, el pago de los profesores¹⁶ de la nueva facultad y

¹⁵ El resultado del estudio de posibilidades realizado por TELECOM respecto al lugar de la nueva Facultad tuvo por opciones a la Universidad de Los Andes y la Universidad del Cauca. Fue el Ministro Lemos quien argumentó la importancia de descentralizar la educación y las condiciones favorables de Popayán, tales como el ambiente estudiantil, el bajo costo de vida y la infraestructura de la Facultad de Ingeniería Civil de aquella época, que contaba con una Escuela de Electricidad con asistencia del gobierno Alemán (Plazas, 2007a). Por aquél entonces, se crearon en la Facultad de Ingeniería Civil los departamentos de Matemáticas; de Mecánica Aplicada; de Suelos, Topografía y Vías; de Estructuras; de Hidráulica y Saneamiento y de Idiomas, mediante el acuerdo 17 de diciembre 20 de 1960.

¹⁶ Dentro del convenio TELECOM financió primero a los profesores extranjeros Gaston Mollaret de Francia, Gerald Ungeheuer de Alemania, Göstan Dahlin de Suecia, Rudolf Cap de Checoslovaquia y Minora Morita del Japón; a ellos se sumó Klaus Schütz quien ya trabajaba en la Universidad por el programa de asistencia de la entonces Alemania Occidental. Esta situación implicó que las reuniones de profesores fueran en Inglés (Plazas, 2007a). Luego se contó con la colaboración de Arie Zahs de Israel, Pierre Masson de Bélgica, Varadaraja Venkata Ramán y V. Krisnan de la India.

ayudas para los laboratorios de enseñanza. Por su parte la Universidad se comprometía a hacer las adaptaciones locativas con la ayuda de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones -TELECOM-.¹⁷ Era tal la necesidad de ingenieros en el país que TELECOM solicitó ayuda a la Unión Internacional de Telecomunicaciones -UIT-. Para este propósito se delegó como director del proyecto UIT-TELECOM al ingeniero sueco Ingemar Norberg. La propuesta incluía recursos para pago de expertos internacionales, dotación de equipos, sistemas y herramientas para los laboratorios, y la especialización de profesores colombianos en el exterior (Kuratomi y Téllez, 2007).

La junta directiva de TELECOM presidida entonces por Guillermo Sendoya Naranjo ratificó la iniciativa del Ministerio de Comunicaciones en sesión del 30 de septiembre del mismo año y se comunicó por radiograma al día siguiente al nuevo rector de la Universidad, José María Salazar Bucheli, quien respondió con agradecimientos la prometedora iniciativa en favor de la institución y de toda Colombia, pues como lo anota el ingeniero Behrentz, sería la FIET la cuna para la formación de ingenieros en telecomunicaciones en el país (Ent.E.6:Rel.2)¹⁸. El ingeniero Hernando Pulido, egresado de la FIET en 1963, recuerda que algunos de sus compañeros tenían becas de estudio por parte de ERICSSON y otros como en su caso, patrocinados por TELECOM; pero todos recibían los dineros a través del ICETEX (Ent.3:Rel.9). Corroborar esta información el ingeniero Eduardo Behrentz M., quien agrega a la lista de instituciones que apoyaron a los estudiantes, la Empresa Colombiana de Aeródromos equivalente a la Aeronáutica Civil de hoy en día (Ent.E.6:Rel.3). Los estudiantes

Y posteriormente Artemo Nicolazi, Knutt Kalstrom, Johan Enberg, Lars Berg, Mathias Josten, Flavio Cataldi, Jean Louis Dufin y Manuel Greco. Entre los profesionales de TELECOM figuraron Boris Plazas, Gerardo Prado, Álvaro Eslava, Fabio Téllez y César Arriaga.

¹⁷ Fuente: Acta N° 15 del 10 de septiembre de 1960 del Consejo Directivo de la Universidad del Cauca.

¹⁸ Para explicar la nomenclatura, Ent. significa Entrevista y Ent.E. Entrevista vía Electrónica, a continuación aparece el número de la entrevista (6 en este caso); Rel. significa relato y luego aparece el respectivo número. El ingeniero Eduardo Behrentz Mateus es egresado de la FIET en 1964.

firmaban un contrato en el que se comprometían una vez recibido el título, a trabajar en la empresa patrocinadora.

La creación de esta facultad contribuyó al paso de la institución hacia la universidad moderna, caracterizada por la especialización, la formación de profesionales para el mercado laboral y la generación de conocimiento, entre otros aspectos (Fernández, 1991). Se formalizó mediante Acuerdo No. 40 del 17 de diciembre de 1960 emanado del comité administrativo de la Asociación Colombiana de Universidades y del Fondo Universitario Nacional y lo refrendó el Ministro de Educación Nacional Alfonso Ocampo Londoño, el 19 de diciembre de 1960 durante el gobierno de Alberto Lleras Camargo, primer mandatario del Frente Nacional. La FIET inició labores en enero del siguiente año, coincidentalmente luego de una época de violencia liberal-conservadora aguda, como ocurrió en el surgimiento de la ingeniería civil tras la guerra de los Mil Días. Su primer decano fue el ingeniero Boris Ignacio Plazas, quien asumió la función a los 24 años de edad con un gran espíritu emprendedor y de servicio aprendido de su padre. Se comprometió en principio por seis meses y finalmente completó cuatro años en el cargo (Plazas, 2007a).

Paralelamente se fundó en Bogotá en 1961 el Instituto Tecnológico de Electrónica y Telecomunicaciones -ITEC- con la intención de formar los tecnólogos que necesitaba el país y constituirlo en el instituto base para la investigación y desarrollo de las telecomunicaciones en Colombia. La División de Investigaciones de este instituto se concretó casi dos décadas después a partir de la experiencia y la investigación cultivadas en la FIET.

Como en el caso de la época de la “apertura a todo vapor” en la que presentaron los acontecimientos que dieron origen a la formación de ingenieros civiles en la Universidad del

Cauca, surge ahora la inquietud por indagar sobre los antecedentes que demandaron la urgente necesidad de contar con ingenieros en telecomunicaciones al iniciar la década de los años sesenta en el país. En este proceso se identifican dos momentos importantes. Para empezar a desvelar detalles, la primera escena corresponde a “La revolución en marcha” de la administración de Alfonso López Pumarejo. Tal visión colocó al país en un vigoroso crecimiento industrial, especialmente en Medellín y Bogotá, con nuevos renglones como la industria fabril, la refrigeración industrial, la producción de acero, el crecimiento en la generación de electricidad y el uso generalizado del motor eléctrico. Durante su segundo periodo presidencial, López Pumarejo nacionalizó las telecomunicaciones y en 1943 recibió del Congreso autorización para organizar una empresa que las unificara. Se compró entonces la Marconi Wireless Telegraph y se fusionó con la Radio Nacional para crear la Empresa Nacional de Radiocomunicaciones. En 1944 por medio del reservado Decreto 1937, se crearon las comunicaciones militares como unidad perteneciente a la Brigada de Institutos Militares con guarnición en el municipio de Facatativá (Cundinamarca), bajo la dirección del capitán Eusebio Cortés Forniguera. Tres años después, el 23 de mayo de 1947, en el gobierno de Mariano Ospina Pérez se creó la Empresa Nacional de Telecomunicaciones -TELECOM- tras la compra de la Compañía Telefónica Central¹⁹. Esta en 1950 absorbió la "Empresa de Radiocomunicaciones", teniendo en aquel momento la casi totalidad de los servicios de telecomunicaciones nacionales (MINCOMUNICACIONES, 2006).

La “Revolución en marcha” introdujo la necesidad de nuevas especialidades en Ingeniería y para satisfacerla aparecieron otras universidades. La Universidad Industrial de Santander se fundó en 1940, comenzó a impartir clases de Ingeniería Química, Mecánica y Eléctrica en

¹⁹ La Compañía Telefónica Central estableció desde 1932 circuitos radiotelefónicos por alta frecuencia entre Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Popayán, Pasto y Neiva, que estuvieron en servicio hasta 1953.

1948; al año siguiente lo hizo la Universidad de Los Andes con similares programas más el de Ingeniería Civil; y en el mismo año la Universidad del Valle inició el programa de Ingeniería Electromecánica. De esta manera, para 1950 ya funcionaban más de veinte Facultades de Ingeniería en el país.

Destacado por su interés en la ingeniería militar aparece en la segunda escena el general Gustavo Rojas Pinilla,²⁰ quien en virtud de su formación fue designado como ingeniero del departamento técnico de la fábrica de municiones del ejército en el año de 1936. En esa época tenía el grado de Mayor del Ejército y fue enviado en misión especial a Alemania con el fin de obtener la maquinaria necesaria para fabricar municiones en Bogotá (Presidencia, 2006).

En su viaje por Alemania, Rojas Pinilla tuvo una oportunidad macondiana similar a la que un siglo atrás experimentó el general Tomás Cipriano de Mosquera, al encontrarse con dos nuevos inventos, gestados en esta oportunidad, por las maravillas de aquella partícula descubierta por J.J. Thomson en 1897: el electrón. Aprovechando la doble posibilidad de uso del electrón, como fuente de potencia y como portador de información, se colocó en servicio el *TELEtypewriter EXchange* -TÉLEX-, cuya primera comunicación fue desarrollada por Siemens entre la central de Berlín y la de Hamburgo, en Alemania en el año de 1933, (Cheshire, 1996). El otro invento de la época hacía uso de los rayos catódicos e impresionó notablemente al general: la televisión. Con todos los detalles y la didáctica de Melquiades, Joaquín Quijano Caballero se la enseñó en virtud de su formación como ingeniero especializado en telecomunicaciones vinculado a Siemens. Fue tal la impresión que, con la

²⁰ Ingeniero Civil graduado de Three State College, Estados Unidos en 1927. Un año después trabajó en la construcción de la carretera Belén-Socha-San Salvador, que se convirtió en la vía de Boyacá a Casanare y Arauca. También participó en la construcción de la carretera Vélez-Chipatá.

mirada cautiva de los que observan en la tecnología una gran oportunidad de desarrollo, al despedirse el general exclamó: “Este invento tenemos que llevarlo a Colombia cuanto antes” (Stamato, 1994).

Posteriormente en 1945, Rojas Pinilla fue nombrado director de la Aeronáutica Civil y realizó el trabajo "Pistas de aterrizaje en Colombia", que le sirvió de tesis para su ascenso a coronel del ejército²¹. Con este estudio Rojas proyectó el aeropuerto El Dorado, cuya construcción realizó durante su mandato presidencial²². En el año 1949 ascendió al grado de General de la República quedando a cargo de la dirección general del Ejército Nacional, y en el mes diciembre del mismo año, fue nombrado ministro de Correos y Telégrafos²³ por el presidente Mariano Ospina Pérez (Presidencia, 2006).

La violencia política y social recrudeció. Se organizaron las guerrillas de los Llanos y grupos de resistencia en Tolima, Caldas, Valle, Boyacá, Cundinamarca, Santanderes y en otras regiones. La intensidad de la violencia se reflejó en los cambios experimentados por la sociedad colombiana, principalmente en la tenencia de la tierra en las áreas rurales, aumentando la migración de los campos a las ciudades, a tal punto, que el 13 de junio de 1953 tuvo lugar el golpe militar contra el gobierno del presidente Laureano Gómez, que llevó a la Presidencia de la República al General Gustavo Rojas Pinilla.

²¹ Entre sus acciones militares se cita la acontecida en Cali cuando sometió la rebelión provocada por el asesinato del líder popular Jorge Eliécer Gaitán, el 9 de abril de 1948.

²² Durante la administración de Rojas Pinilla igualmente se terminaron las obras de Acerías Paz de Río y el Hospital Militar, entre otras. Como maestro, egresado de la Escuela Normal de Varones de Tunja, creó y dio especial apoyo a la Universidad Pedagógica de Colombia con sede en Tunja, elevando a esta categoría a la antigua Normal Superior Universitaria de Colombia; de igual manera creó el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-. Adicionalmente, reconoció los derechos políticos de la mujer y mediante el acto legislativo de agosto 25 de 1954, le concedió el voto.

²³ El gobierno nacional en cabeza de Roberto Urdaneta determinó por Decreto 259 del 6 del febrero de 1953, que el Ministerio de Correos y Telégrafos, creado en 1923 durante el gobierno de Pedro Nel Ospina, se denominaría en adelante Ministerio de Comunicaciones, reestructurándolo y estableciendo su funcionamiento con base en los departamentos de Correos, de Telecomunicaciones y Giros (MINCOMUNICACIONES, 2006).

Al asumir el poder comisionó a Jorge Luis Arango para que a través de la Oficina de Información y Prensa del Estado -ODIPE-, se comprometiera a inaugurar la televisión en Colombia el 13 de junio de 1954, y así conmemorar el primer año de su gobierno. En efecto, fue inaugurada la televisión en esa fecha. Se necesitó de una parte la ayuda de técnicos extranjeros, entre los que figuró el cubano Goar Mestre, y por otra, la puesta en funcionamiento de sistemas unidireccionales de propagación por dispersión troposférica en el espectro de VHF, traídos de Alemania para transmitir en bandas anchas a distancias más lejanas del horizonte visible. Para difundir la adquisición de televisores, el gobierno expidió el Decreto 3329 de 1954 que facilitaba la compra de los receptores mediante préstamos a través del Banco Popular, hecho que lo recuerda muy bien Don Diego Castrillón Arboleda (Ent.5:Rel.5). En el mismo año se inició por parte de TELECOM la prestación del servicio de Télex; al cabo de dos años ya contaba con 9 centrales y 450 abonados, número que se incrementó a 29 centrales y 1.768 abonados en 1961 (Escobar, 2002). Todo ello implicó que los sistemas de radiocomunicaciones se expandieran y modernizaran junto con la necesidad de crear programas de formación en ingeniería electrónica, es así como surge en la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” en 1957, el primer programa del país.

Paralelamente, entre los años 1950 y 1954, se instaló la red de amplitud modulada del ejército, basándose en equipos de radio para la red telefónica con los cuales se cubrió la mayor parte de las guarniciones militares del país. Creció el compromiso de capacitar personal en la especialidad de comunicaciones para operar y mantener los sistemas electrónicos adquiridos por esos años; este proceso se inició durante el gobierno de Eduardo Santos, cuando mediante el Decreto 1926 de 1940, creó y organizó la Escuela de Ingenieros Militares con sede en la ciudad de Ibagué, y emprendió la formación y capacitación técnica en las especialidades de zapadores, pontoneros, transmisiones y ferrocarriles. Como

resultado de todas estas experiencias, las comunicaciones militares se reconocieron como arma y servicio técnico, mediante el Decreto 27867 del 16 de noviembre de 1956 expedido por Rojas Pinilla; se establecieron como un elemento esencial del mando, la coordinación y el desarrollo de las operaciones militares con el uso de los medios electrónicos para anticiparse a las intenciones y acciones del adversario²⁴. Por este motivo se entiende por qué durante la primera década de funcionamiento de la FIET, aparecen entre sus estudiantes miembros de las fuerzas armadas de Colombia y de otros países. Por ejemplo, la Fuerza Aérea Colombiana -FAC- hizo un convenio con la Universidad del Cauca según el cual, esta última otorgó tres becas para oficiales y en contraprestación obtuvo viajes en los aviones de la FAC (Plazas, 2007a).

La visión del general estuvo acorde con el escenario internacional, pues se había iniciado la guerra fría entre EE.UU. y la URSS, conflicto en el que las comunicaciones ocuparon un lugar muy importante. Prueba de ello fue que en 1957, la Unión Soviética inició la puesta en órbita de sus satélites *Sputnik*, mientras los EE.UU. por su parte crearon la *Advanced Research Projects Agency* -ARPA- y la *National Aeronautics and Space Administration*, NASA-, en octubre de 1958.

Las protestas de diversos grupos políticos, las agitaciones estudiantiles del 8 y 9 de junio de 1954, la censura a los periódicos *El Tiempo*, *El Espectador* y *El Siglo*, más otros hechos agudizaron la crisis nacional. Esta situación fue aprovechada por Guillermo León Valencia²⁵ en su discurso de 1956, cuando recibió el doctorado *Honoris Causa* conferido por la

²⁴ Cuatro décadas después este decreto, en agosto de 1997 el Congreso de la República de Colombia mediante la Ley 402, decretó crear como especialidad orgánica del Ejército Nacional el Arma de Comunicaciones, como elemento de apoyo en combate. Para más información se puede consultar el portal del Ejército Nacional de la República de Colombia: <http://www.ejercito.mil.co>

²⁵ Payanés, hijo de Guillermo Valencia, quien pronunció el primer discurso del día 27 de junio de 1926 cuando se inauguró el Ferrocarril del Pacífico en Popayán.

Universidad del Cauca, para manifestar su oposición al gobierno. Tal discurso fue interpretado como uno de los comienzos de la lucha contra Rojas Pinilla, que concluiría con su abandono del mando al año siguiente.

De acuerdo con el pacto del Frente Nacional, Guillermo León Valencia asumió la presidencia en 1962. Fue el año en que la *American Telephone and Telegraph Company* -AT&T- lanzó el satélite Telstar I que hizo posible repetir varios cientos de canales de voz y la transmisión directa de televisión entre Estados Unidos, Europa y Japón. También fue el momento en el que se hizo famoso el denominado “teléfono rojo”, por ser aquella línea que estableció comunicación directa entre la Casa Blanca y el Kremlin, y que agilizó las conversaciones entre las potencias para dirimir la denominada crisis de los misiles en Cuba. Por su parte, Colombia se trazó el objetivo de intercomunicar al país vía telefónica mediante el tendido de una amplia red de larga distancia por parte de ERICSSON, basada en centrales ARM-20 y AFA-10 (Escobar, 2002).

Llegan las seis de la tarde del día 14 de diciembre de 1963 y nueve estudiantes que aceptaron dos años atrás la propuesta del ministro de cambiar sus estudios, se disponen a recibir el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Según la resolución 127 del día anterior ellos son: Antonio José Duarte Alemán, Jaime Eduardo Jiménez Morales, Orlando Hernández Chaparro, Pomponio Jaramillo Balanta, Armando Mejía Garcés, Hernando Pulido Mosquera²⁶, Arturo Ramírez Hernández, Adolfo Rodríguez Jaimes y Diocleciano Rojas Moreno. Transcurridos 43 años, el número de egresados asciende a 1.694 Ingenieros formados en Electrónica y Telecomunicaciones en la FIET hasta diciembre del año 2006. Durante la ceremonia de graduación, el doctor Plazas anunció la aprobación

²⁶ El ingeniero Pulido fue el encargado de pronunciar las palabras de agradecimiento en la ceremonia de graduación del día sábado 14 de diciembre de 1963. Después de una capacitación en área de electrónica en EE.UU. se desempeñó como profesor de la FIET.

del plan de asistencia técnica que él había gestionado ante el Fondo Especial de las Naciones Unidas para equipos y talento humano. Dicho plan también incluía becas para un “semillero de docentes” (Plazas, 2007a) que facilitaba la formación de profesores colombianos en el exterior, tanto en docencia como en investigación con el propósito de atender los problemas del país en este campo, pero en cuanto a la preparación para la docencia se entendió profundizar en los conocimientos de Electrónica. Igualmente, en esa época se consiguió una partida del presupuesto nacional para la construcción del edificio de la FIET, anexo al de Ingeniería Civil.

A la semana siguiente de los primeros grados, mediante Decreto 3267 del día 20 de diciembre, se creó el Instituto Nacional de Radio y Televisión -INRAVISIÓN-, como establecimiento público adscrito al Ministerio de Comunicaciones, para prestar el servicio de Radiodifusión Oficial destinado a programas educativos y culturales y para prestar el servicio público de televisión educativa, programas informativos y conceder en arrendamiento a particulares espacios en los canales de televisión, los cuales entraron a funcionar a partir de enero del siguiente año (Stamato, 1994).

Para 1964 la red de conmutación telegráfica automática colombiana alcanzaba el número de 39 centrales con 1.750 abonados télex y 150 localidades, y se completaron unos 4.000 teleimpresores en servicio para el país (Escobar, 2002). En este mismo año, se creó la *International Telecommunications Satellite Organization* -INTELSAT-. Entre tanto en la universidad, el doctor Boris propiciaba el desarrollo de un centro de investigación aplicada, que tuvo dos actividades: la primera, relacionada con la aplicación de la tecnología de los láseres a las telecomunicaciones, a cargo del ingeniero Artemo Nicolazi, cuyas prácticas hacia 1966 se realizaban entre el edificio de la FIET y el edificio del Liceo. La segunda actividad estuvo relacionada con una estación ionosférica. Para su operación entre 1967 y

1969, se capacitó al ingeniero Gerardo Prado Bravo en Boulder (Colorado, EE.UU.); y posteriormente quedó a cargo del ingeniero Héctor Monroy Ayala. La función de la estación era la recolección de datos de la ionosfera, como el medio de comunicación más usado para la época. Su utilidad terminó cuando dejó de usarse la tecnología HF y fue reemplazada básicamente por las comunicaciones satelitales. El centro de investigación se diluyó paulatinamente debido a la falta de divulgación de los resultados y a la ausencia de estudiantes en tales proyectos (Kuratomi y Téllez, 2007).

En la FIET, los múltiples lenguajes debidos a la presencia de un grupo de docentes de diversas nacionalidades²⁷ dificultaba la programación de las asignaturas, se facilitaba la duplicidad de temas y se dejaban vacíos temáticos (Ent.3:Rel.9). Por otra parte, el control académico era dispendioso pues todos dependían directamente del decano. Para el año de 1969, se propuso la organización de las asignaturas por departamentos, surgiendo así, los departamentos de Electrónica, Transmisión y Conmutación, hoy denominados departamentos de Electrónica, Telecomunicaciones y Telemática.

La comunicación satelital se estableció definitivamente en Colombia a partir del 25 de Marzo de 1970 cuando se inauguró la estación terrestre de Chocontá, primera en su género en el país, que permitió en adelante la comunicación internacional gracias a la red de satélites geoestacionarios de INTELSAT. Posiblemente en este proyecto participó el ingeniero José Antonio Duarte Alemán,²⁸ egresado de la Universidad del Cauca en 1963, anota el ingeniero Pulido (Ent.3:Rel.24). La iniciativa tuvo como antecedentes dos acontecimientos importantes.

²⁷ Según el ingeniero Pulido, esta particular característica provocó que los estudiantes de aquel entonces le colocaran a la FIET el apelativo de "Torre de Babel" (Ent.3: Rel.15)

²⁸ Información obtenida en entrevista con el ingeniero Hernando Pulido Mosquera, egresado de la Universidad del Cauca de la misma promoción y confirmada en entrevista con el doctor Boris Plazas el 19 de abril de 2007 (Ent.4:Rel.12).

El primero, la transmisión desde Bogotá para el mundo entero del XXXIX Congreso Eucarístico Internacional que contó con la visita del Papa Pablo VI en agosto de 1968; ello fue posible gracias a una estación rastreadora portátil instalada en los predios de INRAVISIÓN en el CAN. El segundo ocurrió en la noche del 20 de Julio de 1969, cuando el mundo entero pudo ser testigo por medio de la televisión de lo que Neil Armstrong llamó: “un pequeño paso para un hombre, pero un gran salto para la humanidad”: la llegada del hombre a la Luna. Los colombianos apreciamos las imágenes gracias al enlace que estableció el equipo de telecomunicaciones de INRAVISIÓN con la señal satelital recibida en Venezuela, a través de la estación repetidora del Norte de Santander (Stamato, 1994).

En 1972 se inauguró un centro internacional de télex que amplió el número de abonados del servicio y permitió el establecimiento de conexiones con 30 países. Durante ese mismo año se amplió la red de microondas hacía el sur del país. Ocurrió una huelga en TELECOM que se negoció con los sindicatos de la empresa. El plan de expansión en telefonía local de 1974 le permitió a TELECOM tener 22.000 de las 776.000 líneas telefónicas que en el momento tenía el país. Los principales servicios se concentraron en télex, telegrafía, servicios de larga distancia nacional e internacional, incluyendo la transmisión de televisión vía satélite. Luego se desarrolló un programa para adquirir o participar como accionista mayoritario en empresas de telefonía local a lo largo y ancho del país, las que recibieron el nombre genérico de teleasociadas, y se definió como uno de sus objetivos el impulso de las telecomunicaciones rurales. Dicha decisión, importante para el desarrollo del país, llevó sin embargo a TELECOM a tener que asumir la prestación de servicios que resultaron deficitarios en términos económicos. El modelo funcionó a través del subsidio cruzado entre servicios, mientras TELECOM mantenía el monopolio de los servicios de larga distancia, pero cuando

terminó el monopolio fue una de las causas para la crisis de la empresa a comienzos del siglo XXI.

El interés en la telefonía de la década de los años 70 también se reflejó en la FIET, particularmente en el recién creado departamento de Conmutación y Computación. Fue así como por iniciativa de los docentes y con el apoyo de la dirección de la Facultad, se hizo la gestión y se logró que parte de los recursos del presupuesto para la enseñanza obtenidos por el convenio UIT-TELECOM, se asignaran a un proyecto de investigación orientado al diseño e implementación de una Central Telefónica de Mando Electrónico en el que participaron profesores y estudiantes. El desarrollo de la “Centralita”, como cariñosamente se la nombraba (Rendón, 2007), se convirtió en un espacio interesante de aprendizaje para alumnos y profesores, en la intención de entregar un producto para ser utilizado como central rural en aquellos municipios de Colombia, que por ese entonces carecían del servicio de telefonía. De esta manera, el proyecto bajo la dirección del Ing. Fabio Téllez, condujo a la creación del grupo de investigación en Sistemas de Conmutación, bajo dos principios fundamentales:

Primero, que la investigación, como fuente primaria del conocimiento, debe ser la actividad que nutra y legitime los procesos de docencia. Y segundo, que el conocimiento que se cultiva en la unidad académica debe ser puesto al servicio de la búsqueda de soluciones a los problemas más sentidos de nuestras comunidades, articulándose con el desarrollo social y económico de la región y del país. (Rendón, 2006:3).

La “centralita” tuvo también financiación de Colciencias, en 1977; el primer prototipo funcionó en el laboratorio en 1978, pero no pudieron realizarse las pruebas de campo previstas en Timbío por la sustitución de los funcionarios de TELECOM que inicialmente apoyaron el

proyecto. Tiempo después, comenta el doctor Rendón, paradójicamente se observó con asombro el caso de un proveedor extranjero de equipos de telecomunicaciones, que se ganó una licitación para instalar centrales rurales en el país contando sólo con los planos, y que después aprovechó la red y los fondos nacionales para desarrollar su producto. Se sumó entonces la “centralita” a la lista de los casos de la ingeniería criolla a los que se les niega la oportunidad de colocarlos al servicio de la sociedad. Sin embargo, el proyecto cumplió un papel fundamental en la formación de ingenieros. Se demostró que era posible desarrollar soluciones propias a problemas específicos del contexto. Abrió la posibilidad para que algunos profesores y alumnos se animaran a crear empresas del sector de electrónica, telecomunicaciones e informática, y que hoy tienen un espacio significativo en la economía de la ciudad y el Departamento del Cauca. También configuró el espacio para repensar los contenidos teóricos de las asignaturas en busca de una educación más pertinente. Se constituyó en el primer reconocimiento del grupo al ganar el Concurso de Ciencia y Tecnología “Expreso Palmira”, organizado por la Universidad del Valle en junio de 1978 (Rendón, 2007). Pero lo más importante radica en los profundos aprendizajes que dejó en materia de trabajo en equipo, de administración de tiempos, espacios y recursos, así como de orden metodológico; aprendizajes que fueron aprovechados en el desarrollo de proyectos posteriores, que plantearon nuevas situaciones problemáticas y horizontes de formación para docentes y estudiantes. Al término de la primera etapa del grupo de investigación que abarca 14 años, se cita en particular el proyecto “DIGIT-1000 Sistema de Conmutación Secretarial”, financiado por Colciencias y Telconsulta (1988-1989) que permitió desarrollar una central pública digital para aplicación rural con capacidad para 168 abonados y 30 troncales denominada CPROM-T, y que para satisfacción de sus autores pudo entrar en servicio en varios municipios del Cauca, Huila y Risaralda. Al respecto anota el doctor Rendón: “Lo habíamos conseguido! Catorce años después, habíamos logrado fabricar

hielo!”, refiriéndose al pasaje macondiano de Aureliano Buendía, y que en este caso significó colocar al servicio de nuestra sociedad un producto aquí desarrollado frente a las habituales importaciones (Rendón, 2006).

Al iniciar la década de los años noventa la investigación experimentó otra dinámica debido a la “apertura económica” en materia de las telecomunicaciones en Colombia, gestada a raíz de la Ley 72 de 1989 (Pulido, 2002). Con esta ley ocurre la liberación de este mercado para dar participación al sector privado como parte de la **política neoliberal** gestada desde el gobierno de Virgilio Barco y aplicada durante el mandato de César Gaviria. De aquí deriva el advenimiento de la telefonía celular al país en los años 90, de la que TELECOM fue marginado; acontecimiento que sumado con los problemas financieros generados por los convenios de asociación a riesgo compartido y el pasivo pensional, entre otros factores, condujeron a la liquidación de TELECOM en el año 2003. La empresa fue reemplazada por una nueva: Colombia Telecomunicaciones S.A., que se encargó de la operación de todos sus activos y conservó la palabra TELECOM como marca. En el año 2006, mediante una licitación pública, se vendió el 50 % de sus acciones a la española Telefónica. El arribo de todos estos cambios llevaron al grupo de Sistemas de Conmutación de la FIET a redefinir en su momento la línea de trabajo; se reorientó hacia la ingeniería de sistemas telemáticos, como espacio de convergencia de las telecomunicaciones con la informática y en el que se halla un amplio campo de acción para el desarrollo de nuevos dispositivos, sistemas y servicios de información y comunicación (Rendón, 2007). Es así como a través del establecimiento de alianzas con grupos de investigación de otras disciplinas, ha formulado y ejecuta proyectos en los que aporta su conocimiento y experiencia en el tratamiento de problemáticas regionales. Tales proyectos a su vez han dado lugar a la consolidación de nuevas temáticas de interés, como el desarrollo de aplicaciones basadas en la web, los

sistemas de información geográfica, la tele-educación, la gestión ambiental y la telemedicina, entre otras.

En síntesis puede decirse que la FIET nace con un carácter de liderazgo en el país, que por aquel entonces experimentaba los acuerdos del Frente Nacional como vía para superar la violencia de las décadas de los años 40 y 50, y ante la convergencia de ciertos elementos relevantes tales como: el reconocimiento de la importancia de las telecomunicaciones (en particular de las comunicaciones militares como arma de guerra), la introducción en el país en su momento de los desarrollos de la ciencia y la tecnología (especialmente los relacionados con las telecomunicaciones gestados en el escenario de la Guerra Fría), la voluntad política de sectores importantes del Estado, el establecimiento de alianzas con instituciones nacionales como TELECOM e internacionales como la UIT (reflejados en recursos y asesorías de expertos extranjeros), la experiencia previa acumulada por cerca de seis décadas de la Facultad de Ingeniería Civil y la disposición de directivos, docentes y estudiantes para asumir el reto de la universidad moderna. Ya en su desarrollo, un espíritu tesonero comparable al de Edison, fluye a través de la FIET en la incesante búsqueda de nuevos horizontes de conocimiento importunado por los acelerados desarrollos científicos y tecnológicos, por las presiones del mercado y las políticas del Estado; un neuma inquieto que acude al encuentro de las problemáticas del contexto, propone alternativas y se interroga por lo pertinente. Refleja a su paso una dinámica investigativa que se gesta a partir del caso de la “Centralita” y continúa con una amplia lista de proyectos que podrían considerarse como referentes de situaciones problemáticas en las que docentes e ingenieros se formaron y continúan haciéndolo.

1.3 La avalancha de INTERNET

La ciencia ha eliminado las distancias, pregonó Melquíades. Dentro de poco el hombre podrá ver lo que ocurre en cualquier lugar de la tierra, sin moverse de su casa. (García Márquez, 1967:12).

La escritura de la proclama de Melquíades posiblemente sea una coincidencia o tal vez el resultado de una masiva influencia del momento, con el anuncio de la conformación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (como organismo rector de la política científica y tecnológica en Colombia), y con la fundación del entonces Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas”, Colciencias, para trabajar arduamente por el desarrollo científico y tecnológico del país. Lo evidente es que desde entonces los avances científicos y tecnológicos aproximaron más a los pueblos y naciones como la lupa que conoció Macondo, situación que aprovechó el mercado para producir la llamada globalización. La información tomó mayor valor, surgieron entonces nuevas especialidades profesionales y con ellas, otras necesidades de formación.

Mientras en Colombia se hacen esfuerzos por transmitir la visita de Pablo VI al resto del mundo a través de una señal de televisión, en los EE.UU. se gesta la interconexión mediante redes de datos con ARPANET (red ARPA), como parte de su sistema de seguridad razón por la que su uso fue exclusivamente militar en principio. Centros de investigación como el Instituto Tecnológico de Massachusetts -MIT-, la Corporación Rand y los Laboratorios de AT&T, entre otros, se vincularon durante el desarrollo del proyecto. Pronto otras instituciones académicas se interesaron por estas posibilidades de conexión. Ello se facilitó cuando Vinton Cerf, conocido como el padre de Internet²⁹, junto con Bob Kahn, desarrollaron el

²⁹ Abreviatura de *Interconnected Networks*, es decir, Redes Interconectadas, o red de redes. Véase WIKIPEDIA en página web <http://es.wikipedia.org>

Transmission Control Protocol -TCP- en 1974, que se convirtió en el estándar aceptado para la conexión de las diversas redes alrededor del mundo. Sin embargo, sólo se considera el nacimiento de Internet hasta 1983, cuando se separó de la red militar que la gestó.

De otra parte, el rápido desarrollo de los semiconductores para la industria electrónica, iniciado en 1960, proporcionó un gran impulso a la ciencia de materiales. Esto hizo posible la miniaturización de los componentes electrónicos dando lugar a la aparición de los mini y los microcomputadores, tal como el Altair 8800 de *Micro Instrumentation and Telemetry Systems* -MITS- diseñado en 1975, para el que Bill Gates y Paul Allen crearon una versión de Basic; y el IBM PC en 1981, ideado como un computador personal.

Entre tanto en Colombia, se sembró de manera generalizada la inquietud por la investigación. En su primera etapa a partir de 1968, Colciencias direccionó sus objetivos hacia las iniciativas investigativas de las universidades. En el año de 1970 se fundó la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia -ACAC- y cinco años después, el 19 de Septiembre de 1975, surgió la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- con el propósito de propender por el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, extensión e investigación desarrolladas por los programas de ingeniería en Colombia. Todas estas acciones rindieron sus frutos. Durante la presidencia de Virgilio Barco Vargas³⁰ se realizaron eventos como el Foro Nacional sobre Política de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (1987); la Misión de Ciencia y Tecnología, la VII Convención Científica Nacional “La Revolución del Conocimiento: Ciencia y Producción-Nuevas Tecnologías”

³⁰ Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Bogotá y Doctor en Economía Industrial del *Massachusetts Institute of Technology*. Nieto del general Virgilio Barco, pionero en la exploración y explotación del petróleo colombiano.

(1988); la promulgación del Año Nacional de la Ciencia (1988-1989); la I Expociencia (1989); y se creó la primera red de datos que existió en Colombia COLDAPAQ. Todo ello condujo a la expedición de la Ley Marco de Ciencia y Tecnología, en febrero de 1990, y de sus decretos reglamentarios, que le permitieron constituirse a Colciencias en el ente jurídico responsable de los desarrollos del país en este campo.

Con el presidente César Gaviria llega el popular “revolcón”, detonante de una serie de avalanchas. Por una parte se aprobó la nueva Constitución política del año 1991 que dio a la luz instituciones como la Corte Constitucional, la Fiscalía General de la Nación, la Defensoría del Pueblo y el Consejo Superior de la Judicatura. Se puso en marcha la acción de tutela, como mecanismo de protección de los derechos fundamentales y con ella la avalancha de casos de reclamación de atención médica, por citar tan sólo un ejemplo. Otro aspecto de gran trascendencia fue el proceso de apertura económica; se creó el Ministerio de Comercio Exterior (ley 07 de enero 16 de 1991), se redujeron los aranceles y se abrieron las puertas para la inversión extranjera, comienzo de la avalancha en materia de privatización de empresas, bienes y servicios del Estado.

Fue también el año de 1991 en que Linus Torvalds, un estudiante de ciencias de la computación de la Universidad de Helsinki (Finlandia), desarrolló el núcleo de un sistema operativo compatible con Unix, al que denominó Linux. Este software entró en sintonía con las intenciones de Richard Stallman, quien desde años atrás trabajaba en la implementación de un sistema operativo libre como reacción al uso de software con licencias restrictivas empleadas en el laboratorio de inteligencia artificial del MIT. Se incrementó la producción de software libre y gracias a esta articulación se cuenta hoy con una alternativa frente al sistema Windows y a otros programas con licencias de pago.

Se reconoce a la Universidad de los Andes como la primera universidad del país en establecer conexión con una red internacional, la Bitnet, a través de la Universidad de Columbia en New York, en el año de 1990 (Salcedo, 2002). En 1993, con el apoyo de Colciencias, como parte de la política de dar a conocer Internet en el país, asistieron representantes de Uniandes, Univalle, Eafit y el ITEC al “Internet workshop for developing countries” en Palo Alto California y posteriormente a INET 93 en la ciudad de San Francisco. En diciembre de ese año, en una reunión en el ICFES, Marcela Ramírez de esa institución, Eudoro Becerra de Colciencias, Antonio Restrepo de Eafit, Gonzalo Ulloa de Univalle y Hugo Sin Triana³¹ de Uniandes acordaron la creación de una corporación llamada InterRed cuyo fin primordial era lograr la conexión y el desarrollo de Internet en el país, con la participación de las distintas universidades del país, entre ellas la Universidad del Cauca.

El Internet colombiano fue desarrollado primeramente por la Universidad de los Andes, Eafit en Medellín y la Universidad del Valle que se interconectaron gracias al apoyo de Colciencias, Internet Society –a través de sus talleres de entrenamiento www.isoc.org- y el gobierno colombiano. La primera empresa en ofrecer acceso a Internet comercialmente en el país fue TELECOM mediante el servicio denominado “SAITEL”. Se contrató con la empresa IMPSAT el canal satelital y para el 4 de junio de 1994 se logró la conexión del país a Internet, usando la señal proveniente desde Homestead (USA) a las instalaciones de IMPSAT en el cerro de Suba y desde allí a la torre Colpatria, para redirigirla a Uniandes.

La Universidad del Cauca se conectó a Bitnet en 1991 mediante una cuenta³² en Uniandes que exigía también un acceso telefónico de larga distancia a Bogotá. Para el año de 1993 se

³¹ Reconocido como padre y profeta de Internet en Colombia por Colciencias en el año 1994.

³² La cuenta fue unicauca@andescol.bitnet según consta en copia de correos del doctor Álvaro Rendón.

empezó a trabajar en la conexión a Internet; época que coincidió con el periodo rectoral del Ingeniero Otoniel Fernández en la que se desarrollaron una serie de talleres orientados a la reflexión sobre el modelo de la Universidad y el rol del profesor universitario como investigador. Debido a los desacuerdos con las políticas centralistas de InterRed y los altos costos de Bitnet se optó por contratar el servicio directamente con COLDAPAQ de TELECOM, hecho que se concretó en 1996 tras las obras de adecuación de ductos y cableado. La inversión contó con el apoyo de la rectoría de Eduardo Vivas Lindo y la gestión del vicerrector administrativo José María Arboleda según lo comenta el ingeniero Francisco Javier Terán³³.

El mercado de Internet en Colombia creció de tal manera que en el año 2002 llegó a 1,5 millones de usuarios, acelerando la globalización. Se Introdujeron cambios en los hábitos académicos de consulta y divulgación de información. La tecnología permite de esta manera enfrentar los obstáculos de espacio y tiempo para la interacción social mediante conexiones síncronas y asíncronas; la proliferación de portales y la diversidad de servicios telemáticos enriquecen y dinamizan los procesos de formación, sobre todo cuando se orientan a la configuración de ambientes colaborativos para el aprendizaje. En este proceso ha tomado auge la educación virtual, la cual para efecto de cobertura y transmisión de información tiene significativas ventajas, pero se advierte que la formación es mucho más que transmitir información, amerita procesos de interacción en contextos reales y por tanto se necesita prestar particular atención para no dejarse cautivar por propuestas masificantes que reducen la formación exclusivamente al uso de este medio.

³³ Información obtenida a través del Ingeniero Miguel Latorre del área de mantenimiento de Equipos de la Universidad.

Al escenario de las vertiginosas transformaciones de finales del siglo XX se sumó otra muy particular para el Cauca, de tipo físico. En la tarde del día 6 de junio de 1994, producto de un sismo de magnitud 6,4 con epicentro en el municipio de Toribío (Cauca), se ocasionó una avalancha que terminó con el desbordamiento del río Páez. Los efectos directos del desastre impactaron a 15 municipios, seis del departamento del Huila y nueve del departamento del Cauca, abarcando un área de más de 10 mil kilómetros cuadrados. Este acontecimiento se registra en la historia como la Avalancha de Páez (González y Valencia, 2003). Para la recuperación de la zona, se promulgó la Ley 218 o Ley Páez de 1995 siendo presidente Ernesto Samper; esta motivó la creación de Parques Industriales, atraídos por la exención tributaria y otras ventajas geográficas y sociales propias de la zona. Paralelamente se desarrollaron pequeñas unidades de negocios con demandas administrativas y técnicas.

El acceso a Internet y las expectativas de trabajo generadas por la Ley Páez hicieron que la demanda educativa por las nuevas especializaciones creciera frente a la oferta del Departamento del Cauca en ese entonces. Esto ocasionó un doble flujo en la carretera Panamericana, por así decirlo. En un sentido, grupos de estudiantes se desplazaron a Cali en busca de satisfacer sus aspiraciones académicas. En sentido inverso, otras universidades llegaron a Popayán con sus programas, tales como la Universidad del Quindío, la Universidad Libre, la Universidad Cooperativa, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD- y la Universidad Antonio Nariño, entre otras.

Un acelerado crecimiento del número de estudiantes en programas de ingeniería ocurrió en Colombia tras la avalancha en la oferta de programas gestada a partir de 1992. La constitución política del año 1991, con los artículos 68 y 69, abrió la posibilidad para que los particulares pudieran fundar establecimientos educativos y garantizó la autonomía

universitaria. En el mismo sentido la Ley 30 de 1992, en el artículo 28 haciendo referencia a la autonomía universitaria, le dio el derecho a las instituciones de crear, organizar y desarrollar programas académicos, y con los artículos 96 y 97 les otorgó a los particulares el derecho de crear instituciones de Educación Superior.³⁴

Todos estos acontecimientos (políticos, económicos, legales, científicos, tecnológicos y sociales) incidieron en el surgimiento de nuevos programas de ingeniería en la Universidad del Cauca. En términos generales las políticas se orientaron a la ampliación de cobertura. Un indicador del acelerado crecimiento que ha experimentado la Universidad en la última década se refleja en el número de estudiantes matriculados en pregrado, pasando de 5.252 en el segundo semestre de 1996 a 12.680 en el segundo semestre de 2006, y en el número de profesores se pasó de 667 a 1.191 en ese mismo período³⁵. Se incrementó la demanda de espacios y recursos, ó el uso de las transparencias en las clases, pero muy poco se hizo por la formación pedagógica de los docentes³⁶ ante estos cambios y las nuevas demandas.

Los nuevos programas de Ingeniería que surgen en esta etapa en la Universidad del Cauca son: ingeniería Agroindustrial, ingeniería Física, ingeniería de Sistemas, ingeniería en Automática Industrial, ingeniería Ambiental e ingeniería Forestal. A continuación se comentan algunos detalles particulares de su apertura.

³⁴ Para tener una idea, entre el año 1999 y el 2004 el número de Instituciones de Educación Superior pasó de 280 a 326, es decir se incrementó en 46 (Díaz, Castaño, *et al.*, 2006).

³⁵ Fuente: Oficina de Planeación.

³⁶ Tan sólo se brinda un diplomado en docencia universitaria con cupo limitado.

Ingeniería Agroindustrial

Narra el ingeniero César Augusto Osorio Vera, primer decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias -FACA-, que al iniciar la época de los años 90, el ICFES junto con el ICETEX y varias Universidades adelantaron un estudio sobre los profesionales requeridos para la primera década del nuevo siglo (Ent.8:Rel.5). En el caso del Cauca se mostró relevante el desarrollo de la Agroindustria, como una posibilidad para la articulación de las diversas formas de la agricultura y la industria, con el propósito de darle un valor agregado a los productos a través de una cadena de producción que va desde el agricultor hasta el consumidor, induciendo procesos de cambio en la agricultura. Adicionalmente se pensó en la posición estratégica de Popayán como paso obligado entre las poblaciones del sur del país y Cali, para realizar el procesamiento industrial de los productos agrarios que por ella circulan. De allí la motivación para pensar en un programa de Ingeniería Agroindustrial (Ent.8:Rel.8-9). La iniciativa tomó mayor auge cuando el ingeniero Osorio obtuvo un cupo para realizar un curso internacional sobre el tema en la ciudad de Quito hacia 1994. A su regreso, durante la administración rectoral de Carlos Alberto Collazos, se le encomendó la formulación de la propuesta (Ent.8:Rel.12). Si bien al observar la historia de la Universidad, figura en el acta del 4 de octubre de 1913 la existencia de una Escuela de Agricultura anexa a la Facultad de Ingeniería en aquel entonces, y en el registro de graduados figuran Jorge Penagos, Manuel Trujillo, Ramón Camacho y Manuel Vidales como los primeros Agrónomos egresados de la Universidad en 1916, la iniciativa de apertura del programa pareció extraña para algunos miembros del Consejo que continuaban con la mirada puesta en los programas tradicionales de la Universidad, comenta el profesor Henry Maya (Ent.7:Rel.11). Después de varios debates, el Consejo Superior Universitario emitió el Acuerdo No. 40 del 2 de Noviembre de 1995 que aprobó la apertura del programa de Ingeniería Agroindustrial, el cual inició labores en el segundo semestre de 1996.

Anota el profesor Henry Maya las dificultades que surgieron para familiarizar a los administrativos con el léxico particular de este programa y para ingresar en los inventarios la compra de ganado por parte de la Universidad y que en algunos casos debía ser sacrificado para las clases de anatomía; posiblemente tales dificultades influyeron para que ninguna de las facultades de la época aceptara la administración del programa, hecho que contribuyó a la creación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Ent.7:Rel.14).

El programa inició sus estudios en la sede de El Carmen, aprovechando el espacio que en su momento liberó la salida de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD- de dicha sede. Posteriormente, gracias a la inversión de los rendimientos financieros de los fondos de la Universidad se construyó la sede de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la finca de “Las Guacas” al norte de la ciudad y se inauguró el 20 de diciembre de 1999 durante la administración rectoral de Rafael Eduardo Vivas.

Los primeros en obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial fueron Richard Andrade, Juan Gabriel Velasco y Eibar Hurtado G. el día 3 de mayo del año 2002, y la cifra de los titulados es de 162 hasta el mes de diciembre del año 2006. En la actualidad la Facultad participa en importantes proyectos entre los cuales figuran: “PANES”, articulado con la gobernación del Departamento del Cauca, realiza el procesamiento de la quinua para obtener un suplemento alimenticio; la producción de Bio-alcohol combustible a partir de residuos de café; produce el Frisolac, manjar de fríjol; y busca el aprovechamiento de productos del matadero y de los derivados de las plantas piloto de alimentos para procesos aplicados a lácteos, cárnicos, frutas y verduras.

Ingeniería Física

De acuerdo con el relato del ingeniero Arlex Benítez, el Departamento de Física surgió por iniciativa del ingeniero electrónico Carlos Matyas, egresado de la FIET en 1965 y luego profesor, quien propuso la reunión en una sola dependencia de todos los docentes que orientaban las clases y laboratorios de física en las facultades de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Civil, Medicina y la Licenciatura de Matemáticas de la Universidad (Ent.9:Rel.3). De esta manera, por Acuerdo 329 del 2 de Diciembre de 1976, expedido por el Consejo Superior de la Universidad del Cauca, se crea el Departamento de Física y se designa al ingeniero Matyas como su primer Jefe, cargo que desempeñó relativamente por poco tiempo pero que fue suficiente para sentar las bases académicas y administrativas de la nueva unidad académica. Posteriormente, con el aval de los profesores, se anexó a la recién reorganizada Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación³⁷ -FACNED-, en el año de 1986.

Por el año de 1991 los profesores Jaury León Téllez, Jorge E. Rodríguez y Pedro Pablo Burbano del Departamento de Física, realizaron un curso sobre planeación estratégica. Dicho curso condujo a considerar dentro del plan de desarrollo del departamento, la conveniencia de un programa en ingeniería Física para favorecer el cultivo de las Ciencias Básicas y la Ingeniería. Dos razones incidieron en tomar la opción por una ingeniería; las reflexiones generadas en los espacios de “la Física en la industria” en los congresos nacionales de Física de la época y la existencia de los programas de Física y Licenciatura en Física en las Universidades de Nariño y del Valle (Ent.9:Rel.12). La tarea de liderar la construcción de la propuesta y motivar a sus compañeros de departamento y a las directivas

³⁷ La Facultad de Ciencias de la Educación se creó mediante el Acuerdo 251 del 3 de Noviembre de 1971 emanado del Consejo Superior y en la reforma institucional de 1986 se reorganizó para dar origen a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación.

le correspondió al profesor Hermes Sandoval, quien tenía no sólo claridad y convicción en el ideal sino también habilidades particulares para el montaje de equipos, además de una experiencia formativa complementada con una estancia en México, donde ya existía este programa. Como resultado de la gestión el Consejo Superior autorizó el funcionamiento del programa de ingeniería Física, adscrito a la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de Educación, mediante el Acuerdo 024 de Junio 20 de 1995. Inició labores en el segundo semestre del año siguiente, cuando la jefatura del Departamento estaba a cargo del profesor Gerardo Domínguez y la recepción de los primeros estudiantes la hizo el Mag. Hermes Sandoval como coordinador.

El programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca fue el primero en ofrecerse en Colombia con la intención de articular a profesionales de la Física con la Industria, campo restringido para los programas tradicionales de Física. La investigación en los diversos campos de aplicación de las ciencias físicas constituye un elemento fundamental para el desarrollo del programa, y se sustenta en el trabajo de los grupos de investigación que se encuentran registrados en el sistema de investigaciones de la Universidad y escalafonados en Colciencias. Los grupos que inicialmente definieron los énfasis del programa fueron: CYTEMAC: Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos; FÍSBATEM: Física de Bajas Temperaturas, “Edgar Holguín”; GOL: Grupo de Óptica y Láser; I+D en Ingeniería Física³⁸; y SENUMA: Semiconductores y Nuevos Materiales.

La dinámica investigativa permite desarrollar proyectos de carácter científico y tecnológico en los que se destaca el estudio de: materiales superconductores, semiconductores, cerámicos, electrocerámicos y ópticos; el control de calidad de productos y materias primas por

³⁸ Denominado a partir del año 2007 grupo de Dinámica, Simulación y Control

procedimientos ópticos no destructivos; y el desarrollo de instrumentación y control de procesos industriales. Por tal motivo entre sus principales campos de trabajo se encuentran los centros de desarrollo tecnológico y los centros de investigación de excelencia, estos últimos promovidos por Colciencias desde el año 2004. En particular, el grupo FISBATEM participa en el Centro de Materiales Avanzados y Nanotecnología en alianza con la Universidad del Valle.

Los primeros graduados del programa que recibieron el título de Ingeniero Físico fueron Elena Montilla Rosero y Jhonny Alejandro Muñoz Gutiérrez el día 9 de mayo del año 2003. Desde entonces y hasta diciembre del año 2006 el número de titulados llega a 80. De ellos, algunos en efecto laboran en instituciones de investigación como el Centro Control Contaminación del Pacífico de la Armada Nacional y el Instituto de Investigaciones de Ecopetrol. Otros, continúan sus estudios de postgrado tanto en el país como en el exterior, y otros han emprendido la creación de empresas.

Tras la apertura del programa de Ingeniería Física, docentes de la FIET evalúan sus carencias y posibilidades frente a los vertiginosos desarrollos científicos y tecnológicos, en particular los introducidos por el auge de las tecnologías de la información y la comunicación, tanto a nivel de hardware como de software. Es en este sentido que se toma la iniciativa y el ingeniero Francisco Javier Terán, decano de ese momento, apoya dos propuestas simultáneas para atender las demandas que perciben del contexto.

Ingeniería de Sistemas

De una parte, con el propósito de impulsar la capacidad de investigación y desarrollo en los sistemas de información, y mantener el liderazgo en la región y en el país en el marco de la nueva sociedad del conocimiento y de los desafíos del mundo globalizado, se pone en marcha el programa de Ingeniería de Sistemas en marzo de 1999, adscrito a la FIET y creado previamente mediante el Acuerdo Número 030 de mayo de 1998, expedido por el Consejo Superior de la Universidad del Cauca.

En aquel entonces no existía un programa de Ingeniería de Sistemas de alta calidad en la ciudad y los requerimientos de software se incrementaban. Esto motivó al decano, junto con el ingeniero Cesar Collazos, en su momento Jefe de Departamento de Sistemas, y el ingeniero Fernando Aristizábal, Jefe de la División de Sistemas de la época, a definir estrategias para acceder al talento humano requerido. Fue así como se vinculó como docentes a un grupo de ingenieros egresados de la Universidad Industrial de Santander, entre ellos el ingeniero Carlos Cobos Lozada, quien fue el primer coordinador del programa y fuente de esta información (Ent.10:Rel.7). En el desarrollo del programa se ha considerado importante cultivar la formación investigativa, para lo cual el Departamento de Sistemas cuenta con el grupo de investigación en Tecnologías de la Información -GTI- y el grupo de investigación y desarrollo en ingeniería de software.

Los primeros titulados como Ingenieros de Sistemas fueron Sara Donelly Garcés y Jefferson Muñoz, el día 26 de febrero del año 2004; hasta diciembre del año 2006 el número de egresados asciende a 32. Algunos de ellos han sido merecedores de reconocimientos por sus desarrollos en concursos tales como las Olimpiadas Image Cup, que les ha permitido representar el país en más de una ocasión en eventos internacionales.

Ingeniería en Automática Industrial

De otra parte, docentes del Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control, entre ellos el ingeniero Juan Martín Velasco, se interesaron por el desarrollo de la llamada “inteligencia artificial”, orientada a dotar a la máquina de la capacidad para tomar decisiones autónomas soportadas en bases de conocimientos. Con este propósito entraron en diálogo con expertos cubanos en el tema como el doctor Miguel Rodríguez y consideraron adicionalmente el asentamiento de empresas productivas competitivas motivadas por la Ley Páez en el Cauca, comenta el doctor Juan Martín Velasco (Ent.11:Rel.4). Establecieron entonces la necesidad de contar con profesionales capacitados en automatización de procesos. Una vez constatada la inexistencia de programas de este tipo en la región, la FIET propuso crear el programa de ingeniería en Automática Industrial, que fue autorizado mediante el Acuerdo No. 031 del Consejo Superior de la Universidad del Cauca, expedido en la misma fecha del acuerdo que autorizó el programa de Ingeniería de Sistemas.

En el programa de Ingeniería en Automática Industrial la formación profesional se orientó a las áreas de control automático, instrumentación y electrónica, todas enmarcadas en el campo de la Automatización Industrial. Una característica importante en su desarrollo constituye el espacio curricular denominado “Línea de Proyectos.” Lugar donde el estudiante se inicia y participa en el quehacer profesional de la ingeniería, como eje articulador de todo el plan de estudios. Dicha línea se fundamenta en dos grandes objetivos. Primero, el diseño y desarrollo de productos para la automatización, incluyendo la automatización de procesos. El segundo enfocado a concebir, evaluar y ejecutar proyectos de automatización de procesos industriales. Para ello cuenta con el apoyo del grupo de Aplicación de Tecnologías Inteligentes y el grupo de Automática Industrial. El primer graduado como Ingeniero en Automática Industrial fue Jhon Hernando Peña Jurado, el día 1 de abril del año 2005 y hasta

diciembre del año 2006 son 24 los titulados como ingenieros en Automática Industrial.

La automática es un área consolidada, con amplio reconocimiento en el ámbito nacional e internacional. La Asociación Colombiana de Automática se fundó en 1994 y agrupa miembros de las principales universidades del país. En el contexto internacional se referencia la Federación Internacional de Control Automático -IFAC-, la Federación Internacional de Robótica -IFR-, el *American Automatic Control Council -AACC-* y la *European Union Control Association -EUCA-* entre otras.

Ingeniería Ambiental

Ya en el ocaso del siglo XX, otros dos programas se unen a la oferta para la formación de ingenieros en la Universidad el Cauca. En contraposición con los espacios artificiales fruto de la ciencia y la tecnología en que se desempeñan los anteriores programas surgen ahora un par de propuestas que buscan espacios naturales abiertos que constituyen fortalezas del Cauca. En primer lugar, comenta el ingeniero Napoleón Zambrano (Ent.12:Rel.3), la experiencia de campo suministrada por los proyectos de la Maestría en Ingeniería con énfasis en Vías, reclamó la formación de profesionales que evaluaran los impactos y ambientes de las obras. En atención a esta carencia, el ingeniero Zambrano junto con la participación del ingeniero Jhon Calderón se dedicaron a la configuración de una propuesta formativa en Ingeniería Ambiental.

El programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Cauca fue creado mediante el acuerdo número 011 del 23 de febrero de 1999 del Consejo Superior. Desde su creación el programa ha tenido una muy buena acogida en la región. Los primeros 14 titulados como Ingenieros Ambientales datan del 16 de diciembre del año 2005. Para el año siguiente la

matrícula asciende a 373 estudiantes y el número de egresados es de 25, cuya mayoría presta sus servicios como contratistas independientes; otros están vinculados con el sector público, en instituciones como la Corporación Regional del Cauca -CRC-, la Contraloría Departamental del Cauca, la Secretaría de Salud del Municipio de Popayán y con la Universidad del Cauca en la consultoría de proyectos de extensión.

Ingeniería Forestal

La otra propuesta de escenarios abiertos tiene asiento en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, al tener en cuenta el bosque como un recurso estratégico y factor de desarrollo. Se trata de un recurso frágil en términos de su biodiversidad, amenazado por la agricultura intensiva, las prácticas de ganadería, el aprovechamiento como combustible y los agentes patógenos. Comenta el profesor Henry Maya (Ent7:Rel17) que la gran ventaja de aún poder contar en la región con bosques y sus recursos asociados, se convierte en una oportunidad para que ingenieros forestales construyan soluciones reales y oportunas que permitan su adecuado uso, manejo, aprovechamiento y conservación, para generar bienes y servicios económicos, sociales y ambientales a toda la comunidad. Zonas como el Macizo Colombiano, requieren de talento que asegure su sostenibilidad. Esta visión condujo a que por Acuerdo 040 del 10 de septiembre de 1999, el Consejo Superior autorizara la formación de Ingenieros Forestales en la Universidad del Cauca, que hasta el año 2006 no cuenta aún con egresados.

Entre tanto los estudiantes de Ingeniería Forestal se ejercitan para conservar, manejar y aprovechar la complejidad del bosque y sus derivados, a través de salidas de campo y prácticas como el estudio de la cuenca de Clarete Alto de la que se escribe con más detalle en un capítulo posterior.

Se anuncia para el año 2007 la apertura de un nuevo programa en la misma Facultad. Se trata del programa de Ingeniería Agropecuaria, que aparece como reformulación del programa de Agrozootécnia por recomendación del Consejo Nacional de Acreditación. De esta manera la Universidad del Cauca recibe el nuevo siglo XXI con siete titulaciones en ingeniería adicionales a las dos que confirió durante el siglo anterior.

1.4 Para considerar

Resulta curioso cómo suele desconocerse la historia de la profesión y su incidencia en los procesos de formación. ¿Cuál puede ser la causa? Será acaso el espíritu pragmático que se imprime en la formación?, o quizás el afán de responder a estándares instrumentales nos conduce a la pérdida de la memoria, como en alguna época lo experimento Macondo? Lo atrayente es que al realizar estudios como éste, se observan interesantes relaciones como la que se presenta entre las incesantes demandas del entorno socioeconómico y el incremento de los campos de acción de la ingeniería en las diferentes épocas. De ella surge una gama diferenciada de especializaciones; así, en el caso de la Universidad del Cauca de contar con un programa de ingeniería y unos cuantos estudiantes al iniciar el siglo XX se pasó una centuria después a una matrícula del orden de los 3.400 estudiantes distribuidos en ocho programas cuyos egresados suman 5.909 hasta el año 2006.

En cada una de las épocas estudiadas se generaron dinámicas que apuntaron hacia una apertura de la economía nacional al exterior. La clase alta del país desde el siglo XIX buscó acercarse a los logros económicos de las potencias europeas (Safford, 1977). De parte de los gobernantes se tuvo como trasfondo el imaginario de la conquista de los mercados, para lo que se hizo necesario el desarrollo de las comunicaciones. En el primer momento,

mediante la construcción de los ferrocarriles y las carreteras se buscó el transporte de productos como el cacao y el café hasta los puertos para su exportación a Inglaterra principalmente. Luego, con la “Revolución en marcha” creció la industrialización del país, se establecieron multinacionales y se demandó redes de telecomunicaciones para el impulso del aparato productivo nacional. Finalmente, la declaración de la apertura económica en busca de mayor participación en los mercados hizo imprescindible la infraestructura de las Tecnologías de la Información y la Comunicación -TIC-, tanto para el desarrollo de sectores productivos estratégicos (tales como el sector del software y las cadenas productivas agroindustriales, entre otras), como para atraer la inversión extranjera al país.

Estos movimientos trajeron consigo la importación de productos de la ciencia y la tecnología: las locomotoras, las centrales telefónicas y los equipos de cómputo, entre muchos otros. Se importaron productos como alucinación Circeriana de desarrollo, mas no existió interés de parte de los gobiernos por promover tecnologías autóctonas, pese a los esfuerzos de algunos profesores y estudiantes por investigar y desarrollar productos para el contexto. Esto significa que en los orígenes de los programas de formación, los estudiantes recibieron productos de origen extranjero desde la cadena de agrimensura hasta el computador personal; se dedicaron a aprender y aplicar más las tecnologías extranjeras que a buscar soluciones originales a los problemas locales (Obregón, 1992). La capacidad de invención y de descubrimiento ha sido reducida (Poveda, 1993a).

Algo similar a lo anterior ocurre con los procesos de formación. En los orígenes de los programas se quiso contar prontamente con ingenieros para atender las demandas socioeconómicas (los ferrocarriles, las telecomunicaciones, la industria, por citar algunos casos) y los procesos de formación los asumieron en su mayor parte los mismos ingenieros teniendo como referentes para el ejercicio de la docencia el dominio de las disciplinas y la

observación de las formas de enseñanza de sus profesores en la época en que fueron estudiantes; es decir, que no se consideró que existiera una diferencia relevante entre ser ingeniero y ser profesor de ingeniería, situación que podría explicar el estatismo en las formas de docencia. Surgieron los programas de ingeniería pero no se pensó en programas de formación para docentes de ingeniería. Si bien desde 1908 se titularon los primeros agrimensores y licenciados en matemáticas, en el plan de estudio no figuraron cursos de pedagogía o de didáctica. Tales cursos aparecen en la Universidad del Cauca posteriores a 1971 cuando se funda la Facultad de Educación y se orientaron en principio para profesores de los niveles de primaria y secundaria. Sólo hasta el año 2000 aparece en esta Universidad el diplomado en Docencia Universitaria como una oportunidad para que algunos docentes puedan atender en parte este vacío pedagógico.

Por otra parte, los desarrollos que introduce la ingeniería transforman el paisaje, reorganizan la distribución de los territorios y modifican las formas de interacción entre las personas. Un ejemplo de ello fue el pago de los honorarios con terrenos baldíos en el siglo XIX; luego, en el siguiente siglo, las telecomunicaciones permiten superar las limitaciones de las grandes distancias, las herramientas telemáticas introducen nuevos esquemas de interacción como el trabajo en red y la educación virtual a través de Internet. Se acelera la globalización³⁹ construyendo un mundo interconectado e interdependiente que transforma la cultura en general. Simultáneamente las decisiones políticas, económicas y sociales, interactúan con los desarrollos de la ingeniería y se suman a los factores que inciden en las mentalidades y en las culturas en general. Por tanto el desarrollo de la ingeniería es también un proceso social y cultural. Motivo para preguntarse sobre ¿cuál es el sentido más conveniente de tales cambios a futuro ante la continua presión de los mercados?, y en consecuencia ¿cuál

³⁹ Entendida como la hegemonía del pensamiento capitalista occidental guiada por la visión de mundo centrada en el mercado y que incrementa la pobreza en el hemisferio sur (Mejía, 2006).

debería ser el proceso más adecuado para la formación de ingenieros idóneos en nuestro contexto?

El trazado y construcción del Ferrocarril del Pacífico, la “Centralita”, el procesamiento de la quinua para la obtención de suplemento alimenticio para los niños del Cauca, constituyen experiencias importantes en la historia de la formación de ingenieros, situadas en escenarios problemáticos que gestaron aprendizajes significativos en estudiantes y docentes de ingeniería en la Universidad del Cauca, sin embargo esto no ha sido constante como se observará en el siguiente capítulo. Conviene entonces introducir el interrogante por lo pertinente en la educación. Se hace necesario consolidar espacios que hagan posible la formación de ingenieros con vocación y capacidad de transformar su entorno en bienestar de las comunidades, esto es, mucho más que aprendices inteligentes y exitosos aplicadores de tecnología extranjera. Desde luego, esto implicará también preguntarse por la formación de docentes de ingeniería que permita alcanzar estas expectativas. Hay necesidad de introducir transformaciones curriculares para motivar a docentes y estudiantes al estudio de las necesidades específicas presentes en las diferentes regiones de nuestro país, para mejorar su aporte a la calidad de vida de las comunidades, tarea que no resulta sencilla y que amerita la construcción de propuestas alternativas para la formación de la comunidad universitaria.

2. MERISTEMOS

Hoy día existe la preocupación generalizada por la calidad, la eficiencia y la competitividad, al interior de las universidades. Ella surge como resultado de los cambios que ha experimentado el país en términos de la apertura económica, a los que se suma la interacción con redes académicas internacionales y la permanente innovación en ciencia y tecnología. Todo esto desde luego dentro del marco legal generado a partir de la Constitución de 1991 y la Ley 30 de 1992. Posteriormente, aparece el Decreto 792 de 2001 y luego el Decreto 2566 de 2003, los cuales introducen a los programas de ingeniería en la dinámica de la acreditación como una de las estrategias del gobierno colombiano para el “aseguramiento de la calidad” de la educación; proceso que si bien no garantiza la transformación de las formas de docencia al interior de las aulas, de alguna manera alteró la inercia de los programas introduciendo espacios para la reflexión sobre la práctica docente, la investigación y la proyección social como meristemos¹ de su desarrollo. Se denominan aquí de esa manera porque es a partir de estos tres sistemas que sea crean, crecen y se interrelacionan todas las unidades académicas que conforman la estructura de la Universidad; además, de la visión que de ellos se tenga deriva la construcción y transformación de modelos que le permiten a la institución afrontar el cumplimiento de su misión. La identificación de momentos en la historia de los programas de ingeniería en que

¹ En biología, meristemo es el tejido a partir del cual nacen y luego se diferencian todos los órganos de las plantas superiores. En este caso se usa para dar a entender que docencia, investigación y proyección social constituyen los tejidos fundamentales para el desarrollo de la vida universitaria.

éstos estuvieron articulados con problemáticas específicas de la región y que generaron aprendizajes significativos, ocasiona que en esta parte del trayecto surja la preocupación por indagar en qué medida las prácticas educativas desarrolladas por los docentes de ingeniería en la Universidad del Cauca responden a la proyección social propuesta en su carta máxima, el PEI y en la normatividad para la Educación Superior, así como con los planteamientos del quehacer que se espera del ingeniero.

Como parte del análisis del proceso de formación de ingenieros, se presenta primero una aproximación a la caracterización del ejercicio de la docencia en los programas de ingeniería que brinda la Universidad del Cauca, considerada como un elemento fundamental en el desarrollo de dicho proceso. La tipificación de la docencia se inicia con una caracterización elaborada al interior del Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca” -SEFIUC-²; posteriormente la información facilita la elaboración y aplicación de una encuesta cuyos resultados permiten tener un acercamiento a la descripción de “La Clase Actual” en los programas de ingeniería; y luego se señalan las similitudes con el diagnóstico consignado en el documento previo a la elaboración del Proyecto Educativo Institucional -PEI- de la Universidad del año 1997 y con los resultados registrados por el grupo EDUCING, producto de la investigación realizada durante el 2006.

En segundo lugar aparecen los detalles correspondientes a la actividad investigativa en los programas de ingenierías, considerada como un meristemo apical³ que permite el desarrollo de otros estilos de aprendizaje y la producción de nuevo conocimiento. Finalmente se

² Inicialmente denominado sólo SEFI, pero luego se modificó para evitar la confusión con la sigla de la Sociedad Europea para la Formación de Ingenieros -SEFI-.

³ El tejido que se encuentra en la punta y se encarga del crecimiento.

presentan las características de la limitada proyección social pero no por ello menos importante que las anteriores.

2.1 Tipificación de la labor académica

Desde la primera mitad del siglo XX se gestó una gran expansión de los saberes científicos en el seno de las universidades, así como también en los campos de aplicación de la industria –saberes en buena medida producto de los conflictos bélicos mundiales–. Este despliegue se caracteriza por la profundización en los temas, la especialización, la fragmentación de las disciplinas y la hegemonía del método científico proveniente de las ciencias naturales y físicas. Adicionalmente, la validación del conocimiento científico ocurre no sólo por su valor explicativo sino sobre todo por su funcionalidad y utilidad práctica y el menosprecio por otras formas de racionalidad distintas a la científico-tecnológica (Miñana, 2000).

En el caso de la Universidad del Cauca, los programas de ingeniería que ofrece la institución y que se señalaron en el capítulo anterior, se administran desde cuatro facultades, como se indica en la Tabla 2.1. La Facultad de Ciencias Agropecuarias -FACA- administra los programas de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Forestal. Los programas de Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental están adscritos a la Facultad de Ingeniería Civil -FIC-. Por su parte, la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones -FIET-, adicional al programa del mismo nombre administra los programas de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería en Automática Industrial. Finalmente la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación administra el programa de Ingeniería Física.

TABLA 2.1 Docentes de Ingenierías por Facultad II-2006⁴

FACULTAD	DOCTOR	ESPECIALISTA	MAESTRIA	PREGRADO	TOTAL
CIENCIAS AGROPECUARIAS -FACA-	1	16	20	20	57
INGENIERIA CIVIL -FIC-	2	22	36	7	67
CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN ⁵ (I.F.)	6	1	16	4	27
INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES -FIET-	6	28	29	41	104
TOTAL	15	67	101	72	255

El número de estudiantes matriculados en estos programas es de 3.401, equivalen al 26,8 % de los estudiantes de pregrado de la Universidad y se distribuyen como se consigna en la Tabla 2.2. Son atendidos en primera instancia por 255 docentes,⁶ que corresponden al 22 % del total con que cuenta la Universidad. Aunque el porcentaje de docentes con formación doctoral es de sólo el 5,8 % y de maestría del 39,6 %, estas cifras superan los promedios nacionales de 4 % y 18 % respectivamente, reportados por el ICFES (Díaz *et al.*, 2006).

Para los programas de la Universidad del Cauca, el PEI adoptado según el Acuerdo 096 de 1998 se convierte en su carta ideal de navegación. En uno de sus apartes figura la misión del Alma Mater y en ella se ubican las funciones fundamentales de la siguiente manera:

⁴ Fuente: Vicerrectoría Académica de la Universidad del Cauca.

⁵ Se consignan sólo los datos correspondientes al programa de Ingeniería Física administrado por esta Facultad.

⁶ El número no incluye a los docentes de ciencias básicas exceptuando los de Física que participan en el programa de Ingeniería Física. Tampoco están registrados los encargados de la formación socio-humanista.

La Universidad forma personas con integridad ética, pertinencia e idoneidad profesional, demócratas comprometidos con el bienestar de la sociedad en armonía con el entorno.

La Universidad del Cauca genera y socializa la ciencia, la técnica, la tecnología, el arte y la cultura, en la docencia, la investigación y la proyección social. (U.C. Acuerdo 096 de 1998:6)

TABLA 2.2 Estudiantes matriculados en programas de Ingeniería I-2007⁷

PROGRAMA	Estudiantes
Ingeniería Ambiental	337
Ingeniería Civil	709
Ingeniería en Automática Industrial	291
Ingeniería de Sistemas	325
Ingeniería Electrónica	638
Ingeniería Forestal	238
Ingeniería Agro Industrial	448
Ingeniería Física	338
TOTAL	3.401

La asignación de tiempo para estas funciones se realiza de acuerdo con las políticas administrativas y el plan de mejoramiento establecido. En la Tabla 2.3 se consigna la distribución de tiempo en porcentajes correspondiente a las facultades que administran programas de Ingeniería, y en la Figura 2.1 se puede comparar su promedio con la asignación de la labor académica de la Universidad al iniciar el año 2007.

⁷ Fuente: División de Sistemas de la Universidad del Cauca.

Tabla 2.3 Distribución de la labor académica en porcentajes de tiempo para el año 2007⁸

FACULTAD	DOCENCIA	INVEST.	P. SOCIAL	GESTIÓN	DESARROLLO
CIENCIAS AGROPECUARIAS	58,96	5,29	3,08	21,87	10,8
INGENIERIA CIVIL	74,51	0,29	2,08	20,46	2,66
CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN	49,3	11,7	7	15,3	16,9
INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	55,35	11,29	1,92	19,84	11,61
PROMEDIO	59,53	7,14	3,2	19,36	10,49

Se puede apreciar la supremacía de la docencia frente a las otras funciones de investigación y de proyección social. Ahora, si se compara esta situación con la distribución de la labor de toda la Universidad en promedio, ocurre algo similar, predomina la docencia.

A criterio de la administración, en la clasificación aparecen adicionalmente las categorías de gestión y de desarrollo. La primera corresponde a la gestión administrativa propiamente dicha e involucra las reuniones de departamentos, comités y consejos; en la segunda, se refiere al tiempo destinado a crecimiento intelectual asignado a través comisiones de estudios y períodos sabáticos.

⁸ Fuente: Oficina de Planeación de la Universidad del Cauca.

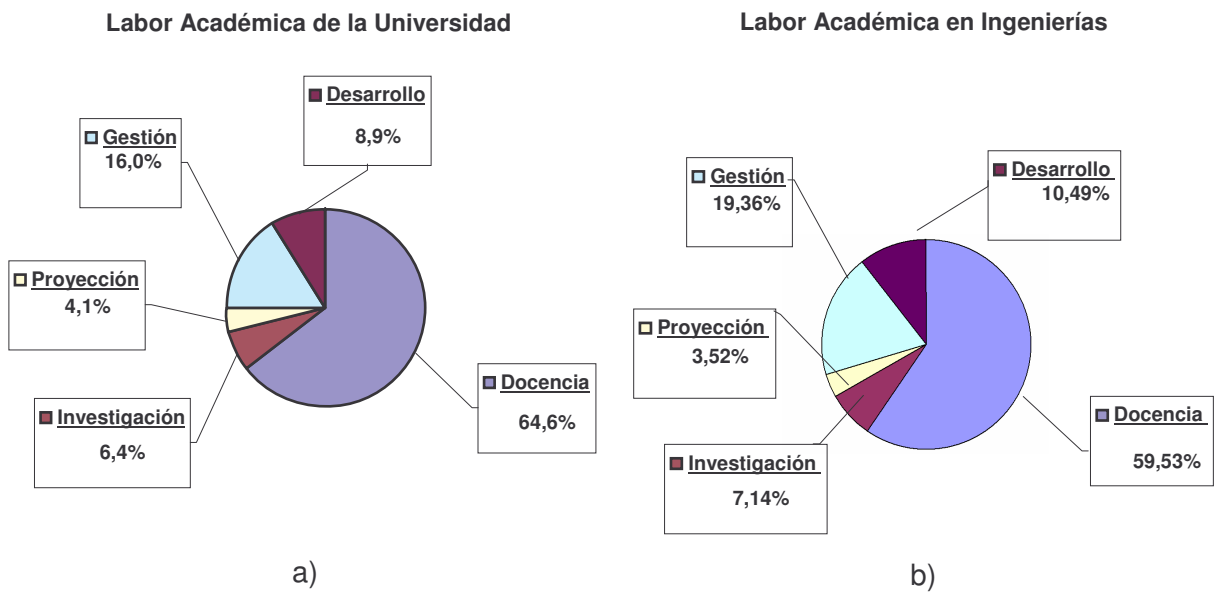


Figura 2.1 Distribución de la labor académica al iniciar el año 2007. La parte a) corresponde al promedio de toda la Universidad. La parte b) muestra el promedio de las facultades que administran programas de Ingeniería.

Los porcentajes de tiempo dedicados a la investigación y al desarrollo están ligeramente por encima en las facultades de Ingenierías con relación al promedio que muestra la Universidad; por el contrario la docencia y la proyección se encuentran con inferioridad de dedicación. Las variaciones de una a otra facultad se pueden apreciar en el Anexo II-A. Las características en detalle de la docencia, la investigación y la proyección social en los programas de ingeniería se anotan a continuación.

2.2 La práctica docente

2.2.1 Reflexión desde el Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca -SEFIUC- .- El punto de partida para la caracterización de la práctica docente en los programas de ingeniería resultó de un proceso de reflexión realizado al interior del “Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca” -SEFIUC-. El trabajo se inició a partir de noviembre del año 2004 con el proyecto “Propuesta Curricular para la formación de Ingenieros con enfoque CTS”, cofinanciado por Colciencias, la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC- y la Vicerrectoría de Investigaciones de esta Universidad, con la intención de construir una alternativa educativa frente a los actuales procesos formativos desarrollados en los programas de esta institución a través de la participación activa de un grupo de docentes en ingenierías.

Una de las primeras reflexiones fue sobre como la profesión y/o la disciplina⁹ se convierten en elementos de identidad. Es habitual durante la presentación de las personas que integran un variado grupo de profesionales, encontrar que seguido del nombre se enuncie la profesión o la disciplina que se cultiva, más aún en el caso de los vinculados a la docencia. Posiblemente esto ocurre debido al alto porcentaje de tiempo y actividad que representa en su vida diaria, y su significado como fuente de recursos y realización personal. Una dinámica realizada en una de las sesiones del SEFIUC consistió en ejercitarse en la caracterización de

⁹ El término “disciplina”, entendido como un campo del saber enseñado en forma diferenciada por profesores especializados en un horario y según un programa determinado, no aparece en Francia sino hasta finales del siglo XIX. Habitualmente el término se usaba para referirse a las reglas de conducta en atención al orden que debería existir en la clase; con anterioridad el término se usó para referirse a un instrumento de mortificación y de ascetismo religioso.

profesionales empleando para ello un juego similar al de identificación de personajes¹⁰. Con este referente presente se hizo el ejercicio para el caso del docente de ingeniería y el resultado obtenido desde la perspectiva del SEFIUC fue el siguiente:

Su principal actividad es la enseñanza a través de la clase. Para ello recurre con frecuencia a los ejemplos; se ubica frente a un tablero o pantalla; sus recursos más habituales son la tiza, la tinta y/o las transparencias y el léxico; domina una temática o una disciplina; tiene convicción de lo que hace; trabaja en aulas cerradas; transmite información; escribe poco de sí mismo; se ajusta a la normatividad de una estructura rígida; intenta cambiar pero se le dificulta; prepara solo sus clases, al igual que los programas; realiza consultas bibliográficas; considera que es muy importante darse a entender, que le presten atención y dar explicaciones convincentes; investiga sobre temáticas diferentes a la docencia y se dedica más a calificar que a evaluar.

La clase actual.- Con base en los ítems anteriormente identificados se diseñó y se validó con los integrantes del SEFIUC una encuesta denominada “La clase actual” (ver Anexo II-B); posteriormente se aplicó a una muestra tomada al azar de 55 ingenieros docentes de una población de 209 docentes con título de Ingeniero, vinculados a la Universidad del Cauca¹¹, con el propósito de tener una aproximación de la frecuencia con que se presentan las características de la docencia ejercida por los ingenieros en los diferentes programas de formación en que participan. Para una mejor ilustración, algunos de los resultados se presentan en gráficos de pastel.

¹⁰ El juego consiste en que uno de los miembros del grupo piensa o elige un profesional (por ejemplo, un abogado) y las demás personas tienen la tarea de averiguarlo mediante preguntas cuyas respuestas son del tipo SI/NO.

¹¹ Fuente: División de Recursos Humanos de la Universidad del Cauca.

Un primer aspecto que se establece es la importancia de las habilidades comunicativas en la docencia. La Figura 2.2 indica que el docente hace un elevado uso de la palabra durante la mayor parte del tiempo de la clase. Esto corresponde con esquemas pedagógicos de tipo transmisionista de información y que comúnmente se denomina como clase expositiva o magistral. Su uso es generalizado y como lo anota Carlos Serrano¹²:

En cuanto al aspecto pedagógico, no hay mayor variación de la clase de un Doctor a la de un no Doctor (Ent.1:Rel.23).

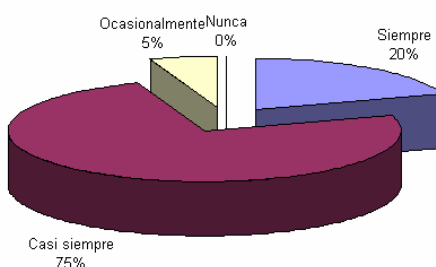
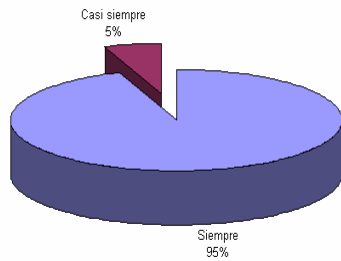


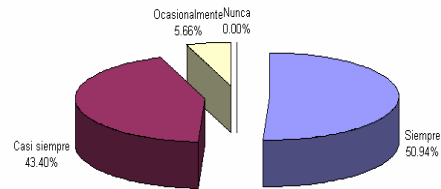
Figura 2.2 Resultados del ítem “Hablo la mayor parte del tiempo de clase”

En el mismo sentido existe la preocupación por la correcta recepción de los mensajes como lo indica la Figura 2.3, de manera que es habitual que el profesor demande una alta atención del estudiante y que 9 de cada 10 docentes pregunte a los alumnos “¿entendieron?”.

¹² Carlos Enrique Serrano Castaño. Ingeniero en Electrónica de la Universidad del Cauca-1978. Magíster en Telemática de la misma Universidad-1995. Profesor Titular adscrito al Departamento de Conmutación de la Universidad del Cauca. Miembro del Grupo en Ingeniería Telemática de la FIET.



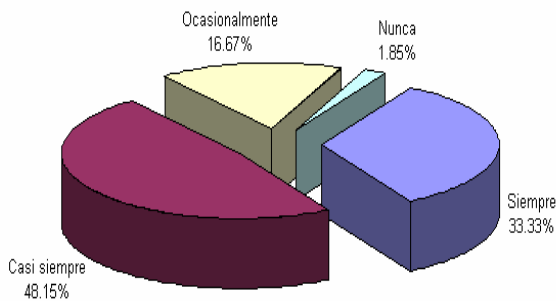
(a) “Me interesa hacerme entender”



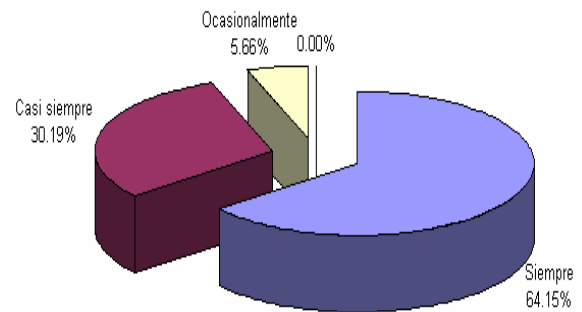
(b) “Las cosas importantes las digo despacio”

Figura 2.3 Importancia que le confiere el docente a su exposición

En cuanto al uso de recursos, la Figura 2.4 muestra en efecto cómo el uso del tablero constituye un elemento de atención visual característico en las clases en algo más de un 81%. Igualmente, la consulta bibliográfica ocupa un lugar especial en la preparación tanto del docente como del estudiante.



a) Uso del tablero



b) Consulta bibliográfica

Figura 2.4 Principales recursos de la docencia

Sin embargo no resulta tan habitual el uso de textos de autoría propia, como lo indica la Figura 2.5a, denotando que la transmisión de información en su mayoría corresponde a la elaborada en otros contextos. Un comportamiento similar tiene el uso de las transparencias que no resulta ser tan generalizado en promedio como lo indica la Figura 2.5b, pero aparecen diferencias significativas de un programa a otro.

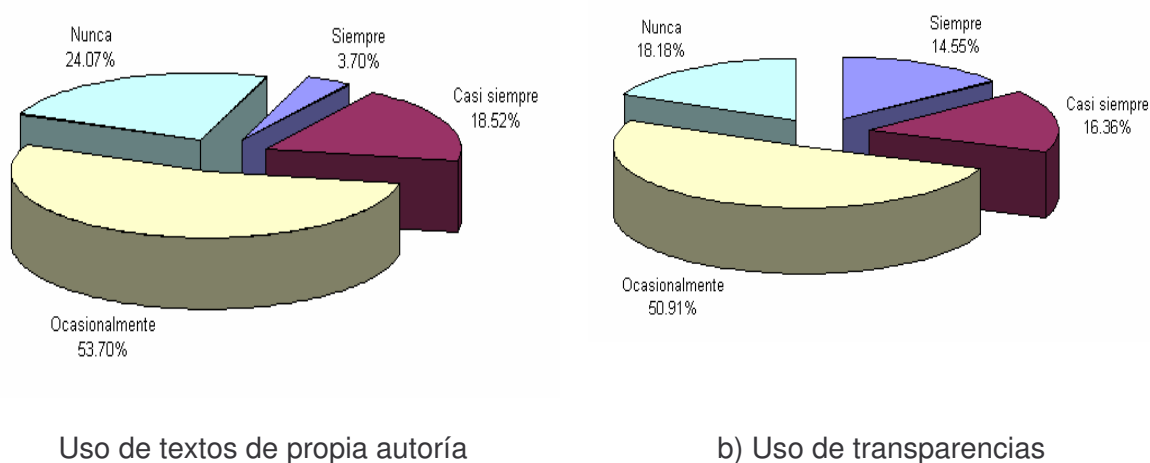
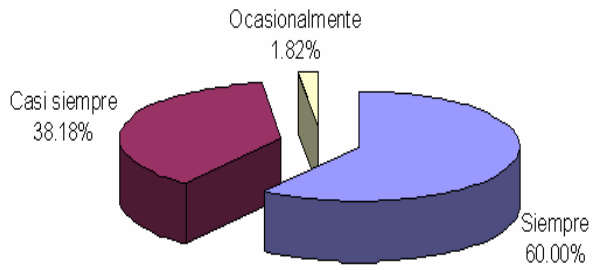
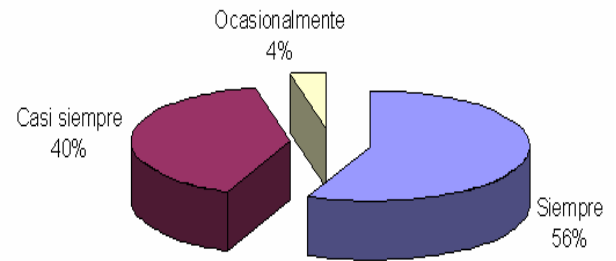


Figura 2.5 Elementos poco habituales en las clases

Dentro de las estrategias de mayor recurrencia para la enseñanza y el aprendizaje aparecen las explicaciones a través de los ejemplos (98 %) y la realización de ejercicios (96 %), como lo indican los resultados expuestos en la Figura 2.6. Este tipo de destrezas que se promueven aunque son importantes para aclarar dudas, enriquecer conocimiento y promover ciertas habilidades y hábitos, tienen más carácter reproductivo y resultan insuficientes para estimular el pensamiento creativo.



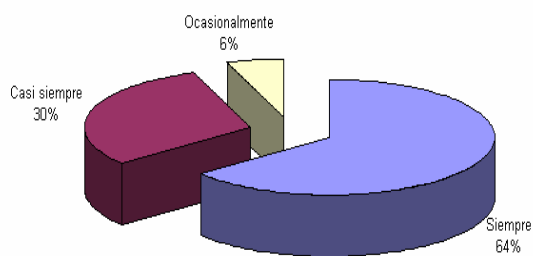
a) Explicaciones a través de ejemplos



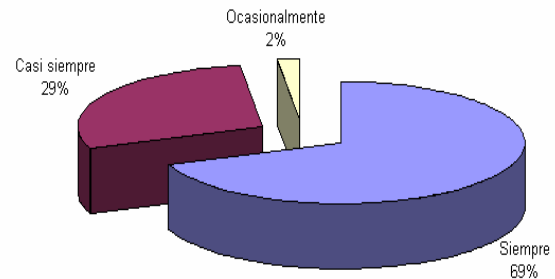
b) Uso de ejercicios

Figura 2.6 Estrategias de enseñanza aprendizaje

Según el concepto de los docentes de ingeniería existe una convicción generalizada por la necesidad de dominar las disciplinas que enseñan como lo señala la Figura 2.7a. Cuando se observa la distribución de frecuencias para la preparación de clase se manifiesta la soledad del docente en este proceso, Figura 2.7b.



a)



b)

Figura 2.7 Respuesta a los ítems “Domina una disciplina” parte a) y En la parte b) “Preparación individual de la clase”

Resulta curiosa la similitud de las gráficas. El 94 % de los encuestados responde de manera semejante ante los dos planteamientos, lo que de una parte sugiere la prevalencia del trabajo individual y unidisciplinar frente al trabajo en equipo, y de otra parte plantea el interrogante por la relación que pueda existir entre estas dos situaciones. Se puede pensar por ejemplo que el dominar una disciplina genera un sentimiento de autosuficiencia que restringe el trabajo colectivo, en la medida que cada disciplina posee un léxico especializado, unas teorías y unas reglas que le son propias y le permiten delimitar fronteras y actuar autónomamente (ICFES, 2001). Esta cuestión puede ser motivo de un trabajo de investigación posterior.

En coherencia con lo anteriormente expuesto, la docencia ejercida de manera exclusiva desde la perspectiva unidisciplinar y cada vez más especializada, conduce a que el docente actúe en correspondencia, orientando su formación a campos cada más específicos del saber; esto se convierte en parte de su identidad y le suministra cierta seguridad, puesto que todo parece estar dado y controlado. Es una característica del paradigma técnico instrumental, por eso no es de extrañar que en el pensamiento de la mayoría de los docentes (97 %) exista la disposición a seguir curso tras curso “fielmente el programa”, como lo indican los resultados de la Figura 2.8; actitud que favorece el ser presa de la gorgona Medusa.¹³ La docencia desde esta perspectiva se convierte en un meristemo lateral¹⁴. Al conjugar la seguridad que le brinda la disciplina al docente, con su preparación en soledad de las clases y el deseo de que se le preste atención, se experimenta una competencia por cautivar la atención del estudiante, y si se adiciona el posible incremento de cursos por los

¹³ Se refiere a la gorgona Medusa de la mitología griega, a quien con sólo mirarle de frente a la cara convertía en piedra al observador. Se usa aquí esta figura para indicar como la práctica docente puede quedar petrificada cuando sólo se observa como referente el programa para la planeación de las clases, corriendo el riesgo de petrificar el ejercicio de la práctica docente, más aún si existe esa demanda desde la evaluación de la docencia.

¹⁴ Se reproduce de manera idéntica por divisiones continuas de si misma.

avances científicos y tecnológicos, se obtiene como resultado una heredera de la Medusa, se trata de los planes de estudio tipo Hydra¹⁵ que compiten por tiempos y espacios.

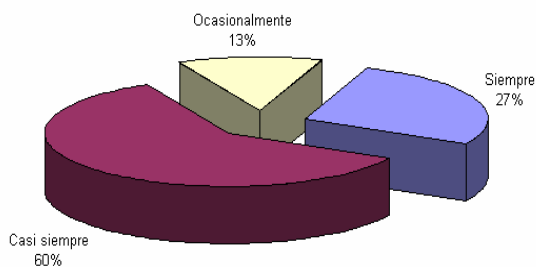


Figura 2.8 Fidelidad al programa

Finalmente, en relación con los procesos de calificación y evaluación, la Figura 2.9 indica que son inherentes a la labor del docente; aunque se presenta una ligera inclinación por la primera más que por la segunda queda pendiente por identificar en qué medida el docente diferencia un concepto del otro.

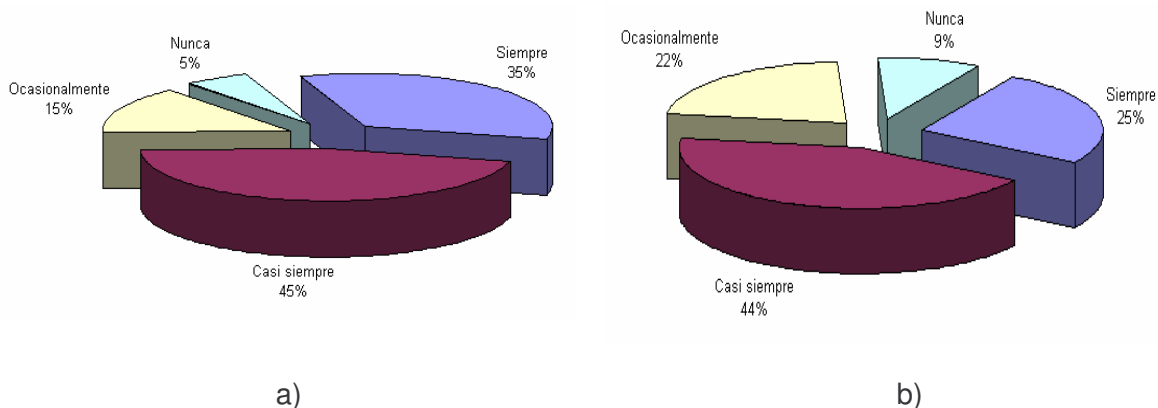


Figura 2.9 Frecuencia con que se califica (parte a) y con que se evalúa (parte b)

¹⁵ En la mitología griega, Hydra es el monstruo de múltiples cabezas. Cuando le cortaban una le nacían dos en su lugar. Se emplea aquí para referirse a planes de estudio saturados de créditos académicos y al parecer insuficientes puesto que cuando se intenta unificar cursos siempre aparecen propuestas de otros nuevos.

2.2.2 Diagnóstico de 1997.- El panorama de la docencia en ingeniería descrito por los resultados de la encuesta es similar al elaborado una década atrás y consignado en el diagnóstico de fortalezas y debilidades que aparece en el documento de trabajo previo al Proyecto Educativo Institucional del año 1997. En relación con las fortalezas, entre otras se citan: el carácter presencial de los programas, que propicia un ambiente de consulta entre profesor y alumno, y la existencia de un alto porcentaje de profesores de tiempo completo con buen nivel académico. Adicionalmente, se considera que la docencia es de calidad, amparada en la tradición académica de prestigio nacional y en la existencia de un proceso permanente de capacitación de profesores, principalmente en sus disciplinas, así como la presencia de un proceso de evaluación¹⁶ de los mismos.

Como debilidades se reconoce en el mismo documento que la docencia es profesionalizante en un alto porcentaje, en extremo memorística como resultado de la falta de articulación entre investigación y aprendizaje, la poca utilización de recursos educativos distintos del tablero y la tiza (de aquel entonces) y el desconocimiento de las innovaciones didácticas. El docente asume un modelo de enseñanza transmisionista y repetitivo con una actitud de intérprete del saber. Existe un predominio de la instrucción rígida y orientada al aprendizaje de habilidades observables, con pocas oportunidades para el desarrollo de las destrezas superiores del pensamiento.

2.2.3 Descripción desde EDUCING.- El grupo de investigación en Educación en Ingeniería -EDUCING- integrado por docentes de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), de la Escuela Colombiana de Ingeniería y de ACOFI, adelantó un proyecto para identificar las principales características de la manera de hacer docencia en los programas

¹⁶ Si bien se habla de evaluación, en la práctica es más de calificación.

de ingeniería en Colombia, a partir de un ejercicio de naturaleza descriptiva, apoyado en la indagación directa a los docentes sobre sus experiencias y actitudes en tres momentos del trabajo docente: planeación, desarrollo y evaluación, a través de la aplicación de una encuesta electrónica y con la asistencia del Centro Nacional de Consultoría. Los resultados se dieron a conocer a la comunidad en el mes de noviembre del año 2006 durante el VI Foro de ACOFI realizado en la Universidad de San Buenaventura en la ciudad de Bogotá (Salazar *et al.*, 2006).

La caracterización encontrada por EDUCING tiene similitudes con las planteadas por los resultados de la encuesta “La clase actual”. Por ejemplo se confirma primero el alto uso de la consulta bibliográfica en la preparación de la clase. El 82 % de los profesores encuestados utiliza varios libros de consulta para facilitar el aprendizaje de los estudiantes; el 59 % identifica la planeación con la consulta de fuentes de información, incluido el programa del curso y la revisión de objetivos y temas. Luego se presenta al tablero como el recurso didáctico con mayor frecuencia empleado¹⁷ con un 49 % del total de la muestra y le sigue en uso el proyector de video (*videobeam*) con una frecuencia del 20 %. Así mismo, los docentes señalan que en el desarrollo de los cursos predomina la clase magistral en un 44 %, seguido de actividades prácticas con un 17 % y luego el trabajo en grupo con un 12 %. Entendida la clase magistral como aquella modalidad de clase en donde el profesor habla, expone, escribe, desarrolla ejercicios y el estudiante escucha, toma apuntes, pregunta y trata de organizar sus ideas al respecto del tema bajo un solo estilo de aprendizaje. Los trabajos de los estudiantes corresponden a consulta de textos (25 %); actividades experimentales (15 %) y desarrollo de guías (11 %).

¹⁷ Aunque la frecuencia planteada por EDUCING es menor que la encontrada en Unicauca, se mantiene como el recurso más empleado por los docentes.

Las actividades como exposiciones, ensayos novedosos, salidas de campo, son menos exploradas por los profesores. En el caso de los docentes de ciencias básicas se refleja el seguimiento de los programas asegurando cumplir con el desarrollo de porcentajes superiores al 80 % de lo ofrecido a los estudiantes en los respectivos programas. De otra parte se asume evaluación como “la asignación de un indicador cuantitativo al desempeño de un estudiante en una asignatura” y en ese sentido predomina más la calificación que la evaluación. Finalmente, en virtud de la información más detallada de los encuestados se afirma en términos generales que la edad de los docentes no introduce diferencias significativas dentro de los tres momentos del proceso de enseñanza seleccionados como escenarios para caracterizar el ejercicio docente en los programas de ingeniería. Esto se puede considerar como un indicio del modelo transmisionista y repetitivo imperante, petrificado por la gorgona Medusa.

2.3 Actividad investigativa

El estudio desarrollado al interior del grupo de investigación “Seminario Permanente sobre Formación Avanzada” -SEPA- (Corchuelo, 2002), señala a la Universidad de Gotinga¹⁸ como una de las primeras en plantear a la enseñanza y a la investigación como funciones complementarias. Esta Universidad pretendía ser un centro de ciencias (naturales y del espíritu) e investigación y sólo en un segundo término, preparar en una profesión; situación que cambió posteriormente ante los requerimientos de la sociedad industrial. Una de sus

¹⁸ Fundada en Alemania en 1737. Uno de sus egresados, Wilhelm von Humboldt cuando desempeñó el cargo de Ministro de Educación, reformó el sistema de enseñanza en la Escuela y en la Universidad, de acuerdo con las teorías del pedagogo suizo J. H. Pestalozzi, lo que contribuyó a que Alemania figurara en los primeros lugares en la producción de conocimiento.

estrategias de trabajo fue el seminario investigativo o seminario alemán, como espacio de reflexión y producción de conocimientos.

En la evolución de la actividad investigativa de las Facultades de Ingeniería de la Universidad del Cauca se identifican dos momentos. En el primero se institucionaliza con el surgimiento de los programas de postgrado en las Facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y en el segundo, en el periodo de “La avalancha de INTERNET” emprende un rápido desarrollo a partir de la reglamentación del sistema de investigaciones.

2.3.1 Los institutos de postgrado.- El artículo 12 de la Ley 30 de 1992 establece que los programas de maestría y doctorado tienen a la investigación como fundamento y ámbito necesarios de su actividad. En el caso de la Universidad del Cauca, primero aparece el Instituto de Vías en 1969, con la intención de capacitar y actualizar a nivel de postgrado a los profesionales al servicio del Ministerio de Obras Públicas y Transporte. El primer programa que se organizó fue la especialización en ingeniería de vías terrestres; luego, a partir de 1975 se organizó el programa de maestría en ingeniería de vías terrestres, con el objetivo central de formar investigadores mediante la vinculación a líneas y proyectos de investigación del Instituto¹⁹. Al año siguiente, en segundo lugar, se creó el Instituto de Postgrado en Electrónica y Telecomunicaciones -IPET- de la FIET con el propósito de suplir las necesidades de los campos de la electrónica y las telecomunicaciones de los profesionales en TELECOM. En este sentido, en 1978 se inició la maestría en electrónica y telecomunicaciones, y tres años después el programa de maestría en telemática.

¹⁹ Fuente: Ingeniero Ary Bustamante, director del Instituto de Posgrado en Ingeniería Civil (Ent.2:Rel.16-18).

Posteriormente, en 1987 se inició el primer curso de maestría en ingeniería de tránsito y transporte.

Considerando precisamente la investigación como meristemo apical que produce nuevas formas, se hace especial referencia al grupo de investigación en sistemas de conmutación, creado en 1976 y hoy denominado grupo de ingeniería telemática. Escalafonado en la categoría A de COLCIENCIAS y reconocido como grupo de excelencia en 1997 por la misma institución, es uno de los grupos de mayor trayectoria en investigación en el campo de la ingeniería en la Universidad. En su primera fase desarrolló un buen número de proyectos en la ampliación de la cobertura de los servicios básicos de telefonía a los sectores rurales, además de mejorar y modernizar los servicios de telecomunicaciones. Luego, el vertiginoso desarrollo de los sistemas, servicios y redes de telecomunicaciones, sumado a las políticas de apertura económica y de globalización, condujeron al grupo por la línea de investigación de la ingeniería de sistemas telemáticos, para aplicarla al desarrollo de la sociedad colombiana y contribuir al avance del conocimiento en este campo. Los proyectos realizados en esta segunda fase se orientan específicamente a resolver necesidades del país en el sector de las telecomunicaciones y en otros campos con una incidencia social más directa como salud, educación, inclusión digital, medio ambiente, turismo, etnografía y gestión tecnológica; y gracias a las estrechas relaciones con otros grupos de investigación de Europa y Latinoamérica a través de diversas redes académicas. El factor común en todos ellos es el uso de las TIC, contextualizado con la realidad nacional (Departamento de Telemática, 2006).

Por recomendación del ICFES del año 2002, el Consejo Superior expidió el Acuerdo No. 070 mediante el cual los dos programas de maestría de la FIET, junto con los programas de

maestría en ingeniería de vías terrestres y maestría en ingeniería de tránsito y transporte, de la FIC, se agruparon en un solo programa genérico de maestría en ingeniería, con las cuatro áreas de énfasis: área ingeniería telemática, área ingeniería electrónica y telecomunicaciones, área ingeniería de vías terrestres, y área ingeniería de tránsito y transportes.

Paralelamente con los programas de Maestría, los institutos de postgrado administran especializaciones y diplomados. El IPET por ejemplo tiene a su cargo adicionalmente las especializaciones en telemática, informática industrial, redes y servicios telemáticos, y en sistemas de radiocomunicaciones; y los diplomados en administración de bases de datos oracle9i, desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles y en informática industrial. A su turno el Instituto de Postgrados de la FIC administra las especializaciones en ingeniería de vías terrestres, en pavimentos, en ingeniería de la construcción, en estructuras, en ingeniería de tránsito y en ingeniería de regadíos.

2.3.2 El sistema de Investigaciones.- Mediante el Acuerdo No. 031 de 1997 el Consejo Superior, teniendo en cuenta la misión de la Universidad, la formulación del Plan Regional de Ciencia y Tecnología del Pacífico, la ley 29 de 1990 sobre ciencia y tecnología, más las funciones que le atribuyen la Ley 30 de 1992 y la Constitución Política de 1991, creó la Vicerrectoría de Investigaciones, con el objeto de definir, reglamentar y coordinar el sistema de investigaciones de la Universidad del Cauca.

En el siguiente año, se reglamentó el sistema de investigaciones mediante el Acuerdo 068 de 1998, integrado por la vicerrectoría de investigaciones, el consejo de investigaciones, los consejos de facultad, los comités de investigación de las facultades, los grupos de

investigación, los programas, proyectos y resultados de investigación, los programas académicos con componente investigativo y la infraestructura de investigación.

Los grupos de investigación son equivalentes a las células meristemáticas que conforman el tejido embrionario del conocimiento. Así, todas las acciones y gestiones adelantadas para el fortalecimiento y consolidación de la investigación institucional se centran en ellos. En la Tabla 2.4 se aprecia la distribución de los grupos de investigación de la Universidad de acuerdo con las categorías que establece COLCIENCIAS.

Tabla 2.4 Clasificación de los grupos de la Universidad en las últimas convocatorias de Colciencias²⁰

Clasificación	2005	2006 - I	2006 – II
A	6	18	18
B	12	23	26
C	12	31	34
Solo Reconocidos	36	6	0
Total	66	78	78

La institución pasó de ocho grupos con trayectoria y reconocimiento a 78 escalafonados en el lapso de la última década. De este número el 26,9 % corresponde a grupos de investigación integrados por docentes de programas de Ingenierías como se deduce de la Tabla 2.5. En el Anexo II-C se muestra la relación de los grupos de investigación registrados en el sistema de investigaciones y vinculados con los programas de ingeniería. Se aprecia

²⁰ Fuente: COLCIENCIAS En: www.colciencias.gov.co – Febrero 2007

de una parte que la FIET es la facultad con mayor actividad investigativa en cuanto a las ingenierías se refiere; y de otra, el rápido crecimiento del programa de ingeniería física en el mismo periodo. Esto se facilita en la medida en que existen planes de desarrollo en materia de capacitación de profesores. El realizar estudios de maestría y doctorado permite, de una parte, la interacción con otros grupos y redes tanto nacionales como internacionales, y de otra, desarrollar habilidades para enfrentar las problemáticas motivo de indagación. Tal situación transforma los hábitos del docente y lo introduce en la cultura de la investigación.

Tabla 2.5 Distribución de los grupos de investigación de los programas de Ingenierías según el escalafón de COLCIENCIAS 01-2007²¹

FACULTAD	A	B	C	N	Total
Ciencias Agropecuarias		2	5	7	14
Ingeniería Civil			3	7	10
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones	2	2	1	3	8
FACNED – Ingeniería Física	2	1	3	2	8
Total	4	5	12	19	40

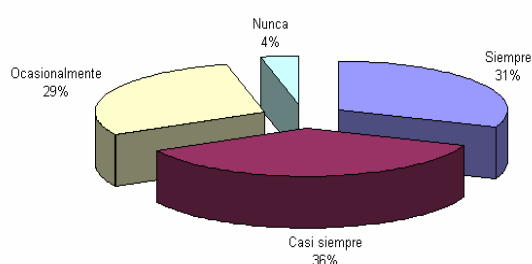
Sin embargo la oportunidad para desarrollar proyectos de investigación no es común para todos los docentes, como se aprecia en la Figura 2.10, elaborada con base en las respuestas de la encuesta “La clase actual”. Los motivos no están aún plenamente definidos; se presume que pueden oscilar entre la poca disponibilidad de recursos, la falta de formación

²¹ Fuente: Portal de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca. Consultado en página web: <http://investigacion.unicauca.edu.co/vri/marcos/ProyectoFacultad.html> en 29/03/2007.

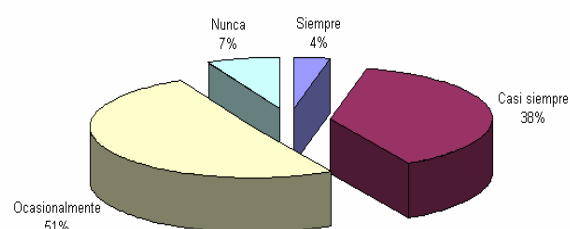
investigativa y la reducida gestión de proyectos, entre otros. Según lo expone el ingeniero Carlos Serrano:

...la fundamentación para realizar investigación en pregrado es débil. Se aprende a investigar principalmente a través de la experiencia. Se desconoce la historia misma de los procesos investigativos y existe poca reflexión sobre el sentido del quehacer investigativo como tal. (Ent.1:Rel.29).

Ahora bien, la situación se agudiza cuando se trata de investigar sobre los procesos de formación de ingenieros. Mientras el 31 % de los docentes manifiesta que siempre investiga sobre temas diferentes a la clase, sólo un 4 % dice investigar de manera permanente sobre los procesos de formación. Desde esta perspectiva se percibe entonces en primer lugar la alta desarticulación entre la docencia y la investigación, y en segundo lugar, la dificultad de transformar las prácticas docentes al carecer la clase de este meristema.



a) Investiga sobre temas diferentes a la clase



b) Investiga sobre procesos de formación

Figura 2.10 Dedicación a la investigación

Las políticas de investigación se concretan a través de los programas de apoyo. Estos a su vez se constituyen en parte de los nutrientes del sistema. Podría entonces pensarse en trazar políticas que de manera explícita, direccionaran recursos para transformar las prácticas docentes. En la actualidad se cuenta con programas para:

- Financiación de viajes para presentar resultados de investigación en eventos nacionales e internacionales.
- Organización de eventos académicos de investigación.
- Asesoría o capacitación por parte de expertos.
- Intercambio de investigadores o pasantías.
- Proyectos de investigación.
- Contrapartida a proyectos con financiación externa.
- Publicaciones.
- Formación de jóvenes investigadores.
- Proyectos de investigación en el marco de programas de Maestría y Doctorado.

Los programas permiten la formulación de proyectos que hacen las veces de la fotosíntesis, pues a través de ellos los grupos adquieren recursos y producen el conocimiento. La Figura 2.11a ilustra la actividad investigativa por facultades en función de los proyectos realizados, desde la reglamentación del sistema de investigaciones hasta la fecha. En la otra parte de la figura se aprecia la proporción de los grupos de investigación.

Una de las modalidades para trabajo de grado es la realización de un proyecto de investigación. Se identifican dos alternativas que favorecen la dinámica investigativa de los estudiantes en pregrado. Una es el ingreso a un grupo de investigación para participar dentro de un proyecto, como en el caso del programa de Ingeniería Física a partir del séptimo semestre; la otra es la realización de proyectos, como figura en el plan de estudios del programa de Ingeniería en Automática Industrial.

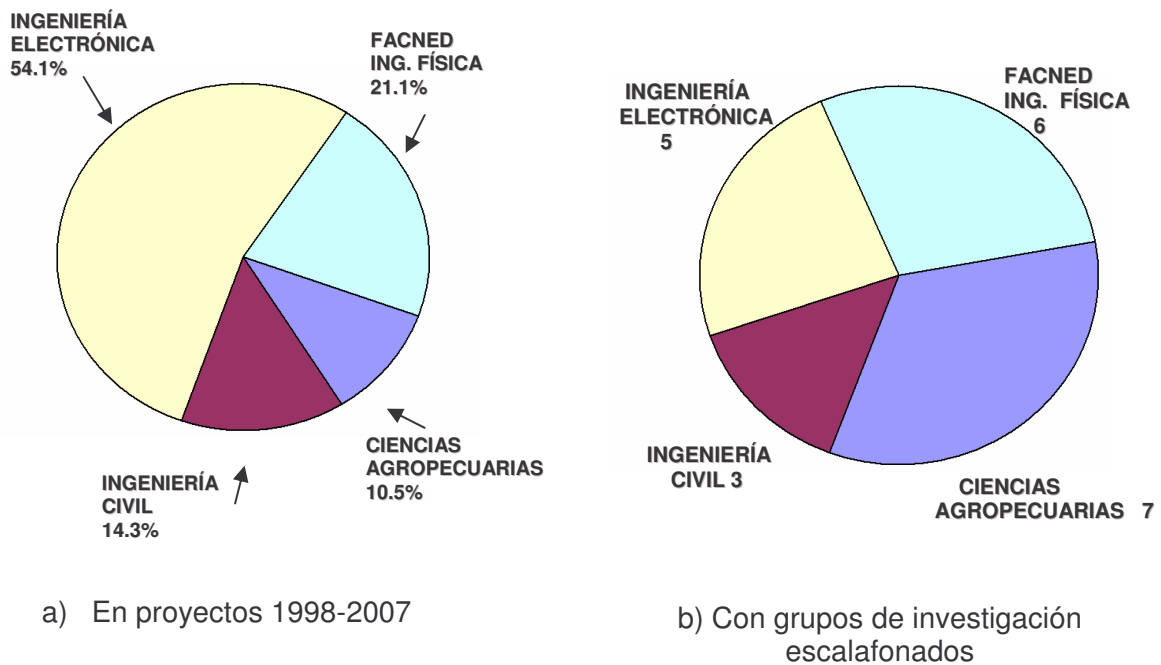


Figura 2.11 Participación en investigación de los programas de ingeniería por facultades

Sin embargo, las oportunidades para que el estudiante realmente investigue formalmente durante los primeros cuatro años de formación son mínimas; pero al final si se le solicita que lo haga. Como aprestamiento para esta labor, dentro de los planes de estudio aparece con frecuencia el curso de metodología de la investigación, que por lo general brinda más una orientación teórica alusiva a la presentación de propuestas e informes que a la formación investigativa como tal.

El Anexo II-D contiene la relación de los proyectos de investigación en ejecución vinculados con los programas de ingeniería. Si se hace la relación entre el número de proyectos registrados vigentes y el número de grupos por Facultad que los desarrollan, se encuentra una mayor densidad de proyectos por grupo en la FIET (3,75) que en la FIC (0,2). Los proyectos que se adelantan en la Facultad de Ciencias Agropecuarias -FACA- revelan una

mayor articulación con la región en tanto que en los proyectos de Ingeniería Física e Ingeniería Electrónica aparece una gama que va desde temas específicos de investigación disciplinar hasta situaciones sociales complejas que exigen estudios interdisciplinarios. Aunque en la FIET aparecen temáticas de investigación vinculadas con el campo educativo, sólo el proyecto de investigación del grupo SEPA se centra específicamente en el tema de la formación de ingenieros.

2.4 Acciones con proyección social

Para analizar la Proyección Social como una parte de la labor académica en los programas de ingeniería de la Universidad es necesario tener en cuenta dos aspectos. El primero se sitúa en el marco legal establecido por la Ley 30 de 1992. En el artículo 120 de esta Ley, se incluye dentro del concepto de “Extensión” a aquellos programas educativos destinados a la difusión de los conocimientos, al intercambio de experiencias y a las actividades de servicio tendientes a procurar el bienestar de la comunidad y la satisfacción de las necesidades de la sociedad. En un sentido similar el artículo 6 literal b), establece como uno de los objetivos de la Educación Superior, el cultivo del conocimiento en todas sus formas y expresiones, y promover su utilización para solucionar las necesidades del país.

Con el principio de extensión universitaria se pretende "extender" la presencia de la Universidad en la sociedad y relacionarla íntimamente con el contexto, convirtiéndose en otro meristema para su desarrollo. Este concepto es fruto del movimiento cultural vinculado a la reforma de las estructuras, contenidos, sistema de enseñanza y fines de la universidad, en general promovido por los movimientos estudiantiles. En particular se inicia con la Reforma Universitaria de 1918 en la Universidad de Córdoba (Argentina) con el pronunciamiento del

denominado “Manifiesto Liminar” que se extendió por América Latina. Entre otros de los aportes de este movimiento se encuentran la autonomía universitaria y la libertad de cátedra.

El segundo aspecto se ubica en el sentido del ejercicio de la profesión de ingeniero. Los diversos conceptos de la ingeniería coinciden en el dominio de los conocimientos de las ciencias y de la tecnología para diseñar, construir y mantener sistemas que permitan el aprovechamiento de los recursos a favor del bienestar de la humanidad. De esta manera se hace evidente la importancia de la formación del ingeniero para la interacción social como lo señala el ingeniero Luis Guillermo Gómez:

La ingeniería es una profesión intrínsecamente ligada al desarrollo social y económico de una región, de un país, de un continente y ahora, en medio de esta revolución científica y tecnológica en la que se encuentra inmersa la humanidad, es predecible que la participación del ingeniero será mayor en su aplicación al desarrollo para el logro de un sensible mejoramiento en la calidad de vida.
(Gómez, L. 2006:3)

Con base en estos antecedentes es que surge la inquietud por indagar en qué medida las prácticas educativas de los docentes en los programas de ingeniería cumplen o están acordes con estos propósitos.

La Universidad del Cauca adopta dentro de su misión, el concepto de Proyección Social como una de las formas para producir y socializar el conocimiento como se anotó anteriormente. Pese a ello, en la actualidad no cuenta con una dependencia específica para dinamizar esta función como sí ocurre en otras universidades del país donde existe una vicerrectoría o una oficina de proyección social. Como se aprecia en la Figura 2.1, aparece

como la actividad con menor dedicación de tiempo, 4,1 % para la Universidad en general y 3,5 % en ingenierías.

El trabajo institucional más reciente y próximo a la Proyección Social desde el estamento administrativo se realizó por parte de la vicerrectoría de Bienestar y Cultura a través de la convocatoria para la conformación de grupos y proyectos orientados al bienestar universitario. Así se conformaron los grupos: 'Caminando...ando' que tiene como propósito establecer un contacto más directo con las realidades de la región mediante el recorrido de los diferentes caminos del Departamento; el grupo de Proceso de Vida Saludable Providas comprometido desde la investigación, docencia y extensión a liderar procesos formativos para el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad universitaria; el grupo Encuéntate Titotu que trabaja por la promoción, difusión y consolidación de espacios de narración en el Departamento del Cauca; el semillero de investigación GMBCC que busca incentivar la investigación interdisciplinaria; el grupo GNU/Linux que tiene como misión promover el conocimiento, desarrollo, uso y divulgación del Software Libre; el grupo GAIA que espera poder ayudar en el desarrollo de las comunidades del Departamento del Cauca a partir del conocimiento de las ciencias biológicas y el grupo de la Fundación Pulsos, que acometió la tarea del renacer de la revista Pulsos de la FIET en abril de 2007.

La Fundación Pulsos es una organización de estudiantes que nació en 1986 con motivo de la celebración de los primeros 25 años de la FIET. Su misión es la difusión de las actividades académicas y formativas de la facultad a través de la revista Pulsos. Esta labor se cumplió de manera continua hasta 1991 y se alcanzaron 8 publicaciones hasta el año 2001. El renacer de la revista fue difícil, afirmó Daniel Alejandro Pajoy, director de la novena edición. En principio pareció una tarea sencilla: "recopilar artículos, hacer un documento, imprimirlo y

distribuirlo” (Pajoy, 2007). Pero poco a poco se enteró de los requerimientos para cumplir con la intención de indexar la revista en COLCIENCIAS. Asumir el reto implicó en primer lugar, formular un proyecto en el que se identificaron las necesidades técnicas, académicas y financieras, y en segundo lugar, reorganizar la Fundación Pulsos como un equipo interdisciplinario de donde además de estudiantes de la FIET, participan compañeros de comunicación social, diseño gráfico, administración de empresas, derecho y contaduría. De esta manera la novena edición de pulsos configuró una excelente situación de aprendizaje que deja en evidencia la importancia de desarrollar la capacidad de gestión, el trabajo en equipo y la autonomía en nuestros jóvenes ingenieros.

En los programas de ingeniería las prácticas sociales como tal no están especificadas en los planes de estudio. Si bien ellas les permiten a estudiantes y docentes algún tipo de contacto con las comunidades o con sectores externos, no aparecen explícitas. Surgen más por iniciativa de docentes y estudiantes que por propuestas institucionales. Como alternativas que favorecen la interacción con las empresas se citan las visitas técnicas y los trabajos de grado en la modalidad de pasantías.

Por otra parte, en los planes de estudio se considera el componente de formación socio-humanística. En las diferentes facultades se señala que “en él se integran conocimientos de la economía, la administración, aspectos sociales y éticos, la formación para la democracia y la participación ciudadana”. En las facultades de ingeniería, este componente cambia su denominación por “área de formación complementaria”, el cual comprende los componentes en Economía, Administración, Ciencias Sociales y Humanidades (Corchuelo, Catebiel y Castro, 2006).

Un trabajo importante para señalar es el realizado a partir del curso de “Formación Ciudadana”, formulado por iniciativa de la profesora Elizabeth Mera del Departamento de Educación y Pedagogía, motivada por la promulgación de la Constitución Política de Colombia de 1991 y que se formalizó en la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación en el año 2002. Este curso constituye un espacio para reflexionar sobre el papel de la educación en la formación de profesionales como ciudadanos dialogantes con las comunidades. Desde la perspectiva de ciudad educadora se hace un reconocimiento del contexto social, se indaga sobre la realidad de las comunidades y se estudia en qué medida se puede participar en la formulación de alternativas a problemas sociales, teniendo presente que en principio sólo se cuenta con los recursos de los estudiantes, siendo esta una gran limitante en el momento de concretar acciones. Lamentablemente el esquema de fragmentación de saberes hace que en la práctica del desarrollo de los cursos se divorcie el interés profesional del interés humanista y que incluso ante el estrecho espacio horario en los planes de estudio para este componente se entre en rivalidad con el curso de ética.

La carencia de políticas específicas para el trabajo de proyección social incide en que los procesos de formación de ingenieros se distancien de la problemática del contexto, de las comunidades y sus necesidades. Por citar un ejemplo, en el informe de autoevaluación del programa de Ingeniería Civil del año 2002, se anota la característica 33 como una debilidad que “el enfoque de las asignaturas es muy técnico, y en ocasiones, ignora problemas del contexto y necesidades de la región”²². Aunque no se encuentra definido el componente de Proyección Social dentro del plan de estudios, el programa interactúa con las comunidades a través de asesorías técnicas cuando éstas se consideran pertinentes para el programa. Se resalta la experiencia vivida tras el terremoto de Popayán del año 1983 que permitió

²² Corresponde al numeral 3.3.7 en dicho documento, alusivo a la interdisciplinariedad.

incorporar en el plan de estudios el área de servicio social. Mediante este espacio, estudiantes del programa pudieron participar en el proceso de reconstrucción, bajo la supervisión de profesores, convirtiéndose en colaboradores de primera línea, al tiempo que se ganó una valiosa experiencia para su ejercicio profesional. Sin embargo, superada la emergencia unos pocos años después, se retornó al plan de estudios tradicional (FIC, 2002a).

Los procesos de acreditación de una u otra manera también inducen a reflexionar sobre la proyección social y su articulación con la formación socio-humanística²³. Pero la ausencia de programas de apoyo, sumados con los procedimientos administrativos lentos y complejos, provocan desmotivación y que no se asigne un lugar importante en la labor académica. De esta manera se desaprovecha la oportunidad de interactuar con los saberes de las comunidades y el hacer un uso eficiente de los recursos de la región.

La Universidad del Cauca deberá repensar su trabajo en cuanto a la proyección social y la formación socio-humanística si efectivamente aspira a la formación de personas con integridad ética, pertinencia e idoneidad profesional, comprometidas con el bienestar de la sociedad en armonía con el entorno, como se consigna en su misión. Por ahora las facultades aguardan con expectativa la propuesta del comité para Formación Integral Socio-Humanística –FISH- liderado por la Facultad de Humanidades para tal propósito.

²³ Así por ejemplo en el programa de Ingeniería Electrónica de la FIET, se introdujo en el plan de estudios mediante Resolución 089 de 1999 del Consejo de Facultad, las asignaturas Seminario I y II con la intención de propiciar la participación de los estudiantes en actividades diferentes a la docencia y la investigación, además de facilitar la interdisciplinariedad. Para la aprobación de estos seminarios es necesario que los estudiantes certifiquen 30 y 40 horas respectivamente, de asistencia a eventos académicos.

2.5 Para considerar

Los procesos de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca dependen de las políticas trazadas para el cumplimiento de su Proyecto Educativo Institucional. La labor académica se distribuye entre docencia, investigación y proyección social; y a partir de ellas la Universidad se desarrolla. Como otras tantas universidades del país, prioriza sobremanera una docencia fragmentada en disciplinas y caracterizada principalmente por la transmisión de saberes que en su mayoría no produce (Universidad del Tolima, 2004). Este modelo masificante centrado fundamentalmente en la oralidad del docente resulta ineficiente. Como bien lo anota Ary Bustamante²⁴:

Uno puede sentarse varias horas a escuchar un violinista y no por ello significa que se aprenda a interpretar el violín. (Ent.2:Rel.19).

Existen tensiones al interior de cada una de las funciones. En la docencia por ejemplo, se refleja entre los hábitos de una docencia en pregrado distanciada de las problemáticas de la región y las innovaciones curriculares y didácticas que plantean la articulación con el entorno; entre pedagogías orientadas al desarrollo de habilidades técnicas y las que privilegian el pensamiento crítico. Esta tensión se incrementa en la medida en que ocurre el distanciamiento entre la enseñanza de la ingeniería y la pedagogía. El proceso de acreditación demanda nuevas estrategias pedagógicas centradas más en el aprendizaje, sin embargo, los docentes de ingeniería no cuentan con la formación necesaria para enfrentar esta situación. Tampoco se puede pensar que se soluciona con sólo cursos de pedagogía y

²⁴ Ingeniero Civil, en la actualidad Director del Instituto de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil. Comentario concedido durante entrevista en diciembre de 2006.

didáctica, puesto que los pedagogos desconocen igualmente las particularidades de los aprendizajes de la ingeniería. Se necesita un acercamiento entre estos saberes.

En la investigación surgen dilemas entre la profundización en las disciplinas y la atención a las problemáticas del contexto; se somete a la exigencia de las disciplinas pero también incursiona en el campo profesional. La reducida proyección social se observa de una parte como asistencia técnica o servicio social y de otra como interacción de saberes y culturas. También aparecen tensiones entre la docencia, la investigación y la proyección social (Hernández, 2002). Ante las débiles articulaciones, estos meristemas entran en competencia por espacios, tiempos y recursos, y agudizan la crisis de la institución.

Es muy importante el papel de la Universidad en la formación del talento humano que sea capaz de enfrentar las necesidades de las comunidades, las exigencias del vertiginoso desarrollo científico y tecnológico, así como las demandas en materia de producción, evaluación y socialización del conocimiento. Estas consideraciones exigen repensar el quehacer de la Universidad a fin de materializar las aspiraciones planteadas en el Proyecto Educativo Institucional.

Ante el interrogante formulado en esta parte del trayecto sobre en qué medida las prácticas curriculares desarrolladas por los docentes de ingeniería en la Universidad del Cauca responden a la proyección social, se puede decir que existe una gran debilidad. Desde el punto de vista de asignación de tiempo, como se puede apreciar en la Figura 2.1b, sólo el 3,52 % en promedio de la labor académica de los programas de ingeniería se destina para ella y no difiere mucho del promedio de la Universidad (4,1 %). De acuerdo con la información suministrada por los coordinadores de los programas de ingenierías, la mayor

posibilidad para la proyección social ocurre en los últimos semestres, así por ejemplo se observa en los proyectos de investigación de la FACA que muestran una mayor interacción directa con problemáticas del contexto regional. En el caso de la FIC, a partir de la modalidad de trabajo social como trabajo de grado se aspira a aportar en la solución de problemas de comunidades desde la perspectiva del Ingeniero Civil; otra oportunidad sucede a través de la prestación de asesorías que las comunidades solicitan, por ejemplo en el tema de prevención y atención de desastres. Para otros programas la proyección se plantea a través de las pasantías realizadas en empresas; en todos estos casos, la formación socio-humanística se limita a los cursos de humanidades y de ética, que desafortunadamente aparecen divorciados del interés profesional. En términos generales y con limitadas excepciones de los últimos semestres, el desarrollo de las clases en ingenierías en pregrado no consideran la posibilidad de interactuar con el contexto regional y se centran fundamentalmente en contenidos disciplinares.

Al vacío pedagógico en la formación de docentes de ingeniería se agrega la debilidad en la Proyección Social. Estos elementos constituyen una parte de los obstáculos que nos distancian de un estado deseado de formación y petrifican el ejercicio de la docencia como la gorgona Medusa. Previendo entonces el futuro desempeño de nuestros ingenieros en virtud su incidencia en el desarrollo de la región y del país, surge la preocupación por indagar sobre otros vacíos en la formación, puesto que tales falencias inciden en su futuro desempeño dentro del sector productivo, en la producción científica y en su participación cívica y cultural. Pero al mismo tiempo, se convierten en retos, en oportunidades para que los docentes de la Educación Superior investiguen y propongan alternativas para el giro en la educación que se anuncia en el nacimiento del siglo XXI:

...la estructura del conocimiento, impone un viraje en la forma de enseñarlo. La gran mutabilidad de los paradigmas vigentes lleva forzosamente a una reconsideración del estilo dogmático que predomina en la enseñanza de las universidades, centrado en los aprendizajes reproductivos y repetitivos, que tan sólo dan cuenta del status quo de la ciencia pero no de su dinámica... (Peña, 2000)

3. NUEVOS FRUTOS

Ante los vertiginosos cambios de diversa índole, científicos, tecnológicos, políticos, económicos y socio-culturales surge el interrogante por el mañana, por el futuro desempeño de nuestros ingenieros, por los retos que tendrán que enfrentar y si los procesos de formación estarán en correspondencia con tales necesidades. Colocar la mirada en el futuro significa navegar en el mar de la incertidumbre, mas no por ello se puede dejar de lado la tarea, como lo señala el profesor Vicente Albéniz (2006) al recordar las palabras de Ilya Prigogine: "No podemos predecir el futuro, pero podemos prepararlo". Algunas organizaciones como ACOFI, trazan propósitos y se plantean como meta la visión para el año 2020, en tanto que el Ministerio de Educación Nacional coloca la mirada en el año 2019 con motivo del bicentenario de la independencia. El propósito de este capítulo es identificar las diversas miradas que se aventuran a bosquejar escenarios, modos, retos y requerimientos, entre otros, de los aspectos a tener en cuenta para el desempeño deseado del ingeniero en un futuro próximo; y en consecuencia prever y realizar las transformaciones del caso en los procesos de formación para alcanzar las expectativas.

Como eje para organizar y exponer las ideas se elige el contexto, ubicando tres espacios:

- El local, en el que se incluye el trabajo del SEFIUC, las aspiraciones de las facultades de ingeniería y la prospectiva de la Universidad del Cauca.

- El nacional, que hace referencia al trabajo de otros grupos de investigación vinculados con la Educación en Ingeniería, la visión 2020 de ACOFI (2006) y las perspectivas sobre la Educación Superior en Colombia relacionadas con el tema.
- El internacional, conexo con las dinámicas de asociaciones internacionales de facultades de ingeniería se identifican posturas de las comunidades Europea, Norteamericana e Iberoamericana.

De esta manera con este capítulo se completa el panorama de los procesos de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca a través de la historia. El ayer, en el primer capítulo, el hoy, expuesto en el segundo, y el mañana, que a continuación se presenta.

3.1 En el contexto de la Universidad del Cauca

El proceso de identificación de las aspiraciones en términos de la formación de ingenieros en este contexto se realiza a su vez, mediante la exploración de tres espacios. Como punto de partida se toma la reflexión al interior del SEFIUC con la propuesta de “la clase nova”, luego se hace una síntesis de los planteamientos elaborados en las facultades y finalmente, los aportes de la prospectiva sistematizada por la administración universitaria.

3.1.1 La clase nova.- En la búsqueda del sentido de la formación de ingenieros en la Universidad surge la necesidad de establecer el horizonte, una meta o un punto de referencia hacia el cual orientar el trabajo del SEFIUC. Bajo esta condición, se indaga dentro del seminario por la clase ideal, “la clase nova”, como una aspiración para los programas de ingeniería desde la perspectiva de los docentes participantes. Los resultados del proceso

cubren dos aspectos; uno está relacionado con el imaginario deseado del docente, es decir con el ideal del profesional de la educación en ingeniería y el otro hace alusión a la dinámica de la clase¹.

En cuanto al primer aspecto, las características deseables del docente se agrupan en tres ámbitos, a saber:

1. El personal.- Identificarse como un buen ciudadano, responsable, distinguido por su ética y la justicia en sus decisiones. Con capacidad de reflexión y análisis sobre los acontecimientos cotidianos; con iniciativa y facultad para autocriticarse e interactuar con otros.
2. El intelectual.- Revelar dominio de la disciplina que orienta, lo que implica tanto conocer su historia, principios y limitaciones, como demostrar las habilidades que exige su puesta en práctica.
3. El pedagógico.- Evidenciar conocimientos, habilidades y recursividad en el desarrollo de la enseñanza y del aprendizaje, así como la capacidad para investigar sobre el proceso de formación y la disposición para trabajar en equipos interdisciplinarios.

En cuanto a la clase, se reflexiona primero sobre el quehacer del ingeniero, en busca de la coherencia entre el proceso de formación y el ejercicio del profesional. Se resalta en este sentido como una característica fundamental la elaboración de diseños y/o el desarrollo de soluciones ingenieriles a necesidades sociales, industriales y/o económicas. Para que esto sea posible en su formación, es necesario que el ingeniero aprenda a identificar y comprender los obstáculos relevantes y en función de ellos elabore el diseño más

¹ Fuente: Acta de la sesión del SEFIUC de fecha 30/01/2006.

conveniente. Algunos de esos obstáculos están relacionados con la disponibilidad de recursos, las limitaciones físicas y/o técnicas, la adecuación a la normatividad, la flexibilidad para futuras modificaciones, los costos, la factibilidad, las consecuencias ambientales, los servicios y demás consideraciones socioculturales. Como se aprecia, es amplia la gama de variables y por lo general ello implica la conformación de un equipo compuesto por profesionales de diversas disciplinas para atender la multidimensionalidad. Se propone entonces que la clase esté articulada con la complejidad del contexto y dé lugar al trabajo interdisciplinario a través de proyectos. Esto último constituye un paso para enfrentar a la Hidra disciplinar que ocurre ahora en la enseñanza, a través de propuestas que favorezcan la integración curricular.

3.1.2 Propuestas desde las facultades.- Como resultado de la revisión de los documentos enfocados a planes de mejoramiento de las facultades, de entrevistas y de la consulta de propuestas y trabajos de investigación realizados en la Universidad sobre el tema, se identifican en este apartado las iniciativas y aspiraciones en materia de la formación de ingenieros en la institución.

Facultad de Ingeniería Civil -FIC-

De acuerdo con la prospectiva consignada en el informe de autoevaluación del programa de ingeniería civil (FIC, 2002b), en virtud de la acelerada renovación tecnológica, advierte que es conveniente dividir el análisis de sus expectativas en tres aspectos fundamentales:

- La solución de problemas que demandará la sociedad (ver Anexo III-A), lo que a su vez requerirá integrar coherentemente la docencia, la investigación y la proyección social.

- La formulación de planes que permitan la dotación de equipos de medición y programas de computador.
- El desarrollo empresarial mediante el fortalecimiento de las relaciones con el sector público y privado, y del desarrollo de empresas de ingeniería, de tamaño relativamente grande, para atender macroproyectos de infraestructura con solvencia técnica, administrativa y económica. Eventualmente, podrían llevarse sus operaciones a países vecinos del Pacto Andino y Centroamérica.

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones -FIET-

En cuanto a la FIET, se toma como referente el modelo de proyecto educativo elaborado por el grupo que coordina el proceso de acreditación y los aportes del ingeniero Carlos Serrano obtenidos a través de una entrevista. El documento, al igual que el caso anterior, busca la integración de las actividades de docencia, investigación y proyección social en los programas de pregrado de esta facultad, básicamente orientada a formar profesionales competentes y comprometidos con el desarrollo económico y social de la región y del país, a través de la articulación de los programas con el entorno a nivel local, regional y nacional con el ánimo de generar alternativas de solución a los problemas sociales que se identifiquen en los diversos ámbitos (FIET, 2006).

La meta deseada es un profesional preocupado permanentemente por la búsqueda del saber, con visión de futuro de la disciplina, que sepa aprender a aprender, así como aprender a emprender/hacer/comunicar, de espíritu renovador y demandante de equidad social. Formado para el trabajo en equipo, comprometido con la solución de los complejos problemas de la sociedad relacionados con su profesión a través de la realización de

proyectos factibles que requieren modelar soluciones creativas, estimar resultados, tomar decisiones, asumir riesgos, acatar la normatividad existente y mostrar liderazgo.

Lo anterior exige la construcción de ambientes de aprendizaje en los que las actividades de docencia, investigación y proyección social de los programas se aborden de forma integral, mediante un modelo pedagógico que vincule activamente al estudiante a la investigación y a la práctica de su profesión. Esto sería posible si se adopta un “patrón participativo” basado en el planteamiento de problemas (actuales del entorno y de nuestras culturas) y en la búsqueda de soluciones (bajo el criterio de la máxima distribución social de satisfacción), que le permita al profesor, de una parte facilitar una formación conceptual, más profunda y duradera, y de otra, dedicarse a la discusión con los estudiantes y a participar con ellos en las investigaciones y en las actividades de proyección social programadas.

El incorporar la mayor cantidad posible de medios electrónicos para la enseñanza: simulación por computador, tele-educación, televisión educativa, televisión, redes telemáticas, sistemas de información, como extensiones del aula de clase, podría facilitar la disponibilidad de mayor tiempo del profesor para atender mejor las inquietudes particulares de los estudiantes. No se descarta la alternativa de recurrir a las clases magistrales con concurrencias numerosas para luego conformar pequeños grupos de discusión de problemas específicos que promuevan la participación activa del estudiante bajo esquemas flexibles que tengan en cuenta los intereses del individuo, de la institución y del mercado.

Para la FIET, según este documento, lo que se busca fundamentalmente es lograr que sus programas sean sinónimo de novedosas ideas y actitudes, acordes con la evolución de las exigencias sociales y los adelantos de la tecnología, para lo cual es imprescindible recobrar

la alegría de enseñar y la alegría de estudiar. En cuanto a la docencia, se aspira a que el profesor sea para el estudiante un guía, un orientador y un provocador hacia la ciencia y el conocimiento, que “desarrolle la pasión por aprender”, afirma Carlos Serrano². Con un alto grado de motivación, dominio del área de su especialización y de “herramientas pedagógicas”, capaz de interactuar con pares académicos de otros países, y comprometido en la construcción de marcos conceptuales claros. Debe tener la capacidad de identificar problemas y convertirlos en proyectos comunitarios y educativos que integren cada día más la Universidad con su entorno.

Una investigación con énfasis en lo público debería constituir el eje alrededor del cual se articulan todos los esfuerzos de la docencia y la proyección social de los programas; la “construcción de un proyecto de vida regional” (Serrano, 2005) que contribuya significativamente a elevar la calidad de vida de las comunidades. Sería una vía para rescatar lo público como objeto esencial de estudio y aportar a la felicidad individual y colectiva. Sólo a través de la investigación sería posible lograr que los estudiantes accedieran al conocimiento vivo y fértil.

La proyección social le facilitará a los programas aprehender el saber popular y validar socialmente el conocimiento que se adquiere en la Universidad, confrontándolo con la realidad del país y del mundo. Ello permitirá someter los modelos teóricos al exigente examen de la práctica y participar en los procesos de transformación social de una manera más comprometida. Debe constituirse en una forma concreta, eficaz y responsable de contribuir a la solución de problemas sociales y de la industria nacional, así como en la

² “Un buen maestro trabaja en opacidad, hace más esfuerzo en pensar que en explicar”. (Ent.1: Rel.17).

oportunidad de participar en las transformaciones necesarias que aspiran a calidades de vida más dignas y al desarrollo económico y social sostenible del país:

Hay que estudiar y formular alternativas a la red de actores y contribuir a los proyectos de vida regional. (Ent.1:Rel.39)

Como estrategia básica inicial se propone incluir en el plan curricular una asignatura que tenga como propósitos esenciales el enfrentar académicamente problemas del entorno, el vínculo del programa con los distintos sectores sociales y la realimentación a la comunidad académica de la experiencia adquirida. Adicionalmente, establecer que todos los Trabajos de Grado de sus estudiantes incluyan un estudio de las necesidades locales, regionales, nacionales e internacionales sobre la industria nacional respectiva.

El doctor Boris Plazas hace especial énfasis en que los ingenieros electrónicos, de telecomunicaciones e informática, deben tener una excelente formación que les permita “su supervivencia y progreso en las instituciones”, que sean líderes en las empresas. Una formación humanística en ética y relaciones humanas; en administración de recursos financieros, mercadeo, evaluación y administración de proyectos, planes de negocios y presentación de informes, entre otros. Se debe hacer un esfuerzo para cambiar la actitud de los estudiantes, que no vean estas materias como algo secundario y una pérdida de tiempo. Adicionalmente, es importante que la Facultad cuente con un programa de intercambio académico con reconocidas universidades del exterior, así como un programa de pasantías que le permita al estudiante conocer cómo es el trabajo en la industria (Plazas, 2007b).

Para el ingeniero Rafael Rengifo, actual decano de la FIET, “Formación, Investigación, Excelencia y Trascendencia” son los calificativos que han acompañado el devenir de la

facultad y el reto para mantenerse es muy grande y comprometedor. No se trata de “dormir sobre laureles”, por el contrario, hay que construir el futuro con los avances tecnológicos, el desarrollo científico y la investigación, ante el desafío por alcanzar el progreso y la convivencia pacífica (Rengifo, 2007).

Facultad de Ciencias Agropecuarias -FACA-

En el caso de la Facultad de Ciencias Agropecuarias se toma como referencia el trabajo de investigación de Hurtado y Villada (2004), sobre el sentido de la formación práctica en Ingeniería. Un planteamiento base de estos autores es la necesidad de una transformación curricular que le brinde a los programas la posibilidad de interlocutar con las necesidades de un mundo complejo mediante un proceso que implica la participación activa de los profesores. La complejidad constituye un reto que fija la atención en las interacciones de los elementos involucrados en la formación, en busca de la integración como vía para superar la fragmentación de saberes. Para estos autores se trata entonces de hacer un tránsito de la práctica instrumental al concepto más amplio de la práctica reflexiva, de la ingeniería centrada en la técnica a la ingeniería centrada en el diseño. Dicha cinética podría ser factible a partir de la educación para la incertidumbre sugerida por Morin (1999) y la práctica reflexiva propuesta por Schön (1998). De esta manera la formación no se limitaría “al saber hacer en contexto” sino consideraría un concepto más amplio que involucra comprender lo que se hace y la responsabilidad de las acciones en favor del bienestar humano.

Adicionalmente, el estudio de Hurtado y Villada (2004) cita el planteamiento de Diego Roldán (2001) relacionado con el futuro profesional de la Ingeniería Agroindustrial cuyas características son las siguientes:

- En cuanto a la calidad Humana.- Se exige alta formación ética, moral y humanística, con sentido de pertenencia por el país y la profesión. Con disposición para el trabajo en grupo, buena capacidad de gestión y distinguirse por ser un agente dinamizador de cambios.
- En cuanto a la capacidad cognitiva.- Se destaca la capacidad para identificar, plantear y solucionar problemas mediante el uso de los recursos disponibles en el marco de un desarrollo sostenible. Igualmente, la capacidad para investigar y divulgar el conocimiento, y la habilidad para formular, dirigir y evaluar proyectos de acuerdo a la normatividad existente.
- En cuanto a los contenidos.- Una visión amplia de las cadenas productivas, respaldada por sólidos conocimientos en ciencias básicas y aplicadas. Incluir temáticas sobre la realidad social, política y económica del entorno regional, nacional y mundial. Además, desarrollar destrezas para el uso de las TIC y el dominio de idiomas extranjeros.

3.1.3 La Universidad deseada.- Bajo este subtítulo aparecen consignadas las ideas de la prospección de la Universidad del Cauca para el año 2012, formulada durante la administración rectoral de Danilo Vivas Ramos (Universidad del Cauca, 2004) y que tiene como principales referentes la perspectiva de la cátedra UNESCO, de una parte, y de otra, los resultados de los talleres en los que participaron invitados de los sistemas administrativo, de investigaciones y de cultura y bienestar, así como de algunos grupos de investigación.

En primer lugar se plantea el papel de la universidad en la transformación responsable de las culturas a través de una educación de calidad que comprende no sólo una vasta gama de conocimientos, sino también una serie de actitudes y valores esenciales para la vida en sociedad, por lo que resulta de mayor trascendencia incrementar la capacidad del individuo para asumirse como sujeto, antes que adquirir sólo competencias que corren el riesgo de resultar pronto inútiles en el marco de la incertidumbre propiciada por los vertiginosos cambios.

En segundo lugar, sitúa al profesor como un estudioso incansable, tanto en la docencia como en la investigación, dispuesto a colaborar con sus estudiantes en la comprensión del mundo a través del proceso de enseñanza y de aprendizaje. Dicho proceso lo fundamenta en cuatro aspectos:

1. La preparación de la enseñanza, dentro de la que considera tanto los conocimientos de la disciplina que se enseña como los pedagógicos que la hacen enseñable.
2. La creación de ambientes de aprendizaje, referido al entorno en el que ocurre el proceso.
3. La enseñanza para el aprendizaje de todos los estudiantes, que incluye la evaluación para alcanzar logros en cuanto a la formación del espíritu crítico y creativo, la capacidad discursiva, argumentativa e investigativa, y el dominio de saberes transversales.
4. La reflexión sobre la propia práctica docente, necesaria para enriquecer el proceso.

En tercer lugar, teniendo presente la diversidad étnica y cultural de la nación colombiana invocada en la Constitución Nacional, la Universidad está llamada a superar la vocación de

reproductora del pensamiento occidental, a través de acciones que de una parte aporten a la valoración, el conocimiento y el fortalecimiento de la diversidad cultural propia, y por otra, contribuyan al sentido de lo colectivo, de la convivencia, de la interculturalidad, de la participación de nuestro destino y de la solidaridad, antes que someterse funcionalmente a las exigencias del mercado.

Y en cuarto lugar, se aspira a una Universidad donde docencia, investigación y proyección social se integren, se enriquezcan mutuamente y se apliquen en la búsqueda de soluciones a los problemas de la sociedad y de la nación, en favor del desarrollo humano sostenible.

Como se señala en el documento:

... una Universidad donde la innovación, la imaginación y la creatividad tengan su morada natural. (Universidad del Cauca, 2004:27)

Para ello es necesario mantener estrechas relaciones con el Estado, con el sector productivo y las comunidades, que permitan configurar proyectos sobre la sociedad futura en el ámbito regional y nacional, sin perder de vista las dinámicas del proceso de globalización y los aportes fruto de la participación activa en redes académicas internacionales.

3.2 En el contexto nacional

En este apartado se enuncian en primer lugar los trabajos de algunos grupos de investigación relacionados con la Educación en Ingeniería y reconocidos en el ámbito nacional, luego se hace una síntesis de la visión 2020 de ACOFI (2006) y posteriormente se

consignan planteamientos sobre la Educación Superior en Colombia concernientes con el tema.

3.2.1 Los grupos de investigación vinculados con la Educación en Ingeniería.-

Se referencia en esta parte los planteamientos de aquellos grupos de investigación que en lo que va de este siglo hacen sus aportes a la Educación en Ingeniería y que en algún momento han participado en los foros y/o reuniones de ACOFI.

En el Capítulo 2 ya se mencionó el trabajo del grupo de investigación en Educación de la Ingeniería EDUCING relacionado con la sistematización de las prácticas pedagógicas en Ingeniería. El grupo se registró en mayo de 2004 en COLCIENCIAS y está conformado por los ingenieros Jaime Salazar Contreras, Antonio Mejía, Julio César Cañón y Horacio Castellanos de la Universidad Nacional; por el profesor Vicente Albéniz Laclaustra de la Escuela Colombiana de Ingeniería y el ingeniero Eduardo Silva Sánchez por parte de ACOFI.

Las perspectivas planteadas por este grupo se orientan a la preparación e idoneidad de quienes tienen la responsabilidad de la docencia en ingeniería. Como hipótesis propone que una sólida preparación pedagógica, inscrita en un amplio bagaje cultural y conocimiento del entorno socioeconómico, podrá contribuir al objetivo de formar individuos capaces de aprender por sí mismos y de insertarse en el escenario mundial sin perder de vista las necesidades y carencias locales y nacionales. Al respecto en el informe de su investigación se afirma:

La calidad de los profesionales de ingeniería depende ciertamente de un número apreciable de variables que incluyen condiciones externas e influencia del

entorno tan variadas como el apoyo a los programas de soporte a la ciencia y la tecnología; las decisiones de inversión en proyectos de investigación e innovación tecnológica y las demandas específicas del mercado. No obstante, una condición interna de valor innegable para la formación de ingenieros competentes es la existencia de un ejercicio docente en permanente mejoramiento, con claros compromisos de actualización pedagógica y apoyada en un excelente conocimiento, tanto de las disciplinas específicas de ingeniería como de los saberes necesarios para educar y orientar en el más alto nivel. (Salazar et al., 2006:20)

El trabajo sugiere la realización de acciones inmediatas tales como:

- La formulación de un modelo de identificación, ponderación y divulgación de los logros de la actividad docente en los programas de formación de ingenieros a partir del intercambio de experiencias pedagógicas, que sirva de referente para la capacitación y actualización de los profesores y para el diseño de los procesos de selección de nuevos docentes.
- La inclusión de la dimensión pedagógica en los planes de mejoramiento de los programas de ingeniería mediante la organización y desarrollo de una cátedra nacional sobre pedagogía en ingeniería.
- El fortalecimiento y consolidación de la investigación en las áreas relacionadas con la educación en ingeniería.

El grupo de la Red Ingeniería XXI liderado por la Universidad de Los Andes, en el que participan los ingenieros Germán Hernández, Rafael Gómez, Tiberio Hernández, Freddy Vargas, Rocío Cardona y el doctor Mauricio Duque entre otros, orienta su trabajo fundamentalmente a promover el Aprendizaje Activo en Ingeniería -ALE-³ entendido según Duque y Gómez (2007) como aquel aprendizaje en el que el estudiante se involucra física e intelectualmente comunicando, argumentando, escuchando, presentando, buscando, leyendo, escribiendo, simulando, manipulando, construyendo, experimentando, reflexionando y proponiendo, por medio de la solución de problemas, el trabajo cooperativo, el estudio de

³ En Inglés *Active Learning in Engineering Education -ALE-*.

casos, el juego de roles, la experimentación, los proyectos, y muchas otras actividades en las que el estudiante debe aplicar aquello que se está aprendiendo⁴. El primer taller internacional de *ALE* se realizó en la Universidad de Los Andes de Venezuela en el año 2001.

Uno de los trabajos más representativos en *ALE* a nivel internacional, es el del doctor Hans Peter Christensen del *Centre for Engineering Educational Development, Technical University of Denmark -DTU-*, quien orientó sendos talleres en las ciudades de Medellín y Bogotá entre el 2005 y el 2006. En ellos se plantea que la formación del docente para la Educación en Ingeniería demanda la reflexión sobre tres cuestiones básicas: qué se aprende?; cómo se aprende? y cómo se enseña? (Christensen, 2005).

Para el estudio, el desarrollo y el intercambio de información, experiencias, resultados de investigaciones sobre la temática de la enseñanza de la ingeniería, se creó la Red Ingeniería XXI integrada por profesores interesados en la Educación en Ingeniería. Adicionalmente, entre los objetivos específicos de la red se citan:

- El compartir estrategias de evaluación, así como el promover la creación de protocolos de evaluación comparables.
- Dar visibilidad a quienes trabajan en estas temáticas
- Facilitar proyectos interinstitucionales y colaborativos.
- El Desarrollo colaborativo de talleres itinerantes sobre docencia en ingeniería.
- Promover eventos académicos nacionales e internacionales sobre el tema en el país.

⁴ Este planteamiento de acuerdo con los autores tiene como referencia el trabajo de Meyers, C. y Jones, T. En *Promoting Active Learning. Strategies for the College Classroom*, Jossey- Bass Inc., 1993.

- Divulgar internacionalmente las actividades que se realizan en Colombia en torno a la Educación en Ingeniería

El grupo RESPROM integrado por profesores de ciencias e ingenierías de la Universidad Industrial de Santander cuyo propósito es el de superar las metodologías tradicionales de enseñanza y aprendizaje mediante la resolución de problemas. En el registro de COLCIENCIAS figura creado en 1999 y escalafonado en categoría C. Su director es el doctor Claude André Adolphe Ewert y lo acompañan los ingenieros Dalton Moreno Girardot, Germán García Vera, Ricardo Alfonso Jaimes Rolón y Helena Arenas de Pulido. Entre sus proyectos figuran “Del sector productivo al aula: La resolución de problemas en el desarrollo de competencias para una nueva organización del trabajo” y “Desarrollo de competencias cognitivas y procedimentales en estudiantes de ciencias e ingenierías a través de la resolución de problemas”.

En una de sus publicaciones más recientes (Torregrosa *et al.*, 2005) en alianza con María Mercedes Callejas, se plantea que en los programas de formación en ciencias e ingenierías se hace necesario desarrollar propuestas integrales que favorezcan el dominio del saber, del saber hacer y del ser, que preparen para la innovación como una forma para enfrentar el vertiginoso ritmo de los cambios tecnológicos y posibiliten el ser sensibles frente a las dimensiones cultural y organizativa. Lo anterior es factible si se llevan al aula los complejos problemas que deben ser enfrentados por los profesionales, determinando inicialmente las competencias requeridas para abordarlos y permitiendo a los estudiantes vivir ambientes de participación e innovación con sus compañeros y con los docentes, en la perspectiva de la investigación acción.

La Comisión Pedagógica de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional, sede Medellín, es otro grupo de investigación y desarrollo en el tema. Por preocupación de los administradores de la Facultad de Minas, en el año de 1991 se conformó un grupo de docentes encargados de asesorar al consejo de la facultad. Esta iniciativa la retomó el decano de la facultad Farid Chejne junto con el vicedecano Carlos Mario Sierra en el año 2004, cuando nombra una nueva comisión integrada, inicialmente, por los docentes Jorge Orlando García, Gabriel Hernán Uribe Restrepo, Juan Fernando Ramírez Patiño y César Augusto Chávez Roldán.

En el año 2005 formuló el proyecto Sábado, en cuyo plan de acción plantea principalmente estrategias relacionadas con el tema del relevo generacional. Parte de ese proceso se realiza mediante el acompañamiento a los nuevos docentes que ingresaron a la sede después del año 2000. Para cumplir con este propósito se asigna a cada uno de ellos, tres docentes antiguos que guían el trabajo durante el año previo a su vinculación definitiva a la institución; adicionalmente, todos los lunes desde las 8 a.m. hasta las 12 m se brinda para todos los docentes de la sede, el llamado Diplomado Didáctica de Educación Superior. Sábado también plantea la realización de eventos pedagógicos como seminarios y conferencias, la recolección de bibliografía y un conversatorio semanal donde se comparten las experiencias en las aulas.

Otro proyecto del mismo grupo se titula Modelo de ambiente colaborativo de aprendizaje computarizado para el área de algoritmos y programación en ingeniería integrando la teoría del Aprendizaje Basado en Problemas -ABP-.

El grupo de investigación y desarrollo en Informática y Telecomunicaciones de la Universidad de Manizales coordinado por el ingeniero Omar Antonio Vega tiene como una de sus líneas

de investigación la socio-antropología de la Educación en Ingeniería. En particular se referencia el trabajo sobre Aprendizaje Basado en Problemas -ABP- e innovación curricular a través de proyectos como “La construcción participativa de un currículo basado en problemas para la formación por ciclos de tecnólogos e ingenieros de sistemas y telecomunicaciones” entre cuyos participantes figuran los ingenieros Carlos Betancourt Correa y Juan González Ocampo.

En el caso de la Universidad Tecnológica de Pereira se cita el grupo sobre la enseñanza de la investigación de operaciones -GEIO- constituido a partir del año 2005 con el propósito de desarrollar metodologías y aplicaciones para facilitar el aprendizaje de conceptos relacionados con la ingeniería industrial y de la ingeniería en general; y cuenta con la asesoría del ingeniero César Jaramillo. En esta misma universidad existe otro naciente grupo de estudio e investigación de Educación en Ingeniería como un espacio de encuentro entre docentes de los programas de ingeniería y de profesionales de la educación.

Finalmente se referencia el trabajo sobre Estilos de Aprendizaje y el indicador de Tipo *Myers-Briggs* realizado por el doctor Gustavo Bolaños de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad el Valle. En la intención de mejorar la docencia en Ingeniería, procurar el desarrollo de habilidades en la solución creativa de problemas con los estudiantes y realizar evaluaciones adecuadas, advierte sobre la diversidad de estilos de aprendizaje que se pueden presentar en un aula de clase, de allí que el esquema transmisionista sólo favorezca a una minoría.

3.2.2 La Perspectiva 2020 desde la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería -ACOFI- .-

Al observar los acelerados cambios que se producen en el contexto global, motivados en buena parte por el desarrollo científico y tecnológico, así como las presiones de los mercados y las demandas socioculturales, ACOFI invita a pensar en la formación de las nuevas generaciones de ingenieros que para el año 2020 deberán estar en capacidad de afrontar importantes retos y grandes desafíos, incluso aquellos que aún hoy se desconocen. Por tanto, las instituciones deben identificar e implementar las transformaciones pertinentes para ofrecer programas que motiven y satisfagan las expectativas de servicio a la humanidad de los jóvenes estudiantes de ingeniería (ACOFI, 2006).

En esta perspectiva se propuso para los foros del año 2006 y la XXVI Reunión Nacional, el tema "*Retos para la formación del ingeniero del año 2020*", desde los ámbitos de las estrategias curriculares, la formación pedagógica de los docentes y el perfil del ingeniero del año 2020. A continuación se presenta una síntesis de los planteamientos nacionales más importantes de este proceso tomando como referente la publicación que sobre el mismo hizo ACOFI en marzo de 2007⁵.

Estrategias curriculares

El trabajo coordinado por Rafael Capacho⁶ toma como punto de partida los siguientes axiomas de la Ingeniería:

- a. La ingeniería es de alta responsabilidad social.
- b. El lema de considerar la ingeniería como un "asunto de defensa nacional".
- c. La importancia de la ingeniería en la conservación del planeta Tierra.

⁵ Se trata de la Publicación "*El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación*" de ACOFI.

⁶ Profesor de la Universidad del Norte de Barranquilla.

La principal recomendación apunta a flexibilizar el desarrollo de los programas de pregrado, para lo que se sugiere la exploración, aplicación y evaluación de estructuras curriculares caracterizadas por ser interdisciplinarias por proyectos; problematizadoras o a través de la solución de problemas del mundo real; y en red o arborescentes, con una organización por asignaturas flexibles.

También propone que las estrategias curriculares que se adopten deben orientarse al desarrollo de las siguientes competencias características del Ingeniero 2020:

- La capacidad analítica y de síntesis, como base de los procesos de apropiación teórica, de abstracción y de diseño en ingeniería.
- La innovación apoyada con acciones de planificación, combinación y adaptación manifiesta en la capacidad para identificar los problemas y proponer soluciones factibles de ser tratadas a través de las teorías y prácticas de la ingeniería.
- La competencia comunicativa multilingüe aplicada a los contextos oral, escrito y gráfico. Se incluye la competencia informática para participar como sujeto activo en la nueva revolución tecnológica.
- El trabajo en equipo.
- El aprender a aprender a lo largo de la vida, para consolidar su autonomía intelectual y moral al servicio de la sociedad con sentido humanista.

Finalmente, la evaluación del proceso de formación se debe realizar mediante pruebas internas que garanticen el aprendizaje y, consecuentemente, la formación como ingeniero; igualmente, se han de considerar en la evaluación del proceso formativo la autoevaluación,

la coevaluación, la hetero-evaluación y la evaluación externa como un aporte a la acreditación.

Formación pedagógica

En esta parte se referencian los planteamientos del ingeniero Julio César Cañón⁷, al referirse a la importancia de la reflexión sobre el quehacer del profesor universitario. Afirma, que las condiciones para el ejercicio profesional de la docencia universitaria en el país son complejas, exigen una visión sistémica y detenida de todas las variables involucradas, a fin de que las propuestas de cambio pedagógico y didáctico tengan en cuenta el contexto para no caer en la adopción de “modelos románticos impracticables”. El docente, además de ser un actor principal en el proceso de enseñanza, está expuesto a múltiples demandas que no se pueden ignorar: La normatividad y el control de calidad provenientes del Gobierno, la calidad de vida y el desarrollo sostenible que demandan la familia y la sociedad, los compromisos (de docencia, investigación, extensión) planteados en la misión de las Instituciones de Educación Superior, la actualización permanente y la visión de la profesión, y el llamado a la apertura, la cooperación y la movilidad.

Adicionalmente, son diversas las motivaciones que pueden conducir a la decisión de asumir la responsabilidad de ser profesor universitario en nuestro medio: vocación pedagógica, consideraciones culturales, curiosidad, imagen social, respaldo para obtener apoyos financieros para estudios de postgrado y/o búsqueda de una oportunidad ante el desempleo profesional, entre otras.

⁷ Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Agrega, que no existe una política pública dirigida a la formación de profesores universitarios, pese a ser los responsables de atender las exigencias de aseguramiento de la calidad, los efectos de la ampliación de cobertura, así como de responder a la internacionalización, la virtualidad y el uso de nuevas tecnologías. La sociedad por su parte reclama del profesor universitario su aporte como orientador de la formación de nuevas generaciones de profesionales, de quienes se espera estén comprometidas con el mejoramiento de las condiciones generales de vida de la población, el respeto por el ambiente y un irreprochable sentido ético en el manejo de los recursos públicos.

Los profesores de los programas de ingeniería son profesionales con necesidades específicas de formación en pedagogía. Es necesario que las instituciones de Educación Superior establezcan espacios pedagógicos en cada Facultad o Escuela de ingeniería para propiciar el estudio de temas pedagógicos, con el apoyo de estudiantes y profesores de doctorados y maestrías en Educación; en particular para lo relacionado con la identificación y desarrollo de métodos para “aprender haciendo”. Si además se consideran las relaciones del profesor universitario con el poder, el conocimiento, la producción y la sociedad, es probable que las necesidades de formación pedagógica adquieran nuevas perspectivas y no puedan tomarse decisiones aisladas del contexto en el cual se desarrolla el compromiso docente. Se requiere el apoyo decidido de las autoridades educativas y del sector económico, de planes de cooperación interinstitucionales para el mutuo aprendizaje y sobre todo del reconocimiento social de la importancia estratégica de la formación integral de los docentes.

Es importante entonces tratar de cerrar la brecha y mejorar la interacción entre la Educación Superior y los sectores vinculados a la producción; ello incluye la capacidad de gestión del docente para aprovechar el conocimiento y la experiencia presentes en el entorno. De manera similar deben formularse propuestas para mejorar las relaciones con la escuela

básica y la educación media para mejorar el nivel académico de los estudiantes que llegan a los programas de ingeniería. Pese a toda la complejidad de la situación resulta imperativo iniciar acciones de mejoramiento y de formación docente, pues es posible que quienes están actualmente como estudiantes de los programas de ingeniería sean parte del cuerpo docente en ejercicio en 2020.

Perfil del ingeniero 2020

El trabajo coordinado por Ana María Restrepo⁸ propone la discusión acerca de tres aspectos:

- *La mentalidad innovadora y empresarial, generadora de oportunidades.*- Los futuros ingenieros deberán enfrentar cambios en el mercado laboral. La aparición y desaparición de oficios y profesiones. Nuevas estructuras de organización y gestión. Se desarrollarán nuevos conocimientos y otros serán obsoletos; algo similar sucederá con las competencias. Se incrementará el sector servicios y la demanda de analistas simbólicos (Albéniz, 2006). Se trata entonces de desarrollar la capacidad de innovar y llevar a cabo procesos que no sólo brinden la posibilidad de elevar los niveles de calidad desde el punto de vista económico, sino que además garanticen el desarrollo de una sociedad cada vez más humana y respetuosa del ser y de su entorno; por tanto, se exige una formación de profesionales que permita a estudiantes y docentes ser cada vez más conscientes de su realidad. Los docentes, por su parte, deberán reinventar su trabajo y dejar atrás modelos transmisionistas, para dar paso a nuevos modelos en los que los estudiantes comprendan, dominen y aporten a los conceptos científicos y tecnológicos a través de espacios que

⁸ Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad La Gran Colombia, seccional Armenia.

permitan desarrollar habilidades empresariales que promuevan la creatividad y la innovación, no sólo en los estudiantes, sino también en los profesores mismos.

Pero para formar la mentalidad emprendedora como parte de un currículo no basta con definir una serie de espacios académicos "en una malla curricular". Es necesario adelantar alianzas estratégicas con incubadoras de empresas y centros de investigación y desarrollo y además, que los programas conozcan de cerca los diferentes ejercicios de diagnóstico y prospectiva que se desarrollan en las regiones y que sirven de soporte para definir las áreas prioritarias de desarrollo nacional.

Se pueden promover jornadas en las cuales los empresarios tengan la posibilidad de socializar con los estudiantes sus proyectos de vida y de negocio, y que a su vez ellos conozcan las iniciativas empresariales de los estudiantes. Sin embargo, la solución no se reduce a traer a las aulas a los empresarios sino en formar seres humanos capaces de asumir riesgos en la solución de problemas sociales de las comunidades.

Otro aspecto importante es el definir y fortalecer los procesos de extensión social en las universidades, orientados no sólo a la realización de consultorías y asesorías, sino que paralelamente incentiven a la comunidad académica al desarrollo productivo y social de la sociedad en general.

- *La dimensión socio humanística en el ingeniero.*- Para destacar la importancia de esta dimensión resulta apropiada la cita que hace el profesor Vicente Albéniz (2006) del filósofo francés Auguste Comte en 1825 cuando se ocupó de la identidad de la ingeniería y de los ingenieros:

El establecimiento de la clase de ingenieros con sus propias características es de la mayor importancia, porque esta clase constituirá, sin duda, el instrumento de coalición directo y necesario entre los hombres de ciencia y los industriales por medio de los cuales solamente puede empezar el nuevo orden social.
(Comte citado por Albéniz, 2006:269)

La tecnología sin la intervención social deshumaniza la educación y, a nivel productivo, mecaniza al ser humano; por tanto, debe promoverse la participación social como agente regulador para que en efecto pueda emplearse como un medio para lograr el bienestar de la sociedad y no como un fin en sí misma. Este es el planteamiento central del enfoque educativo de los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS- (García *et al.*, 2001). Las propuestas más críticas de formación apuestan por dar más relevancia a la formación integral considerando que el ser humano es un ser social, independientemente de la profesión que ejerce. Se deben revisar los parámetros para calificar los proyectos de investigación y valorar aquellos que aporten soluciones a los graves problemas de miseria y hambre que afectan a gran parte de la población mundial.

La formación de docentes deberá considerar temas de psicología que permitan comprender y enfrentar aquellas situaciones en las que los jóvenes manifiestan problemas de tipo familiar, de aprendizaje y socio afectivos, durante las clases. Conviene tener en cuenta que el estudiante será más joven, menos analítico y más sintético; pragmático, inmediatista y multicultural; con gran interés por lo tecnológico, lo audiovisual y lo interactivo; con nuevos valores, distintos de los tradicionales (Albéniz, 2006).

- *El papel del ingeniero frente a las tecnologías emergentes.-* La tecnología es una de las variables clave para el desarrollo económico. La competitividad de las empresas depende en buena parte de la tecnología incorporada en sus procesos

productivos (Restrepo⁹, 2006).

Es necesario apoyar el desarrollo de habilidades y capacidades que permitan al docente y al estudiante alcanzar la cultura del autoaprendizaje a partir de una sólida fundamentación en las ciencias básicas y de la ingeniería. Así mismo, se requieren espacios de cualificación docente que brinden a los profesores la posibilidad de acceder los servicios de las TIC y de incrementar su participación en redes internacionales en beneficio de los procesos de enseñanza y aprendizaje y de la vida profesional en general.

El escenario que les espera a los futuros profesionales en Ingeniería es complejo, en continua transformación cultural de ideas y creencias, y con un alto crecimiento demográfico. Se desempeñarán en contextos presionados por la globalización y la competitividad, que a la vez buscarán procesos de integración regional y que demandarán tanto la construcción de nuevas identidades como una distribución más equitativa de la riqueza. Interactuarán con tramas sociales con agudos problemas de alimentación, polución, disponibilidad de fuentes de agua potable y de sostenibilidad ambiental (Albéniz, 2006). Deberán ser ingenieros capaces de modernizar los sistemas productivos y enfrentar los retos que plantean los nuevos paradigmas de la competitividad, lo que demandará una alta movilidad en su vida profesional.

La dimensión principal de estos nuevos ingenieros puede resumirse diciendo que deben ser seres humanos cualificados, capaces de diseñar, crear y mantener sistemas productivos sustentados en elementos altamente innovadores y diferenciadores para competir nacional e internacionalmente.

⁹ Profesor de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

Se solicita de las instituciones educativas y de los formadores mismos, claridad y fortaleza en la acción para responder a los retos que plantea la formación de las jóvenes generaciones universitarias. La síntesis elaborada por el profesor Albéniz (2006) a partir de los procesos liderados por ACOFI durante el año 2006, enmarca la previsión de acciones para la Educación Superior en dos ámbitos, el Institucional y el Curricular, destacando:

En el ámbito institucional, la necesidad de que las sociedades de profesionales (de ingenieros en este caso), así como de empresarios, participen en los procesos de acreditación. Resulta conveniente la articulación entre niveles educativos, así como el fortalecimiento de las relaciones Universidad-Empresa-Estado. La interacción con los egresados como una importante fuente de evaluación y promoción de los programas; y la gestión de recursos para la adecuación de la infraestructura física y administrativa de las instituciones para la formación de ingenieros.

En el ámbito curricular, el centro del proceso de formación es el estudiante, considerando que cambia de una a otra generación y por tanto los procesos de formación también deben ser dinámicos. Se plantea el imperativo de emprender esfuerzos hacia una formación interdisciplinaria y flexible que proporcione sólidos conocimientos en matemáticas y ciencias naturales, así como el desarrollo de habilidades comunicativas y para la comprensión de los desarrollos socioculturales, económicos y filosóficos, entre otros. Es necesario promover el diálogo entre las ingenierías y las humanidades con especial énfasis en la formación ética. La formación debe considerar nuevos contextos de aprendizaje, el uso reflexivo de las TIC, al igual que las nuevas formas de evaluación. Se debe repensar la duración de los estudios y las posibilidades de movilidad internacional de estudiantes, profesores, investigadores y administradores.

3.2.3 La visión 2019.- El Ministerio de Educación Nacional -MEN- por su parte, coloca la mirada en el año 2019 con motivo del Bicentenario de la Independencia. Establece las competencias (básicas, ciudadanas y laborales) en todos los niveles de la educación como eje transversal del sistema educativo (Botero, 2006).

La visión Colombia 2019 tiene como objetivos centrales: una economía que garantice mayor nivel de bienestar, mediante el desarrollo de un modelo empresarial competitivo con fundamento en el avance científico y tecnológico; una sociedad más igualitaria y solidaria, que demanda el cierre de las brechas sociales y regionales con el ideal de una cultura ciudadana para la convivencia responsable; y un Estado de servicio al ciudadano a partir de la descentralización y los mejores sistemas de información (Botero, 2006).

Tales objetivos inducen a la Sociedad Colombiana de Ingenieros a reflexionar sobre el papel de la ingeniería colombiana, orientándola a lo que Villegas¹⁰ (2006) denomina una “Ingeniería Social” a través de la cual la participación en la actualización de la Infraestructura, debe hacerse en consonancia con el componente social del Plan 2019, esto es, con:

Eficiencia, productividad, contratación equitativa, un alto componente en la generación de empleo, erradicación de cualquier asomo de corrupción y el cumplimiento estricto del código de ética hoy adoptado como norma legal.
(Villegas, 2006:6)

¹⁰ Se trata del pronunciamiento de Álvaro Villegas Moreno, presidente de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros, durante la inauguración del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería realizado en Medellín en el año 2006.

Como estrategia central se plantea un sistema educativo basado en la formación de competencias, donde se fijen estándares para cada nivel desde preescolar hasta superior, acompañado con un sistema de evaluación que de una parte garantice la comparabilidad de los resultados entre los diferentes niveles educativos, y de otra, que esté referenciado internacionalmente. Además, consolidar un modelo de financiación desde la demanda; ampliar la educación virtual y la formación por ciclos.

Las acciones se orientan a: mejorar la coordinación entre la oferta académica y la demanda profesional; ampliar la oferta de programas por ciclos propedéuticos y doctorados en Ingenierías; disminuir la deserción de estudiantes; un mayor uso de las nuevas tecnologías así como de metodologías flexibles; y aumentar la participación de los programas de ingeniería relacionados con la vocación productiva de la región.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior -SNIES- la cobertura a nivel nacional prácticamente se ha duplicado en la última década, como ocurrió en la Universidad del Cauca. El número de programas en servicio de pregrado en ingeniería a nivel nacional es de 868 hasta el año 2006. De ellos, el 60,6 % cuenta con el registro calificado y el 14,7 % tienen acreditación de calidad, y los egresados constituyen el 19,4 % del total de los profesionales del país.

Para Botero (2006), la recuperación de la economía colombiana se refleja en el incremento de la inversión privada en el país, y en virtud de ello, los sectores de mayor demanda de profesionales en ingeniería son:

- El Transporte.- mediante la inversión en carreteras y su articulación con la red férrea, en sistemas integrados de transporte masivo y en la modernización de puertos y aeropuertos.
- Las Telecomunicaciones.- con la adaptación del marco normativo de acuerdo con el TLC, el avance hacia la sociedad de la información con las TIC a través de la masificación de la banda ancha, y la organización de la televisión pública sostenible con tecnología digital.
- El Energético y la Minería.- con la creación de incentivos para una eficiente retribución al uso de activos de distribución de energía eléctrica y ampliar la cobertura del servicio, la competencia de biocombustibles, la apertura de Ecopetrol y el fortalecimiento del marco normativo para atraer inversionistas al sector minero.

Las metas se plantean en términos de los indicadores de cobertura, matrícula y deserción, de la siguiente manera:

- pasar de una cobertura del 24,6 % en el año 2005 al 50 % en el 2019;
- promover un cambio en la composición de la matrícula en ingeniería, de manera que la formación de técnicos y tecnólogos del 25 % frente a la de ingenieros del 75 % en el año 2003, pase a ser del 60 % y 40 %, respectivamente;
- disminuir la tasa de deserción del 50 % en el 2003 al 25 % en el 2019;
- lograr que el 100 % de programas tengan registro calificado, se incrementen los puntajes en los ECAES y que el 100 % de profesores tenga como mínimo título de maestría.
- que el 30 % de profesores tenga doctorado, el 50 % desempeñándose como investigadores, y que el 20 % de los ingresos de las universidades provengan de las actividades de investigación, a lo que contribuye la consolidación de 20 centros de investigación de excelencia.

- Implementar un sistema de servicio social obligatorio en funcionamiento, un sistema de formación continua y de recertificación de ingenieros en ejercicio.
- El reconocimiento internacional del sistema de acreditación y la movilidad académica.

3.2.4 Otras visiones académicas sobre la Educación Superior.- C. A. Hernández

(2002) en “Universidad y Excelencia” plantea que existen tres referentes fundamentales para la decisión sobre las orientaciones básicas de la Educación Superior. En primer lugar, considerar la Universidad como un espacio de apropiación y construcción de conocimientos significativos. En segundo lugar, la Universidad construye imágenes de la vida social que configuran la conciencia de las personas como miembros de una colectividad que están en libertad de tomar decisiones y que deben, por lo tanto, asumir responsabilidades. Y en tercer lugar, la cultura académica debe servir para incrementar la conciencia que la sociedad como un todo tiene sobre sí misma, sobre su identidad y su destino. Tales planteamientos conducen a pensar que la universidad no forma sólo trabajadores competentes, sino que tiene un compromiso con la formación de ciudadanos responsables. Si bien existen áreas donde predominan las decisiones técnicas, también existen áreas en las que los ideales son sometidos a la interpretación y se constituyen en un campo de debate. La cultura académica aporta elementos para tales discusiones y conocimientos válidos para construir consensos para resolver problemas sociales prioritarios cuya complejidad debe ser asumida, pero también contribuye a los ideales de formación y al proyecto de sociedad que se quiera alcanzar.

En cuanto a formación.- Un primer propósito de la formación académica universitaria debe ser la autonomía del ciudadano, preparado para identificar las causas y prever las

consecuencias de sus acciones y por tanto, ser capaz de tomar decisiones y responder por ellas. Ahora, la universidad no es el único espacio de formación pero si el más determinante, de allí que se debe establecer la relación con aquellos lugares en los cuales ocurren experiencias que aportan significativamente a la misma. La formación entonces no puede reducirse a aprender conceptos, sino que además transforma las relaciones de la persona con su entorno físico y social.

Un segundo propósito es el aprender a pensar críticamente como un elemento que prepara para enfrentar la incesante innovación. Los pensadores críticos son personas orientadas hacia el futuro, dispuestos a la transformación, emiten juicios ante las distintas posibilidades de desarrollo de las problemáticas que abordan (Hernández, 2002). Adicionalmente, son capaces de cuestionar sus propios puntos de vista y establecer los límites de sus planteamientos. Según G. Misas (2004) los trabajos de control de rutinas cada vez más son reemplazados por máquinas, ahora se requiere de profesionales con capacidades creativas para identificar y resolver problemas. Se trata entonces de superar la docencia repetitiva semestre tras semestre y de formar “analistas simbólicos” que se caracterizan por su capacidad de abstracción, un pensamiento sistémico no reduccionista, la habilidad para la experimentación y el trabajo en equipo.

En tercer lugar se aspira a la formación integral en la que además de las teorías, conceptos, métodos, estrategias y destrezas propias de una disciplina o profesión se incluya lo ético, lo práctico, lo estético. Es necesario tener en cuenta que cada día surgen nuevas teorías, técnicas, métodos de análisis y productos que demandan de la enseñanza el trazar límites y hacer énfasis en núcleos fundamentales de los saberes que le permitan al estudiante y al

egresado continuar el aprendizaje por sí mismo de acuerdo con la evolución de la disciplina y/o profesión.

Finalmente, se hace necesaria la construcción de una visión de futuro (Misas, 2004) que permita movilizar a los diferentes actores sociales hacia un proyecto nacional de sociedad deseada. La definición de un propósito que le permita a la Educación Superior orientar sus esfuerzos y consolidar programas de formación e investigación que se consideren estratégicos para alcanzar las metas deseadas en servicios básicos, seguridad agroalimentaria, infraestructura física, nivel de productividad y gobernabilidad.

En cuanto a calidad.- Si bien resulta complejo hablar de calidad de la Educación Superior, el mismo autor señala que es posible emitir juicios respecto a puntos básicos sobre el desempeño de una universidad tales como: el cumplimiento de las normas, la formación del cuerpo docente, la coherencia entre los propósitos formulados y las acciones, la pertinencia reflejada en la interacción con el contexto, el ambiente de cooperación institucional, la infraestructura que le permita el cumplimiento de las diversas tareas y el liderazgo de la dirección para formular de manera participativa el plan de desarrollo de la institución.

3.3 En el contexto internacional

Resulta pertinente indagar acerca del ejercicio de la ingeniería y los procesos de formación de estos profesionales que se adelantan en el contexto internacional, para enriquecer los referentes, tanto los concernientes a la toma de decisiones sobre las propuestas formativas, como los relativos a la organización de las instituciones educativas.

Como referencias de este apartado figuran los planteamientos de diversas asociaciones internacionales de enseñanza de la ingeniería tales como la Sociedad Europea para la Formación en Ingeniería -SEFI-, la *National Academy of Engineering* -NAE- de EE.UU y la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería -ASIBEI-.¹¹

3.3.1 Comunidad Europea.- El proceso de integración que experimenta el continente europeo condujo a las naciones a pensar sobre la movilidad de los profesionales y con ello, la necesidad de poner en práctica estándares y directrices para el ejercicio con calidad de las profesiones. Es así como en mayo de 1998, los ministros encargados de la Educación Superior de Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido suscribieron en París la Declaración de la Sorbona, instando al desarrollo de un Espacio Europeo de la Educación Superior – EEES-. Un año más tarde, los ministros encargados de la Educación Superior de 29 países europeos celebraron una conferencia en Bolonia que sentó las bases para conseguir el EEES en el 2010. La Declaración de Bolonia tiene por objetivos adoptar un sistema fácilmente legible y comparable de titulaciones; establecer un sistema internacional de créditos; promover la movilidad de estudiantes, profesores e investigadores, así como la cooperación europea para garantizar la calidad de la Educación Superior. Los ministros de 32 países se volvieron a reunir en Praga en 2001, en Berlín en 2003 y en Bergen (Noruega) en mayo de 2005.

¹¹ Como fuentes de información se emplearon algunas publicaciones de estas asociaciones, se consultaron los portales y memorias de Reuniones de ACOFI.

Según Soeiro¹² (2005), la anterior dinámica condujo en el campo de la Educación en Ingeniería a la creación de Redes Temáticas como la Educación Superior en Ingeniería en Europa (1998-2001); el fortalecimiento de la Educación de la Ingeniería en Europa (2001-2004) y la Enseñanza e Investigación en Ingeniería en Europa¹³ -*TREE*- (2004-2006).

Como resultado de los estudios se plantea la necesidad de efectuar una variedad de transformaciones que van desde pequeños cambios hasta profundas reformas educativas de acuerdo con las estructuras de cada país. Los planes de estudio y programas quedan sujetos a dudas e incertidumbres para “la competición” en el espacio europeo. Se demandan cambios del paradigma de enseñar al de aprender, la definición de competencias y habilidades, al igual que la elaboración de instrumentos para la evaluación de la calidad.

Se propone que el aprendizaje sea a lo largo de la vida (*Life Long Learning -LLL-*); de aquí deriva la discusión por los diversos proveedores de educación continua y de los tipos de cursos, la normatividad y mecanismos para garantizar su calidad, el reconocimiento de estudios previos antes de la titulación en caso de movilidad de estudiantes, la demostración y validez de los correspondientes resultados de aprendizaje y en general la estructura apropiada para la acreditación. Adicionalmente, varias universidades participan de *ALE*, tal como ocurrió en el *Franklin W. Olin College of Engineering* de Boston, en donde se inició desde el año 2002 la formación de una nueva generación de ingenieros, que además de incluir los conocimientos de matemáticas, ciencias y tecnología agrega otros tales como liderazgo, capacidad de comunicación, emprendimiento y capacidad de autoaprendizaje. En

¹² Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Porto, Portugal y expresidente de SEFI.

¹³ De esta última surgieron las líneas de investigación *Tuning, Education and Research, Enhancing the Attractiveness of EE y Sustainability*.

la metodología se aplican enfoques alternos como el "*do-learn*" en el que los estudiantes tienen que diseñar dispositivos no triviales sin haber adquirido previamente todos los conocimientos necesarios. El proceso también incluye trabajos de refuerzo y nivelación para los estudiantes con dificultades en el rendimiento. De otra parte, la DTU en Dinamarca cuenta con una organización de comunidades de aprendizaje para la formación de docentes en Ingeniería a través de un proceso de 250 horas. Otros casos significativos son los programas de Ingeniería Aeroespacial de *Delft University of Technology* en Holanda, y de *Chalmers University of Technology* en Suecia, entre otras.

3.3.2 Comunidad Norteamericana.- Para la NAE, la preocupación radica en que los estudiantes de ingeniería de hoy no son educados para satisfacer las exigencias de lo que será el ingeniero del año 2020 y que, sin reenfocar y reformar la educación del estudiante, aprendiendo de la experiencia, la preeminencia de Norteamérica en la ingeniería podría perderse (NAE, 2005). El Proyecto Ingeniero de 2020 comprende dos partes; la primera relacionada con el desarrollo de una visión para la ingeniería y el trabajo del ingeniero para el año 2020, cuyo informe se publicó en el 2004. La segunda parte, examina la Educación en Ingeniería y se pregunta por lo que se necesita hacer para enriquecer la formación de los ingenieros que ejercerán en el 2020.

El doctor José B. Cruz¹⁴ sostiene que la actividad en la ingeniería sigue la tendencia de la globalización, y en este sentido, considera como uno de los retos para los programas de formación en ingeniería el contar con la acreditación internacional. Los países que no tengan

¹⁴ Profesor de la Universidad del Estado de Ohio, miembro del Comité "Ingeniero del 2020" de la Academia Nacional de Ingeniería -NAE-. Información obtenida del panel internacional realizado en el marco de XXVI Reunión Nacional de ACOFI en la ciudad de Cartagena en el año 2006.

este tipo de acuerdos pueden estar en desventaja ante las presiones del mercado global. Los gobiernos les corresponde asumir el compromiso de desarrollar sistemas de acreditación basados en resultados. De igual forma, deberá estrecharse el trabajo conjunto con la industria, en la acreditación. La sociedad deberá participar en la valoración de la Educación Superior e incentivar la financiación de una buena Educación en Ingeniería.

La iniciativa anima a conformar planes de estudio en ingeniería para el 2020, sensibles a los estilos de aprendizaje de las diferentes poblaciones de estudiantes y atractivos para todos aquellos que buscan una educación polifacética que les prepare para ser creativos, tener vidas productivas y posiciones de dirección. Por eso el diseñar, construir y probar debe enseñarse desde el primer año. En este sentido se referencian las experiencias en el *Massachusetts Institute of Technology* –MIT- sobre el curso de diseño “*2009 Product Engineering Processes*” de Woodie Flowers y las de Ari Epstein relacionadas con el diseño de experimentos para exhibir en museos científicos interactivos. Se desea que los ingenieros norteamericanos sean “líderes en el uso del ingenio a favor de un desarrollo económico sustentable”, aspecto en el que se tendrán que hacer importantes ajustes ante las grandes cantidades de desechos y de consumo de energía de la comunidad norteamericana, razón por la que se empieza a cuestionar lo que hoy acontece en las instituciones educativas.

Es menester reconocer que en un mundo globalizado se requiere de una amplia interacción social, por lo que se demanda de los profesionales buenas habilidades comunicativas, capacidad para el trabajo en equipo y aprender a participar en alianzas interinstitucionales e internacionales. De otra parte, los retos de la ingeniería son cada día más complejos, lo que exige creatividad y soluciones innovadoras. A su vez, la complejidad reclama el conocimiento y el acercamiento de diferentes disciplinas en el marco de los diversos ámbitos culturales; tal

es el caso por ejemplo de los desarrollos en biotecnología que abren espacio para la ingeniería genética y molecular. Algo similar ocurre con el campo de los materiales, se desarrollarán materiales inteligentes, estructuras que tienen la capacidad de memoria y respuesta pronta (a desplazamientos, a cambios de temperatura y explosiones, entre otros casos), textiles inteligentes de respuesta térmica según el clima, cerámicas de mayor temperatura refractaria y constante dieléctrica, biocompatibles para implantes; fibras ópticas, visores y sensores, entre muchos otros.

La *National Science Foundation -NSF-* plantea la convergencia tecnológica como una opción para mejorar la actividad humana. Se trata de la integración y sinergia de cuatro tecnologías que tienen puntos de encuentro a nivel de la nano-escala y que están progresando en rápidas proporciones. Son ellas la nanociencia y la nanotecnología; la biotecnología y la biomedicina incluyendo la ingeniería genética; la informática y las telecomunicaciones; y la ciencia cognoscitiva, incluyendo la neurociencia. Tal convergencia tecnológica se representa con la sigla -NBIC- y ocurre a partir de las estructuras básicas de átomos, moléculas, genes, bits y neuronas. Los desarrollos prometen mejorar las vidas humanas de muchas maneras, para lo que se hace necesaria la reordenación de los límites disciplinarios tradicionales. Así se podrá comprender de otra manera el mundo natural, la sociedad y la investigación científica como los sistemas complejos, jerárquicos estrechamente relacionados (Roco y Bainbridge, 2002).

Pero también el ingeniero 2020 enfrentará situaciones difíciles. Por ejemplo, tres cuartos de la población norteamericana residirá en áreas con el aire contaminado; California necesitará 40 % más de capacidad eléctrica, 40 % más de gasolina, y 20 % más de gas natural que en el año 2000. El 50 % del bosque original que cubre el mundo habrá desaparecido. Cerca de

48 países se enfrentarán a la escasez de agua dulce en 2025. Algo similar ocurrirá con los alimentos y los combustibles. Habrá inestabilidad política si la inequidad en la distribución de estos recursos continúa.

Se aspira a que las personas del 2020 aprecien los aportes de la ingeniería a los sistemas socio-culturales, así como las diversas oportunidades para estudiar e interactuar con otras profesiones en un mundo complejo y de cambiantes desafíos.

Los acelerados cambios de los desarrollos científicos y tecnológicos exigirán del ingeniero ser flexible, dinámico y persistente en los proyectos, con un sentido de urgencia constante, que le permita avanzar al ritmo de las necesidades de la sociedad en su momento. En este sentido, deberá ser poseedor de una grande y respetuosa sensibilidad ante las necesidades de la humanidad. El ingeniero debe saber a qué cultura se orienta su trabajo en un determinado momento: europea, asiática, estadounidense o latina, entre otras. De igual forma, y de cara a la sociedad, al ingeniero se le exigirá ser íntegro y honesto, en un marco del mutuo respeto y de consonancia con la diversidad cultural.

Adicionalmente José Luis Zayas Castro,¹⁵ señala que en la actualidad se observa una “*explosión informática*”, en el sentido de la cantidad de conocimiento al que se tiene acceso día a día a través de los sistemas computacionales. Al respecto Charles Vest, presidente del MIT afirma:

¹⁵ Director del Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas Gerenciales de la Universidad del Sur de la Florida (EE.UU.)

Explosive advances in knowledge, instrumentation, communication, and computational capabilities create a mind-boggling playing field for the next generation.

. . . As we think about the many challenges ahead, it is important to remember that students are driven by passion, curiosity, engagement, and dreams. . . Despite our best efforts to plan their education, to a large extent we simply help to wind them up, and then step back to watch the amazing they do. (Vest, 2005:161)

De igual forma, la revolución cognitiva, la innovación continua y la exigencia del aprendizaje permanente son tendencias que muestran continuo crecimiento. Surgen entonces iniciativas en la búsqueda de nuevos escenarios para la formación tal como “*The Learning Factory*” que promueve el aprendizaje activo en alianza con la industria (Zayas, 2006).

Las universidades deben apoyar la investigación en Educación en Ingeniería como una actividad importante para las facultades en el propósito de mejorar el aprendizaje, para entender cómo los estudiantes aprenden, identificar las estrategias pedagógicas que más les interesa y disminuir la deserción.

3.3.3 Comunidad de Iberoamérica.- La Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanzas de la Ingeniería -ASIBEI- se fundó en 1997 en Madrid (España) tras la convocatoria del I Encuentro Iberoamericano de directivos de enseñanzas de la ingeniería (ASIBEI, 1997). La organización integrada por doce países, busca fortalecer el desarrollo de los programas de ingeniería promoviendo la cooperación y el intercambio entre las instituciones de educación superior que ofrecen programas de Ingeniería. Igualmente, estimula la búsqueda y generación del conocimiento relacionado con la enseñanza de la ingeniería y apoya las actividades de acreditación y reconocimiento internacional de títulos con base en el establecimiento de los contenidos mínimos.

Para Jaime Salazar,¹⁶ el ingeniero debe asumir el reto de promover el desarrollo tecnológico local con el fin de disminuir la inequidad entre las regiones, en especial en las latinoamericanas. El mundo del 2020, además de la crisis de los recursos naturales, deberá afrontar la solución de los problemas de la contaminación del aire, el agua y los suelos, por lo que en los diseños se deberán incorporar las tecnologías limpias.

La propuesta de formación en competencias requiere considerar dos aspectos. Primero, un conjunto común para toda la ingeniería, "sin importar el apellido", y otro de especificidades que faciliten los ajustes a la diversidad tanto de las características de cada región como de los intereses de las comunidades educativas donde se forme el ingeniero.

Para alcanzar el desempeño deseado es necesario primero formar a los profesores a través de procesos que les permitan transformar las prácticas transmisionistas que se presentan de manera generalizada. Además del conocimiento de los fundamentos de las ciencias de la ingeniería, se deberá contar con un enfoque sistémico y multidisciplinario, articulado con el contexto en el que se ejerce la profesión (su economía, historia, ambiente, necesidades sociales, servicios, usuarios y clientes). Como se ha mencionado anteriormente, la formación debe facilitar el desarrollo de habilidades para la comunicación escrita, oral, gráfica y de escucha; las habilidades referidas a las actitudes profesionales y sociales, en lo técnico, en la producción, la toma de decisiones, el trabajo compartido y el compromiso social; así como las referidas a la búsqueda de soluciones novedosas y la capacidad para analizar críticamente su trabajo.

¹⁶ Jaime Salazar, Secretario Ejecutivo de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería -ASIBEI- en el año 2006.

Se demanda que la universidad se mantenga como conciencia crítica de la sociedad y asuma el papel como ente sustantivo para plantear las soluciones a los problemas básicos de las comunidades de su entorno. Por tanto se espera que el gobierno propicie todos los elementos necesarios para que esto sea posible, es decir, que se privilegie el beneficio social sobre el beneficio económico, pese a las constantes amenazas del mercado.

Se hace indispensable crear una Escuela de Formación de Profesores de Ingeniería, acorde con los sistemas de acreditación y así poder contar con los formadores de esos futuros ingenieros y con el reconocimiento social de la profesión de profesor.

Como se observa en términos globales, las comunidades internacionales comparten intereses y expectativas similares en la formación de ingenieros. La diferencia radica en que tanto en Europa como en Norteamérica ya empezaron a realizar significativas inversiones y cuentan con experiencias desde finales del siglo pasado. ACOFI, por su parte desde hace más de una década viene colocando el tema en discusión. Ahora le corresponde al Estado y a las universidades formular propuestas institucionales más concretas de acuerdo con sus contextos de formación.

3.4 Para considerar

El sistema de Educación Superior en Colombia, fruto de la demanda por la cobertura, experimenta una expansión desde las dos últimas décadas. Surgieron profesiones y especializaciones que antes no se conocían; algunas, producto de los desarrollos científicos y tecnológicos y otras orientadas al manejo y la protección del ambiente. No ocurrió de igual

manera con los presupuestos y ante la restricción en los recursos se incrementó la competencia entre las Instituciones de la Educación Superior -IES- y con ella la necesidad de hablar de calidad y acreditación. Si bien se hizo un esfuerzo por atender la demanda educativa, las dinámicas de la sociedad y de la economía exigen día a día nuevas características de los profesionales. De esta manera a la Educación Superior le corresponde enfrentar el desafío de educar a las personas de una manera diferente a la que hoy en día se practica. Prepararlas para que en el futuro inmediato, ellas posean las habilidades y actitudes adecuadas para enfrentar y resolver las nuevas situaciones producto de los acelerados cambios. Sin embargo, para hacerlo posible es necesario pensar en los formadores de estos nuevos ingenieros. Para educar en Ingeniería no basta con saber de Ingeniería. Se aspira a una educación diferente a la que hasta el momento se ha brindado, pero aún no existen políticas claras sobre formación de docentes en ingeniería. Muy bien lo advierte el ingeniero Jaime Salazar que para superar los retos del ingeniero 2020 es imprescindible la formación de estos docentes que conozcan de pedagogía, de los desarrollos en ingeniería y con habilidades para leer y participar en los diferentes contextos.

Las universidades juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de las regiones y naciones ante el panorama de un mundo cada vez más globalizado y en el que los sistemas productivos están en permanente transformación. Esta política trae como consecuencia la competitividad de las empresas basada en la aplicación del conocimiento producto de la investigación y el aprovechamiento de la innovación gestada por el talento humano en diversos lugares. Los países y las instituciones compiten en dicho ambiente global, y las universidades no están ajenas a este proceso.

Repensar entonces el Ingeniero del siglo XXI, implica poner en consideración la armonía y coherencia entre tres elementos importantes de su formación: las potencialidades y retos de los escenarios para su acción profesional, las habilidades y actitudes necesarias para su buen desempeño social y las propuestas educativas que lo hagan posible.

Los grandes desafíos de la humanidad se convierten en retos para la ingeniería, tales como el desarrollo sostenible, el crecimiento demográfico, el abastecimiento alimenticio, la seguridad social y el progreso científico y tecnológico, entre otros (Albéniz, 2006). Estos generan nuevos campos de participación para los ingenieros: en administración y gerencia de negocios, en medicina y política pública, como algunos de los más relevantes; en todos ellos con una alta responsabilidad social del ejercicio de la profesión.

Aunque existen necesidades en el mercado que demandan ciertas competencias, las dinámicas del desarrollo social e industrial de las naciones exige cada vez más profesionales capaces de innovar, de otear los problemas y proponer soluciones creativas en equipos de trabajo, incluso de construir el conocimiento que fuese necesario para enfrentar aquellas situaciones problemáticas inciertas para las cuales inicialmente no fueron preparados. Como lo señala el profesor Albéniz (2006), al citar a Ortega y Gasset, en el caso de la práctica profesional de la ingeniería, y por lo tanto de la correspondiente formación, “la previsión resulta imprescindible”:

Vean pues los ingenieros cómo para ser ingeniero no basta con ser ingeniero. Mientras se están ocupando en su faena particular, la historia les quita el suelo de debajo de los pies. Es preciso estar alerta y salir del propio oficio: otear bien el paisaje de la vida que es siempre total. (Ortega y Gasset citado por Albéniz, 2006:268)

Quedan de esta manera expuestos los presupuestos respecto a los retos que debe enfrentar el ingeniero en un futuro próximo, las características deseadas en su desempeño, así como las iniciativas y aspiraciones educativas. Conviene entonces preguntarse sobre ¿cuáles serían las transformaciones pertinentes a promover en los procesos de formación de ingenieros en la Universidad el Cauca, teniendo en cuenta que en tales procesos es necesario considerar la formación de docentes en ingeniería y que sean factibles desde su práctica? A ello se aspira en el capítulo siguiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAC. (2005). *Historia de la ACAC*. En página Web: <http://www.acac.org.co/home/>. Consultada en 20/02/2007.
- ACOFI. (2003). *La dimensión social en las Facultades de Ingeniería*. XXIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería en Cartagena de Indias. Opciones gráficas editores Ltda. Bogotá.
- _____. (2006). *El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación*. Opciones Gráficas Editores Ltda. Bogotá. 2007.
- Albéniz, V. (2006). *Síntesis de los trabajos del año 2006*. En: El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación. Capítulo 3. Foro Final. ACOFI. Opciones Gráficas Editores Ltda. Bogotá. 2007. pp. 267-274.
- Arboleda, J. (1992). *Manuel María Mosquera Wallis. Notas de su vida*. Instituto de Investigaciones Históricas José María Arboleda. Universidad del Cauca. Popayán.
- Arroyo, S. (1926). *Los festejos de la inauguración*. En: Popayán Revista Histórica y Científica. Año X, número 132. Popayán. pp. 197-200.
- ASIBEI. (1997). *Acta de Fundación*. En página Web: <http://www.asibei.org/principal.htm>. Consultada en 27/04/2007.
- Bateman, A. (1972). *Páginas para la Historia de la Ingeniería Colombiana*. Editorial Nelly, Bogotá. pp. 61-80.
- Botero, J. (2006). *Sistema de Educación Superior dentro de la Visión 2019*. Conferencia en la XXVI Reunión Nacional de ACOFI. Cartagena.
- Castrillón, D. (1979). *Tomás Cipriano de Mosquera*. Litografía Arco. Bogotá. p. 149.
- _____. (1994). *Muros de Bronce*. Segunda Edición, Impresora Feriva S.A. Cali, 2007. pp.157-159.
- Cheshire, R. (1996). *Cheshire's Telex Stories*. En página Web: cheshirecatalyst.co/telex.html. Consultada en 08/02/2007.
- Christensen, H. (2005). *Learning Lab DTU: Teacher Training for Professional Competence*. Technical University of Denmark. Taller orientado en Medellín, Colombia.
- COLCIENCIAS. (2004). *Convocatoria Nacional para presentación de proyectos de Investigación. Formación de Técnicos, Tecnólogos e Ingenieros*. Bogotá, Colombia.
- Corchuelo, M. (2002). *El seminario de Investigación: Mente colectiva para abordar lo problémico*. Documento de trabajo del grupo SEPA. Universidad del Cauca. pp. 2-3.
- Corchuelo, M. Catebiel, V. y Castro, G. (2006). *La Formación Social y Humanística del Ingeniero en la Universidad del Cauca*. En: Retos en la formación del Ingeniero para el año 2020. XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI, Bogotá. pp. 299-302.

- Decreto 182 (1906). Por el que se reglamenta la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional. En Diario Oficial N°12576 Año XLII, Bogotá. pp. 163-164.
- Decreto 792 (2001) Por el que se establecen estándares de calidad en programas académicos de pregrado en ingeniería. ACOFI – ICFES. Arpo Editores e impresores Ltda. Bogotá, 2002.
- Departamento de Telemática. (2006). *Programa de Maestría en Ingeniería, Área Ingeniería Telemática*. Universidad del Cauca, Popayán. pp. 5-8.
- Díaz, C. et al. (2006). *Situación de la Educación Preescolar, Básica, Media y Superior en Colombia*. Casa Editorial del Tiempo, Corporación Región, Fundación Corona, Fundación Antonio Restrepo Barco, Plan Internacional y UNICEF. Bogotá D.C. pp. 180-193.
- Duque, M. y Gómez, R. (2007). *Aprendizaje activo: mitos y realidades*. Conferencia en el segundo Foro de ACOFI – 2007. Universidad de Medellín.
- Ejército Nacional de Colombia. *Reseña histórica de la Escuela de Comunicaciones*. En página Web: <http://www.ejercito.mil.co/index.php?idcategoria=93>. Consultada en 06/02/2007.
- Escobar, C. (2002). *Historia de las Telecomunicaciones en Colombia*. En página Web: http://usuarios.lycos.es/redestelco/historia/historia_col.html. Consultada en 24/01/2007.
- Fernández, O. (1991). *Universidad del Cauca más de 160 años de Historia*. Serie Hacia un Nuevo Modelo. Documento 1. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 28-47.
- FIC. (2000a). *Informe de Autoevaluación del Programa de Ingeniería Civil*. Capítulo 4 Aspectos Académicos y Curriculares. Universidad el Cauca. Popayán.
- _____. (2002b). *Informe de Autoevaluación del Programa de Ingeniería Civil*. Capítulo 5 Prospectiva. Universidad del Cauca. Popayán.
- FIET. (2006). *Proceso de Acreditación de la FIET. Modelo de Proyecto Educativo de un Programa*. Universidad del Cauca, Popayán.
- García E. M. et al. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Cuadernos de Iberoamérica. Organización de Estados Iberoamericanos OEI. Madrid. p.23.
- García M, G. (1967). *Cien años de Soledad*. Bogotá: Editorial Norma S.A., 1996.
- Gil, D. et al. (2005). *¿Cómo Promover el Interés por la Cultura Científica?* OREALC/UNESCO Santiago, Chile.
- Gómez, L. (2006). *El Ingeniero que Colombia necesita*. En: Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Año 2006 “La Interconexión de Colombia con el Mundo”. Medellín, 2006. Disponible en Página web: <http://www.sci.org.co>. Consultada en 05/02/2007.
- González, V. y Valencia, A. (2003). *Ley Páez en el norte del Cauca, Colombia, y su influencia sobre la comunidad de Villarrica*. En: Revista científica Guillermo de Ockham. Vol. 6 (2). Julio-diciembre de 2003. Universidad de San Buenaventura. Cali. pp. 89-99.
- Hernández, C. (2002). *Universidad y Excelencia*. En: Educación Superior – Sociedad e investigación. COLCIENCIAS- ASCUN, Bogotá pp. 25-39.

- Hoyos, G. y Vargas G. (1996) *La teoría de la acción comunicativa como nuevo paradigma de investigación en ciencias sociales: las ciencias de la discusión*. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES. ARFO Editores e Impresores Ltda. Bogotá, Colombia.
- Hurtado, D. y Villada, H. (2004). *El Sentido de la Formación Práctica en Ingeniería: Una mirada etnográfica desde la Agroindustria*. Editorial Universidad del Cauca, Popayán. pp. 47, 113-121.
- ICFES. (2001). *Estándares mínimos de calidad para la creación y funcionamiento de programas universitarios de pregrado*. Serie Calidad de la Educación Superior N° 1 pp. 26.
- Kemmis, S. (1986). *El curriculum: más allá de la teoría de la reproducción* Tercera edición. Ediciones Morata. Madrid. Reimpresión 1998.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (1987). *Cómo planificar la investigación acción*. Alertes, S.A. Ediciones. Barcelona.
- Kuhn, T.S. (1996). *La estructura de las revoluciones científicas*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Kuratomi, G. y Téllez, F. (2007). *Iniciación de las Actividades de Investigación en la FIET*. En: Revista Pulsos. Vol. 9 Sello Editorial Universidad del Cauca. Popayán. pp. 17 -21.
- Ley 30. (1992). Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. Ministerio de Educación Nacional. Bogotá, Colombia. Artículos: 1, 2, 3,6, 28 y 120.
- Lundgren, U. (1992). *Teoría del Curriculum y Escolarización*. Ediciones Morata, S.A. Madrid.
- Martín, M. y González, J. (2002). *Reflexiones sobre la Educación Tecnológica desde el Enfoque CTS*. En Revista Iberoamericana de Educación. N° 28 OEI, pp. 17-59.
- Mejía, C. (2005). *Ferrocarriles colombianos en el siglo XIX. Inicio de una mentalidad moderna y tecnológica en el país*. En: Biblioteca Virtual del Banco de la República. En página Web: www.lablaa.org/blaavirtual/biografias/reyerafa.htm Consultado en 17/01/2007.
- Mejía, M. (2006). *Educación(es) en la(s) Globalización(es) I. Entre el pensamiento único y la nueva crítica*. Ediciones desde abajo. Bogotá, D.C. pp. 26-39
- MINCOMUNICACIONES. (2006). *Antecedentes*.
En página web: <http://www.mincomunicaciones.gov.co/>. Consultada en 20/01/2007.
- MINTRANSPORTE. (2006). *Historia del Ministerio*.
En pag, Web www.mintransporte.gov.co/Ministerio/historia.htm. Consultada en 24/01/2007.
- Miñana, C. (2000). *Interdisciplinariedad y Currículo*. Un Estado del Arte. En: Interdisciplinariedad y currículo: construcción de proyectos escuela-universidad. Memorias del V Seminario Internacional. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 1-48.
- Misas, G. (2004). *La Educación Superior en Colombia*. Análisis y estrategias para su desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 38-41.
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios de la Educación del Futuro*. Cooperativa Editorial del Magisterio. Bogotá. 2001. pp. 83-94.

- NAE. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. En página Web: <http://www.nap.edu/catalog/11338.html>. Consultada en 07/10/2005.
- Obregón, D. (1992). *Sociedades Científicas en Colombia*. La invención de una tradición 1859 – 1936. Banco de la República. Bogotá D.C. pp. 105-107 y 115.
- OEI (2003). *OEI*. Información en página Web <http://www.oei.es/catedractsi.htm>.
- Ortega, A. (1923). *Ferrocarriles Colombianos*. Biblioteca de Historia Nacional. Vol XXVI Cap. XXIII pp. 451-514.
- Pajoy, D. (2007). *Discurso en el lanzamiento de la revista Pulsos*. Abril 19 de 2007. Universidad del Cauca. Popayán. p. 1-2
- Peña, L. (2000). *La revolución de la universidad como una consecuencia de su misión científica*. Conferencia X. Seminario Permanente de Universidad. Padre A. Borrero, Versión 21, ICFES, Melgar, junio 2000.
- Petrosky, H. (2002). *El Ingeniero Civil. En su 150 aniversario*. En: *American Scientist*, Vol. 90, Marzo-Abril 2002, Traducción de Alejandro Durán Herrera y Salvador Villalobos Chapa. pp. 118-122.
- Plazas, B. (2007a). *Misión: FIET. Historia 1960–1964*. En: *Revista Pulsos*. Vol. 9 Sello Editorial Universidad del Cauca. Popayán. pp. 4-11.
- _____. (2007b). *Discurso en el relanzamiento de la Revista Pulsos* Vol. 9 el día 19 de abril de 2007. Universidad del Cauca. Popayán.
- Poveda, G. (1993a). *Ingeniería e Historia de las Técnicas (1)*. Colección Historia Social de la Ciencia en Colombia. Tomo IV. COLCIENCIAS. Bogotá pp. 55-122.
- _____. (1993b). *Ingeniería e Historia de las Técnicas (2)*. Colección Historia Social de la Ciencia en Colombia. Tomo V. COLCIENCIAS. Bogotá pp.85-166 y 263.
- Presidencia. (2006). *Presidencia de la República de Colombia*. Historia. En página Web: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/historia/index.htm consultada en 24/01/2007.
- Pulido, I. (2002). *Evolución del marco jurídico en el sector de las telecomunicaciones*. Facultad de Ciencias Jurídicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. pp. 55-130.
- Rendón, A. (2006). *Celebración de los 30 del Grupo de Ingeniería Telemática. Homenaje a los Fundadores*. Discurso pronunciado el 20/11/2006 en el Paraninfo de la Universidad del Cauca.
- _____. (2007). *Grupo de Ingeniería Telemática, 30 años*. En: *Revista Pulsos*. Vol. 9 Sello Editorial Universidad del Cauca. Popayán. pp. 22 -26.
- Rengifo, R. (2007). *Discurso en el relanzamiento de la Revista Pulsos* Vol. 9 el día 19 de abril de 2007. Universidad del Cauca. Popayán.
- Rengifo, C. et al. (2003). *Estándares de Calidad. Ingeniería en Automática Industrial*. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 7-15.

- República de Colombia. (1991). *Constitución Política de 1991*. Artículo 67.
- Restrepo, F. (2006). *Perspectivas de las Facultades de Ingeniería hacia el Futuro*. En: El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación. ACOFI. Opciones Gráficas Editores Ltda. Bogotá. 2007. pp.15-17.
- Restrepo, B. (2000). *Una Variante Pedagógica de la Investigación - Acción Educativa*. OEI -Revista Iberoamericana de Educación. En página Web: <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/370Restrepo.PDF>. Consultada en 05/03/2005.
- Roco, M. y Bainbridge, W. Eds. (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology And Cognitive Science*. NSF/DOC-sponsored report. Virginia. pp. ix, 20-22. En página Web: <http://www.technology.gov/reports/2002/NBIC/Part1.pdf>. Consultada en 09/04/2007.
- Roldán, D. (2001). *El perfil y la formación profesional en Ciencias Agropecuarias y a fines: un reto para Colombia en los próximos veinte años*. Grupo Agro Futuro. Bogotá.
- Saavedra, J. (1919). *Ferrocarril del Pacífico*. Carvajal y Cía. Cali pp.15-19.
- Safford, F. (1977). *Aspectos del siglo XIX en Colombia*. Ediciones Hombre Nuevo. Medellín, Colombia. pp. 122-123.
- Salazar, J. et al. (2006). *Informe Técnico Final. Proyecto de Investigación Sistematización de Experiencias Pedagógicas en Ingeniería*. Grupo EDUCING. Universidad Nacional, Colciencias y ACOFI, Bogotá. Disponible en página Web: <http://www.acofi.edu.co>. Consultada en 26/03/2007.
- Salazar, J y Silva, E. (1995). *Actualización y Modernización curricular en los programas de Ingeniería en Colombia*. En: Conferencia mundial sobre educación en Ingeniería ACOFI 1996.
- Salcedo, F. (2002). *Colombia: Historia de la conexión de Uniandes a Internet*. En: Pioneros Internet. La historia por sus protagonistas. Publicado en enero 12 de 2007. En página web: <http://interred.wordpress.com>. Consultada en 17/03/2007.
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Editorial Paidós. Barcelona. pp. 45-73.
- Serrano, C. (2005). *Modelo Integral para la Formación del Profesional en Ingeniería*. Editorial Universidad del Cauca. Popayán. pp. 133-140.
- Soeiro, A. (2005). *Higher Education and Engineering Education in Europe*. V Encuentro Iberoamericano de ASIBEI. México. En: <http://www.anfei.org.mx>. Consultada en 09/04/2007.
- Stamato, V. (1994). *La cronología de los hechos que hacen Historia*. En Historia de una Travesía. Cuarenta años de la Televisión en Colombia. INRAVISIÓN. Editorial Presencia. pp. 20-38.
- Stenhouse L. (1987). *La investigación como base de la enseñanza*. Ediciones Morata. Reimpresión 1.998. Madrid.
- Torregrosa, J. et al. (2005). *Desarrollo de Competencias en Ciencias e Ingenierías: Hacia una enseñanza problematizada*. Compilación de Maria Mercedes Callejas. Cooperativa Editorial Magisterio, Bogotá. pp. 107-110.
- Universidad del Cauca. (1902–1912). *Libro de actas del Consejo Directivo*.

- _____. (1918). *Acuerdo 42*. 12 de Noviembre. Por el que se otorga el título de Ingeniero Civil.
- _____. (1963). *Resolución 127 del 13 de diciembre*. Por la cual se fija la fecha y hora de entrega de los primeros diplomas de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.
- _____. (1997). *Documento previo al Proyecto Educativo Institucional*. Popayán.
- _____. (1998). *Acuerdo 068*. Por el cual se reglamenta el Sistema de Investigaciones. Popayán.
- _____. (2004). *Prospectiva de la Universidad del Cauca al año 2012*. Taller Editorial de la Universidad del Cauca. Popayán. pp. 25-27.
- Universidad del Tolima. (2004). *Proyecto de Construcción Social de la Universidad Regional*. En web http://www.ut.edu.co/universidad/construccion/Proyecto_construccion_social.pdf Consultado en 19/03/2005.
- Valencia, G. (1926). *Discurso en la Estación del Ferrocarril*. En: Popayán Revista Histórica y Científica. Número 132 Popayán. pp. 169-181.
- Vest, Ch. (2005). *Educating Engineers for 2020 and Beyond*. En: *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. pp. 161-162. En página Web: <http://www.nap.edu/catalog/11338.html>. Consultada en 07/10/2005.
- Villegas, A. (2006). *Discurso durante la inauguración del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería*. Medellín, año 2006.
- Zayas, J. (2006). *The Learning Factory. Aprendizaje Activo en Alianza con la Industria*. En: El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación. ACOFI. Opciones Gráficas Editores Ltda. Bogotá. 2007. pp. 214-222.

SEGUNDA PARTE

LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA: VACÍOS Y ALTERNATIVAS.

4. BRECHA Y GIRO: SOMBRA Y LUZ.

La información recopilada y organizada hasta el momento, le permite al lector elaborar una idea sobre los procesos de formación de ingenieros en la Universidad el Cauca. Ahora, este capítulo aborda dos situaciones. En primer lugar, se acude al denominado *Gap* de análisis para identificar el vacío o la brecha que pueda existir entre lo que actualmente se realiza, recopilado en el Capítulo 2, y las aspiraciones expuestas en el Capítulo 3; esto con la intención de formular una propuesta que permita suplir tal vacancia y reducir la distancia entre estos dos estados. El término *Gap* se relaciona con planteamientos de Kemmis (1986) y de Stenhouse (1987), al referirse a la barrera que le corresponde enfrentar al docente y al sistema educativo en general para superar el “pozo de potencial” en que los ha dispuesto la teoría técnica instrumental del currículo. Confinamiento que entre otras cosas dificulta que el docente reflexione e investigue sobre su propia práctica, diseñe y elabore propuestas curriculares más pertinentes. Para la presentación de este análisis se elige la metáfora de una puesta en escena, en la que se caracterizan: la trama, los escenarios, los actores entre

los que se incluye al director, los libretos y el laboratorio escénico donde se preparan los actores para desempeñar su papel ante la sociedad.

En segundo lugar, una vez establecida la brecha se propone la necesidad de promover un Giro Educativo siguiendo el estilo del Giro Copernicano, como una alternativa para reorientar el proceso de formación de ingenieros hacia el norte planteado por las expectativas. Se considera que dicho Giro puede posibilitarse si se sostiene en tres elementos claves: el fortalecimiento de la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación y la Innovación. Los tres elementos se articulan en la dinámica de un colectivo que actúa como un equipo de aprendizaje; se presentan como necesarios e interdependientes, guardando el cuidado de no colocarlos como ídolos para que su entramado no se convierta en un absurdo según la advertencia de Horkheimer (1946).

4.1 La Brecha

4.1.1 Sobre el concepto.- Se entiende por brecha en este caso, el distanciamiento que ocurre entre las ideas y aspiraciones educativas relativas al caso de la formación de ingenieros de una parte, y las prácticas curriculares que se desarrollan en la actualidad. En este sentido se toman como referencia los planteamientos de Kemmis (1986) al enfatizar el *curriculum* como un tipo de “puente” entre los principios y prácticas educativas de un lado, y del otro, la prueba de las propuestas curriculares y de las teorías educativas en la práctica. De esta manera el mismo autor señala que “el problema central del currículo es el vacío existente entre nuestras ideas y aspiraciones y los intentos por hacerlas operativas”; y agrega que la problemática permanente se fundamenta en el *Gap* existente entre las ideas y

la práctica curricular. De otra parte, Stenhouse (1987) de manera similar sostiene que el problema del *curriculum* formulado es el de relacionar ideas con realidades, el de vincular el *curriculum* planteado en el papel con el que se realiza en el aula de clase. Por tal razón, este autor plantea el *curriculum* como una hipótesis, como una propuesta específica de contenidos y métodos, factible de enseñar y aprender, que se negocia y evalúa con los estudiantes, es decir que el aula se convierte en el laboratorio donde profesores y estudiantes someten a prueba la hipótesis.

Desde esta perspectiva crítica e investigativa, se entiende que la dinámica de una institución educativa se caracteriza por procesos de construcción colectiva, en los que planeación, acción, reflexión e investigación están íntimamente articuladas. Lo que se formula entonces en principio son propuestas curriculares (Corchuelo et al, 2006) que dependen de las potencialidades, limitaciones y esquemas de pensamiento de directivos, profesores, estudiantes, acudientes y demás personas de una comunidad. Como construcciones colectivas ameritan la identificación de consensos y disensos, mediante la exploración de las ideas y aspiraciones de los participantes a través de la práctica. Una propuesta curricular puede ser la oportunidad para gestar cambios en el interior de las instituciones educativas siempre y cuando esté mediada por la crítica, la investigación y la creatividad; de otra forma puede ser un instrumento para el mantenimiento del orden establecido. La intención es que una propuesta curricular se convierta en un elemento de transformación del trabajo escolar y de las relaciones sociales en la institución educativa.

Con base en los anteriores argumentos se gestaron los proyectos de investigación que tuve la oportunidad de coordinar y desarrollar en el periodo 2004–2007, titulados “Propuesta curricular para la formación de ingenieros desde el enfoque CTS+I en la Universidad del

Cauca” y “Propuesta curricular para el desarrollo de la pedagogía de la investigación en ciencias con enfoque en estudios CTS+I para la educación media”. De igual importancia y en la misma perspectiva se desarrolla en la actualidad el proyecto “Conformación de una red de aprendizaje con enfoque CTS+I para la educación media”. Todos estos proyectos fueron cofinanciados por COLCIENCIAS, la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca y la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-. A la experiencia acumulada en estas investigaciones y que nutre los argumentos expuestos en el presente texto se agregan los aportes de los proyectos “La Lógica y los procesos científico-tecnológicos como referentes para la Enseñanza de las Ciencias desde la Síntesis de Alúmina” (2003-2004) y “Obtención de Alúmina a partir de Caolín como alternativa para la fabricación de cerámicos avanzados: una reflexión sobre la formación de talento humano” dirigidos por el doctor Jorge E. Rodríguez del Grupo de Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos -CYTEMAC- que condujeron a detener la mirada de los participantes en las arcillas y la población de alfareros de la región. Las contribuciones de estos trabajos se comentan en el Capítulo 5.

Al hablar entonces de procesos de transformación resulta de especial interés el concepto *Gap* planteado por Kemmis. La razón es que permite plantear la posibilidad de identificar la brecha entre el estado deseado y el estado actual del proceso de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca. Al indagar sobre este concepto, se identifica el análisis del *Gap* como una metodología o procedimiento empleado en la administración para establecer el estado actual de una situación y el estado ideal deseado de esa misma dentro una organización. En la tecnología de información, el análisis del *Gap* es el estudio de las diferencias entre dos sistemas de información diferentes, empleado con frecuencia para determinar cómo pasar de un estado a otro nuevo. La brecha (*Gap*) se define como "el espacio entre donde estamos y donde queremos estar". El análisis de la brecha es el medio

para acortar aquel espacio mediante la formulación de una propuesta que permita la transición de uno a otro estado.

Los resultados de la metodología permiten considerarla como una herramienta para los encargados de las organizaciones a decidir sobre estrategias de mercadeo mediante la formulación de objetivos específicos, medibles, factibles y realistas. El análisis permite definir una meta reconocida que proporciona sentido para todas las funciones de una organización, ayuda a motivar a las personas y equipos de trabajo para alcanzar un objetivo común y le permite a la institución contar con un plan de acción (Marketing Teacher, 2000).

Su uso no se restringe sólo a la administración, también se reporta por ejemplo su empleo en investigaciones de intervención psicoterapéutica con grupos de niños y sus padres (Asebey, 2001)¹. La anterior investigación fue un referente para Asebey (2001), en el desarrollo de dos experiencias, una con niños en Querétaro (México) y otra con adolescentes en Sucre (Bolivia), que constituyen una evidencia en la que a través del *Gap* y la Investigación Acción -IA-, ocurre una intervención transformadora en las relaciones familiares, en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, en las relaciones sociales entre compañeros y en la comunidad en general. Su investigación con los adolescentes surgió al observar las grandes carencias económicas y afectivas, los desafíos y los riesgos que estos enfrentaban ante los cambios demográficos y sociales suscitados por las políticas de ajuste entre 1985 y 1987 con la instauración del modelo neoliberal en Bolivia. El trabajo demostró

¹ El origen se ubica en los años setenta con el trabajo de los psicoanalistas mexicanos Marco A. Dupont y Adela Jinich de Wasongarz, quienes buscaron optimizar y abreviar el procedimiento psicoanalítico empleado hasta entonces en el tratamiento individual de niños con problemas emocionales. Ellos emprendieron una investigación clínica, conjugando la práctica con grupos humanos (niños y padres) y las reflexiones teóricas en relación al desarrollo bio-psicosocial del ser humano y sus alteraciones. El proceso mostró que la problemática de los niños estaba vinculada con las vivencias infantiles de los padres y se repetían en sus hijos. Tras la intervención, los padres fueron vistos como factores del cambio terapéutico de la salud de sus hijos, no solamente como agentes patologizantes. Ellos aprendieron a manejar su angustia y ya no les fue necesario proyectarla en el hijo.

que en el campo de la salud, los problemas psicosociales de los adolescentes son más evidentes que los biológicos (altos índices de suicidios, homicidios, depresiones, fracasos escolares y laborales, embarazos tempranos, abortos inducidos, pandillerismo, drogadicción, alcoholismo, fuga del hogar y accidentes).

Superar la brecha entre el estado inicial de agresión y el de construcción de proyectos de vida comunitaria exigió la conformación de un equipo interdisciplinario, interinstitucional e intersectorial (médicos, psiquiatras, enfermeras, psicólogos, pedagogos, trabajadoras sociales, comunicadores y educadoras); fue necesario vincular a las familias, a la comunidad y a los sectores del gobierno. La evaluación del trabajo con los adolescentes mostró cambios a favor de la capacidad para pensar, reflexionar y expresar sus propias opiniones, la mayor capacidad para plantear preguntas y responderse entre ellos mismos, la posibilidad de hablar con más libertad sobre temas que anteriormente los avergonzaban, la solidaridad y compañerismo entre ellos, el fortalecimiento de la autoimagen, la capacidad para tomar decisiones y mantenerlas, la Identificación de potencialidades y la planificación de proyectos de vida, entre otros.

Las investigaciones de Asebey muestran el potencial de la relación *Gap-IA* y son un referente para considerar su posible aplicación en el caso de enfrentar la brecha en la Educación en Ingeniería a través de los procesos de formación de docentes en ingeniería.

4.1.2 La brecha en la Educación en Ingeniería.- Los planteamientos expuestos durante el primero y segundo capítulos permiten responder a los interrogantes de dónde venimos y dónde estamos ahora. Lo presentado en el capítulo tercero responde al

cuestionamiento sobre dónde queremos estar en un futuro próximo. El contraste entre el presente y el futuro permite entonces determinar la brecha, el vacío existente, y a partir de él formular la tesis que posibilita superar tal situación. Acometer esta tarea implica identificar los diversos elementos que participan y contribuyen a caracterizar la brecha; estos se resumen en la Figura 4.1 y para su presentación se emplea la metáfora de una puesta en escena.

- **De la Trama.**- Como se anotó en el primer capítulo, el desarrollo de la ingeniería es también un proceso social y cultural en el que las decisiones políticas, económicas y sociales, interactúan con los desarrollos de la ciencia y la tecnología y se suman a los factores que inciden en las mentalidades y en las culturas en general. Por tanto la Ingeniería es de alta responsabilidad social, al punto de considerarla algunos como "asunto de defensa nacional" (como ocurriera en sus orígenes) y que ahora con la globalización se convierte en un asunto de conservación nuestro planeta.

La definición planteada por la Junta de Acreditación de Programas de Ingeniería y Tecnología -*ABET*- de los Estados Unidos y compartida por la Sociedad Colombiana de Ingenieros establece la ingeniería como:

la profesión en la cual los conocimientos de ciencias naturales y matemáticas adquiridos mediante el estudio, la experiencia y la práctica se aplican con buen criterio para desarrollar los medios de aprovechar económicamente los materiales, los recursos y las fuerzas de la naturaleza, para el crecimiento y la prosperidad de la humanidad²

² Tomada de ACOFI (2000) Nomenclatura de Títulos de pregrado en Ingeniería en Colombia. ACOFI-ICFES p.13.

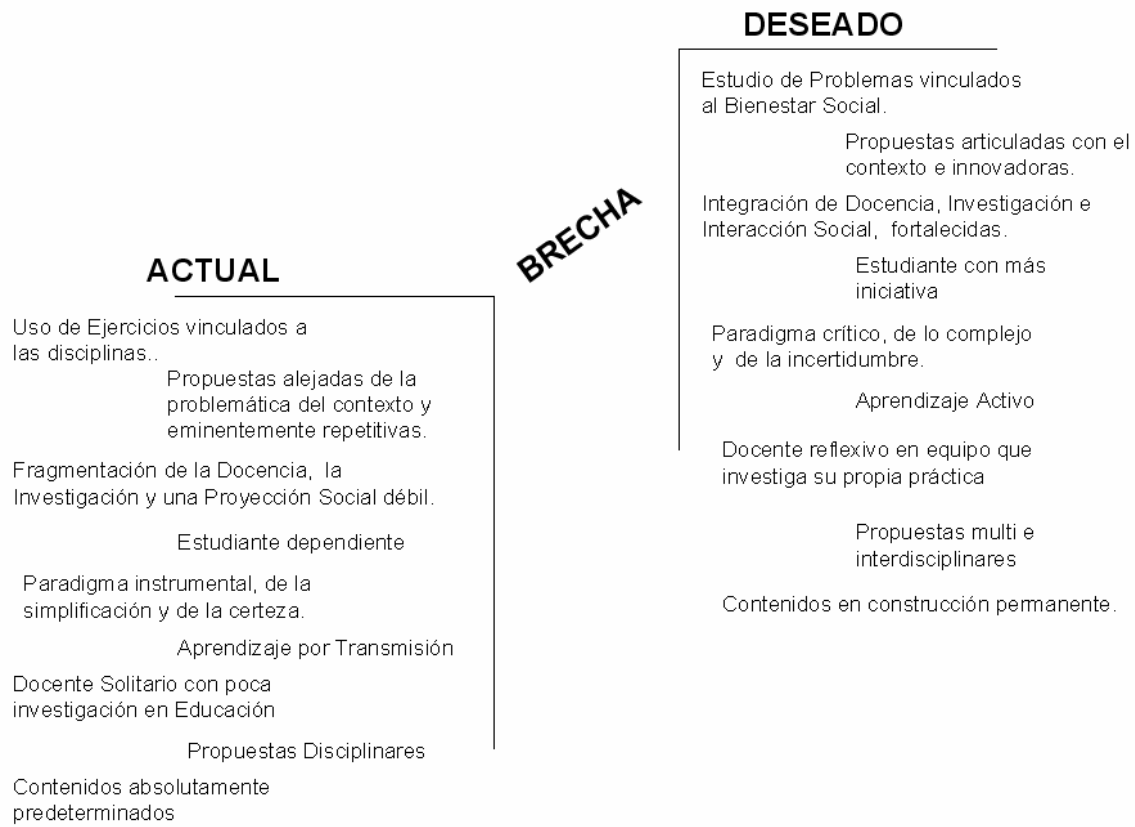


Figura 4.1 Representación de la Brecha: Estado actual y estado deseado

Para cumplir con su función el ingeniero identifica la problemática del caso, recurre al diseño para formular soluciones creativas, emplea herramientas de la tecnología tales como el modelamiento, la simulación, la construcción de prototipos, entre otras, y acompañado por equipos interdisciplinarios de trabajo puede materializar propuestas pertinentes de productos, procesos y/o servicios.

Se establece una primera característica de la brecha cuando en el proceso de formación predomina más el desarrollo de ejercicios académicos que el estudio de problemas vinculados a la vida social y del contexto real en general. Si bien el quehacer del ingeniero se centra en la solución de problemas, antes de proponer soluciones es necesario un proceso

de análisis de la situación para la identificación y acotamiento del problema³ como tal. Cuando una persona o institución acude a los servicios de un ingeniero, en principio manifiesta una serie de indicios motivo de su preocupación; será necesario entonces que el profesional de la ingeniería preste mucha atención a los detalles e incluso acuda a fuentes de información adicionales para identificar las variables involucradas, analizarlas y valorarlas. Es necesario que realice este estudio y en función de él, elabore su propuesta. En los actuales esquemas poco se trabaja en la identificación de problemas reales complejos y en particular aquellos relacionados con el bienestar social de las comunidades. De otra parte cuando se plantea como fin el bienestar de la humanidad, Padula (2001) con referencia en Mario Bunge, anota que dicho bienestar se manifiesta en cuatro aspectos: el biológico, representado en mejor condición de salud física y emocional; el económico, visible en el crecimiento con equidad social y desarrollo sostenible; el político, identificado en el ejercicio de la libertad y el cumplimiento de los derechos humanos y políticos; y el cultural, reflejado en la educación y la calidad de vida. Ninguno de ellos por sí solo es suficiente sino que se requiere la interacción de todos.

- **De los escenarios.**- Los escenarios en los cuales se desempeñan los ingenieros son complejos, en continua transformación cultural de ideas y de creencias. Hacia el futuro, los contextos estarán cada vez más presionados por la globalización y la competitividad. Interactuarán con grupos sociales con agudos problemas de alimentación,

³ Se entiende aquí que el problema se identifica a partir de una situación que produce o se prevé que pueda producir un conflicto, tal como lo señalan Jessup M. y Castellanos R. (2001). En principio no tiene una solución evidente o un camino evidente para obtenerla. Por lo tanto se requiere de un proceso de análisis y toma de decisiones sobre un conjunto de alternativas, que permita la elección más apropiada de acuerdo a las características del contexto. De esta manera, un problema es diferente de un ejercicio. No se podrían considerar como problemas sino como ejercicios aquellos cuestionamientos que suelen aparecer en los libros de texto y cuyas respuestas suelen estar definidas con anterioridad.

polución, fuentes de energía, disponibilidad de agua potable y de sostenibilidad ambiental, agravados por el alto crecimiento demográfico. Los futuros ingenieros deberán enfrentar la aparición y desaparición de oficios y profesiones. Nuevas estructuras de organización y gestión. Se desarrollarán nuevos conocimientos y otros serán obsoletos; algo similar sucederá con las competencias. Habrá entonces inestabilidad política si la inequidad en la distribución de los recursos continúa.

Se aspira a que la sociedad aprecie los nuevos aportes de la ingeniería a la cultura a partir de los desarrollos que provengan de la Nanociencia, la Nanotecnología, la Biotecnología incluyendo la ingeniería genética, la Informática y las telecomunicaciones, y la Ciencia Cognoscitiva, es decir, de la convergencia NBIC, del estudio de las estructuras básicas de átomos, moléculas, genes, bits y neuronas.

En el ámbito nacional se perciben campos estratégicos como el transporte, con mayor inversión en carreteras posiblemente articuladas con una red férrea, en sistemas integrados de transporte masivo (en la actualidad se adelanta la construcción de estos sistemas en ocho ciudades del país) y en la modernización de puertos y aeropuertos. La informática y las telecomunicaciones constituyen otro sector importante para el avance hacia la sociedad con las TIC y la organización de la televisión pública sostenible con tecnología digital. El sector energético demanda ampliar la cobertura del servicio, se incrementa la competencia de biocombustibles frente a los hidrocarburos tradicionales, así como la necesidad de fortalecer el sector minero.

He aquí entonces otra característica de la brecha. La formación en la actualidad se circunscribe en su mayor parte al aula de clase y ocurre alejada del contexto de las

problemáticas de la región. El panorama expuesto invita a interactuar con los escenarios en que se desempeñan los ingenieros, por ejemplo a través de las pasantías. Es necesario reorientar la mirada de la formación de ingenieros en busca de otros espacios que familiaricen a los estudiantes con su futuro desempeño. A la anterior característica se suma la necesidad de potenciar el trabajo interdisciplinario que exige el escenario de la complejidad; por tanto hay que superar el trabajo aislado y fragmentado de las disciplinas.

- De los actores.- En primer lugar se hace referencia a la joven población estudiantil de los programas de ingeniería, cada vez más pragmática, inmediatista y multicultural⁴; con gran interés por lo tecnológico, lo digital, lo audiovisual y lo interactivo. Es necesario considerar que el estudiante cambia de una a otra generación y por tanto los procesos de formación también deben ser dinámicos.

Se identifican tres aspectos de la formación, uno relacionado con las actitudes, otro con la capacidad cognitiva y otro referido a las habilidades. En cuanto al primero, se aspira a que los alumnos alcancen más autonomía como ciudadanos responsables, lo cual implica comprender el ejercicio de la ciudadanía como un acto de postura política desde el que se identifican las causas y se prevén las consecuencias de sus acciones, es decir, poseer la capacidad de tomar decisiones y responder por ellas. Así se identifica otro aspecto de la brecha, se necesita superar los esquemas rígidos en los que sólo las directivas o los profesores deciden sobre lo que se aprende y la forma en que ocurre, a través de propuestas curriculares más participativas, que les permitan a los estudiantes en conjunto con los profesores aprender a tomar decisiones responsables. Por otra parte, se requiere de

⁴ La encuesta realizada a estudiantes de primer semestre de ingenierías del año 2007 indica que cerca del 35% provienen de otros municipios del Cauca y el 15% proceden de otras zonas del país.

una disposición para la interacción social, del desarrollo de habilidades para la comunicación multilingüe escrita, oral, de escucha, así como gráfica, que les faciliten a estudiantes y profesores gestar y participar en alianzas interinstitucionales e internacionales. Se necesita cultivar un espíritu emprendedor y una mentalidad innovadora de servicio a la sociedad con sentido humanista. Es necesario ser sensible ante las necesidades de la humanidad y respetuoso de la diversidad cultural. Lo anterior demanda alta formación ética, moral y humanística, preocupada por la equidad social de oportunidades, con sentido de pertenencia al país y a la profesión. Ante la trascendencia de este planteamiento surge otro vacío: se trata de la forma como se está desarrollando la formación socio-humanística. Como se mencionó en el Capítulo 2, existe un divorcio entre los cursos orientados hacia el interés profesional centrados en la técnica y los de interés humanista. Hecho que contribuye a que se le dé más importancia a lo técnico que a lo social. En varios programas de ingeniería por ejemplo, la formación ética se reduce a un curso que se toma generalmente en el último semestre. Ahora tal formación no puede pensarse que se reduzca a un curso, hay necesidad de plantear posibilidades de integración de los aspectos éticos con los demás contenidos.

En cuanto a la capacidad cognitiva, se aspira a la formación de un profesional con permanente preocupación por la búsqueda del saber, que sepa aprender a aprender, así como aprender a emprender, hacer y comunicar. Esto último se visualiza en una buena capacidad de gestión, dinamizadora de cambios y oportunidades, junto con la disposición para el trabajo en equipo. Existe entonces una brecha en el aprendizaje cuya atención demanda una formación que les facilite a los ingenieros tener la capacidad para aprender a aprender a lo largo de la vida de acuerdo con la evolución de la profesión y las problemáticas. Luego se hace necesario superar el esquema de enseñanza y de

aprendizaje de tipo transmisionista mediante alternativas que posibilitan el aprendizaje activo en ingeniería.

La complejidad de los escenarios plantea la necesidad de promover en la formación el paradigma de lo complejo y del diseño de soluciones ingeniosas. Se advierte entonces otro aspecto de la brecha, expuesto por Morin (1977) como la contraposición de lo multidimensional frente a lo unidimensional, del paradigma de la complejidad frente al paradigma de la simplificación. La parcelación de los saberes impide visualizar “lo que está tejido en conjunto”, lo complejo (Morin, 1999). Como se señaló en el Capítulo 3, es necesario que la formación se oriente a los “analistas simbólicos” caracterizados por su capacidad de abstracción, un pensamiento sistémico no reduccionista, con habilidad para la experimentación y para analizar críticamente su trabajo. Esto significa, en términos de Lipman (1991) el desarrollo del pensamiento de orden superior en el que se fusiona la crítica y la creatividad, dos elementos de escasa presencia en el modelo transmisionista. En el mismo sentido, otro aspecto que deriva del aprendizaje es el de superar el estilo plano de la clase en virtud de los diversos estilos de aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto a las habilidades, los acelerados cambios provenientes de la ciencia, la tecnología y la sociedad requieren personas flexibles, dinámicas, capaces de diseñar, crear y mantener sistemas productivos innovadores en armonía con el ambiente, que puedan competir dentro del marco de la normatividad existente tanto en el ámbito nacional como el internacional. Se necesita aprender a identificar, plantear y solucionar problemas mediante el uso de los recursos disponibles en el marco de un desarrollo sostenible. Es necesario superar los procesos de aprendizaje basados exclusivamente en la memoria a través de la organización de actividades que demanden habilidades para comunicar, argumentar,

escuchar, indagar, leer, escribir, simular, construir, experimentar, reflexionar, proponer y sustentar como ocurre por ejemplo al estudiar situaciones problemáticas.

- **Del director.** - Otro aspecto de vital importancia en la brecha es la formación de docentes a través de procesos que les permitan superar las prácticas transmisionistas generalizadas. En este caso el director también participa en la puesta en escena como un actor de mayor experiencia que despierta pasiones, siembra sueños y coordina las actividades. El estado deseado del docente es el de una persona reflexiva, analítica de la cotidianidad y el entorno socioeconómico; con iniciativa y autocrítica, de amplio bagaje cultural y que manifiesta el gusto por enseñar, por estudiar y por cooperar con otros en la construcción de un mejor futuro para la sociedad.

En cuanto al aspecto intelectual, si bien es importante el dominio de la disciplina (historia, principios y límites), éste resulta insuficiente. Es necesario que desarrolle y demuestre su capacidad para identificar problemas, estudiarlos y convertirlos en proyectos educativos y comunitarios que integren cada día más la Universidad con el entorno. De manera similar se requiere que desarrolle la capacidad de gestión para aprovechar el conocimiento y la experiencia presentes en el entorno, utilice las ventajas de los servicios y herramientas telemáticas y se preocupe por la permanente actualización sobre temas de la ciencia, la tecnología y la sociedad.

En lo que corresponde al aspecto pedagógico es necesario que el docente reflexione sobre su propia práctica respecto a las siguientes cuestiones básicas: ¿Por qué se enseña? ¿Para qué se enseña? ¿Qué se aprende?; ¿Cómo se aprende? ¿Cómo se enseña? Y en consecuencia investigue sobre los procesos de formación y ayude a sus estudiantes en la

comprensión del mundo. Para esto es necesario que organice ambientes de aprendizaje en los que se promueva el aprendizaje en colectivo y dé lugar a la crítica y la creatividad. La organización incluye el trabajo cooperativo, el estudio de casos, el juego de roles, la formulación de proyectos. En la planeación y valoración de las actividades conviene tener en cuenta los diversos estilos de aprendizaje de los estudiantes y establecer con ellos criterios claros de desempeño. La valoración del proceso de formación incluye la autoevaluación, la coevaluación, la hetero-evaluación y la evaluación externa como un aporte a la acreditación. Es necesario superar la planeación solitaria del docente.

- De los libretos. - Se aspira a que las planeaciones de los cursos constituyan creaciones colectivas a partir de propuestas sugeridas por los docentes, pero ahora se encuentran completamente definidas con anterioridad a su desarrollo, independientemente de las características de los estudiantes. Se hace necesario aprender a enfrentar la incertidumbre, el factor sorpresa, lo inesperado, desde una perspectiva sistémica y multidisciplinaria, articulada con el contexto en el que se ejerce la profesión (economía, historia, ambiente, realidad social y política, servicios, usuarios y clientes, entre otros). Se trata de superar la docencia repetitiva semestre tras semestre mediante propuestas en las que las actividades de docencia, investigación y proyección social de los programas se aborden de forma integral, que favorezcan el dominio del saber, del saber hacer, del ser y del convivir, y permitan superar la brecha entre la práctica instrumental y la práctica reflexiva.

Durante su formación el estudiante de ingeniería aprenderá a dialogar con las comunidades, con otras culturas, a formular, dirigir y evaluar proyectos de acuerdo con la normatividad

existente, así como a administrar recursos financieros, a participar en planes de negocios, divulgar resultados y presentar informes.

- *Del laboratorio escénico.* - Se trata de espacios colectivos en los que se aprende, se investiga y se practica en el ejercicio la ingeniería. Kisilevsky (1998) aporta el concepto de “uni(di)versidad”. La riqueza académica de la Universidad se halla en la diversidad, aunque parezcan paradójicos los términos. Por tal motivo es menester aprovechar y fortalecer la diversidad cultural propia, el debate académico, la convivencia y la interculturalidad. Aprender de las comunidades y validar socialmente el conocimiento que se adquiere en la Universidad, confrontándolo con la realidad del país y del mundo. La cultura académica universitaria aporta a la conciencia crítica que la sociedad tiene sobre sí misma, sobre su identidad y su destino. Por tanto, como se enunció en el capítulo anterior, la universidad no forma sólo profesionales competentes, sino ciudadanos responsables, capaces de asumir el papel de participar en la identificación de las problemáticas básicas de las comunidades de su entorno y el planteamiento de las correspondientes soluciones. En este sentido prima el beneficio social sobre el económico, pese a las constantes exigencias del mercado.

Ante el divorcio de las funciones básicas a través de las cuales se desarrolla la vida universitaria se hace necesario integrar las actividades de docencia, investigación y proyección social mediante propuestas de formación de profesionales idóneos, comprometidas con las transformaciones necesarias que aspiran a calidades de vida más dignas, así como al desarrollo económico y social sostenible de la región y del país.

Para que lo anterior sea posible es indispensable definir y fortalecer los procesos de interacción social, una debilidad latente ahora en la Universidad del Cauca, que de superarse permitiría ampliar y consolidar alianzas con el sector productivo, con centros de investigación y desarrollo, con las comunidades y con otras instituciones, así como mejorar las relaciones con el Estado, a través de convenios de cooperación para el mutuo aprendizaje, que a su vez, permiten configurar proyectos de vida regional y nacional, sin perder de vista las dinámicas del proceso de globalización.

Lo expuesto hasta esta parte de acuerdo con lo planteado con Albéniz (2006), deja en evidencia que existe una brecha significativa entre los actuales procesos de formación de ingenieros y las expectativas que se plantean sobre los mismos. En el tercer capítulo se comentaron algunas experiencias tanto en el contexto nacional como internacional que resaltan la importancia de enfrentarla. De mantener tal cual los actuales procesos de formación, en un futuro próximo nuestros ingenieros tendrían serias dificultades para el ejercicio de su profesión, situación que afectaría el desarrollo mismo de la nación. Los programas pronto pueden perder el interés de los estudiantes frente a otras opciones que les brinden mejores oportunidades. Superar la brecha no significa transferir directamente lo que otros están haciendo, aunque es muy importante conocer de sus experiencias. Se requiere pensar la situación de acuerdo con las características propias de nuestro contexto e introducir un Giro en la Educación en Ingeniería, entendido así como una reorientación de las propuestas de formación que posibilite una educación más pertinente que nos aproxime a las expectativas anheladas. La Figura 4.2 es solo una forma de ilustrar el Giro, donde se acude a la línea recta para representar la formación generalizada promovida por los actuales currículos que hace énfasis en la cobertura pero que poco transforma las prácticas

docentes, en tanto que un comportamiento no lineal representa la formación deseada. Este gráfico si bien no corresponde a una valoración cuantitativa de resultados permite ilustrar que continuar con el mismo estilo implica que la brecha será cada vez mayor a medida que transcurra el tiempo.

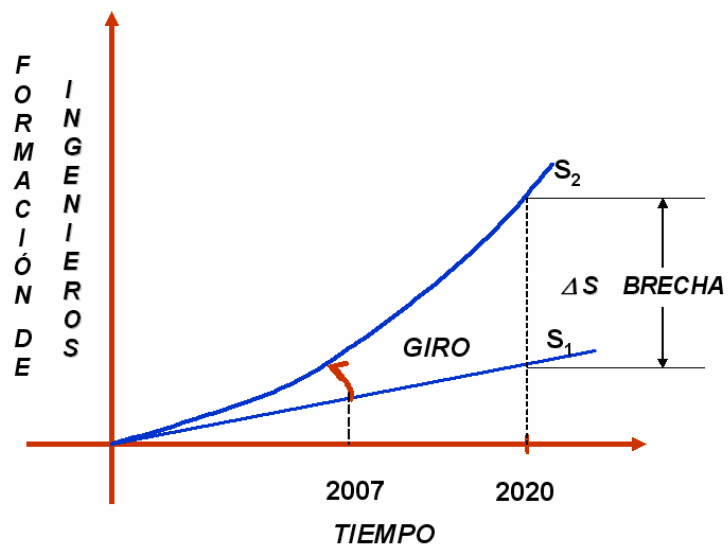


Figura 4.2 Propósito del Giro Educativo en la Educación en Ingeniería

4.2 El Giro Educativo:

De corrales a Cumbres.

Durante el siglo XVI Nicolás Copérnico, en virtud de los estudios de Astronomía realizados en la Universidad de Cracovia y de sus observaciones con el profesor Domenico Maria de Novara, retoma la idea de algunos pitagóricos de una Tierra en movimiento, contrariamente a la versión de Ptolomeo que representaba a la Tierra inmóvil, con los planetas, la Luna y el Sol girando a su alrededor, esto es, el sistema geocéntrico del universo. El sistema de Ptolomeo fue aceptado por los astrónomos y los pensadores religiosos desde el siglo II, pero en 1543 se publicó la obra *De revolutionibus orbiun coelestium libri VI* de Copérnico, en la que se postuló en primer lugar, que la Tierra es esférica; segundo, que la Tierra realiza un movimiento de rotación diario y otro de traslación circular anual; y tercero, que todos los planetas, incluida la Tierra giran alrededor del Sol.

Por ello no nos avergüenza confesar que este todo que abarca la Luna, incluido el centro de la Tierra, se traslada a través de aquella gran órbita entre las otras estrellas errantes, en una revolución anual alrededor del Sol, y alrededor del mismo está el centro del mundo...

Así, en efecto, como sentado en un solio real, gobierna la familia de los astros que lo rodean. (Copérnico, 1543:33,35).

Este sistema recibió el nombre de heliocéntrico o centrado en el Sol. Pero en el siglo XVI, la idea de que la Tierra se movía no fue fácil de aceptar. Los más importantes seguidores posteriores fueron Galileo y el astrónomo alemán Johannes Kepler. Para el siglo XVII, con el auge de las teorías de Isaac Newton sobre la Gravitación Universal tuvo mayor aceptación. El cambio de esta concepción del Universo de geocéntrica a heliocéntrica se conoce con el nombre de Giro Copernicano.

Si se traslada esta situación al campo de la educación, se puede afirmar de manera análoga que los procesos de enseñanza y de aprendizaje se han centrado en el estudio de las disciplinas, a tal punto que éstas se convierten en el filtro a través del cual percibimos la cotidianidad, determinan nuestra visión del mundo. Esto trae como consecuencia que la realidad se fragmenta y sólo es posible conocer una parte de ella, más aún cuando se incrementa la especialización. Se evidencia el principio de reducción (Morin, 1999) según el cual se restringe lo complejo a lo simple. No se trata aquí de enunciar un juicio de bien o mal, puesto que las especialidades han permitido avances en la ciencia y en la tecnología, y en un momento dado la simplificación puede contribuir a la comprensión o posibilita una solución aproximada, lo que se critica es quedarse siempre allí, en la parte, y no contar con la oportunidad de contemplar el todo. Para explicarlo de otra manera, el surgimiento de las disciplinas sería equivalente a aquel grupo de exploradores que se dividen y parten en diferentes rumbos para estudiar un terreno; se espera que a su regreso se comparta el resultado de sus hallazgos para reconstruir juntos las características del territorio. La dificultad aparece si no ocurre el reencuentro, cuando los exploradores cautivados por la parte que les ha correspondido no regresan, entonces para cada uno tan sólo existe lo que conoce.

Por otra parte, al convertirse la disciplina en el centro de la formación, adquiere un papel importante en la identidad de la persona. Es por ello que cuando se acude a la presentación personal, la disciplina de estudio o la profesión ocupa un lugar privilegiado al punto de concebir ciertos rasgos característicos. Nuestro actual esquema de formación fragmenta el conocimiento en disciplinas y espera que el estudiante inexperto elabore la síntesis de todo lo que percibe, pero es tal el aislamiento, que la tarea en la mayor parte de los casos resulta

infructuosa, sobre todo si el aprendizaje es de tipo memorístico y alejado del contexto de la vida cotidiana. Ese reencuentro puede ser posible a partir del trabajo interdisciplinario, pero ¿qué podría motivar a realizarlo?

La respuesta al anterior interrogante no se reduce a una metodología sino que va más allá, a la construcción de sentido, a cuestionar y reflexionar sobre el sentido de la formación, en este caso sobre el sentido de la formación de ingenieros. Como se anotó en el apartado de La Trama de este capítulo, el ejercicio de la ingeniería no sólo transforma el paisaje, sino también las formas de interacción entre las personas y con ella sus mentalidades. Es de alta responsabilidad social ya que su fin es el bienestar de la humanidad en armonía con un ambiente sostenible. Situación que conviene observar con cautela ante la fuerte presión del mercado, de manera que en cada situación, la idea de bienestar esté estrechamente relacionada con lo pertinente, es decir, con lo más conveniente para la sociedad en el marco de su cultura.

Se ha identificado una brecha que revela la soledad del docente de ingeniería para enfrentar el transmisionismo, la fragmentación y la visión instrumental del *currículum*; así como una debilidad en la formación socio-humanística. Pero también la experiencia del SEFIUC muestra no sólo el potencial para la reflexión y aprendizaje en colectivo de los participantes sino adicionalmente la capacidad para transformar sus propias prácticas. Si el ser humano es en tanto se realiza en una sociedad y el fin de la ingeniería es el servicio en favor del bienestar social, se trata entonces de aprovechar el potencial de lo social para reorientar la Educación en Ingeniería a partir de la siguiente tesis:

1. Si bien la sociedad la conforman los sujetos, ella no se percibe en los sujetos mismos sino en sus posibilidades de interacción.
2. El sujeto se realiza a través de la interacción social en función de sus representaciones del mundo y la cultura.
3. La educación en tanto interacción social, en tanto intersubjetividad, en tanto interdisciplinariedad, facilita la construcción de tales representaciones con más detalle.
4. Las representaciones son dinámicas, se transforman en la medida en que se interactúa y en que la sociedad transforma los contextos.
5. La investigación acción participativa en educación constituye espacios particulares de interacción social y promueve la transformación sociocultural. A través de ella se pueden formular y desarrollar proyectos orientados hacia una mejor calidad de vida, es allí donde ocurre el reconocimiento de cada persona.
6. Los proyectos fruto de la participación social, la crítica y la creatividad constituyen escenarios propicios para la innovación.
7. Es necesario un Giro Educativo en el estilo del Giro Copernicano, de manera tal que se trascienda de un estudio centrado en las disciplinas a otro cuyo centro motivo de estudio sea el mundo cotidiano y que sea éste quien determine la configuración de las disciplinas. Para ello se requiere la conformación de colectivos que elaboren propuestas curriculares dinamizadas por la Interacción Social, la Investigación-Acción y la Innovación.

La Figura 4.3 ilustra la transformación de la relación de estudio entre las disciplinas y el mundo cotidiano. Cuando un estudiante ingresa a un programa de formación en ingeniería, en su matrícula académica realiza un registro de asignaturas asociadas al estudio de las

disciplinas; ellas configuran una visión particular y reducida del mundo. Las estudia puesto que de ellas depende su proyecto de vida y se convierten en el sentido de su vida misma. En lugar de ello, optar por el estudio del mundo cotidiano, implica abordar con otros lo complejo; demanda comprenderlo y en ese proceso se configuran las disciplinas, no obstante el sentido se ubica en el mundo cotidiano, en el que se toman decisiones, se actúa, en él se halla la vida misma.

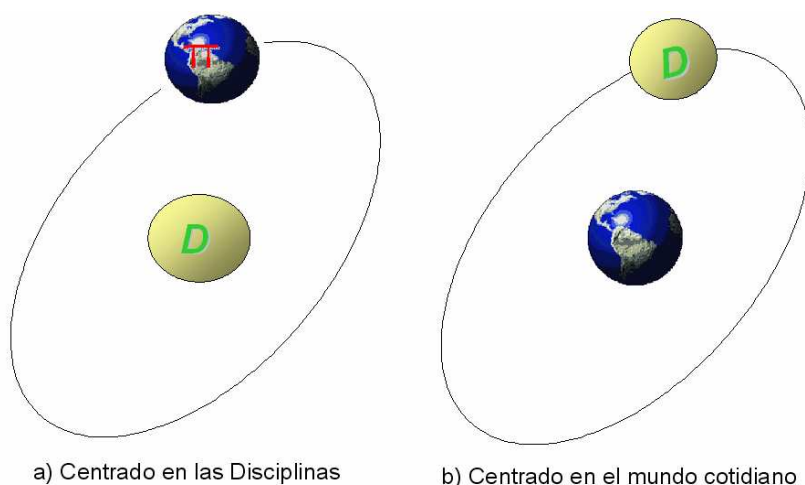


Figura 4.3 El Giro Educativo

De esta manera se busca rescatar la interacción con el contexto, la visión por lo nuestro, el interés por las situaciones problemáticas que nos aquejan, poniendo énfasis en las interacciones entre los posibles actores educativos con la idea de que los conocimientos están tejidos entre sí. Se abre entonces la oportunidad para el trabajo multi e interdisciplinario, puesto que en la complejidad no hay una disciplina privilegiada.

Adicionalmente, se propone que dicho Giro Educativo⁵ es posible a partir del fortalecimiento de la formación del docente de ingeniería teniendo en cuenta como elementos importantes del proceso la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación -IAPE- y la Innovación para enfrentar la brecha como se representa en la Figura 4.4. Cada uno de estos elementos se explica a continuación.

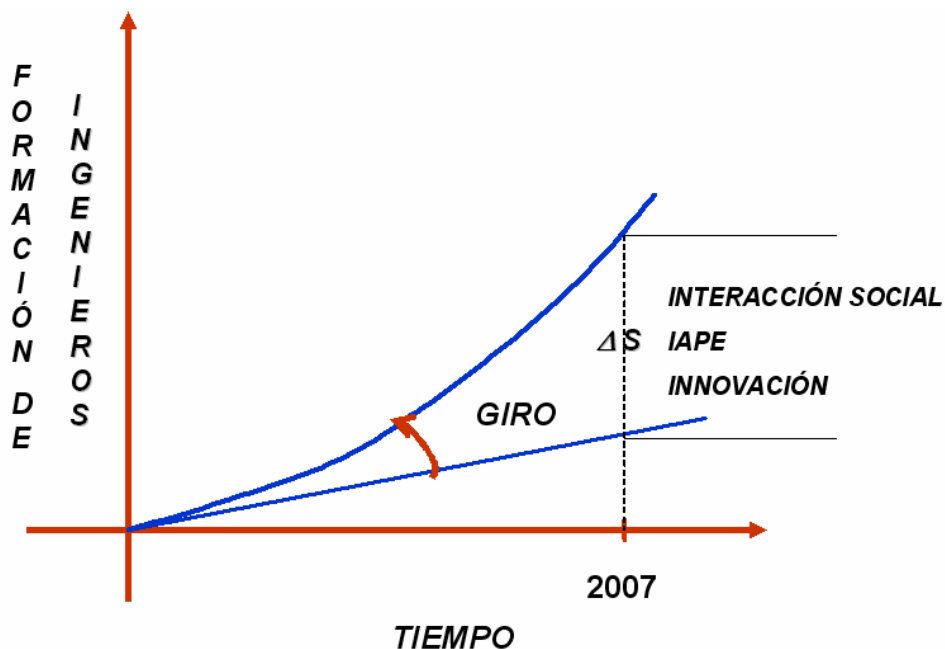


Figura 4.4 Elementos para enfrentar la Brecha

⁵ Conviene advertir que durante el periodo en que ocurría la escritura de esta propuesta, tuve la oportunidad de enterarme a través de Beltrán (2004), que en el prólogo de la edición del año 2003 del libro *Llegint Habermas i Freire, Pedagogia crítica i canvi social transformador*, de coautoría del doctor Carlos Alberto Torres, (profesor de Ciencias Sociales y Educación Comparada, en la *Graduate School of Education and Information Studies* y director del Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de California, Los Ángeles –UCLA-), con el doctor Raymond A. Morrow de Canadá, también se propone un Giro Educativo en la perspectiva *learning turn*, según la cual el proceso de aprendizaje actúa como centro de su proyecto crítico. Este planteamiento aunque resulta interesante, no hace parte del proceso de lo aquí expuesto y adicionalmente, como lo señala el mismo Beltrán, requiere de la “vigilancia epistemológica” para evitar el riesgo que ante el desarrollo de las tecnologías de la información el aprendizaje se realice exclusivamente por la vía instrumental. (El Dr. José Beltrán Llavador es profesor del Departamento de Sociología y Antropología Social de la Universidad de Valencia).

4.2.1 La interacción social.- La Interacción Social se asume como un diálogo de saberes⁶ -el cultivado en la universidad y el de las comunidades en general- para la construcción y desarrollo de los proyectos de región y de nación. Las comunidades poseen saberes, pueden ser unos más elaborados que otros, con los cuales asumen su vida cotidiana y hacen parte de su cultura. El propósito de la Interacción Social es el bienestar social desde una mirada sistémica, pero difiere del concepto de Extensión planteado en la Ley 30 de 1992 en la medida que este último representa la imagen de una universidad asistencialista a través de programas y acciones, para procurar el bienestar general de la comunidad. El concepto de Proyección, de manera similar, lleva consigo la idea de unidireccionalidad, del saber hacia el no saber. Esta apreciación coincide con la opinión que manifestó sobre el concepto de Interacción Social el 60,1 % de los encuestados durante la Jornada “Ingeniería e Interacción Social”⁷, agregando que es una oportunidad para conocer los problemas del medio; el 33,3 % entiende la Interacción Social como un proceso de comunicación natural entre personas, útil para resolver problemas, y para el 6,6 % es “un ir y venir de saberes”, “un compartir con la sociedad lo aprendido y aprender de ella”.

La mínima unidad de Interacción Social ocurre en el encuentro del Tú y del Yo (Gallego, 1988) cuando entre ellos surge la conversación, el diálogo, la discusión y/o la crítica por algo

⁶ Se asume el saber de acuerdo con Souza (1997) en tres dimensiones: la cognitiva, la instrumental y la ético-político-estética. La sabiduría se configura como la más amplia expresión de la intelección humana. Es una totalidad orgánica de comprensión, explicación, interpretación de la realidad e instrumento de su transformación, capaz de configurar sujetos individuales y colectivos. El conocimiento es una parte de la sabiduría y la ciencia una forma particular de conocimiento. Para Lyotard (1990) es lo que vuelve a cada uno de nosotros capaz de pronunciar “buenos” enunciados denotativos, prescriptivos, valorativos. Así como posibilita “buenas” actuaciones al conocer, decidir, valorar y transformar.

⁷ La Jornada coordinada por SEFIUC y la CRC, se realizó el 20 de noviembre de 2006 en la Universidad del Cauca. Asistieron 134 personas entre estudiantes y docentes de ingeniería. En ella participaron como ponentes representantes las Facultades de Ingeniería de las universidades de Caldas, Nariño y Pamplona (Ver Anexo IV-B). La información se recolectó a través de la encuesta “Valoración del papel de la Interacción Social en la formación de ingenieros”. Los resultados de esta parte corresponden a la pregunta ¿Qué se entiende por Interacción Social? Ver Anexo IV-A.

que los convoca. Desde la perspectiva hermenéutica se trata del encuentro de dos mundos, con diferentes experiencias, creencias y valores, que interactúan en una construcción de sentido, en función de la comprensión. Un aporte significativo de la psicología en este campo es el trabajo de Lev Vigotsky, con el que se reconoce la importancia decisiva de las relaciones sociales en el aprendizaje y del lenguaje. Las reflexiones sobre el aprendizaje y los contextos toman en cuenta lo que Vigotsky llama "zona de desarrollo próximo" y se plantea trabajar en ese terreno de "el límite siempre variable de lo que un estudiante puede aprender" con buenas perspectivas. La vida social se construye en y a través del lenguaje, pues la vida cotidiana cobra sentido por los significados compartidos en las interacciones sociales, como lo plantean Berger P. y Luckmann, T. (1968).

El encuentro personal con la trascendencia de la Interacción Social, fruto de la reflexión sobre la experiencia, entra en resonancia con los fundamentos del "Interaccionismo Simbólico" propuesto por Herbert Blumer en 1937 con base en la sociología generada en la "Escuela de Chicago" y las ideas de G. H. Mead. De acuerdo con estos aportes, se considera al sujeto como constructor de su mundo social y se reconoce que la interacción social, el contexto y las circunstancias históricas determinan la capacidad de pensamiento; a su vez del pensamiento deriva la capacidad para la solución de problemas, la cual es una característica del quehacer del ingeniero.

El Interaccionismo Simbólico según Blumer (1969) se orienta de acuerdo con las siguientes premisas:

- 1) Los seres humanos actúan hacia los objetos con base en los significados que éstos tienen para ellos.
- 2) El significado surge en la interacción social.

- 3) Los significados se modifican a través de un constante proceso de interpretación, de acuerdo con las circunstancias.

Desde el punto de vista pedagógico la interacción mínima ocurre entre el profesor y el estudiante, entre sus dos estructuras de pensamiento que entran en contraste, y a partir de él se construye o reconstruye un discurso que a su vez transforma dichas estructuras. Recordemos que la Universidad es un espacio de debate (Hernández, 2002). Si bien la relación profesor–estudiante no es simétrica desde el punto de vista de la experiencia cognitiva en relación con el tema motivo de discusión (puesto que en principio se considera aventajado al profesor y en virtud de ello su mayor posibilidad de orientar el diálogo), la multiplicidad de interacciones de cada uno de ellos previas al encuentro, posibilitadas por la amplia gama de medios y fuentes de información, prevé la existencia de representaciones que durante la interacción se contrastan y se modifican. Tales cambios hacen parte de los aprendizajes, por tanto la enseñanza no es exclusiva del docente, como tampoco el aprendizaje es exclusivo del estudiante, sino que los dos enseñan sus puntos de vista, los sentidos de su existencia y aprenden el uno del otro. El profesor tiene no sólo la oportunidad de encontrarse con interrogantes inesperados respecto al tema, sino también de indagar sobre las representaciones y formas de comprensión de su interlocutor. Qué tanto se transforme el uno o el otro dependerá de la apertura al conocimiento y de la asimetría que exista respecto al tema. Así, en un primer momento es de esperarse que el estudiante lo haga en mayor medida, pero luego, en tanto se profundiza en el tema, la diferencia entre ellos se reduce al punto en que se espera del buen maestro, que su discípulo lo supere. “Enseñar no existe sin aprender y viceversa”, fue aprendiendo socialmente que la humanidad descubrió que era posible enseñar (Freire, 1996). Por tanto, carece de validez el emplear las metáforas profesor-lleño frente a estudiante-vacío y profesor–habla frente a

estudiante-aprende en tanto repite, características del transmisionismo. De la última deriva el afán del docente por “decir” el contenido de un programa, condición que se considera necesaria y suficiente para que el estudiante aprenda. En las evaluaciones sobre el desarrollo de los cursos se escribe más sobre la medida en que se cumple el programa, que acerca de lo aprendido o construido por los estudiantes.

A través de la interacción ocurre un mutuo reconocimiento de ideas, potencialidades e iniciativas, la cual aporta a la construcción de la autonomía como un imperativo ético y no como un favor que se concede del uno al otro (Freire, 1996). La aproximación al conocimiento de la realidad ocurre a través de la Interacción Social. “*Los seres humanos no se construyen en el silencio, sino en la palabra (word) y en el trabajo (work)*” dice Beltrán (2004:106), quien reafirma este planteamiento con la cita:

Dar nombre a las cosas es fundamental para ser alguien. En el amor no eres nadie sin oír tu nombre en labios de la persona amada. En las cosas de la política y de la lucha social no eres nadie si aceptas el nombre que dan a la cosa, a su cosa, los que mandan (Fernández, 1997:20).

Para enfrentar entonces la brecha es necesario introducir una transformación en el rol que se asigna habitualmente al estudiante y que se sintetiza en el cambio del discente al dicente. Al primero lo define el diccionario como la persona que recibe enseñanza y al segundo como el que tiene algo que decir (ideas, experiencias, iniciativas, aspiraciones, entre otras). En la interacción es tan importante el escuchar como el hablar, para que los dos se enteren que existen.

Se puede apreciar de esta manera el potencial y la riqueza de ésta, la más elemental de las interacciones; podemos entonces imaginarnos en cuánto más se multiplica, complejiza y posibilita construir, cuando en lugar de una bina se cuenta con grupo mayor de integrantes y más aún cuando se trata de instituciones interactuando, reconociéndose mutuamente. Aparece entonces el “ellos”, con una gama de dependencias, afiliaciones, intereses, segregaciones, que hacen del grupo *“un todo dinámico cuyas propiedades son diferentes de las propiedades de sus partes...El todo es diferente de la suma de las partes”* (Lewin, 1939). Pueden surgir sinergias, como las que ocurren tanto al interior del SEFIUC, como en su relación con otros grupos e instituciones, alianzas que posibilitan el desarrollo de proyectos como los citados al comienzo de este capítulo. El mismo proceso de construcción de lo que aquí aparece escrito es el resultado de una amplia gama de interacciones. También pueden surgir distanciamientos que nos impiden caminar juntos. Otro ejemplo para visibilizar este planteamiento es el caso de los deportes que se practican en equipo; el hecho de que todos los jugadores sean “estrellas” no es condición suficiente para que se gane un torneo. Sin embargo, la Interacción Social posibilita la resiliencia ante las vicisitudes. El término resiliencia se asocia en ingeniería con el comportamiento elástico, esto es, con la capacidad de un material para recuperar su forma inicial después de someterse a una presión que lo deforme. En este caso se asocia con la capacidad de los sujetos o de un sistema social para vivir bien, pese a las difíciles condiciones de vida y más aún, el poder transformar las crisis o las problemáticas en oportunidades de crecimiento. Es el espacio para aprender a ser solidario.

De esta capacidad de tejer en la complejidad depende la conformación, producción y duración de los grupos. Para que los diseños de los ingenieros se materialicen es necesario que en su formación se fortalezca la Interacción Social en los diversos ámbitos como el

trabajo en equipo, la relación con el contexto y la construcción de los proyectos de región y nación. Por tanto, el acto académico no se puede asimilar como la organización de un ejército de adeptos sino en la perspectiva de compartir un proyecto de conocimiento y de realización intelectual y social (Gallego, 1988).

La Interacción Social constituye la oportunidad para que la Universidad contribuya al desarrollo de la autonomía y con ella, a la responsabilidad individual y social. En la Interacción Social se halla el potencial que renueva a la institución y la mantiene vigente. La cultura académica aporta elementos y argumentos para la discusión, para identificar consensos y disensos en la construcción de propuestas de solución a problemas sociales prioritarios (Hernández, 2002) cuya complejidad puede ser asumida en parte por la ingeniería. La práctica pedagógica, como una acción colectiva específica para la formación humana del sujeto, aspira a constituir las mejores condiciones para el crecimiento humano de las personas, incluyendo su profesionalización.

Una apreciación similar exhibe el resultado de la encuesta comentada al inicio de este apartado (Anexo IV-A). Cuando se interroga sobre las potencialidades de la Interacción Social, el 37,2 % la reconoce como la posibilidad para identificar problemas propios de la región y elaborar propuestas de solución. El 34,8 % la valora como la posibilidad para un “aprendizaje verdadero”, integrado, articulado con el contexto, en favor de su futuro desempeño laboral. Para el 16,5 % constituye el medio para la formación de un ingeniero más humano y más eficiente, comprometido con la región, con sus costumbres, creencias y perspectivas. Y el 11,5 % como una oportunidad para mejorar la capacidad de gestión.

En cuanto a las limitaciones para el desarrollo de la Interacción Social, fundamentalmente son de dos tipos. Primero, las de orden externo a la Universidad, entre las que aparece como relevante la falta de confianza y el distanciamiento con algunas comunidades debido a las diferencias culturales. Por ejemplo, cuando existen antecedentes en una comunidad de sentirse objeto de investigación sin recibir beneficio alguno, o en el caso del acceso a comunidades indígenas, se requiere establecer previamente un clima de confianza. Segundo, las de orden interno, entre las que se cita la falta de organización de la Universidad para interactuar con otras instituciones; la forma como se “dictan las clases”, alejadas de las problemáticas del contexto; la poca integración de los programas y las disciplinas; la escasez de recursos; el temor personal ante la poca experiencia; y la falta de iniciativa. Es necesario que la formación socio-humanística se articule con la identificación de necesidades, con el estudio de los problemas de la humanidad como el desempleo y facilite la participación en proyectos que permitan en efecto, avanzar a favor del bienestar de la humanidad.

4.2.2 La Investigación Acción Participativa en Educación -IAPE.-

Existen preocupaciones compartidas respecto a la forma en que se está desarrollando actualmente la educación en sus diferentes niveles. Se quejan los profesores por los esfuerzos que deben realizar para mantener la atención y el rendimiento académico de los estudiantes; el desempleo y subempleo constituyen indicios de que los resultados no compensan como se espera la inversión de padres de familia y estudiantes. Los funcionarios del Estado manifiestan el bajo rendimiento escolar y la ineficiencia del sistema; sin embargo, pese a todo esto, el sistema se mantiene estable, se continúa haciendo lo mismo guardando

la esperanza de obtener resultados diferentes –una locura en términos de Einstein-.⁸ Las oportunidades de cambio en la clase habitual son limitadas; lentas si se comparan con los cambios que experimenta a diario la sociedad. El transmisionismo sostenido en una visión instrumental mantiene profundas raíces en las prácticas docentes.

La Interacción Social muestra un gran potencial para el desarrollo humano, nos aproxima al contexto y permite la identificación de problemáticas motivo de estudio, entre otras cosas; pero el estilo transmisionista nos aleja de esta posibilidad. Se plantea entonces que si se aspira a un docente reflexivo que transforme su propia práctica, así como un estudiante autónomo, analítico, crítico y creativo, es necesario que se incorpore la investigación en los procesos de formación, como lo afirman diversos académicos.

Hay necesidad de hacer una ruptura pedagógica para una formación por la vía de la investigación en lugar de la exposición, con metodologías desde la acción. Se debe tener en cuenta más el entorno social y ambiental. Una empresa no es sólo una situación de producción, es una empresa humana con valores; y es muy importante aprender a interactuar socialmente, a trabajar en Red. (Germinet⁹, 2006).

Por su parte, Aristizábal y Álvarez (2005) afirman que este panorama reclama de parte de los miembros de las comunidades educativas, procesos reflexión/acción que permitan reconsiderar los procesos de formación, cuestionar los fines e introducir las transformaciones que permitan no sólo atender las necesidades presentes sino además, proyectar una educación que brinde una mejor calidad de vida a la presente y futuras generaciones.

⁸ Entre las frases célebres de Albert Einstein figura la que se refiere a la locura como el esperar resultados diferentes haciendo siempre lo mismo y de la misma manera.

⁹ Robert Germinet es Doctor en Física. Profesor de la Ecole Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Francia.

Las características de la brecha planteada en la primera parte del presente capítulo, así como la intención de enfrentarla, conducen a colocar la mirada en la Investigación Acción Participativa en Educación -IAPE- en la intención de generar cambios, de transformar los ambientes de aprendizaje en forma gradual, a través de las prácticas educativas, con la participación de docentes, estudiantes y comunidades. Autores como Restrepo (2003), se refieren la investigación acción en educación como IAE, y señala que esta exhibe una buena variedad de experiencias, tanto a nivel nacional como internacional, que dan cuenta del tránsito del docente locutor al docente investigador. De ello deja clara evidencia el “Simposio Internacional de Investigación-Acción y Educación en contextos de pobreza” organizado por la Universidad de La Salle en mayo de 2007, como un homenaje a la Obra del Maestro Orlando Fals Borda. A estos argumentos se suma la experiencia personal acumulada a través del grupo SEPA y el SEFIUC en la realización de los proyectos que se mencionaron en el apartado sobre “La Brecha” al iniciar este capítulo y que se comentan con más detalle en el siguiente.

Como antecedentes teóricos, el origen de la Investigación-Acción -IA- se halla en los estudios sobre dinámica de grupos del psicólogo social Kurt Lewin en la década de 1940 (Kemmis y McTaggar, 1987). Él concibió este tipo de investigación como la emprendida por grupos de personas o comunidades que llevan a cabo una actividad colectiva en bien de todos. Consiste en una práctica reflexiva social en la que interactúan la teoría y la práctica con miras a establecer los cambios apropiados en la situación motivo de estudio y en la que no hay distinción desde la perspectiva sujeto/objeto entre lo que se investiga y quién investiga.

El estudio del colectivo reviste un interés particular en la medida en que integra la Interacción Social. Desvela la complejidad de los elementos que unen y distancian a los participantes, siempre orbitando alrededor de la situación que los convoca. El carácter social invita a una investigación social integrada (Lewin, 1946), que permita de una parte, atender el estudio en el que las leyes generales de la vida grupal se convierten en referentes para atender relaciones del tipo causa–efecto, y de otra, el diagnóstico de situaciones específicas que ameritan dar cuenta de los sentimientos y motivaciones de las personas. Al respecto dice:

Para actuar correctamente no basta que el ingeniero o el cirujano conozcan las leyes generales de la física o de la fisiología. Deben conocer el carácter específico de la situación concreta. Es decir, obtener la información mediante un adecuado diagnóstico de la misma. Para la acción se necesitan ambas clases de investigación científica. (Lewin, 1946:16).

No existe entonces una única metodología privilegiada de trabajo, se trata de superar la “tiranía de la metodología”, como lo menciona Elliott (2007). En cada caso se construye durante el proceso, de acuerdo a las circunstancias particulares. Así por ejemplo Rodríguez *et al.* (1996) muestran que existen diversas clases de IA principalmente en función de las características y compromisos del grupo y del contexto en que se adelante. Por ejemplo, puede ser de tipo colaborativa, cooperativa (cuando hay un beneficio compartido por todos) o participativa -IAP- como la liderada por Fals Borda. Un proceso de IAP involucra a la comunidad en todo el proyecto de investigación, desde la formulación del problema hasta la interpretación de los resultados y la discusión de las soluciones. El problema a investigar es definido, analizado y resuelto por los afectados, permitiendo desvelar la propia realidad social, como sujetos activos del conocimiento y en beneficio de las personas involucradas.

En este caso se propone la investigación acción participativa en educación -IAPE- como una modalidad de investigación social específicamente educativa; como una *praxis* pedagógica colectiva, reflejada tanto en una pedagogía en acción como en una didáctica que facilita la producción colectiva de los saberes necesarios y pertinentes no sólo para la transformación de las realidades culturales sino también de las relaciones con el ambiente que demanda el complejo mundo postmoderno (Souza, 2007). Está conformada por las interacciones de los diferentes sujetos participantes de la comunidad educativa y de aquellas comunidades o instituciones que resulten vinculadas a los procesos de formación. Su fin es contribuir a la formación humana de sujetos sociales, dentro de la cual se incluye la formación profesional.

De esta manera para Souza, la *praxis* pedagógica no se circunscribe a la acción del profesor, la cual se denomina práctica docente. Se trata de una pedagogía producto de las posibles interacciones de los sujetos participantes, ayuda a posicionar a la institución educativa en este caso, como formadora de los nuevos profesionales que se desempeñan en los términos de los analistas simbólicos, ante todo como seres humanos en un contexto ético, social, histórico, tecnológico y cultural cuyo ejercicio profesional idóneo se orienta al beneficio de la humanidad.

Una producción colectiva de conocimiento, argumentada y propositiva, en tanto se orienta a la consecución de unos fines educativos explícitos para los participantes y se concretan en programas, propuestas curriculares y proyectos educativos. De esta manera se genera una alternativa a las actuales formas de planeación y organización educativas generalmente elaboradas sin la participación activa de los sujetos involucrados en los procesos mismos de formación.

El trabajo investigativo a través del uso de las diferentes técnicas de recolección de información y la reflexión colectiva, permite explicitar y describir la crisis, los conflictos, los vacíos en la formación, así como las posibilidades y limitaciones que se tienen para enfrentar la situación. Las representaciones de mundo, las ideas, las explicaciones y las teorías existentes hacen parte de las temáticas de la investigación. El diagnóstico conduce a que los participantes asuman una posición respecto al futuro, de conformismo o de gestores de cambios. Si se asume un papel protagónico, deviene la formulación de acciones que modifican el orden vigente para superar la crisis. De esta manera el proceso investigativo de la IAPE combina la investigación científica y la acción política tras la meta de transformar la realidad social en favor del desarrollo sustentable (Souza, 2007). Se trata entonces de asumir un desafío para los procesos de formación a través del cual se aspira a profundizar sobre el conocimiento de la vida a fin de enfrentar los desafíos de la vida cotidiana.

Trabajar con IAPE significa emocionarse, pensar, reflexionar, proyectar, actuar y valorar respecto al sentido y los métodos de formación de los sujetos, así como sobre el tipo de sociedad que se promueve desde la institución educativa. Se construye conocimiento colectivamente desde los anhelos, las necesidades y los deseos de los grupos culturales. Esta forma de proceder valora la interacción social, ayuda a la capacidad de invención, al cultivo del pensamiento crítico y creativo, privilegiando la dignidad de la vida de los seres humanos. Así se hace efectiva una acción transformadora de las relaciones culturales hacia la humanización de tod@s de manera que se puedan tener condiciones dignas de vida como síntesis del pensamiento falsbordiano (Souza, 2007).

Desde una perspectiva metodológica integradora considerada por Rodríguez *et al.* (1996), la IAPE en este caso se caracteriza en primer lugar por la participación de un grupo de docentes de ingeniería y pedagogía investigando de manera cooperativa, realizando los ciclos de reflexión/planeación/acción (Kemmis y McTaggar, 1987), en acciones coordinadas a través del seminario. Desde el ámbito de sus cursos de docencia, los estudiantes se vinculan a la investigación de manera colaborativa aportando a la identificación de necesidades y valoración de las acciones emprendidas. El proceso facilita plantear situaciones problemáticas del contexto, y en su estudio se articula el seminario con instituciones, empresas y/o comunidades. Simultáneamente, cada profesor reflexiona sobre su propia práctica apoyado sus registros de clase y la información que sobre el tema se recibe de otras instituciones como ACOFI. Una representación de la articulación de los elementos se ilustra en la Figura 4.5.

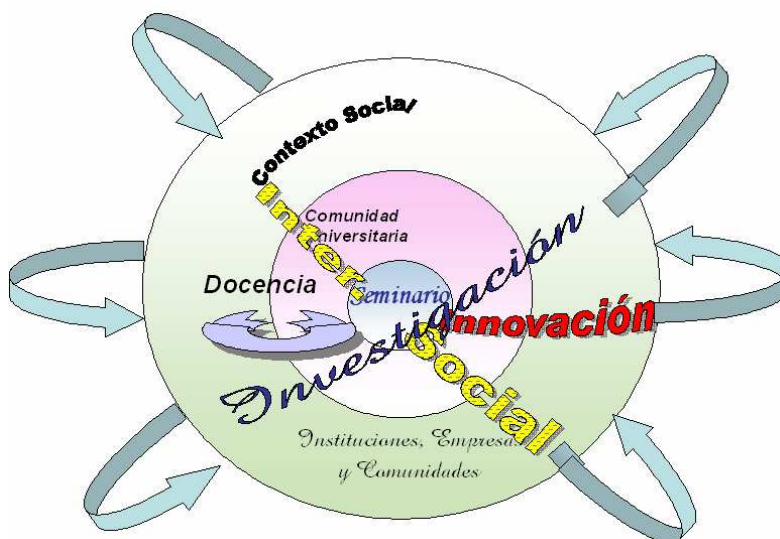


Figura 4.5 Perspectiva metodológica integradora.

La investigación fundamentalmente se ha desarrollado a nivel de los postgrados, pero hoy se demanda que fluya también por los otros niveles educativos¹⁰. De la observación de la práctica investigativa en nuestras universidades se percibe que la investigación se aprende fundamentalmente a través del trabajo que ayudantes o asistentes realizan alrededor de un profesor que ha construido una trayectoria investigativa¹¹. Algo similar al proceso como se aprendían las artes y oficios en la antigüedad. El aprendiz al lado del operario. Pero ¿es posible construir un saber al respecto? Desde luego, la respuesta no se reduce al aprendizaje de la investigación a través de los denominados cursos de metodología de la investigación, orientados en ocasiones por docentes que no investigan, es decir, alejados de la práctica.

Surge entonces la necesidad de desarrollar una pedagogía de la investigación¹² entendida como el saber pedagógico que a través de la práctica contribuye a la formación y difusión de la cultura investigativa, dicho de otra manera, a la formación de investigadores.

Debemos entonces cuestionarnos e indagar, frente al difícil panorama de la educación científica desde el nivel básico hasta la universidad, sobre cómo la enseñanza de las ciencias puede enriquecerse desde los aportes de la investigación, al ir más allá de la transmisión de contenidos y contribuir a un aprendizaje que permita a las personas conocer, interpretar y actuar en su entorno social y natural, tomando conciencia sobre la importancia de las Ciencias en temas fundamentales para el desarrollo y el bienestar de la población. (COLCIENCIAS - IDEP, 2003:2).

El acercamiento a dicha Pedagogía puede ser posible sobre la base de la reflexión, la crítica y la creatividad en tres dimensiones (Corchuelo, 2006), que se ilustran¹³ en la Figura 4.6.

Son ellas:

¹⁰ Los semilleros de investigación y el programa Ondas, entre otros, son ejemplos de ello.

¹¹ Por ejemplo el programa de Jóvenes Investigadores se orienta por esta dinámica.

¹² Concepto propuesto por COLCIENCIAS en la convocatoria 162 del año 2003: "De la enseñanza de las ciencias a la pedagogía de la investigación".

- La Disciplinar.- corresponde al estudio de los conceptos disciplinares (su historia, principios, experiencias, aportes a la cultura, limitaciones y expectativas, entre otros).
- La Pedagógica.- revisa, sistematiza y permite la reflexión sobre la práctica docente (pensamientos y acciones; estilos de aprendizaje y estrategias didácticas; formas de interacción y mensajes que ocurren entre los actores).
- La Social.- establece el vínculo con el contexto, selecciona situaciones susceptibles de estudiar y confiere sentido, establece el compromiso social de la ciencia y la tecnología.

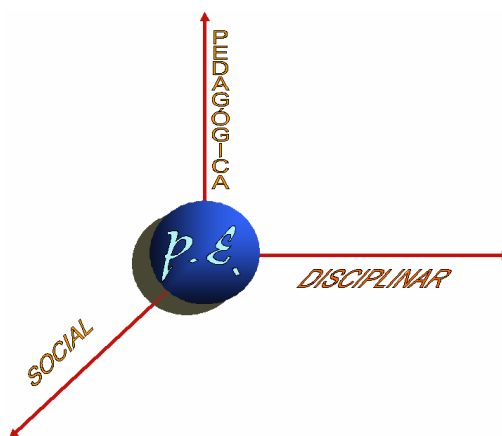


Figura 4.6 Dimensiones de la Investigación en las prácticas educativas

Estas dimensiones permiten avanzar en el aprendizaje y el desarrollo de potencialidades de los participantes, establecen espacios para promover la cultura investigativa y le confieren sentido a las prácticas educativas. En el caso del Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas -ESPC-, la IAPE se complementa con dos propuestas. De una parte, la Investigación Solidaria planteada por Martín y González (2002) que aporta elementos para

¹³ Asumiendo el riesgo de que toda representación no es la realidad sino una interpretación de la misma.

la organización de una comunidad académica, afines con el trabajo cooperativo. De otra parte, la investigación orientada elaborada por Carrascosa, Gil y Valdés (2005) que contribuye a la promoción de la cultura científica en el contexto escolar mediante el estudio de situaciones problemáticas abiertas, de interés para los estudiantes a partir de considerar su participación como “investigadores nóveles”¹⁴. Tanto el ESPC como estos tipos de investigación se explican en detalle en el siguiente capítulo.

Los proyectos de investigación desarrollados revelan que la IAPE es posible a partir de la constitución de un colectivo de aprendizaje que comparte el interés por suplir vacíos pedagógicos, así como tener la posibilidad de participar en la construcción de propuestas educativas alternativas al modelo transmisionista. Se valora la experiencia de cada participante pero al tiempo se reconoce que cada uno es un ser inacabado y que por lo tanto puede aprender de los otros, así como de las acciones que el grupo emprenda. De esta manera, la metodología del seminario de investigación es una buena opción para la organización del trabajo. La motivación para esta decisión surge de la experiencia previa en el Seminario sobre Formación Avanzada que se constituyó en el grupo de investigación SEPA. Con este referente se conformó el Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros en la Universidad del Cauca -SEFIUC-, integrado por docentes de los programas de Ingeniería Física, Forestal, Sistemas y más recientemente Ambiental, docentes del Departamento de Educación y Pedagogía, así como un funcionario de la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-. Su dinámica se representa en la Figura 4.7.

El SEFIUC constituye un espacio de reflexión colectiva, una mente colectiva que con referencia en el paradigma crítico-investigativo del *curriculum*, retoma los planteamientos de

¹⁴ El término se refiere a nuevos investigadores.

Stenhouse (1987), Grundy (1987), Kemmis y McTaggar (1987), junto con las posibilidades interdisciplinarias que brindan los estudios CTS y los aportes de los Foros y Reuniones de ACOFI, con el propósito de promover la transformación de sus prácticas curriculares en correspondencia con las aspiraciones de los participantes y en articulación con necesidades del contexto, actuando como profesionales reflexivos sobre su propia práctica.

La configuración de un seminario como el SEFIUC permite la participación de los docentes en la construcción de una imagen más amplia de la formación de los ingenieros al interior de la Universidad. Sus integrantes a través de la reflexión colectiva, advierten la importancia de su papel en la construcción de alternativas y la necesidad de prepararse para ello. Se reconoce que es posible convertir su propia práctica en objeto de investigación, se propician hallazgos tales como las incoherencias entre los propósitos formulados en los documentos y las acciones emprendidas, por ejemplo en lo corresponde a la distribución de labor académica respecto a las funciones de docencia, investigación y proyección social.



Figura 4.7 Dinámica del Seminario de Investigación

En sintonía con los planteamientos de Wolfgang Klafki de los años sesenta en Alemania, el SEFIUC optó por el modelo de Investigación Acción en Educación con un enfoque crítico reflexivo, como una forma para motivar la participación crítica de los profesores desde la que se deriva la transformación de su propia praxis educativa y socio-cultural. El seminario, mediante la acción reflexiva intersubjetiva, actúa como una mente colectiva que permite emerger y criticar las comprensiones tácitas relativas a la experiencia docente (Schön, 1998); se desarrolla de esta manera un aprendizaje reflexivo (Brockbank y McGill, 2002) que facilita establecer la distancia entre la “teoría profesada” y la “teoría de uso”¹⁵. Mediante el diálogo reflexivo sobre la práctica docente de los participantes se desvelan creencias y principios implícitos, para luego replantear el sentido de la formación de ingenieros de manera diferente a la establecida desde la acción instrumental. Se reconoce la capacidad de autocrítica permanente como un rasgo característico de la teoría crítica de la educación y como un elemento importante para el desarrollo de la autonomía (Gimeno, 1995).

De no ser posible emplear la estrategia del seminario investigativo, por lo menos es necesario un espacio de encuentro colectivo guiado por los principios de: participación, aprendizaje cooperativo, negociación y flexibilidad. Un espacio que permita el diálogo de saberes y de subjetividades, y que como tal se comprometa a:

1. Reflexionar individual y colectivamente, para construir sentido, redefinir metas y prioridades respecto a la situación que los convoca.
2. Socializar los saberes de los participantes, lo cual implica comprender, construir léxicos comunes, así como reconocer los disensos.
3. Identificar y elaborar un balance de potencialidades y limitaciones.

¹⁵ Estas expresiones se refieren a lo que se dice hacer o profesa y lo que realmente se hace respectivamente. Se adoptan de Argyris y Schön de acuerdo a la cita de Brockbank y McGill, (2002)

4. Diseñar y desarrollar propuestas curriculares, actividades e instrumentos para la recolección de información, como por ejemplo en el caso de las salidas de campo.
5. Promover un espíritu de compañerismo que facilite compartir las angustias, las satisfacciones y las expectativas que genera el proceso de reflexión.
6. Analizar y sistematizar la información. Así como elaborar memorias o protocolos de las sesiones, los eventos, las salidas de campo. Son documentos importantes para la posterior elaboración de artículos y textos.
7. Valorar permanente el proceso para hacer los respectivos ajustes. Por ejemplo, se pueden elaborar a partir del trabajo en equipo, instrumentos que permitan hacer el seguimiento del proceso. Algunos de esos instrumentos pueden ser las denominadas matrices de valoración que permiten hacer cuantificaciones respecto a las frecuencias con las que ocurren ciertas actividades o determinar el nivel de satisfacción en el cumplimiento de los propósitos.

En el seminario los participantes comparten saberes, pensamientos y sentimientos, a través de un proceso que genera dudas, angustias e incertidumbres pero que también abre la posibilidad de construir nuevos caminos a sus inquietudes. Se enriquece en la diversidad, con la participación de los docentes formados en diferentes disciplinas y con los aportes de los estudiantes y de representantes de las comunidades, instituciones y/o empresarios, según sea el caso. En suma, es un gatillador de posibilidades de trabajo, constituye la fuente de empoderamiento mediante la cual el docente gana la energía necesaria para superar el *Gap* que lo separa de locutor a investigador de su propia práctica. Simultáneamente, el colectivo actúa como un tercero re-equilibrante de la relación profesor-estudiantes, es decir, que los reconoce en sus potencialidades y limitaciones, y media en sus decisiones.

La IAPE es una alternativa para disminuir la intensidad del transmisionismo a través de procesos que vinculan la investigación a la educación, y promover de esta manera el Giro Educativo que facilita el diálogo de saberes cotidiano-científico-tecnológico-escolar con sentido social. Como lo afirma Segura (2004) muchas personas e instituciones están trabajando concepciones educativas alternativas; para sugerir entre otras cosas, la importancia de propiciar situaciones que susciten el pensamiento propio y el diálogo de y con los estudiantes; así como ambientes de aprendizaje vinculados con problemáticas del mundo cotidiano que ayudan a interpretar y construir múltiples representaciones de su hábitat. De este modo, el estudiante y el profesor participan en procesos investigativos orientados a la producción de conocimiento escolar a partir de su experiencia personal, de la interacción con el grupo y con el entorno, desarrollando un aprendizaje que apunta a fortalecer el juicio crítico y el pensamiento creativo.

4.2.3 La Innovación.- ¿Por qué la ciencia? “Porque nacemos desnudos”. Esa fue la respuesta que escuché del doctor Rodolfo Llinás hace algún tiempo durante una Experiencia en Bogotá. La capacidad innovadora del ser humano ha sido determinante en la transformación del ambiente, la sociedad y la cultura de la humanidad. Promueve la vida (una medicina...) pero también la puede poner en riesgo (un arma...). Que se promueva más una situación que otra depende de la visión de mundo¹⁶ que se tenga, en tanto la ciencia, la tecnología y el mercado constituyen caminos para la innovación. Para favorecer

¹⁶ Souza et al (2001) plantean que la visión de mundo constituye una “herramienta cultural” de la que dispone un grupo social para interpretar su pasado, comprender su presente y construir su futuro. Identifican tres visiones: una mecánica que percibe al mundo como una máquina sin sentimientos, otra económica en la que se percibe como un mercado sin sociedades y otra holística que lo percibe como un sistema complejo y dinámico.

más lo primero que lo segundo, los estudios CTS analizan prioritariamente las interacciones dinámicas de la generación y uso de conocimientos, colocando como premisa la participación social (García *et al.*, 2001) como un factor regulador de los desarrollos científicos y tecnológicos.

Innovar implica transformar el estado de las cosas introduciendo algo nuevo; genera conocimiento. Para su mejor aprovechamiento se requiere de un sistema de gestión y no siempre los cambios generados coinciden con los esperados. Por tanto existe un factor de riesgo que nos lleva al encuentro con la incertidumbre. Se percibe en: 1) cambios organizacionales, 2) cambios en los procesos productivos, 3) cambios para generar nuevos productos y/o servicios, y 4) cambios en la forma de hacer las cosas. Para que los cambios sean aceptados como innovaciones es necesario que reduzcan costos, amplíen el mercado y simplifiquen procedimientos (Montesinos *et al.*, 2003). Esto significa que una innovación está sujeta a condiciones de viabilidad; puede ocurrir que las costumbres de un grupo social o sus creencias la hagan irrealizable temporalmente (Giraldo, 2006); hecho que es muy importante tener en cuenta ya que, por una parte se coloca la mirada en el cielo, sembrando sueños y esperanzas a partir de la crítica y la creatividad, y por otra, nos hace conscientes de tener los pies en la tierra para establecer qué es lo posible en el aquí y el ahora, que en términos de la ingeniería significa que funcione y cumpla su propósito.

Una cosa es adaptarse a los cambios que otros nos imponen y otra, ser gestores de los cambios que se necesitan para nuestro bienestar social, tener la capacidad de anticiparse. La innovación constituye entonces, un elemento importante para enfrentar el colonialismo y la dependencia tecnológica reflejada en la importación de productos y la débil producción de una tecnología endógena. Adquiere mayor relevancia cuando se focaliza en las

problemáticas del contexto y se orienta al compromiso que tiene la ingeniería con el bienestar de la humanidad, desde luego teniendo en cuenta todas las consideraciones ambientales. La innovación entonces, tiene sentido y lugar en el dominio de lo humano (Faloh, 2006). Al respecto el Ingeniero Luis Guillermo Gómez Atehortúa¹⁷ dice:

La ingeniería es una profesión que transforma necesidades en oportunidades de progreso a través de la innovación y la aplicación de la ciencia y la tecnología, ... es una profesión intrínsecamente ligada al desarrollo social y económico de una región, de un país, de un continente y ahora, en medio de esta revolución científica y tecnológica en la que se encuentra inmersa la humanidad, es predecible que la participación del ingeniero será mayor en su aplicación al desarrollo para el logro de un sensible mejoramiento en la calidad de vida (Gómez, 2006:3).

La Interacción Social y la Investigación Acción Participativa en Educación se convierten en antesala para la Innovación. Para innovar hay que investigar y resulta más productiva la investigación cuando se realiza dentro de un equipo interdisciplinario¹⁸ como parte del proceso para dar solución a un problema del contexto. En el trayecto se establece una estrecha relación entre innovación y conocimiento; la innovación permite llenar vacíos de conocimiento y éste a su vez aporta a la innovación.

Para aprovechar mejor el potencial de la innovación se requiere de un sistema regional de innovación, constituido por las unidades, estructuras e interacciones que tienen funciones específicas en el proceso de producción, difusión y aplicación del conocimiento (Montesinos

¹⁷ Gerente General de Metro de Medellín; Presidente del Consejo Superior de la Escuela de Ingeniería de Antioquia y Presidente de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros.

¹⁸ Un ejemplo de esto es el trabajo del doctor Jorge Reynolds, inventor del marcapasos, cuya experiencia se tuvo la oportunidad de conocer durante su intervención en la Jornada "El papel de la innovación en la Formación de Ingenieros" realizada el día 27 de junio de 2006 en la Universidad del Cauca con la participación de 107 personas.

et al., 2003). La gestión involucra las actividades de planificación, organización, dirección y control.

Los entornos científico (universidades y centros de investigación), tecnológico (empresas con unidades de I+D, centros de desarrollo tecnológico, proveedores de equipos), productivo (empresas en general) y financiero (sociedades con capital/riesgo, Bancos e instituciones del Estado) constituyen las fuentes y usuarios de los productos y servicios generados. Se entrelazan a través de dinámicas sociales reflejadas en “macro vínculos” como los indicados por los lados del “Triángulo de Sábato” para el desarrollo técnico-productivo, cuyos vértices son el sector Productivo, el Estado y la Academia (Arocena y Sutz, 2006); legado genuino del pensamiento latinoamericano que se replantea bajo la denominación de Triple Hélice (Faloh, 2006). Las relaciones pueden ser personales o institucionales y se materializan a través del intercambio de información, consultorías, pasantías, uniones temporales, convenios de cooperación y realización de proyectos. El sistema mejora si, en paralelo, su conectividad se hace más densa, la cooperación entre actores prima sobre los conflictos, se multiplican los espacios interactivos de aprendizaje y la innovación se orienta preferentemente a la satisfacción de genuinas necesidades colectivas (Arocena y Sutz, 2006).

Es necesario que la Universidad repiense la labor de los programas de ingeniería, que se estudie la posibilidad de promover una actitud más emprendedora en favor de la cultura innovadora. En un programa innovador se propicia la crítica y la creatividad, orientada al estudio de situaciones problemáticas cotidianas, del contexto. Para ello se requiere que el

ambiente se caracterice por facilitar la participación y la curiosidad crítica¹⁹, fomentar la iniciativa, generar situaciones desafiantes, el aprender del error, la disposición al cambio, el reconocimiento del aporte innovador y la eliminación de regulaciones excesivas. Gretchen Kalonji, profesor de ciencia de materiales en la Universidad de Washington dice:

...tenemos que emprender una nueva formulación mucho más valiente de la educación en ingeniería. Sin rodeos, con los actuales modelos, perdemos la batalla para desarrollar la imaginación de nuestra juventud... yo abogaría por una transformación dramática y fundamental del proceso educativo. (NAE, 2005:xii).

Colocar la mirada en la innovación demanda la reflexión del docente para dejar salir a la luz el potencial innovador que está presente en sus estudiantes y en él mismo. Para ello es necesario que al elaborar sus propuestas tenga en cuenta: 1) los rasgos de la personalidad y motivaciones de sus estudiantes, así como sus estilos de aprendizaje y las estrategias que los hacen visibles; 2) su saber, su estilo de enseñanza y sus características personales; 3) el ambiente de aprendizaje, con una infraestructura tecnológica enriquecida por la Interacción Social y la IAPE; y 4) los retos o desafíos que pueden ser motivo de estudio y el sentido de su práctica. Todo esto resulta más importante en la práctica que pensar en la formulación de unas competencias para estudiantes ideales. Al respecto el doctor Robert Germinet dice:

En este nuevo siglo los estudiantes de ingeniería deberán responder preguntas que aún hoy no se saben, debido a lo acelerado de los cambios, ni aún las empresas saben que va a pasar en uno o más años. Por tanto no se trata de elaborar un catálogo de competencias sino más bien unas líneas de reflexión. Ahora se deben formar ingenieros para la crítica, superar las cosas de memoria y promover la creatividad y la reactividad, esto es ser más ingeniero. (Germinet, 2006).

¹⁹ Se trata de la curiosidad como inquietud indagadora “que nos mueve y nos pone...impacientes ante al mundo que no hicimos, al que acrecentamos con algo que hacemos” y que al acercarse de forma metódica a lo que se desea conocer se convierte en curiosidad epistemológica según Freire (1996:33).

Existen indicios sobre el potencial de innovación en los programas de ingeniería de la Universidad del Cauca; así se percibió durante la jornada sobre el “El papel de la Innovación en la Formación de Ingenieros” tanto a través de las exposiciones de los participantes como en lo expresado a través de las encuestas (ver Anexo IV-C). El 23% de los asistentes manifestó haber participado en procesos de innovación que se pueden agrupar en dos categorías. La primera en trabajos relativos al ejercicio de la Ingeniería como tal y la segunda, en la organización y orientación de la Educación en Ingeniería. En cuanto a las acciones a realizar para que la innovación haga parte de los procesos de formación, se identifica la interacción con el entorno (salidas de campo, visitas técnicas, entre otras), el trabajo interdisciplinario por proyectos que ameritan retos de diseño y el mejoramiento de la infraestructura que brinde mayores posibilidades para la investigación.

Si se reconoce el papel de la innovación en la formación de ingenieros los programas serán sinónimo de novedosas ideas y actitudes, se promoverá el interés por el aprendizaje de los conceptos provenientes de la ciencia, la tecnología y la sociedad y se aprenderá a trabajar en beneficio del bienestar de la humanidad desde la perspectiva aquí expuesta.

4.3 Para considerar

Visiones de mundo como la del mercado borran nuestra identidad, nuestras culturas. En la educación reducen la mirada a los objetivos de las disciplinas, a estándares, competencias, producción y acreditación. Volver la mirada hacia nosotros mismos siembra la esperanza de

construir un mundo diferente, de aprovechar nuestra biodiversidad, nuestras potencialidades así como nuestras debilidades, de trabajar por lo pertinente, lo que dignifica al ser humano. Se trata como lo dice Santiago Castro-Gómez:

...Del rescate de la "esencia de lo nuestro", de la "América mágica"; que nos obliga también a reconocer que no podemos escapar a nuestro destino histórico de tener que elegir continuamente y participar en la lucha por la creación de sentido. (Castro, 1998).

Esta debe ser la visión 2020 para la construcción de nuestro mundo en la que es muy importante el papel del ingeniero; los diseños dependerán en buena medida de su mentalidad, por eso en su formación es necesario que reflexione sobre su misión, el bienestar de la humanidad en armonía con el ambiente. Para hacerlo posible es necesaria la formación de docentes en ingeniería reorientada por el Giro Educativo en los términos aquí expuestos. Tal vez para algunos parezca un sueño, para otros una utopía. Pero qué bueno que tengamos nuestros propios sueños y trabajemos por ellos, sería una tragedia perder hasta la posibilidad de soñar.

Lo que nos muestra la brecha significa que no podemos permanecer inmóviles, que tenemos un compromiso con nosotros mismos y con las generaciones futuras; que no lo podemos hacer solos sino que hay necesidad de educar y educarnos; superar la brecha es salir de los cercos que hemos inventado, superar los corrales y alcanzar las cumbres, las cumbres de nuestros Andes. En ese proceso la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación y la Innovación en interrelación juegan un papel definitivo. Su interdependencia es lo que hace de ellas atractivas, posibles, enriquecedoras y pertinentes; es lo que las autorregula, les da sentido y trascendencia porque las mueve lo humano, de allí la importancia de la dinámica que se pueda imprimir desde el colectivo de trabajo.

El seminario, de acuerdo a las características, expuestas constituye el espacio y el medio a través del cual a los docentes se les posibilita transformar sus prácticas, esto es, el Olimpo que le suministra a Perseo los elementos para enfrentar a la gorgona Medusa. Es el núcleo a partir del cual la docencia, la investigación y la interacción social se pueden integrar en favor de la formación de un profesional reflexivo, comprometido con la identificación de los problemas que aquejan a las comunidades y la búsqueda de soluciones sustentables a través del Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas -ESPC-, concepto que se desarrolla en el siguiente capítulo.

Lo que nos muestra la experiencia, lo hemos ilustrado con la profesora Magnolia Aristizábal con la metáfora de la “Fusión del Hielo”.²⁰ Las idas y venidas por trayectos curriculares generan una agitación térmica. Los colectivos en Interacción Social ganan energía, se empoderan y ocurre una transición de fase que permite, entre otras cosas, resignificar el sentido de nuestras prácticas, comprender léxicos y aprender mutuamente en el diálogo de saberes, fluir la imaginación por otros mundos posibles, participar otorgando la palabra al docente, habitar en las preguntas (Jaramillo, 2006) y encontrar caminos en medio de la incertidumbre. Desbloquear miedos, inseguridades, desconfianzas y tener la esperanza en un mejor futuro.

Aceptar el Giro Educativo en este caso, es tener la posibilidad de cruzar el mundo cotidiano con el mundo de las Facultades de Ingeniería; que no sean mundos aislados, pues como lo señala Quintar citado por Jaramillo y Aguirre (2007), no es lo mismo promover capacidades

²⁰ Se refiere a la ponencia “Cero Grados o la Fusión del Hielo. La IAE en la transición de las propuestas curriculares (Aristizábal y Corchuelo, 2007).

de pensamiento en la construcción de la realidad cotidiana que transmitir información, saberes codificados.

En los procesos de formación es necesario reconocer que las disciplinas son constructos de la Interacción Social, nacen en lo local y aspiran a la globalidad, son dinámicas, evolucionan gracias a la Investigación y se trasladan todas ellas en órbitas alrededor del mundo cotidiano, en el que ocurren las innovaciones. Pues no se aprende sólo para las aulas sino para actuar en el mundo, día a día.

eppur si muove!

5. SAVIA

Se planteó en el capítulo anterior la necesidad de realizar un Giro en la Educación en Ingeniería que implica el descentramiento del estudio de las disciplinas y la focalización en el estudio del mundo cotidiano, con el propósito de enfrentar la brecha identificada a través de la reflexión sobre lo que se desea de la formación de ingenieros y lo que ocurre en la universidad. Igualmente se sostiene que dicho Giro es posible en la medida en que las propuestas curriculares prioricen la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación y la Innovación mediante la organización de colectivos de trabajo como el seminario. Construido el sentido, las preguntas que pueden surgir ahora serían sobre el método: ¿Cómo puede ser esto posible en el aula de clase? ¿Qué cambios se introducen en la práctica docente?

Como una posible respuesta a estos interrogantes, se plantea la formulación de propuestas de formación basadas en el Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas -ESPC-, a manera de savia que circula y alimenta los procesos de formación de ingenieros. El ESPC se caracteriza como un proceso de enseñanza y de aprendizaje fundamentado en elementos de la Investigación Guiada u Orientada promovida por el grupo integrado por Jaime Carrascosa, Daniel Gil, y Pablo Valdés (Carrascosa *et al.*, 2005); enriquecido por la

propuesta de Investigación Solidaria de Martín y González ¹ (2002); y renovado con la experiencia investigativa adelantada por el SEFIUC.

En este capítulo se describe la experiencia con el ESPC cuyo desarrollo implicó la planeación y ejecución de actividades de sensibilización; contextualización; exploración de conceptos; análisis de relaciones; diseño, simulación y/o experimentación; análisis de resultados; socialización; valoración y ajuste de las propuestas; y elaboración del nuevo discurso. Luego, se ilustra a través dos casos, “El roble en la cuenca de Clarete Alto” y “Las arcillas de la meseta de Popayán”, la experiencia de integrantes del SEFIUC con el ESPC, que plantea la factibilidad del Giro Educativo.

5.1 El Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas - ESPC-.

Al pensar en alternativas para la formación de ingenieros, diversas propuestas como las que se anotaron en el tercer capítulo, señalan que los estudiantes de ingeniería se eduquen en estrecha relación con la resolución de problemas del contexto que demandan de los conocimientos de la ingeniería, así como con las demandas a futuro de la profesión. Así por ejemplo, Callejas (2005) dice:

En general se trata de propiciar cambios en los contenidos y las formas de educación científica y tecnológica. Es decir, realizar cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales, llevando al aula los complejos problemas que deben ser enfrentados por los profesionales, determinando las competencias

¹ Mariano Martín Gordillo y Juan Carlos González son miembros del grupo Argo y profesores de la cátedra CTS de la OEI y la Universidad de Oviedo.

requeridas para abordarlos y permitiendo a los estudiantes vivir ambientes de participación e innovación con sus compañeros y docentes. (Callejas, 2005,107)

Sin embargo, en el ejercicio profesional del ingeniero, al igual que en el del científico y de otros profesionales, cuando se requiere de sus servicios como tal, los problemas no aparecen de manera explícita, no se encuentran definidos de antemano por completo. Lo primero que se recibe es una información con algunos datos que constituyen indicios de una situación, incluso el usuario puede proponer una solución, pero tanto su propuesta como la información recopilada ameritan evaluarse para identificar el problema como tal. De la identificación que se haga del problema depende en buena medida la calidad de la solución que se construya. Lastimosamente, en el proceso de formación con estilo transmisionista no se da lugar a procesos de identificación de problemas; por lo general el estudiante recibe los “problemas”² ya definidos a través de preguntas elaboradas de antemano por el docente; poco se trabaja en que el estudiante aprenda a cuestionarse. La predefinición de los problemas y necesidades de las personas, hacen parte de las sutiles formas de dominio, del no pensar. Ante este hecho se prefiere entonces hablar de *situación problemática* antes que de problema.

Se asume en este caso, que una situación problemática contextualizada se caracteriza por unos indicios que inquietan, preocupan y se interponen en el logro de unas aspiraciones, bien sean de una persona o de un grupo. Se encuentra localizada en un espacio real y en un tiempo dado. Las dudas que la acompañan demandan una primera fase de estudio para identificar el problema como tal; esto implica reconocer las variables y los actores involucrados en la situación, así como las relaciones que existen entre ellos. Por tanto, antes de llevar los problemas al aula es necesario que los estudiantes y docentes visiten el

² Por lo general se trata más de ejercicios que de problemas.

contexto de la situación con el propósito de reflexionar y recopilar la información necesaria para su análisis.

Una vez identificado el problema comienza otra fase en la que se estudian posibles alternativas de solución, en esta parte los procesos de toma de decisiones son más relevantes, tanto durante la elaboración de cada alternativa como en la selección de la que mejor satisfaga las expectativas. Como se trata de situaciones reales, del contexto local o regional, por lo general son complejas y la puesta en práctica de la solución no depende sólo del grupo de estudiantes y profesores, sino del concurso de otros actores, como por ejemplo, representantes de otras instituciones, empresas o comunidades. La solución puede comprometer presupuestos o acciones legales que no son competencia de la Universidad, por tanto no se garantiza que el problema se solucione, no se habla de que la solución de problemas sino del estudio de la situación problemática contextualizada –ESPC- que sí es factible dentro del ámbito de la formación y promueve la articulación de la Universidad con el entorno. Desde esta perspectiva, el resultado del ESPC puede dar lugar a la posterior formulación de un proyecto cuyo propósito sea la implementación de la solución como tal.

El proceso de enseñanza y de aprendizaje se aproxima entonces al Aprendizaje Basado en Problemas³ -ABP- en la medida que las actividades se organizan con base en la problemática, requiere del trabajo interdisciplinario y colaborativo para la formulación de soluciones, promueve el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, así como la autonomía en el aprendizaje. Se distancia del ABP ante el hecho de que el problema no se presenta estructurado desde el inicio, se necesita de un proceso para identificarlo

Puede plantearse entonces la posibilidad de abordar el ESPC durante el proceso de formación de ingenieros, como una alternativa metodológica que se ubica dentro del

³ En inglés *Problem Based Learning PBL*.

aprendizaje activo por investigación dirigida (Pozo y Gómez, 1998). A través de esta propuesta se sitúa a los estudiantes en contextos similares a los de su futura profesión, con la orientación de sus profesores, y se generan ambientes de aprendizaje no fragmentadores de la realidad, los cuales producen cambios no sólo conceptuales sino también metodológicos y actitudinales. Esta intención es la que motiva el trabajo del SEFIUC en el desarrollo del proyecto “Propuesta curricular para la formación de ingenieros desde el enfoque en estudios CTS+I en la Universidad del Cauca” cuyos aprendizajes se comentan más adelante.

5.1.1 Trayectos y vivencias.- Plantear el ESPC constituye también la concreción de una trayectoria personal en la que se identifican tres momentos importantes. El primero se sitúa hacia el año de 1988, cuando ocurre la noticia sobre el incendio de una buseta en la ciudad de Bogotá en el que fallecieron más de una decena de personas. En la tragedia, la máquina registradora se convirtió en un obstáculo para la evacuación. Esta situación condujo en aquel entonces, a reflexionar y plantear el diseño de un registro electrónico digital que sustituyera al registro mecánico. En esa época me desempeñaba como profesor de electrónica en el INEM “Francisco José de Caldas” y abordamos la tarea en compañía de los entonces estudiantes, Julio César Medina y Carlos Muñoz⁴. El resultado fue un prototipo que se presentó durante la primera Expociencia de la ACAC en el año 1989 y constituye la primera experiencia en la que se tuvo la oportunidad de enfrentar el dilema de un proceso de innovación.

⁴ Estas personas actualmente se desempeñan como ingenieros electrónicos, egresados de la Universidad del Cauca.

Un segundo momento ocurre a partir del año 1994 cuando conté con la oportunidad de participar en el proyecto RED de la Universidad Nacional de Colombia, dirigido por el profesor José Gregorio Rodríguez y coordinado por los profesores Eduardo Zalamea Godoy, Clara Elvira Camargo y Jorge Enrique Zamora en el área de Física. Paralelamente asistí a los simposios sobre enseñanza de las ciencias coordinados por Maria Mercedes Ayala del Grupo de Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional, e igualmente participé en el proyecto Educación en Tecnología para el siglo XXI -PET XXI- del MEN en 1996. Posteriormente, frutos de estas interacciones, se elaboraron diseños de situaciones problemáticas para la enseñanza de la Física que se llevaron a la práctica en los cursos de introducción a la ingeniería, así como en los laboratorios de mecánica, electromagnetismo y óptica de los programas de Ingeniería. Los trabajos realizados reflejan una estrecha relación entre ciencia, tecnología y educación.

El tercer momento tiene lugar a partir del año 2003 en el que la investigación toma mayor relevancia, motivada tanto por los seminarios doctorales como por la formulación y desarrollo de los proyectos de investigación mencionados en el capítulo anterior. En este período realicé el curso experimental para la formación de docentes en el enfoque CTS orientado por la OEI y la Universidad de Oviedo, con la tutoría del profesor Mariano Martín Gordillo. Esta experiencia reafirmó la necesidad de articular la docencia con situaciones problemáticas y adicionalmente, amplió la mirada al introducir la reflexión sobre el sentido de la ciencia y la tecnología, así como la importancia de la participación social en los desarrollos científicos y tecnológicos. Ello condujo a poner mayor atención en los problemas de la humanidad, al descentramiento de lo disciplinar para abrir espacios al trabajo en equipo interdisciplinario; es entonces cuando se conforma el SEFIUC. Adicionalmente, la experiencia se enriquece con dos pasantías: la primera, realizada en el Centro Tecnológico

de Recursos Minerales y Cerámicos -CETMIC- de la Universidad de La Plata en Argentina, visita motivada por el proceso de obtención de Alúmina, que se describe más adelante, y en la que gracias a las orientaciones de los doctores Estaban Aglietti y Alberto Scian, pude apreciar la importancia y potencialidades de la interacción Universidad–Empresa. La segunda, se realizó en la Cátedra Cubana CTS+I de la Universidad de La Habana, Cuba, coordinada por el doctor Jorge Nuñez Jover y con la orientación del doctor Pablo Valdés. En ella tuve la oportunidad de conocer y estudiar de manera particular la propuesta para promover el interés por la cultura científica a partir de un proceso de enseñanza y de aprendizaje fundamentado en la Investigación Orientada⁵. Esta perspectiva permitió introducir reflexiones sobre nuestra relación con el ambiente y la necesidad de prever un desarrollo sostenible y sustentable. Estos antecedentes nutren las reflexiones tanto del SEFIUC como de los demás seminarios que apoyan los proyectos de investigación, y con los aportes de los participantes se concretan en propuestas como las de Clarete Alto y la de los alfareros de la meseta de Popayán.

De esta manera se hace evidente el interés por lo pertinente en la educación y la preocupación por que las propuestas curriculares aporten a una mejor calidad de vida y bienestar de la presente y las futuras generaciones.

⁵ En la propuesta del aprendizaje de las ciencias como investigación orientada participaron Daniel Gil y Jaime Carrascosa de la Universidad de Valencia (España), en compañía de Pablo Valdés de la Universidad de La Habana (Cuba). Fue publicada por la Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe –OREALC/UNESCO- de Santiago de Chile, con el título ¿Cómo promover el interés por la Cultura Científica?, en el año 2005, con motivo de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), declarada por las Naciones Unidas.

5.1.2 La propuesta curricular basada en el ESPC.- Generar alternativas en el campo de la educación requiere, en primera instancia, de un posicionamiento crítico ante las prácticas curriculares cotidianas. La práctica en el aula de clase muestra una apreciable estabilidad de los modelos expositivos, de tipo transmisionista, pese a las críticas, reformas, investigaciones e innovaciones que se exponen en los eventos académicos (Catebiel y Corchuelo, 2006).

El uso del concepto de *curriculum* determina una perspectiva específica de los procesos educativos. Para quienes se preocupan sólo por el qué y el cómo enseñar, el *curriculum* se reduce a lo que algunos profesores denominan “malla curricular”, a la organización de lo que debe ser enseñado y aprendido. Se trata de la visión instrumental, en la que los profesores se convierten en ejecutores de programas, los fines están resueltos. La perspectiva crítica cultivada en el SEFIUC, invita a estudiantes, docentes y demás miembros de la comunidad académica, a cuestionar los fines y explorar alternativas. Conocer diferentes puntos de vista en relación a la ingeniería, la educación y la pedagogía, compartir diferentes visiones sobre la formación, la interdisciplinariedad, el trabajo en equipo, la investigación, la interacción social y el sentido de lo humano, permite la búsqueda de un horizonte diferente de la formación profesional, ante el compromiso de la universidad con la construcción de futuro. La propuesta implica retirar de la vista dicha “malla” que impide observar el *curriculum* como la realización de un proyecto propio de la institución, en la comunidad y en la sociedad en conjunto.

Para Gimeno (1995), Wolfgang Klafki constituye uno de los pioneros de la pedagogía crítica. Entre sus principios a cerca del diseño curricular, figura la primacía de las decisiones relativas a los fines sobre cualquier otro factor. Los fines no deben ser imposiciones

dogmáticas, ni simples aceptaciones de tradiciones no probadas, han de justificarse pedagógicamente y mantenerse abiertos a la crítica y al cambio. En cuanto a la selección y organización de los contenidos, se tiene en cuenta las características e intereses de alumnos y docentes, el contexto y la pertinencia de los propios contenidos. Se propone organizar experiencias de aprendizaje con base en métodos y contenidos con los que las ciencias y la tecnología buscan resolver los problemas vitales, individuales y sociales, teniendo en cuenta que el aprendizaje y la enseñanza se justifican y planifican discursiva y progresivamente entre profesores y estudiantes (Klafki, 1986).

Los estudios Ciencia-Tecnología-Sociedad -CTS- igualmente plantean la crítica como uno de los elementos para dinamizar la participación pública en materia de ciencia y tecnología. El ESPC con enfoque CTS, genera rupturas con el currículo técnico-instrumental. En su desarrollo se hacen necesarios los estudios interdisciplinarios, tanto para comprender la complejidad y el propósito de la ciencia y de la tecnología, como para elaborar propuestas de intervención en ellas (Cutcliffe, 2003). Mediante la conformación de un equipo interdisciplinario es factible convertir una problemática social (por ejemplo: el manejo de los residuos sólidos, la contaminación del agua, la deforestación, el inadecuado uso de los recursos ambientales, la inaccesibilidad a las telecomunicaciones, entre otras), en objeto de estudio en el ámbito educativo, mediante prácticas diferentes a las desintegradoras del modelo técnico. Así es posible que emerjan nuevas propuestas de trabajo interdisciplinario en las que a través del diálogo de saberes se visualice y aproveche el potencial de las diversas culturas.

Con referencia en los planteamientos de Kemmis y McTaggart (1987) se considera la IAE como una forma de participación y reflexión colectiva según la cual los integrantes, en

situaciones sociales, promueven la transformación de sus prácticas educativas y las situaciones en que éstas tienen lugar, mediante la realización en espiral de ciclos con momentos definidos. En primer lugar es necesario determinar la situación problemática motivo de estudio. No se trata de identificar problemas teóricos de interés exclusivo de los profesores, sino de situaciones cercanas a las vivencias de profesores, estudiantes y/o comunidades, vinculadas con preocupaciones relevantes de la humanidad, factibles de ser estudiadas de acuerdo con el nivel académico de los participantes y que promueven su interés. Un tanto desafiantes, que invitan a establecer relaciones entre los saberes, los conocimientos científico-tecnológicos que se espera que dominen y las problemáticas del contexto.

El espacio factible para el ESPC y que le corresponde identificar a los docentes al plantear la propuesta, esta determinado por los conocimientos esperados del nivel académico, los intereses del colectivo dispuesto para el trabajo, y las posibilidades que brinde el contexto, esto es, el o los escenarios de intervención, como se ilustra en la Figura 5.1

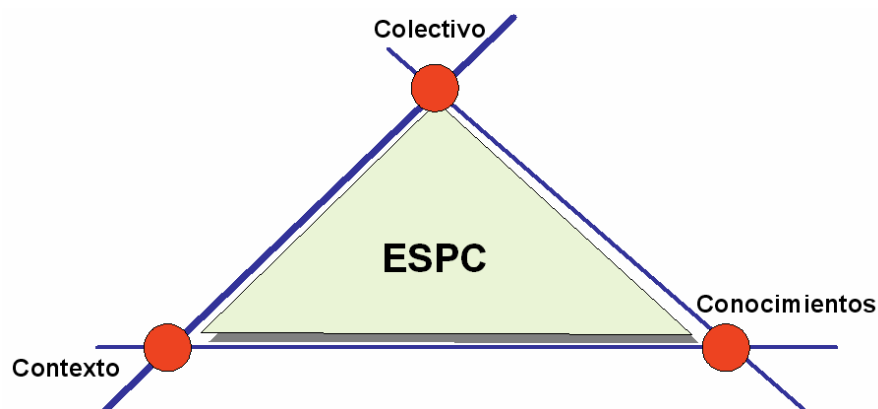


Figura 5.1 Determinación del espacio para ESPC

Una vez determinada la situación motivo de estudio se proponen unas actividades a tener en cuenta, cuyo desarrollo no implica linealidad, ni fragmentación, sino un referente

elaborado a partir de la sistematización de la experiencia vivida y los planteamientos de la Investigación Orientada liderada por Daniel Gil (Carrascosa *et al.*, 2005) y enriquecida con la Investigación Solidaria (Martín y González, 2002), como se expone a continuación.

5.1.3 Actividades del ESPC.- A través del ESPC los participantes mediante la reflexión, la observación y el registro sistemático de sus acciones, así como en la crítica de su actividad, se conocen a sí mismos, reconocen al otro, aprenden y se transforman. La complejidad de las situaciones requiere de procesos de investigación que implican observar la cotidianidad y focalizar la atención en una situación que compromete la participación social y preguntarse: ¿por qué es así y no de otra manera?; e indagar, ir tras las huellas para comprenderla y considerar si es posible transformarla. En otras palabras, es mirar el mundo, compararlo con otros mundos soñados o imaginados y ver qué se puede hacer en compañía de otras personas para construirlos.

Para realizar el ESPC se propone una dinámica que implica actividades de: sensibilización; contextualización; exploración de conceptos; análisis de relaciones; diseño, simulación y/o experimentación; análisis de resultados; socialización; valoración y ajuste de las propuestas; y elaboración del nuevo discurso, como se ilustra en la Figura 5.2. Si bien se identifican unas actividades en las que predominan habilidades relacionadas con la búsqueda, selección e interpretación de información, así como otras orientadas a proponer, argumentar y construir conocimiento, su desarrollo no exige linealidad. La puesta en común permite decidir sobre su duración y profundidad. A continuación se exponen sus características y

luego se ilustran dos casos: “El Roble en Clarete Alto” y “Las Arcillas de la meseta de Popayán”.

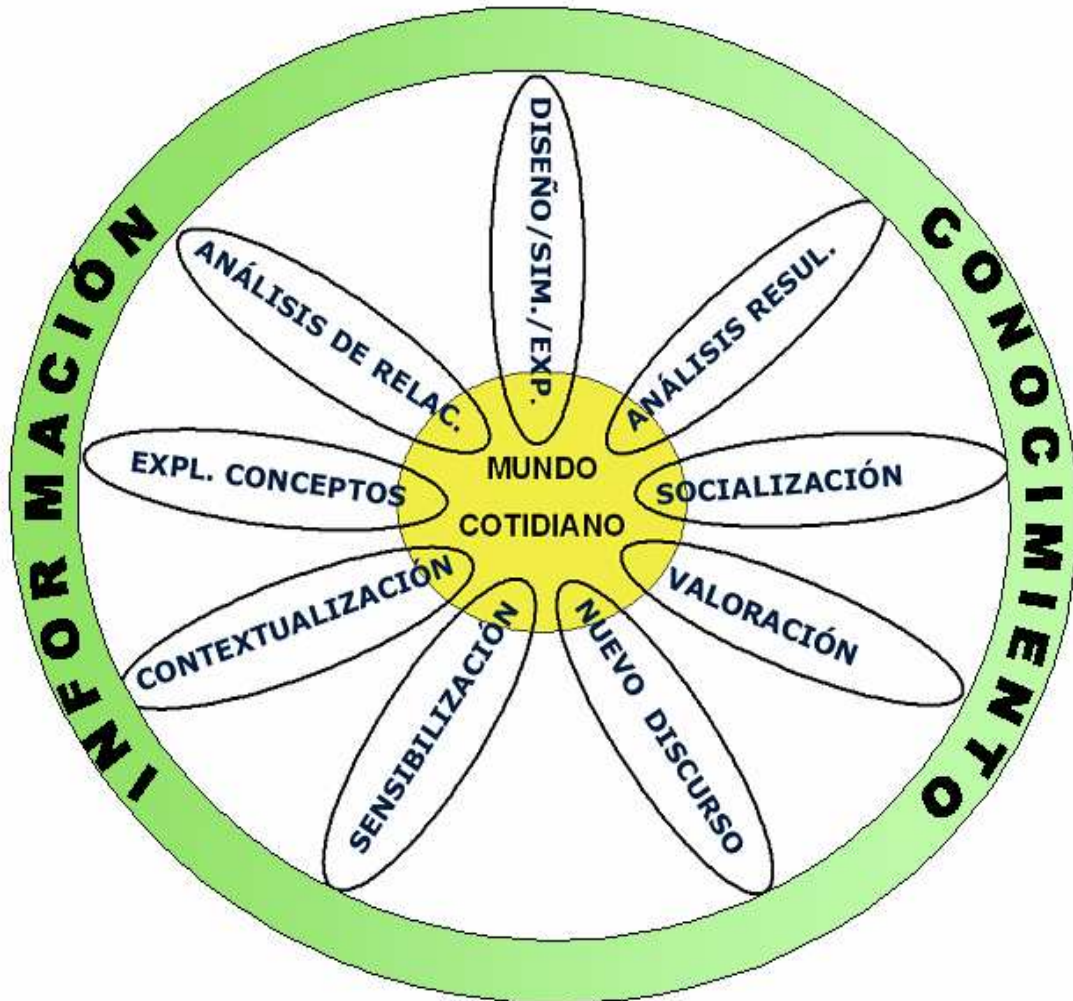


Figura 5.2 Actividades del ESPC

Sensibilización.- Las actividades de sensibilización como su nombre lo indica tienen como propósito movilizar esa fuerza interior denominada voluntad, sin la cual es difícil que ocurra un aprendizaje comprensivo. Constituyen un primer espacio de encuentro con la

situación y de reflexión⁶ hacia una nueva forma de trabajo que demanda sentido, sentimiento y sabor. En otras palabras, estas acciones hacen que la propuesta confiera diversos significados a los participantes, los cuales resulta importante identificar y socializar; así mismo despiertan la curiosidad, el gusto y la pasión por asumir el reto y un papel protagónico en su estudio. Estas actividades contribuyen a gestar el apetito por los conocimientos necesarios para comprender y posibilitar la transformación de la situación.

Desde la perspectiva del docente significa reflexionar sobre la propia experiencia y mediante la IAPE transformar continuamente su quehacer. El proceso de aprender a enseñar no se reduce a cursos sobre formación docente sino que perdura durante todo el ejercicio de la profesión. Dewey (1916) estableció una importante diferencia entre la acción humana rutinaria y la reflexiva. La acción rutinaria esta dirigida por la costumbre, la autoridad; ignora las conexiones entre las acciones y las consecuencias. Quienes no reflexionan sobre su acción, aceptan la realidad cotidiana de las instituciones, perdiendo frecuentemente de vista los fines hacia los que dirige su trabajo, convirtiéndose en agentes de terceros. La acción reflexiva cambia la cualidad de la experiencia, se actúa “con un fin a la vista”. Para que ésta ocurra es necesaria la apertura intelectual para atender otros puntos de vista, reconocer las equivocaciones como parte de la superación de barreras que impiden trabajar con otros y cuestionarse sobre el porqué de lo que se hace en la clase. También requiere de una actitud responsable para considerar las consecuencias de la acción, con respecto a los efectos de la práctica docente en el desarrollo intelectual, social y emocional de los alumnos, en la comunidad educativa y en la sociedad en general.

⁶ Para Kemmis y McTaggart después de identificada la situación, el orden para el desarrollo es planeación-acción-reflexión (en último lugar). La experiencia investigativa indica que es necesario primero construir sentido a partir de reflexión-planeación-acción. Desde la perspectiva aritmética no habría mayor diferencia debido a que el proceso es cíclico, pero no ocurre lo mismo desde la sensibilidad humana, los sentimientos no conmutan.

Algunas ideas para la presentación de la situación pueden ser: a través de un video-foro que muestre la relevancia de la situación, una noticia, una exposición fotográfica que revele las transformaciones a través del tiempo; también es posible el uso de transparencias, o de simulaciones, entre otras. Los estudiantes prestan particular atención cuando el docente comenta anécdotas de su trabajo como ingeniero. Conocer la experiencia de otros permite crear nexos que facilitan el aprendizaje e identificar referentes para la toma de decisiones. Contribuye a visualizar el futuro papel como profesional. Es posible entonces, aproximarse a la situación mediante casos particulares, situaciones por resolver y/o anécdotas fruto de la experiencia del docente, tal como ocurrió con el paseo en bicicleta del profesor Juan Pablo Paz en el que percibió una amenaza para los bosques de Roble. Este hecho se convirtió en motivo de reflexión para su clase con estudiantes del programa de Ingeniería Forestal como se describe más adelante en el caso del Roble de Clarete Alto.

Estos recursos constituyen una oportunidad para reflexionar sobre la magnitud de la situación en el presente y despertar sentimientos por lo que pueda ocurrir en el futuro. A partir de ellas se pueden formular preguntas dinamizadoras: Si hoy ocurre.... ¿Qué puede pasar en ... años en el caso de? Se puede indagar sobre el origen y la evolución de la situación problemática e identificar cuál es la posición de las personas participantes ante ella. En esa dinámica se desvelan conocimientos, experiencias, actitudes, relaciones sociales e intereses.

Al dar el giro hacia el ESPC, es posible que algunos los estudiantes acostumbrados a la enseñanza transmisionista manifiesten desconcierto. La construcción de sentido es un factor muy importante para motivar a esta otra forma de estudio. Deja en evidencia el por qué de

su estudio, la intención, el propósito que tiene. La aceptación del estudio de la situación elegida resulta beneficiada en la medida en que permita establecer relaciones con el futuro desempeño profesional y/o en tanto se trata de asuntos vitales. Otro tanto puede ocurrir con aquellos estudiantes cuyo estilo de aprendizaje se ha centrado fundamentalmente en la memoria; éstos pueden experimentar inseguridad al descubrir ahora que sus habilidades resultan insuficientes y se pone en riesgo su rendimiento académico. Se necesitará entonces reflexionar sobre el sentido de estudiar la profesión.

Contextualización.- Las actividades de contextualización sitúan ahora la problemática y la reflexión en un espacio y tiempo específicos. Como su nombre lo indica, buscan establecer la magnitud de la problemática en un determinado contexto por reconocer. En principio se tienen intuiciones e incertidumbres que proporcionan un ambiente de aventura que invita a la investigación.

Es muy importante revisar la historia de los acontecimientos; para ello se necesita consultar documentos y archivos; las entrevistas y las encuestas son fuentes importantes de datos, junto con las salidas de campo. Así mismo, se necesita observar el entorno en detalle para identificar actores y elementos involucrados en la situación problemática motivo de estudio, así como las relaciones que puedan existir entre ellos, esto es, trazar la cartografía social de la situación. Para estas actividades se necesita de una planeación flexible, de trabajo en equipo y a corto plazo (en virtud de la información que se recolecte, de la manera como se avance y de los cambios que ocurran). Es una oportunidad para que estudiantes y profesores se ejerciten en la identificación de problemas.

Abordar situaciones problemáticas locales/regionales genera sentido de pertenencia y compromiso, que contribuyen a la identidad con el territorio⁷, la cultura, la profesión y consigo mismo (actitudes y aptitudes). Por ejemplo, no es lo mismo estudiar el tema de las arcillas como fuente para la elaboración de materiales cerámicos, que estudiar las arcillas de la meseta de Popayán con el propósito de identificar que materiales se pueden construir con ellas, como se ilustra más adelante en el estudio de este caso. Con estas actividades se desarrollan habilidades para ubicar, seleccionar, organizar e interpretar información. De acuerdo con García (1998), los espacios de reflexión sobre las relaciones entre los sujetos, y entre éstos y el ambiente, constituyen una oportunidad para el “enriquecimiento del conocimiento cotidiano”, orientado a la construcción de una propuesta de desarrollo humano alternativa al modelo actualmente predominante. Es importante describir y comprender lo que se hace y su propósito, junto con los valores educativos que sustentan las prácticas. El debate permitirá identificar las potencialidades, inconsistencias y resistencias a procesos de cambio de la situación. Schön (1998) plantea que cuando el profesional reflexiona desde la acción se convierte en un investigador en contexto y construye teoría a partir de su caso. No mantiene separados los medios de los fines, sino que los define como marcos de una situación problemática.

Se espera que con los diferentes aportes se identifique lo necesario y factible de transformar, teniendo en cuenta riesgos y obstáculos. Los registros de datos serán utilizados en el análisis de relaciones. Se considera la observación como una oportunidad para hacer

⁷ Por ejemplo, los estudiantes de ingeniería de la Universidad del Cauca provienen de diferentes partes del Departamento del Cauca y del país. En este sentido, se considera fundamental que ellos conozcan no sólo el claustro universitario, sino la región, caracterizada por su riqueza biológica y cultural, donde confluyen tres ecosistemas de gran importancia ecológica, sociocultural y ambiental como son el Andino, Amazónico y Pacífico. Estos hacen parte de la gran eco-región del macizo colombiano, de un gran potencial hídrico y donde el aspecto ambiental constituye una parte importante en los planes regionales, nacionales e internacionales.

registros del proceso de la acción, de las circunstancias en las que ésta se realiza, y sus efectos, tanto los planificados como los inesperados. La puesta en práctica del plan no es una acción absolutamente lineal; si bien es necesario prever los riesgos y planear la acción de manera que se minimicen, conviene estar atento para tomar decisiones oportunas ante aquellas circunstancias que afecten el curso de la acción.

Exploración de Conceptos.- Las anteriores actividades permiten identificar temas o conceptos que requieren estudiarse para comprender la situación problemática. La principal dificultad que se evidencia en este momento, es que si el docente trabaja solo, la abundancia de información y el correspondiente análisis pueden conducir a que se desista del trabajo. Al abordar situaciones problemáticas es muy probable que se requiera de temas estudiados por diversas disciplinas y actividades de diferente índole (de laboratorio, trabajo con comunidades, de gestión, por citar algunas). Por esta razón un factor determinante es la conformación de un equipo de docentes, que además de posibilitar el trabajo, genere escuela de pensamiento y aproveche el potencial de la Interacción Social y de la Interdisciplinariedad.

Por ejemplo, en Popayán se adelantan proyectos para la construcción de acueductos que garanticen el abastecimiento del recurso hídrico, pero se cuestiona que aún no existe un sistema municipal para el manejo y tratamiento de las aguas residuales. El estudio de esta situación se centró en una sección del Río Molino que atraviesa la ciudad y se desarrolló durante el año 2006 con estudiantes de sexto semestre de Ingeniería Física. En su realización se buscó la articulación de los cursos de Fisicoquímica, Transductores y Óptica. Entre los conceptos explorados figuraron los relacionados con el diagnóstico de sistemas de

agua potable, caracterización de fuentes de agua, sistemas de abastecimiento, tratamiento y distribución.

Una metodología que facilita la exploración de conceptos y la elaboración del análisis conceptual es la Investigación Solidaria propuesta por Martín y González (2002), y que tiene estrechas relaciones con los modelos de aprendizaje cooperativo y colaborativo. Se trata de constituir una comunidad de investigación solidaria. El término “comunidad” implica una “asociación” de personas que tienen intereses comunes. De otra parte el término “investigar” sugiere “indagar, ir tras la huella”. Adicionalmente, el término, “solidaria” alude a “compartir con varias personas de manera que se involucran y son copartícipes en un deber”.

Se genera una organización de las prácticas escolares en la que es imprescindible la cooperación. Seleccionado el tema o concepto a estudiar, se desarrolla un proceso que permite visualizar la evolución del concepto a través del tiempo; sus potencialidades, límites y proyecciones. Se divide entonces el grupo de estudiantes en seis equipos; dos de ellos, actuando como pares académicos, asumen el compromiso de indagar sobre el origen, los antecedentes del concepto; otros dos se encargan de averiguar sobre la actualidad y los otros dos sobre las posibilidades a futuro. Con representantes de estos equipos se puede organizar un grupo coordinador del trabajo. La organización se ilustra en la Figura 5.3. Como preguntas orientadoras de la indagación en cada caso se anotan:

- *Antecedentes:* Dos equipos indagan sobre el ayer del concepto. Algunas de las preguntas orientadoras pueden ser: ¿cuándo apareció por primera vez? ¿Quiénes fueron sus autores? ¿Ante qué problemática? ¿Cómo se resolvió en ese entonces?



Figura 5.3 Distribución de los equipos para la investigación solidaria

- *Actualidad:* Otros dos equipos asumen el estudio del momento presente. Les corresponde identificar los desarrollos más recientes, la normatividad o limitaciones, de su aplicación, las preocupaciones y vacíos que a la fecha existen. Para ello es necesario el pensamiento crítico. Pueden recurrir a noticias, revistas especializadas, documentales recientes, memorias de eventos, entre otras, como fuentes de información. También pueden acudir a encuestas y hacer entrevistas.
- *Perspectivas:* Les corresponde realizar proyecciones sobre lo que pueda pasar a futuro; por ejemplo: estimar la eficiencia de un sistema de transporte masivo al cabo de una década, el tiempo de saturación de un relleno sanitario de la localidad; la capacidad de abastecimiento de agua; la proyección de la demanda energética; entre otros. Se hace énfasis en la capacidad creativa y sus hallazgos se pueden presentar a través de textos, representación de dramas futuristas, simulaciones, entre otras.

- *Coordinador:* Es el responsable de que todo el trabajo diferenciado de los demás equipos tenga coherencia y pueda ser compartido adecuadamente por todos. Una vez definido y transcurrido el tiempo dedicado a la indagación, este grupo decide sobre la forma en que se socializan los resultados. Se puede decir que cada equipo contiene una parte de toda la información que se requiere; al compartirla mutuamente se puede construir en conjunto una visión amplia del concepto explorado. Con la colaboración de los docentes se pueden recurrir a diversas formas para hacer la puesta en común: un panel de expertos, la regilla, dramatizaciones, ferias con carteleras, demostraciones, entre otras.

El proceso puede estar acompañado de actividades de monitoreo del aprendizaje a través de mapas mentales y/o conceptuales, así como otras de carácter metacognitivo⁸.

Esta perspectiva de la Investigación Solidaria fue un referente para la construcción conceptual del proceso de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca; de allí deriva la organización con la que se presentan los primeros tres capítulos.

Análisis de relaciones.- Las actividades para el análisis de relaciones conducen a un nuevo esclarecimiento de la complejidad de la situación problemática, gracias a la auto-reflexión compartida entre los participantes. Esta es una forma de identificar las ideas o concepciones alternativas de estudiantes y profesores, a las que recurren para hacer predicciones y que son susceptibles de ser sometidas a prueba. Se trata de hacer un análisis que confiere sentido y que permite:

⁸ Identificar qué se aprendió de nuevo, qué se desaprendió, qué se enriqueció y cómo fue el proceso en cada caso

- comprender y acotar la situación planteada (en relación con los conocimientos disponibles, la relevancia del problema);
- observar que lo percibido es el resultado de un proceso a través del tiempo;
- identificar actores, escenarios y variables;
- definir las restricciones en materiales, equipos, técnicas de procedimiento, económicas, jurídicas y sociales, propias del contexto específico de trabajo, así como las potencialidades y ventajas comparativas; y
- formular preguntas operativas orientadoras para el trabajo y para el reconocimiento de sí mismo y de los demás.

Algunas preguntas orientadoras de la acción son:

- ¿Cuáles son los aspectos más conflictivos de la situación y en qué contextos o grupos se manifiestan?
- ¿Qué formas adopta la situación? (discursos, prácticas, organizaciones).
- ¿Cuáles son los argumentos de discusión y de resistencia al cambio, y qué correlación existe o hace falta entre la teoría y la práctica?

En el análisis de relaciones para la identificación del problema central, se puede recurrir a algunos elementos que hacen parte de la Metodología del Marco Lógico -MML- (Aldunate, 2004), con los cuales se puede establecer la dependencia entre las situaciones que se perciben como obstáculos, síntomas, mediante el uso de matrices de doble entrada. En ellas, cada situación se compara con las demás y en función de la frecuencia con que se registren se establece la de mayor incidencia. Una vez aceptada en común acuerdo por los participantes, se pueden identificar de manera similar las causas y consecuencias

provocadas por la situación. El resultado se puede disponer en una estructura similar a la de un árbol (árbol de problemas), ubicando las causas en el sitio de las raíces, el problema principal en el tronco y las consecuencias en las ramas. Posteriormente se puede hacer una representación de la situación esperada al resolver el problema; en el ejercicio los aspectos adversos o negativos se convierten en positivos o logros. De esta manera se podrán identificar las acciones a emprender y sus resultados, convirtiendo la estructura en lo que se conoce como el árbol de objetivos.

El análisis de relaciones implica valorar la participación de otros actores en el marco de la situación problemática, cuyas decisiones afectan a la misma. Con ellos hay necesidad de establecer alianzas o convenios según los intereses de cada una de las partes. Así por ejemplo, en el caso del Roble en Clarete Alto se vinculó la junta de acción comunal de la zona y en el de las arcillas de Popayán, la asociación de alfareros de la región.

En estas actividades es muy importante aprender a tomar decisiones teniendo en cuenta las condiciones de la situación, la responsabilidad social y la ética profesional, para lo cual el seminario es un importante elemento de apoyo. La información recopilada más la participación de otras instituciones relacionadas con la situación motivo de estudio se pueden convertir en insumos para organizar una controversia, cuyo propósito es el facilitar un espacio para desarrollar actitudes y habilidades relacionadas con la participación social.

Es posible recurrir al juego de roles⁹ como una estrategia metodológica para el análisis de relaciones. El grupo se organiza por equipos y a cada uno se le asigna la representación de

⁹ Las simulaciones y debates propuestos en el curso sobre el enfoque CTS en la enseñanza de las Ciencias orientado por la OEI y la Universidad de Oviedo, son un ejemplo para la organización del juego de roles.

uno de los actores cuya intervención es importante en una discusión pública. Cada equipo tendrá que indagar, recopilar, organizar y construir argumentos relevantes para asumir el rol que le corresponde y defender su punto de vista, primero exponiendo su visión y competencia dentro de la problemática particular y luego escuchando y contra-argumentando, si es el caso, los planteamientos de los otros equipos. Se espera que el debate junto con el análisis de la situación permita identificar el problema.

La Universidad, por su naturaleza y sus recursos, no puede comprometerse por sí sola a resolver estos problemas, pero sí puede participar en el estudio de la situación problemática. La conformación y consolidación de redes con otros actores, instituciones, organizaciones o empresas, genera dinámicas de mayor trascendencia en la solución de la situación. Permite la formulación de proyectos y la contextualización de los procesos de formación, así la Interacción Social potencia los aprendizajes.

Diseño, simulación y/o experimentación.- Es la oportunidad para que los equipos validen sus hipótesis y formulen propuestas de solución a la problemática, lo cual implica hacer más énfasis en el desarrollo de habilidades del pensamiento relacionadas con la crítica y la creatividad. El ambiente ahora es propicio para la innovación, para el aprendizaje activo a través de la elaboración de diseños (actividad característica de un ingeniero); para construir modelos o prototipos, controlar variables, hacer simulaciones, establecer márgenes de incertidumbre, de acuerdo con la normatividad existente. Se emplean entonces fuentes de información, modelos físico-matemáticos y simulaciones acordes con el problema.

En el caso de la deforestación del roble por ejemplo, la situación condujo al montaje de parcelas de investigación y al diseño e implementación de un sistema controlado para la germinación de semillas de Roble; esto último con el propósito de identificar las mejores condiciones de germinación y contar con plántulas certificadas para la reforestación en la región. El proyecto requirió de la participación de tres programas de ingeniería: Forestal, Física y Sistemas, como se describe más adelante en el estudio de este caso.

Las tecnologías de la información y la comunicación constituyen un elemento importante en la elaboración de los diseños. Mediante programas para el diseño asistido por computador, se puede obtener más información sobre las propuestas. La sistematización mediante archivos digitalizados facilita la consulta de proyectos anteriores que pueden aportar a sus iniciativas. Las pruebas permiten saber en que medida éstos satisfacen las expectativas previstas, mejoran la confiabilidad, definen límites de seguridad, pueden ahorrar costos y reducir los márgenes de incertidumbre. Para ello se emplean prototipos, modelos a escala, simulaciones, análisis de laboratorio, pruebas destructivas y no destructivas, entre otros. Las múltiples soluciones posibles deben evaluarse de acuerdo con sus cualidades para tomar las decisiones del caso, de acuerdo a criterios definidos de confiabilidad, eficiencia, servicio, impacto ambiental, tiempo y presupuesto, entre otros.

Los estudiantes aprenden sobre importancia de la responsabilidad profesional por sus diseños, por lo que se hace necesario incluir factores de seguridad para minimizar los riesgos ante posibles fallas.

Análisis de resultados.- A través de estas actividades se aspira a establecer en qué medida cada propuesta satisface las expectativas de acuerdo a las condiciones del problema. Es necesario contar con una descripción que dé cuenta de las ventajas y limitaciones tanto frente a otras alternativas que se reporten como a la “hipótesis cero” (el no hacer). Además de la información que suministren pruebas de campo y simulaciones, se puede recurrir a análisis que identifican debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas¹⁰ –DOFA-.

El análisis incluye desde el punto de vista económico tener criterios de eficacia y eficiencia, establecer la relación costo/beneficio de la inversión, determinar riesgos potenciales sobre accidentes, incidencia en el mercado, nivel de control en la producción o desarrollo, plan de mantenimiento y vida útil. Desde el ámbito de lo socio-cultural se analiza como incide en las costumbres y la cultura, en qué medida transforma las relaciones personales y laborales, los requerimientos educativos para su puesta en funcionamiento, su respuesta a la normatividad existente, así como la posibilidad de requerir alguna otra adicional. Desde lo científico-tecnológico, si existen contribuciones en materia de conceptos, protocolos, técnicas, requerimiento de manuales, entre otros. En el ámbito de lo ambiental, determinar cómo incide en fuentes de energía, uso de materias primas, contaminación ambiental y calidad de vida de los usuarios y de la sociedad en general. Desde la perspectiva del estudio de mercado se trata del análisis de factores PEST (políticos, económicos, sociales y tecnológicos). Estos análisis permiten construir argumentos acerca de la validez de la propuesta.

¹⁰ En inglés SWOT de Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats.

Socialización.- Se trata de actividades orientadas al fortalecimiento de las habilidades comunicativas a través de la Interacción Social. Ocurren en diferentes ámbitos. Un primer espacio es la clase tanto al interior de los equipos de trabajo (al compartir ideas, tomar decisiones y organizar el trabajo), como entre equipos (actuando como pares académicos, al compartir aprendizajes y propuestas durante las puestas en común y los debates). El segundo espacio de socialización es el de la comunidad universitaria a través de foros, seminarios, paneles y coloquios. Se comparte con otros estudiantes, profesores y directivos las visiones de la situación problemática y las alternativas para enfrentarla. Un tercer lugar más amplio es de carácter inter-institucional, donde se busca socializar a través de reuniones el trabajo de cada una de las instituciones involucradas. Se incluye aquí la participación en eventos tal como congresos, coloquios y simposios. Finalmente otro espacio lo constituyen los medios masivos de comunicación (radio, prensa, revistas, televisión e Internet). Mediante las actividades de socialización se reconoce el trabajo y se determina el nivel de aceptación de cada propuesta de solución. En cada espacio es muy importante la elaboración de documentos, de informes que se presentan, se sustentan y se asume la responsabilidad intelectual de lo que se dice.

Resulta muy productivo superar las limitaciones de espacio y tiempo mediante el aprovechamiento del potencial de las TIC a través de los espacios brindados por los servicios telemáticos tales como foros virtuales, carpetas para archivos de clase, correo electrónico, salas virtuales y *wikis*. Así lo revela la experiencia vivida a través de la plataforma de ieRed. En ella se dispuso un sitio virtual de interacción para los participantes del proyecto de investigación que alimenta el presente trabajo (estudiantes y docentes) al que puede acceder el lector en la dirección www.iered.org. Los estudiantes por este medio

pueden acceder a los contenidos del curso¹¹, participar en foros de discusión sobre temas específicos, informarse sobre eventos especiales, y manifestar sus inquietudes y sugerencias. Se facilita la permanente comunicación con los estudiantes ampliando el tiempo de clase. Por este medio siempre hay flujo de información con respecto a temas de interés.

Valoración y ajustes.- Son actividades que permiten identificar tanto los avances de las personas que participan en el estudio, como sus posibilidades de desarrollo, es decir, se tiene en cuenta lo realizado y lo factible de realizar. Es un aspecto sensible de la propuesta, ya que constituye uno de los principales agentes que orientan la atención y acción de los estudiantes y puede ser otra oportunidad para el aprendizaje. En los procesos de formación en los que predomina el transmisionismo, más que evaluar lo que se hace es calificar. La evaluación como su nombre lo indica debe reconocer y valorar el trabajo de los participantes en las diferentes acciones. Para esto se requiere definir conjuntamente entre profesores y estudiantes, los criterios de desempeño, así como la valoración y los plazos de ejecución de las diferentes actividades. Se hace necesario superar la memorización y explorar crítica y creativamente otras estrategias e instrumentos que permitan dar cuenta de lo que ocurre en las diferentes actividades. Por ejemplo, se puede recurrir a concursos o a una licitación como estrategias no sólo de evaluación sino de aprendizaje (Gaona *et al.*, 2006). En cuanto a instrumentos, resulta conveniente el uso de las matrices de valoración; a manera de ejemplo, en el Anexo V-A se puede apreciar una matriz para la valoración de una exposición.

¹¹ Por ejemplo, en el caso del curso de sistemas “Cliente inteligente” del programa de Ing. de Sistemas, el profesor Carlos Cobos dispuso en la Plataforma los videos de sus clases.

Los resultados de los procesos de evaluación pueden ser empleados con fines internos, de aprendizaje institucional y mejoramiento de la calidad de las propuestas. La determinación del grado en que se satisfacen las expectativas de una propuesta curricular es fundamental para tomar decisiones tales como las relativas a las estrategias de enseñanza y de aprendizaje, el uso de los recursos disponibles, entre otras. Además suministra elementos para una declaración pública sobre el valor o la calidad del programa o de la institución. Es un tema interesante de investigación para el trabajo del seminario.

El nuevo discurso.- Otras actividades importantes en el ESPC son la sistematización de la experiencia y la elaboración de la memoria. Se recomienda en la medida que sea posible, hacer registros de las diversas actividades. Los diarios de campo, las actas de los seminarios son un instrumento para recolectar información y se puede complementar con un portafolio de actas o protocolos de clase, con el que pueden colaborar los estudiantes. Igualmente son importantes en la elaboración de documentos que se pueden compartir con otros colegas en eventos y participar de esta manera en la producción de conocimiento sobre la Educación en Ingeniería. Se puede organizar un archivo de documentos, registros fotográficos, una videoteca, un museo de prototipos y hasta una publicación que dé cuenta de la experiencia. De esta manera se tendrá una mejor oportunidad para reconstruir el proceso realizado.

La memoria tiene un valor agregado; se convierte en un referente para continuar el estudio en otro semestre o con otro grupo, puesto que se espera que aparezcan nuevas inquietudes, o puede servir como referente para estudiar otras situaciones. La existencia y disponibilidad de acceso al nuevo discurso posibilita establecer la condición de que no se

repita tal cual, es decir que no se petrifique y que de esta manera se corte la cabeza a la gorgona Medusa. Además posibilita que las ideas que sustentan este tipo de iniciativas trasciendan a otros espacios más amplios de los que puede lograr una persona a través de la exposición oral.

5.2 El caso del Roble en Clarete Alto

Se comparte en este apartado sobre el encuentro de los estudiantes del curso de “Gestión ambiental en cuencas hidrográficas” del programa de Ingeniería Forestal, con los bosques de Roble a partir de una situación propuesta por el profesor Juan Pablo Paz, durante el primer semestre del año 2006. Como problemática inicial se plantea la defoliación que en ese momento presentaban los bosques de Roble en la meseta de Popayán y en particular en la micro-cuenca Clarete Alto. En esta zona se ubica una población significativa de esta especie, la cual constituye un importante agente en la regulación hídrica para los acueductos de esa vereda y sus vecinas.

Antes del año 2006, comenta el profesor Juan Pablo que la orientación y preparación del curso de “Gestión ambiental en cuencas hidrográficas” se caracterizaba principalmente por la identificación de referencias bibliográficas de diversos autores, a partir de los cuales se organizaban exposiciones orales, apoyadas con apuntes y en el mejor de los casos, si las condiciones lo permitían, se utilizaban acetatos o proyector de video (Ent.13:Rel.5). La información se transmitía a los estudiantes, quienes se dedicaban a tomar apuntes sobre las ideas expuestas que consideraban importantes para la presentación de exámenes. Añade

que cuando en clase se hace alusión a temas estudiados en otros cursos de semestres anteriores, bien sea para introducir otro tema o ampliar una explicación, los estudiantes manifiestan no haberlo visto o comentan que la exposición resultó insuficiente para comprenderlo (Ent.13:Rel.6). Esto fue un motivo de reflexión para Juan Pablo, ¿se debería asumir tal condición como una constante en cada semestre, o existiría la posibilidad de cambiarla?

Agrega Juan Pablo:

Se hacían algunas salidas de campo con el propósito de conocer los bosques. El trabajo se orientaba a la descripción de los sitios de acuerdo con una guía general y común para todo el grupo, a partir de la cual se elaboraban los informes. Normalmente los trabajos así planeados se convierten en una toma de datos por parte de los grupos, se anexan fotos y una referencia bibliográfica sobre el tema. Pero existe un vacío: la falta de interacción con la gente; los informes excluían la visión de bosque de los habitantes de la zona, sus saberes. Adicionalmente, la sustentación de informes se convertía en repetición y pérdida de interés debido a la uniformidad de la guía de trabajo (Ent.13:Rel.7).

La posibilidad de un espacio para gestar una transformación se dinamizó a partir de tres condiciones: Primero, la participación de Juan Pablo en el colectivo del SEFIUC. En él se encontró con las diferentes visiones de la práctica docente de los integrantes, fruto de la reflexión sobre su ejercicio, unos en los programas de ingeniería participantes y otros en los programas a los que el Departamento de Educación y Pedagogía presta sus servicios. En el seminario, Juan Pablo halló tanto la oportunidad para compartir inquietudes y experiencias relativas a la formación y el sentido de lo humano, como de vivir la experiencia del trabajo interdisciplinario.

Jamás pensé en sentarme con ingenieros físicos, con ingenieros de sistemas y con pedagogos para estudiar los bosques o para dar una clase... con el seminario he empezado a llenar un vacío que tenía (Ent.13:Rel.9).

Segundo, el estudio de los bosques de Roble en la meseta de Popayán y su importancia en los ecosistemas. Estos bosques son el hábitat de muchas especies animales y vegetales. La cobertura que generan facilita el establecimiento de microclimas, la protección de suelos y de aguas. Además, esta especie es una fuente de ingresos económicos para muchas familias de las zonas rurales a través de la producción de carbón y del aprovechamiento de la madera para diferentes propósitos.

Y tercero, la relación que Juan Pablo había establecido un año antes con los habitantes de la Cuenca de Clarete Alto, producto de un trabajo realizado con estudiantes de Agrozoología sobre caracterización agroambiental de los predios de la zona. Fue en esa ocasión que dio cuenta de los robledales que allí existían (Ent.13:Rel.12).

Las anteriores condiciones plantearon la posibilidad de emplear el ESPC dentro del proceso de formación de Ingenieros Forestales en la Universidad del Cauca, tomando como primer indicio la deforestación de las especies nativas, en particular el caso del Roble, y a través de la dinámica del proyecto “Propuesta curricular para la formación de ingenieros desde el enfoque en estudios CTS+I en la Universidad del Cauca” coordinado por el SEFIUC.

La actividad se propuso para el curso de “Gestión ambiental en cuencas hidrográficas”, como se comentó anteriormente. En este caso la presentación de la situación a los estudiantes se realizó a partir de una anécdota. En un paseo matutino se observó un cambio significativo en el follaje de los robledales, del verde habitual a un tono ocre. Era evidente la defoliación; la causa, identificada un tiempo después: la presencia de un gusano medidor de la familia *Geometridae*. Para Juan Pablo fue motivo de interés porque se amenazaba no

sólo el bosque, sino su mundo. Para él, su afecto por el bosque va más allá de sus clases; por ejemplo, una de sus aficiones es el ciclo-montañismo y su club se llama precisamente “Robledal”.

La defoliación se convierte en una preocupación que se articula con la deforestación. ¿Qué pasaría si el Roble se extingue? ¿Cómo afectarían las cuencas? ¿...y el trabajo de los ingenieros forestales? ¿Existe una Resolución del Ministerio del Ambiente para la protección de la especie? Éstas y otras preguntas fueron motivo de la reflexión inicial con los estudiantes.

El interés generado conduce a indagar por la magnitud de la situación. Como parte de las actividades de sensibilización, se acude primero a revisar la historia. Se comparan imágenes satelitales y fotografías aéreas tomadas en diferentes épocas que revelan la elevada tasa de deforestación en la región del Cauca.

Si bien la deforestación constituye una problemática de interés general para la humanidad, se propuso identificar las características que toma la situación en un contexto específico próximo a la Universidad. Juan Pablo recuerda la imagen de los robledales de Clarete Alto, zona en la que se ubica una población significativa de la especie *Q. humboldtii*, y en una visita constata que también se encuentra afectada por el *Geometridae*.

Contextualizar la situación permite que los estudiantes interactúen con el hábitat de la vereda Clarete Alto. Allí aún se conservan grandes áreas de Roble y sus habitantes, a pesar de sus diferencias étnicas y culturales, conviven con estos ecosistemas, en los que nacen fuentes de agua que no sólo abastecen a las comunidades del área, sino también a sus

vecinos. Para conocer el contexto a través de la práctica, se propuso hacer un trabajo de investigación con participación de la comunidad. Se hicieron entonces salidas de reconocimiento en compañía de representantes de la junta de acción comunal de la zona, quienes tienen un mejor sentido de orientación, sobre todo en las áreas de mayor cobertura en bosques de Roble y en este caso, atacados por el *Geometridae*. Como ayuda para la recolección, organización e interpretación de la información, se realizó un taller sobre territorio y cultura con la colaboración de la geógrafa Gloria Castro, también integrante del SEFIUC.

A través de estas actividades se identifican conceptos y se abordan temáticas pertinentes tanto para el curso de “Gestión ambiental en cuencas hidrográficas” como para la comprensión de la situación problemática. Se exploran entonces conceptos tales como biodiversidad étnica y cultural, territorio, región, bioregión, ecoregión, unidades del paisaje, conectividades, participación comunitaria, investigación acción participativa, gestión ambiental y calidad de agua, entre otros.

La identificación de conceptos más la información recopilada del contexto constituyen insumos para hacer un análisis conceptual del que deriva la identificación de otros actores a los que se les invita a participar. Así se vinculó primero la CRC, que financió la caracterización de la entomofauna asociada a los bosques de Roble, con el propósito de identificar las diferentes fases metamórficas del *Geometridae*, así como sus enemigos naturales. La iniciativa surgió a partir de cuestionamientos sobre las posibles fuentes de alimentación del gusano y así identificar qué otros árboles podrían verse afectados, como por ejemplo el pino; además, ¿Por qué se convirtió en plaga? y ¿la población es conciente y está preparada para manejar tal amenaza? Tal estudio condujo a interactuar con

entomólogos, en particular con el doctor Carlos Rodas de Smurfit Kappa Cartón de Colombia. Gracias a sus explicaciones sobre el proceso de estabilización natural por acción de depredadores se pudo obviar la presión de casas fumigadoras que ofrecían sus productos como solución a la problemática.

Como resultado de los talleres con los habitantes de la vereda para identificar la problemática se determinó como una carencia de primer orden la falta de organización comunitaria para el uso, manejo y conservación del bosque (ver Anexo V-B). Las visiones del bosque por parte de los habitantes reflejaron la relación Roble-Agua (ver Anexo V-C) y los estudiantes aprendieron que es necesario que el ingeniero forestal identifique tanto los productos maderables como los no maderables (resguardo, agua, salud, fotoquímicos, turismo, entre otros).

Ante la necesidad de prevenir nuevas situaciones de este tipo se propuso dos acciones: la primera, realizar unos talleres sobre Educación Ambiental, para lo cual se contó con la participación del Grupo de Estudios Ambientales -GEA- de la Universidad del Cauca. La segunda iniciativa fue la de montar parcelas permanentes de investigación. Es así como se gestionó este primer proyecto para la implementación de la parcela de investigación en Clarete Alto, con el fin de establecer los aspectos biológicos, ecológicos, sociales y económicos asociados a los bosques de Roble. Dicho proyecto, financiado por la CRC y administrado por Carlos Julio Gurrute¹², cuenta con la asesoría de los profesores y alumnos de la Universidad. Tal iniciativa se tomó como ejemplo para que Smurfit Kappa Cartón de Colombia se vinculara con el montaje de otra parcela de investigación en Sotará, en la cuenca del Río “Los Robles”, en la que en la actualidad seis estudiantes adelantan su

¹² Presidente de la Junta Comunal de la vereda Clarete Alto.

trabajo de grado. En el mismo sentido la unidad administrativa de parques nacionales, regional sur-andina, montó otra parcela en el Parque Nacional de Munchique. Estas parcelas en la actualidad hacen parte del centro piloto de investigación forestal de la región.

Con la participación de los pobladores se ubicaron los sitios donde se podían implementar parcelas de investigación. Igualmente se situó la zona del Cabuyo que hace parte del resguardo indígena de Quintana, cuyo acceso requiere del permiso del Cabildo. Con el montaje de las parcelas se incrementó el aprendizaje activo. Se elaboraron diseños, determinaron variables y márgenes de incertidumbre. Para caracterizar los robledales de la micro-cuenca se establecieron dos parcelas de 100 x 200 m. (2 ha) con un área efectiva de trabajo de 0,96 (ha), lo restante corresponde a la zona de amortiguamiento de las parcelas. Para la localización geográfica se utilizó el sistema de posicionamiento geográfico -GPS- y se caracterizaron topográficamente. Las parcelas se dividieron en 24 subparcelas de 20 x 20 m (0,04 ha). La figura 5.4 muestra los detalles de la parcela de trabajo.

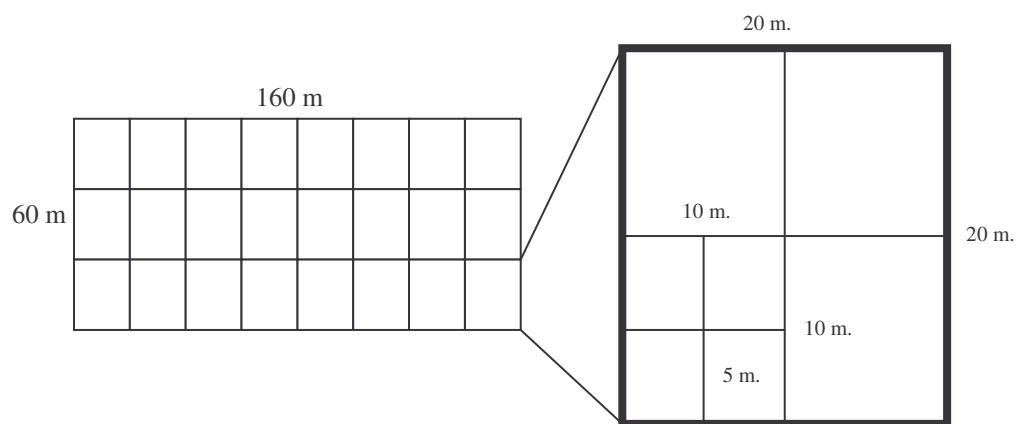


Figura 5.4 Trazado de la parcela empleada para la caracterización de los bosques de Roble en la Microcuenca del río Clarete-Popayán

En cada una de las subparcelas de 0,04 (ha) se registraron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho -dap- ≥ 10 cm, consignando su nombre científico, altura total y a la base de la copa, condición de luz y calidad. La condición de luz se hizo a partir de cinco categorías de iluminación que van desde individuos emergentes hasta árboles completamente suprimidos.

En cuanto a calidad de los individuos se trabajaron tres categorías: 1) individuos de fuste recto y completamente sano; 2) individuos con algún defecto en su forma o estado sanitario y 3) los enfermos y completamente deformes. Los individuos reportados fueron localizados geográficamente en la parcela con su respectiva etiqueta de aluminio. Dentro de cada subparcela de 0.04 (ha) se inscribió un cuadro de 10 x 10 m para registrar los individuos superiores a 1,5 m de altura y de dap ≤ 10 cm, incluyendo árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes. Los individuos reportados fueron localizados geográficamente dentro de la parcela con su respectiva etiqueta de aluminio.

Para el caso de los árboles de dap ≥ 5 cm, a cada uno se le registró su nombre científico, altura y posición dentro de la parcela. Se anidó un lote de 5 x 5 m en cada una de las subparcelas de 0,04 ha para registrar la información correspondiente a la regeneración establecida de altura de especies arbóreas y arbustos entre 0,4 y 1,5 m. Esta parcela se instaló con el fin de estudiar la dinámica de estos bosques. Considerando lo anterior, se hizo una delimitación en campo del sitio, utilizando mojones en los vértices de la parcela así como en su sección media, con el fin de facilitar su localización para futuras mediciones.

Un caso particular de interés se presentó durante el trazado de una parcela. Los datos topográficos debían demostrar que la parcela cerrara completamente el área, sin embargo

pese a dos jornadas de trabajo, no se obtuvo el resultado requerido. La discusión al interior del grupo durante el trabajo de campo se limitó a “echarse la culpa unos a otros”. Se convocó a la participación de los diferentes grupos y a los profesores de otras áreas (Ecología, Dendrología, Silvicultura y Topografía). Se encontró que el error radicaba en que faltaba la corrección de la pendiente. Fue la oportunidad para aprender de los demás y establecer que los problemas siempre existen y que el resolverlos es cuestión de todos y para todos.

Otra situación que se identificó es que la especie podría estar en peligro de un proceso de degeneración, debido a que los pobladores cortan los árboles de mejor presentación. Desde esta perspectiva, los que tienen más oportunidad de reproducirse son los que presentan más defectos. Además, la cobertura de los árboles mayores impide la suficiente penetración de luz para que ejemplares jóvenes puedan crecer.

Como alternativa a esta situación se pensó entonces en contar con un banco de plántulas de buena calidad para dinamizar procesos de reforestación. Se discutió la situación al interior del SEFIUC y se empezó un trabajo conjunto de los tres programas de ingeniería participantes para la “Producción de material de siembra de especies nativas bajo condiciones controladas: El Roble”. La idea innovadora consiste en articular tres tareas. Primero, adecuar una cámara de germinación para semillas de Roble en la que se pueda controlar y tomar datos sobre variables como temperatura, humedad e iluminación, a cargo de estudiantes de Ingeniería Física. Segundo, diseñar un software que permita sistematizar la información sobre las condiciones de germinación de las semillas de Roble con el propósito de identificar cuáles son las mejores condiciones de germinación de la semilla teniendo en cuenta su procedencia, preparación del sustrato y los sistemas pregerminativos;

trabajo a cargo de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas. Y tercero, recolectar, clasificar, seleccionar, preparar las semillas y hacer el seguimiento del proceso, a cargo de los estudiantes de Ingeniería Forestal.

La interacción social potencia aprendizajes y abre espacios para el desarrollo de habilidades características de los ingenieros forestales, tal como la elaboración de los diagnósticos ambientales participativos enfocados al recurso bosque y al montaje de parcelas para investigación. Allí por ejemplo, se aplicaron conocimientos de áreas como la dasometría, dendrología, silvicultura de bosques naturales, topografía, sociología rural y diseño experimental, entre otras, y se desarrollaron habilidades para la planeación, el uso, el manejo y aprovechamiento de áreas para proyectos de reforestación, en interacción con las comunidades de la zona.

Ahora el trabajo permite que cada equipo tenga unas funciones particulares en la selección y recopilación de datos en contacto permanente con la comunidad. El grupo interroga y dialoga con sus acompañantes sobre lo que se encuentra en el trabajo de campo. Los informes y la sustentación resultaron más interesantes y su socialización se hizo en reuniones generales con los habitantes de la vereda. El proceso de análisis de la información obtenida en trabajo de campo, así como el conocimiento científico y tradicional asociado al uso y manejo del bosque, permitió el intercambio de conocimientos respecto al mismo, a la especie en particular y a su función protectora para las fuentes de agua.

Adicionalmente, durante el desarrollo de la propuesta se aprovechó el potencial de las TIC a través de un espacio virtual ubicado en la dirección www.iered.org. Con la colaboración del

ingeniero Ulises Hernández¹³ y su grupo Vultur se contó con servicios telemáticos tales como foros virtuales, carpetas para archivos de clase y wikis; lo que permitió superar las limitaciones de espacio y tiempo. En este espacio virtual, los estudiantes ubican los contenidos del curso, participan y proponen foros a partir de temas específicos o eventos especiales a través de los cuales manifiestan sus inquietudes y opiniones. Se facilita la permanente comunicación con los estudiantes ampliando el tiempo de clase. Por este medio siempre hay flujo de preguntas y de información con respecto a temas de interés.

Otro espacio de socialización es el institucional, cuando se comparte con otros estudiantes, profesores y directivos la situación problemática que se está abordando y la forma en que se hace. Un ejemplo de ello fue el taller sobre la identificación de la problemática, en el cual participaron de manera conjunta estudiantes de los programas de Ingeniería Física, Forestal y Sistemas, realizado el día 6 de marzo de 2006 (ver anexo V-D). Así se conformó el grupo de investigación “Bosques y Comunidades” integrado por profesores y estudiantes del programa, que se integró posteriormente con el grupo TULL.

Dentro de las actividades de socialización en el ámbito interinstitucional, se mostró la experiencia en el V Encuentro Nacional de estudiantes de Ingeniería Forestal en la ciudad de Medellín, espacio que abrió otras posibilidades de interacción. Al integrarse a ésta asociación de estudiantes, de una parte se asumió la organización del próximo encuentro en la ciudad de Popayán, previsto para el mes de noviembre del año 2007; y de otra, se estableció el nexo que le permitió a la estudiante Aída Gómez participar en el Congreso Latinoamericano de Ciencias Forestales, en Iquitos Perú. También se planteó la posibilidad de formular una propuesta de investigación con profesores de la Universidad Nacional, sede

¹³ La participación del Ingeniero Ulises Hernández se realizó en calidad de joven investigador a través del Grupo SEPA.

Medellín. Otra oportunidad para socializar la experiencia fue a través de la participación de Juan Pablo en la XXVI Reunión Nacional de ACOFI en Cartagena, en donde presentó la ponencia “El estudio de una situación problemática como eje para la formación de Ingenieros Forestales en la Universidad del Cauca: el caso del Roble” (Paz y Corchuelo, 2006).

Para la valoración del trabajo, aparecen ahora variables que antes no se consideraban tales como: la participación (al interior del grupo, con la comunidad y a través de medios telemáticos), el trabajo de campo en los bosques de Roble y la elaboración de un informe sobre el diagnóstico ambiental de la micro-cuenca Clarete Alto, en adición a las pruebas escritas sobre la temática. De otra parte, el proceso de calificación se hace en conjunto con otros docentes reconociendo la especificidad de los temas y se tiene en cuenta el autoconcepto de los estudiantes, que curiosamente no difiere mucho del concepto de los docentes, revelando la ética y responsabilidad con que se asume el trabajo.

El estudio de una situación problemática contextualizada como estrategia para la formación de ingenieros forestales, en este caso, permitió no sólo desarrollar un proceso articulado con el entorno, caracterizado por la estrecha relación entre la teoría y la práctica, la valoración del trabajo colaborativo, el ejercicio de la ética, la interdisciplinariedad y la preocupación por el ambiente. También generó nuevas expectativas y dinámicas; así por ejemplo, su grupo de investigación en alianza con la comunidad de Clarete Alto presentó ante COLCIENCIAS la propuesta de investigación “Uso, manejo y conservación de la Biodiversidad en la zona rural de Popayán”. Tales dinámicas constituyen indicios de que ahora las prácticas docentes se planean con la mirada puesta en el mundo de la vida cotidiana.

5.3 El caso de las arcillas de Popayán

Dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Física figura el desarrollo del Seminario de investigación, como el espacio en el cual el estudiante socializa los avances de su trabajo de grado y prepara su defensa. En la línea de materiales cerámicos liderada por el grupo CYTEMAC, inicialmente la dinámica de este seminario se centró en exposiciones de los estudiantes que contaban con el aval de sus directores. Las presentaciones se referían principalmente a los resultados de las actividades en el laboratorio y los reportes bibliográficos sobre el tema.

En esta perspectiva, se estudió en el año 2003 un procedimiento para la obtención de Alúmina¹⁴ (Al_2O_3) por el método de precipitación controlada -MPC- a partir de precursores comerciales importados de Sulfato de Aluminio y Nitrato de Aluminio. El proceso tuvo éxito en el laboratorio, pero serias restricciones para la aplicación industrial debido a los elevados costos de los precursores, materiales que por demás derivaban de la misma alúmina, es decir, que desde el punto de vista de la ingeniería representaba un retroceso en el proceso¹⁵. Surgió entonces el interés de obtener Alúmina a partir de una fuente más próxima a la naturaleza y presente en la región del Cauca, tal como los caolines¹⁶. La anterior

¹⁴ La Alúmina es material que se fabrica industrialmente a partir de la bauxita por el proceso Bayer, el cual genera los denominados barros rojos, altamente contaminantes. Este fue uno de los motivos que indujo a pensar en un proceso alternativo de fabricación, además del hecho de no producirse en Colombia. La alúmina es un material aislante, refractario, resistente al ataque químico, de múltiples aplicaciones en la industria, tal como la fabricación de aisladores de alta tensión, hornos, crisoles, entre otros. Es también un paso intermedio en la fabricación del aluminio.

¹⁵ Esta situación quedó en evidencia durante la pasantía que realicé en el CETMIC, en Argentina.

¹⁶ Un caolín es una roca que contiene una cierta proporción de minerales del grupo de aluminosilicatos ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) que puede ser extraída y concentrada. La arcilla caolinítica es también un caolín en sentido amplio. Esta no se procesa, se usa tal como se extrae e inicialmente los porcentajes en minerales del grupo del caolín son más altos. Cuando el caolín se usa para cerámica blanca recibe la denominación de China Clay. El caolín, tal como se obtiene en una explotación mineral, posee un contenido variable de caolinita y/o halloysita que a veces no llega al

anécdota se convirtió en parte de las actividades de sensibilización para un grupo de estudiantes que realizaban sus trabajos de grado bajo la orientación del grupo CYTEMAC, así como para los docentes, de manera que se pensara en que la dedicación y esfuerzo invertido en los trabajos de grado tuviese una mejor articulación con las problemáticas del contexto.

Surgió de esta manera el interés por conocer las arcillas de la zona y los productos con ellas fabricados. Fue así como se estableció un primer contacto con la Ladrillera “Los Robles” y el seminario entonces no se limitó al salón habitual de reunión sino que empezó un trabajo de campo. Se hicieron visitas al lugar con los estudiantes para conocer el proceso y las materias primas que utilizaban. Adicional a esto, el encuentro con el Ingeniero Orlando Casas, dueño de la fábrica, permitió enterarse de la problemática del sector. La empresa escasamente subsiste, no obstante es la más tecnificada de la zona, y una alternativa para su desarrollo radica en la posibilidad de fabricar productos de brinden mejores beneficios, lo cual implicó empezar a estudiar sus materias primas y los procesos que desarrolla. En este sentido se formuló una propuesta de trabajo de grado para las estudiantes Claudia Burbano y Piedad Córdoba. Así mismo se estableció otro proyecto para el estudio de las arcillas de Guapi y se vinculó como joven investigadora a la química Janeth Cobo, con el propósito específico de investigar sobre la obtención de la alúmina a partir del caolín. También se hicieron otras visitas a los denominados chircales de Pueblillo, en los que la producción de ladrillo ocurre de manera artesanal. La visita permitió, además de vivenciar el proceso y aprender de las técnicas empíricas, enterarse de las difíciles condiciones de vida de las familias de los alfareros. Se propuso entonces invitar a los alfareros al seminario y propiciar

20 %. Además suele tener cuarzo, feldespatos, micas, y, dependiendo de la roca madre, otro tipo de minerales adicionales. Para concentrar el mineral es preciso someterlo a diferentes procesos que eleven el contenido en filosilicatos por encima del 80 %; el producto final, generalmente, recibe el nombre de caolín lavado.

en ese espacio el diálogo de saberes. Pronto a este espacio se vincularon otras personas de Cajete.

Los aluminosilicatos se posicionan como una materia prima importante en la fabricación de piezas para diferentes usos: ladrillos y tejas para la construcción, recipientes, piezas decorativas y cerámicas técnicas. Ello se deriva de sus especiales propiedades de resistencia térmica (elementos refractarios), estabilidad química y propiedades específicas como la constante dieléctrica, entre otras. En Colombia, se han consolidado empresas alrededor de los aluminosilicatos que cuentan con una buena infraestructura y fabrican productos cerámicos de muy buena calidad (Colcerámica, Electroporcelana Gamma, Cerámica Italia, entre otras).

Desafortunadamente en la región del Cauca, los pequeños productores de materiales cerámicos no han alcanzado esta condición. Ahora, mediante la interacción de la Universidad con la comunidad de alfareros, surge la posibilidad de planear en conjunto la diversificación de los productos y en ese proceso, aprender tanto de la materia prima empleada (las arcillas), como de las técnicas empíricas y las condiciones en que los alfareros fabrican sus productos.

El espacio factible para el ESPC quedó determinado de una parte, por las propuestas de trabajo de grado referidas a los conocimientos esperados en cuanto a síntesis y procesamiento cerámico; por otra parte, por los intereses del colectivo del seminario dispuesto para el trabajo, en este caso estudiantes de Ingeniería Física de la línea de materiales cerámicos, con énfasis en arcillas, y por las posibilidades del contexto, la comunidad de alfareros de Pueblillo y Cajete.

Se propició entonces el acercamiento de los docentes del grupo de investigación CYTEMAC con el sector alfarero de la meseta de Popayán, lo que constituyó una oportunidad para aprender a través de una estrecha relación teoría-práctica, conceptos importantes de la Ingeniería Física relacionados con la estructura y procesamiento de materiales cerámicos, y contribuir de esta manera a gestar posibilidades que mejoren las condiciones de vida de quienes se desempeñan en este sector.

La reflexión sobre la práctica investigativa conduce a la búsqueda de alternativas para los procesos de formación de Ingenieros Físicos que se articulen con las problemáticas de la región y promuevan la innovación en procesos de síntesis de materias primas y en técnicas para el mejor aprovechamiento de algunos yacimientos presentes en el Departamento del Cauca.

El sector alfarero de la región realiza un aprovechamiento del material de forma muy artesanal. Produce ladrillos, tejas, materas y jarras empleando técnicas que poco han cambiado a través de la historia. Desafortunadamente la poca inversión tecnológica en esta área y la poca investigación articulada a la actual explotación inciden en el escaso desarrollo del sector. Además, existe un alto índice de analfabetismo, se carece de procesos formales de educación para este trabajo, ausencia de seguridad social, entre otros, que en suma se reflejan en una calidad de vida lamentable en la mayoría de casos.

El desconocimiento de las características de estas arcillas caoliníticas, así como de su potencial para conformar piezas cerámicas técnicas con valor agregado favorable, ha provocado que éstas se extraigan de manera rústica y se comercialicen a muy bajo precio,

pese a que científica y técnicamente es posible obtener materiales con muy buenas presentaciones y grandes posibilidades para obtener cerámica técnica¹⁷.

La interacción con los alfareros facilitó la localización de yacimientos de arcillas caoliníticas y con base en la técnica de muestreo, se desarrolló un estudio detallado de las arcillas de algunas zonas del Cauca (en principio las provenientes de los municipios de Cajete, Guapi, La Tetilla y Pueblillo) para determinar las características fisicoquímicas de la materia prima, y las propiedades eléctricas y mecánicas de piezas sinterizadas con el fin de potencializar su uso en la fabricación de cerámica técnica.

En el seminario entonces no sólo se comentó sobre lo que ocurre en el laboratorio, sino también, sobre lo acontecido en las visitas técnicas a los sitios donde se fabrican cerámicos tradicionales. Facilitó un flujo de información en dos sentidos: de una parte, los estudiantes y docentes comentaron conceptos técnicos, propósitos y resultados de los estudios realizados, que fueron valorados por los alfareros. De otra parte, los representantes del sector alfarero comentaron sobre las características particulares de sus yacimientos, sus dificultades e iniciativas relacionadas con su diario trabajo con las arcillas y las necesidades específicas de sus productos. Esto último constituyó un referente para que estudiantes y docentes adecuaran las pruebas y ensayos a los requerimientos de los productos. Se trata de una interacción entre los alfareros de Pueblillo, Cajete, el Grupo CYTEMAC y SEPA, que abarcan temas de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, en el ámbito de respeto a los

¹⁷ Las arcillas caoliníticas se pueden utilizar para la fabricación de materiales cerámicos refractarios. Dentro de este grupo pueden incluirse las denominadas *ball-clays*, o arcillas caoliníticas plásticas y dispersables en agua, que son grises pero que durante el tratamiento térmico adquieren una tonalidad blanca. Estos materiales son muy utilizados para la fabricación de cerámica blanca de gran calidad. Las *fire-clays*, o arcillas refractarias propiamente dichas, suelen tener óxidos de hierro lo que hace que no adquieran esta tonalidad blanca durante el tratamiento térmico. Las *flint-clays* o arcillas caoliníticas duras, carentes de plasticidad, se utilizan fundamentalmente para la fabricación de refractarios silico-aluminosos.

saberes, y desarrollando léxicos comunes que permiten establecer una comunicación fluida entre los diferentes actores del proyecto: investigadores, auxiliares de investigación y alfareros. Así, el seminario se enriquece con la participación y experiencia que cada quien aporta, aprendiendo unos de otros.

Las arcillas incursionaron en el laboratorio, antes dedicado en su mayor parte a los productos importados. Ahora, se convierten en motivo de estudio mediante técnicas como Difracción de Rayos-X, Espectroscopia Infrarroja, Fluorescencia de Rayos X (para conocer su composición química), análisis termogravimétrico y análisis térmico diferencial -TG/ATD- (para definir el comportamiento las muestras ante tratamientos térmicos), y microscopía electrónica (para conocer el tamaño y morfología de las partículas). También los estudiantes se familiarizan con las características de las arcillas y desarrollan habilidades para identificar niveles de plasticidad y contracción, relacionadas con su composición, así mismo se ejercitan en el desarrollo de pruebas para los productos tal como la de resistencia mecánica. El seminario también facilita identificar vacíos en la formación, por ejemplo en la capacidad de gestión administrativa para colaborar con la comunidad de alfareros.

Se vislumbró las deficiencias que tenemos los profesionales en Ciencias e Ingenierías en la parte administrativa y legal, por tal motivo, se está trabajando en esta parte para que los alfareros puedan lograr una agremiación que les permita captar recursos y así poder conformar la cadena productiva de la cerámica (Cobo, 2007:25).

De esta manera en el seminario del grupo CYTEMAC no sólo se aprendió sobre equipos, materiales y procesos; también se aprendió sobre las relaciones que es necesario desarrollar, sobre el proceso de gestión para hacer realidad un proyecto y la toma de decisiones que éste implica. La interacción con la comunidad de alfareros proporcionó otra

mirada para la práctica desde lo ambiental, lo técnico y lo social, y algo más importante, se descubre que en el contexto de la región hay muchos problemas sobre los cuales se puede investigar; por ejemplo, lo relacionado con las fuentes de energía para los procesos térmicos.

La complejidad de la situación permite que de acuerdo con los intereses de los estudiantes, existan diferentes roles durante el estudio de la situación. Así, por ejemplo, a unos les llama la atención el manejo de los equipos para la caracterización de las arcillas, a otros les interesa fabricar probetas y realizar las pruebas del caso, otros se inclinan por la implementación de instrumentos y aplican sus conocimientos por ejemplo en el diseño de un sistema termogravimétrico (TG) especial para las arcillas. Existen estudiantes preocupados por el conformado de las piezas cerámicas y otros trabajan en la búsqueda de métodos alternativos de formulación y síntesis para el mejor aprovechamiento de los compuestos.

El trabajo generó entonces otras dinámicas que demandan de la interdisciplinariedad; se necesita que los alfareros legalicen sus minas, registren oficialmente su producción y se agremien. Estas son condiciones básicas para recibir el apoyo financiero de entidades estatales con el propósito de conformar una cadena productiva de la cerámica, que ya existe en otras partes del país pero aún no está implementada en el Departamento del Cauca. Teniendo en mente este interés, se han realizado seminarios en los que participan ingenieros ambientales, profesionales en artes plásticas, así como los integrantes del grupo CYTEMAC (Físicos, Químicos, Ingenieros Físicos) y de administración. El objetivo es aunar esfuerzos para estructurar acciones que permitan estudiar problemáticas de nuestro entorno, concretamente en el sector alfarero.

Se enfrentaron tensiones, que ameritaron decisiones. Una de ellas es entre los saberes: el académico, teórico, cultivado en la Universidad frente al saber empírico de las comunidades.

Hay un abismo entre la U. y ellos. (Ent.14:Rel.21)

Otra es de tipo sentimental: se experimenta angustia ante la condición de pobreza de la comunidad de alfareros (en los chircales), actividad de la cual dependen más de 100 familias en Pueblillo, pero a su vez anima a buscar una solución:

....experimente una fuerza interior que me motiva al saber que con la investigación desarrollada en los laboratorios se puede interactuar y servir al entorno social, poniendo a disposición de la comunidad el conocimiento adquirido durante la etapa de formación a nivel profesional (Ent.14:Rel.16).

La problemática entonces no se limitó a la obtención de alúmina a partir del caolín sino que fue más allá, en la búsqueda de posibilidades para la diversificación de productos fabricados con este material arcilloso. Fue así como Janeth Cobo realizó una pasantía en el Departamento de Materiales (DEMA) de la Universidad Federal de Sao Carlos – Brasil, bajo la orientación del doctor Marcio Morelli, y gracias a esto fue posible obtener dosificaciones para combinar arcillas de la meseta de Popayán útiles para fabricar piezas para cerámica eléctrica y loza. Todo este proceso ha transformado la red de interacciones sociales de Janeth, como se ilustra en la Figura 5.5.

Durante el desarrollo de este proceso se pudo identificar la incidencia social y económica de los resultados en el caso de poder llevarlos a la producción industrial. En la actualidad, se han analizado arcillas provenientes de diferentes fuentes tales como: Guapi, la Ladrillera “Los Robles”, Cajete, La Tetilla y Pueblillo.

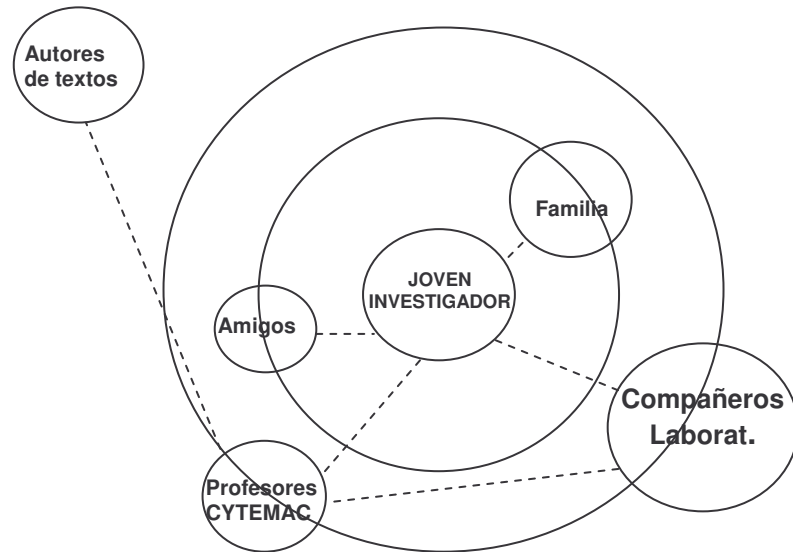
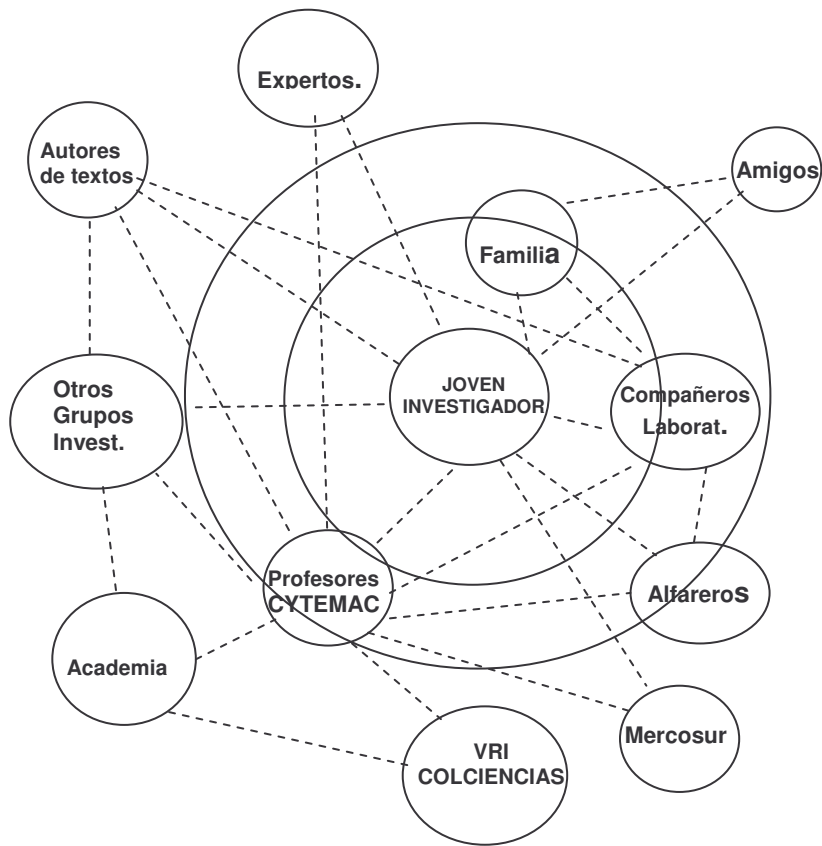


Figura 5.5a) Red de Interacciones antes del ESPC de las arcillas



b) Red de interacciones después del ESPC

Figura 5.5 Representación de las interacciones

Se conformaron probetas a las cuales se les practicó pruebas de resistencia mecánica. Se continúa trabajando en el diseño e implementación de un sistema TG y de un sistema para medir la conductividad térmica de algunos productos como los ladrillos. Para el conformado en molde dos estudiantes realizaron una pasantía con el Sr. Julio Cortés para aprender a preparar la barbotina y a determinar sus propiedades reológicas. Con este estudio se identificaron parámetros como viscosidad, densidad específica y naturaleza del defloculante, los cuales definen la velocidad de colado, facilidad de desmolde, resistencia en verde, velocidad de conformación de la pared de la pieza cerámica y contracción de la misma durante el secado; paralelo a este trabajo se están fabricando los moldes de las piezas cerámicas.

Se mantiene el interés por encontrar un método alternativo al proceso Bayer para la producción de alúmina que, por una parte, evite los denominados barros rojos, altamente contaminantes, y por otra, reduzca el nivel de importación de esta materia prima para la industria colombiana y de esta forma, se generen nuevas fuentes de empleo a través de la fabricación de productos de diverso propósito tales como: refractarios (crisoles), aisladores de alta tensión, o equipo de laboratorio resistente al ataque químico entre otros¹⁸.

La articulación del programa de Ingeniería Física con el sector alfarero ha desarrollado una dinámica que se concreta en proyectos orientados al estudio y mejor aprovechamiento de las arcillas de la región para la elaboración de cerámicas técnicas y piezas refractarias cuyo valor agregado mejore las condiciones de vida de quienes trabajan en este sector.

¹⁸ Por ejemplo, se ha encontrado que reflujos con ácido sulfúrico (H_2SO_4), a temperaturas entre 50 °C y 100 °C, favorece el enriquecimiento en Al_2O_3 del material tratado.

Una mirada integradora de ciencia, tecnología y sociedad como la que brinda el ESPC con enfoque CTS, facilita la articulación de los programas de Ingeniería de la Universidad con el contexto, lo que significa interactuar con la complejidad de las situaciones reales y que se desarrollen importantes aprendizajes para el ejercicio profesional de la ingeniería. Se puede vivenciar cómo el conocimiento cultivado contribuye al estudio de situaciones problemáticas como en este caso, la baja productividad del sector alfarero en la región del Cauca (Cobo *et al.*, 2006).

El estudiante de ingeniería física, en interacción con el entorno, aprende no sólo a desarrollar habilidades particulares que van más allá del aula de clase para el tratamiento de las arcillas, aprovechando la experiencia de quienes por mucho tiempo se han dedicado a ellas, sino que adicionalmente, durante la aplicación de los conocimientos adquiridos en la Universidad, conoce la región, sus recursos y observa que es posible asumir un papel protagónico y de compromiso con el desarrollo del departamento desde su rol de Ingeniero Físico. Así, la evaluación del seminario ya no se reduce a la presentación de un trabajo de grado, este es ahora sólo un instrumento que da cuenta de lo que es posible de hacer en el mundo cotidiano.

Somos concientes de que falta mucho por aprender, investigar y desarrollar con el fin de fortalecer el uso de los materiales cerámicos en el Cauca, para aprovechar de manera sostenible y sustentable el potencial de los recursos minerales que en él existen a través de la diversificación de productos que brinden mejores condiciones de vida a nuestras comunidades. Este es un paso más que nos acerca a la formación del talento humano que necesita nuestra región; así se plantea en la vinculación de jóvenes investigadores.

...el trabajo permitió que desarrollara un grano de arena en una investigación que pretende generar desarrollo al Cauca y mi gente. (Ent.14:Rel.32)

5.4 Para considerar

En el siglo XX toma auge la mirada de la educación como parte de la producción con un valor creciente en el mercado de trabajo. En una universidad masificada los estudios se convierten en una forma pragmática de obtener una titulación que acredite para acceder a un trabajo. El afán por la cobertura, la masificación y la estandarización de la educación promueve la difusión de modelos educativos descontextualizados. Es importante que los programas de formación de ingenieros se interesen más por las problemáticas de nuestro país y encuentren en ellas oportunidades para repensar la formación acorde con la realidad local y nacional. Existe todo un mundo por descubrir y explorar afuera de los muros del aula de clase; es un espacio para interactuar, investigar e innovar, para la crítica y la creatividad, para el desarrollo del pensamiento y del ser humano.

Las políticas educativas tanto en el nivel nacional, como en el nivel institucional están pensadas en función de la docencia tradicional. Se debe buscar la articulación y el balance entre las políticas y las nuevas formas de acción que generan propuestas como el ESPC. Esta es una alternativa factible para la formación de ingenieros; facilita el desarrollo de procesos formativos contextualizados, caracterizados por la construcción de sentido y de identidad¹⁹, la estrecha relación entre la teoría y la práctica, la investigación como estrategia

¹⁹ Se reflexiona sobre el propósito de la formación de ingenieros, así como el de cada caso que se estudia, dejando en evidencia su intencionalidad; se visibiliza a los participantes como seres de experiencia y desborda los conceptos para crear otras posibilidades de acción. (Jaramillo y Aguirre, 2007)

de aprendizaje, la valoración del trabajo colaborativo, la interdisciplinariedad, el ejercicio de la ética y la preocupación por el bienestar de la humanidad.

El papel del docente se basa en la promoción de una actitud crítica y creativa, en la perspectiva de construir colectivamente ambientes de aprendizaje. En dicha construcción se trata más que de manejar información, de articular conocimientos, argumentos y contra-argumentos, sobre la base de problemas compartidos, en este caso relacionados con la Educación en Ingeniería. El ESPC comprende procesos de participación, en los que el docente proporciona referentes conceptuales y empíricos para la construcción de puentes argumentativos. Su desarrollo puede conducir a la formulación de proyectos por parte de equipos interinstitucionales y/o intersectoriales que permitan dar respuestas pertinentes a las necesidades de la región.

Se reconoce que no es sencillo implementar este tipo de propuestas, en tanto generan rupturas con el modelo pedagógico instrumental de tipo transmisionista. El estudiante no está acostumbrado a esta forma de trabajo, pero la elección de una situación que se conecta con el sentido de su profesión y permite la participación, cambia la percepción sobre su formación, desde el momento en que siente que puede asumir un papel protagónico en el estudio de una situación problemática contextualizada que se conecta con su futuro ejercicio profesional.

Ahora, usted amig@ lector@ si se encuentra comprometid@ con la Educación en Ingeniería, tiene la oportunidad de someter a prueba esta propuesta, dentro de las posibilidades de su contexto, y actuar en beneficio de la humanidad.

EPÍLOGO

La educación constituye una práctica social a través de la cual la persona, en primer lugar, se reconoce a sí misma posibilitando el desarrollo de sus potencialidades, y en segundo lugar, reconoce a los demás, aprende con ellos a servir a la sociedad y aporta a la cultura. De las decisiones que a futuro se tomen en materia educativa dependerán las características de la sociedad en que se viva:

...una educación pública, gratuita, igual, sabia y sostenida. En ella está el origen de casi todos los bienes, así como en la defectuosa o nula, todos los males.
(Caldas, 1808:55).

La educación se encarga de la socialización de la identidad regional y nacional, y se convierte en factor de desarrollo científico, cultural, económico, político y ético, razón por la cual ocupa un papel estratégico en los proyectos de región y nación. De manera que “*cada nación es su educación y viceversa*” (Gómez, 1998:19).

El ejercicio de la ingeniería, por su parte, potencia los avances de la ciencia y de la tecnología, y acelera los cambios que transforman el paisaje, reorganizan la distribución de los territorios, modifican los hábitos y las formas de interacción entre las personas. De esta

manera también incide en las representaciones de mundo de los sujetos y en la cultura en general, se encuentra estrechamente articulado al desarrollo de la sociedad y se diversifica para atender las particularidades que ella le demanda. Por tanto el desarrollo de la ingeniería es también un proceso social y cultural.

En efecto, al observar el desarrollo de los programas de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca, se identifican a lo largo de su historia, importantes interacciones sociales, políticas, económicas y culturales que los hacen posibles, que es muy importante tenerlas presentes en sus planes de mejoramiento. Su dinámica se encuentra determinada por las tensiones entre las visiones de mundo de gobernantes (principalmente focalizadas en el mercado), empresarios, administrativos, académicos, estudiantes y de la sociedad en general; matizadas por las incesantes necesidades del entorno socioeconómico, los desarrollos científico-tecnológicos provenientes en su inmensa mayoría del hemisferio norte, las aspiraciones profesionales, las reflexiones de los docentes y los proyectos de región y de nación propuestos en las diferentes épocas.

Los procesos de formación de ingenieros en la Universidad del Cauca dependen de las políticas trazadas para el cumplimiento de su Proyecto Educativo Institucional. La labor académica se distribuye entre docencia, investigación y proyección social, meristemos de su desarrollo. Como otras tantas universidades del país, prioriza sobremanera una docencia fragmentada en disciplinas y caracterizada principalmente por la transmisión de saberes que en su mayoría no produce. Este modelo masificante desde sus orígenes no estableció diferencia entre ser ingeniero y ser docente de ingeniería para efecto de la docencia. Se preocupó por contar prontamente con ingenieros y dejó de lado la formación de docentes en

ingeniería. En algún tiempo resultó eficiente, pero las actuales dinámicas lo hacen insuficiente.

Desde el siglo XX tomó auge la mirada de la educación como parte de la producción con un valor creciente en el mercado de trabajo. La universidad juega un papel cada vez más importante en el desarrollo de la región y la nación ante el panorama de un mundo cada vez más globalizado y en el que los sistemas productivos están en permanente transformación. La competitividad de las empresas se basa en la aplicación del conocimiento producto de la investigación y el aprovechamiento de la innovación gestada por el talento humano en diversos lugares. Los países y las instituciones compiten en dicho ambiente global, y las universidades no están ajenas a este proceso; en su interior, docencia, investigación y proyección social desarticuladas, compiten por espacios, tiempos y recursos. Los cambios ocurren cada vez más pronto; ahora no se trata sólo de aprender sobre lo que otros han hecho, sino que se demanda prepararse para decidir sobre cuáles son los cambios más pertinentes para conservar la existencia de la humanidad y su hábitat en el planeta; no son sólo las disciplinas lo importante sino aprender a tomar decisiones en el mundo cotidiano.

Sin embargo, el afán por la cobertura, la masificación y la estandarización de los procesos de formación promueve la difusión de modelos educativos que se distancian de las problemáticas de las regiones. Las políticas educativas tanto en el nivel nacional, como en el nivel institucional, están pensadas en función de la docencia transmisionista que privilegia la información concerniente a contenidos desarrollados en otras latitudes (importantes si, pero insuficientes para identificar y proponer soluciones a problemáticas del entorno), limita las oportunidades para la crítica, la creatividad y sobre todo para detener la mirada en el contexto, así como se muestra indiferente ante el potencial de la Interacción Social. A esto

último contribuye la formación socio-humanística que se brinda, divorciada del interés profesional.

Visiones de mundo como la del mercado borran nuestra identidad, nuestras culturas. En la educación reducen la mirada a los objetivos de las disciplinas, a estándares, competencias, producción y acreditación. Volver la mirada hacia nosotros mismos siembra la esperanza de construir un mundo diferente, de aprovechar nuestra biodiversidad, la riqueza de nuestra diversidad cultural así como nuestras debilidades, de trabajar por lo pertinente, lo que dignifica al ser humano.

Si bien se ha hecho un esfuerzo por atender la demanda educativa, las dinámicas de la sociedad y de la economía exigen día a día nuevas características de los profesionales. De esta manera a la Educación en Ingeniería le corresponde enfrentar ahora el desafío de formar no sólo a los ingenieros de una manera diferente a la que hoy en día se practica, sino también a los docentes de ingeniería como actores importantes en el proceso. Los nuevos ingenieros demandan una preparación que les permita desarrollar las habilidades y actitudes adecuadas para enfrentar y resolver las nuevas situaciones producto de los acelerados cambios. Conviene entonces introducir el interrogante por lo pertinente en la Educación en Ingeniería en nuestro contexto, en medio de las presiones de la globalización, de los procesos productivos, del manejo de la información y de la demanda de formación de talento humano creativo. La renovación de ingenieros demanda la renovación de la docencia en ingeniería.

El contraste entre las aspiraciones y lo que se hace de manera generalizada en las aulas determina una brecha que incide en el desempeño del ingeniero dentro del sector

productivo, en la producción científico-tecnológica y en su participación social. Enfrentar esta brecha implica tránsitos en la práctica pedagógica que no se reducen a una cuestión de metodología. Asumir el reto implica preguntarse por el sentido de la formación, reconocer el potencial de la Interacción Social, la IAPE, así como el de la Innovación para posibilitar los tránsitos de lo simple a lo complejo, de la certeza a la incertidumbre, de lo individual a lo colectivo, de la transmisión a la investigación de la propia práctica, del aula al contexto, del ejercicio a los problemas, de lo disciplinar a lo interdisciplinario, entre otros. Tales distancias al mismo tiempo, se convierten en retos y en oportunidades para que los docentes y estudiantes, investiguen y propongan alternativas en sus contextos asumir el Giro en la Educación en Ingeniería.

Es importante aprender a servir, a partir del estudio de las problemáticas de nuestras regiones, de nuestro país. En ellas hay oportunidades para una formación acorde con la realidad local y nacional, para volver sobre el sentido de la ingeniería: el bienestar de la humanidad. Allí toman vigencia las palabras del sabio:

Ninguno puede ser grande en una profesión sin amarla. Amad la vuestra y hacedla amar de vuestros conciudadanos por una conducta noble, dulce y virtuosa (Caldas, 1814:20).

Existe todo un mundo por descubrir y explorar afuera del aula de clase. Es un espacio para interactuar, investigar e innovar, para la crítica y la creatividad, para el desarrollo del pensamiento y las demás potencialidades del ser humano.

Repensar entonces el ingeniero del siglo XXI, implica poner en consideración la armonía y coherencia entre tres factores importantes de su formación: las potencialidades y retos de

los contextos para su acción profesional; los saberes, habilidades y actitudes necesarias para su buen desempeño social; y las propuestas educativas que la hagan posible.

Lo que nos muestra la brecha significa que no podemos permanecer inmóviles, que tenemos un compromiso con nosotros mismos y con las generaciones futuras; que no lo podemos hacer solos sino que hay necesidad de educar y educarnos; superar la brecha es salir de los cercos que hemos inventado, superar los corrales y alcanzar las cumbres, las cumbres de nuestros Andes. Para hacer esto posible es necesario un Giro en la Educación en Ingeniería fundamentado en la Interacción Social, la Investigación Acción Participativa en Educación y la Innovación. La interdependencia entre éstas, es lo que las hace atractivas, posibles, enriquecedoras y pertinentes; es lo que las autorregula, les da sentido y trascendencia porque las mueve lo humano. Constituyen el espacio para que docencia, investigación e interacción social se integren en la formación de un profesional reflexivo, comprometido con la identificación de los problemas que aquejan a las comunidades y la búsqueda de soluciones sustentables a través del Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas -ESPC-.

En los procesos de formación es necesario reconocer que las disciplinas son constructos de la interacción social, nacen en lo local y aspiran a la globalidad, son dinámicas, evolucionan gracias a la Investigación y se trasladan todas ellas en órbitas alrededor del mundo cotidiano, en el que ocurren las innovaciones. Pues no se aprende sólo para las aulas sino para actuar en el mundo, día a día.

La configuración de un seminario como el SEFIUC permite construir una imagen más amplia de la formación de los ingenieros al interior de la Universidad. Sus integrantes a través de la

reflexión colectiva advierten la importancia de su papel en la construcción de alternativas y la necesidad de prepararse para ello. Se elaboran propuestas y se someten a prueba en la práctica cotidiana. Además, se reconoce que es posible convertir su propia práctica en objeto de investigación y por ejemplo al caracterizarlas se evidencian incoherencias entre los propósitos y las acciones.

Este es el aporte a la visión 2020 para la construcción de nuestro mundo en el que es muy importante el papel del ingeniero; los diseños dependerán en buena medida de sus visiones, por eso en su formación es necesario que tenga presente y reflexione sobre su misión: el bienestar de la humanidad en armonía con el ambiente.

Abordar situaciones problemáticas contextualizadas en la Educación en Ingeniería no parece algo novedoso; ya lo muestra la historia con casos como el trazado y construcción del Ferrocarril del Pacífico, la “Centralita”, el procesamiento de la quinua para la obtención de suplemento alimenticio para los niños del Cauca. Más bien es aprender con otros de la experiencia, sistematizarla y construir a partir de ella un referente para la elaboración de propuestas curriculares y el ejercicio de la práctica docente en ingeniería, ése es el valor agregado que se aporta.

Lo que nos muestra la experiencia, es que es posible fundir el hielo. Las idas y venidas por trayectos curriculares generan una agitación térmica. Los colectivos en interacción social ganan energía, se empoderan y ocurre una transición de fase que permite, entre otras cosas, resignificar el sentido de nuestras prácticas, comprender léxicos y aprender mutuamente en el diálogo de saberes, fluir la imaginación por otros mundos posibles, participar otorgando la palabra al docente, habitar en las preguntas y encontrar caminos en

medio de la incertidumbre. Desbloquear miedos, inseguridades, desconfianzas y tener la esperanza en un mejor futuro.

A través del Giro Educativo se posibilita que el docente de ingeniería transforme su práctica, promueva una actitud crítica y creativa, en la perspectiva de construir colectivamente ambientes de aprendizaje. En dicha construcción se trata además de manejar información, de articular conocimientos, argumentos y contra-argumentos, sobre la base de problemas compartidos, en este caso relacionados con la formación profesional en ingeniería. El ESPC comprende procesos de participación, en los que el docente proporciona referentes conceptuales y empíricos para la construcción de puentes argumentativos. Su desarrollo puede conducir a la formulación de proyectos por parte de equipos interinstitucionales y/o intersectoriales que permitan dar respuestas pertinentes a las necesidades de la región. Es necesaria la articulación y el balance entre las políticas y las nuevas formas de acción que generan propuestas como el ESPC.

Se reconoce que surgen dificultades al intentar en un principio llevar a la práctica este tipo de propuestas, dado que el instrumentalismo tiene profundas raíces en nuestros procesos de formación. Aparecen temores en tanto se asume el reto de proponer y desarrollar una alternativa al transmisionismo habitual, así como tentaciones por lo ya dado, por lo preestablecido, por el no pensar. No obstante, este trabajo constituye un botón de muestra de lo factible para la formación de ingenieros; facilita el desarrollo de procesos formativos contextualizados, caracterizados por la construcción de sentido y de identidad, la estrecha relación entre la teoría y la práctica, la investigación como estrategia de aprendizaje, la valoración del trabajo colaborativo, la interdisciplinariedad, el ejercicio de la ética y la preocupación por el bienestar de la humanidad.

Llevar a la práctica en la Universidad lo que aquí se propone requiere de acuerdos y voluntades administrativas, académicas, investigativas y de la proyección social. Sin embargo, no se pueden morder anzuelos y pensar que se puede implementar tan sólo con una decisión administrativa. Además de tal decisión se requiere de un proceso de construcción de sentido con la comunidad universitaria, de crecer paso a paso juntos, como los meristemas, en donde el fototropismo lo determina el Giro y la savia, el ESPC.

Sueño entonces con estudiantes y profesores de ingeniería ya no limitados por sus aulas, sino visitando comunidades, empresas, instituciones; acompañados de otros programas; identificando problemas, investigando, estableciendo alianzas, elaborando diseños que den respuesta a los problemas que nos aquejan; participando en proyectos que brinden mejores opciones de vida para nuestras gentes ...

Pero esto es mucho, apenas conocemos el momento presente; ¿qué podemos decir de los futuros? No usurpemos los derechos de la posteridad; aspiremos a merecer su reconocimiento, o a lo menos que no se nos califique de pereza (Caldas, 1802:80).

La tarea apenas comienza. Ahora hay que probar la validez de la propuesta en otros contextos. Por eso una vez más se ha solicitado la venia a la corona para que permita explorar otros territorios. Se aspira mediante la propuesta Educación en Ingeniería a partir del Estudio de Situaciones Problemáticas Contextualizadas -ESPC- a compartir experiencias con la Universidad Tecnológica de Pereira y la Universidad de Nariño. Se espera que el tiempo sea propicio.

La visión que anima es la formación de ingenieros con actitud reflexiva, convicción y con los saberes necesarios para participar activamente en la formulación y el desarrollo de los proyectos de región y de nación que Colombia necesita, vivificando como otros lo han hecho, el lema de nuestra universidad “*POSTERIS LUMEN MORITURUS EDAT*”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOFI. (2000). *Nomenclatura de Títulos de pregrado en Ingeniería en Colombia*. ACOFI-ICFES Arpo Editores e impresores Ltda. Bogotá, 2002. p.13.
- Albéniz, V. (2006). *Síntesis de los trabajos del año 2006*. En: El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación. Capítulo 3. Foro Final. ACOFI. Opciones Gráficas Editores Ltda. Bogotá. 2007. pp. 267-274.
- Aldunate, E. (2004). *Metodología del Marco Lógico*. LC/IP/L.249. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social -ILPES-. Boletín N° 15. pp. 33-43. Disponible en página web: <ftp://jano.unicauca.edu.co/cursos/Maestria/DesarrolloTecnologico/docs/boletin15.pdf> Consultada el 30/05/2007.
- Aristizábal, M. y Álvarez, L. E. (2005). *Seminario Educación y Pedagogía contemporáneas en el marco de la re-configuración de las Ciencias Sociales y Humanas*. Universidad del Cauca. Popayán. pp. 6 y 7.
- Aristizábal, M. y Corchuelo, M. (2007). *Cero Grados o la Fusión del Hielo. La IAE en la transición de las propuestas curriculares*. En: Memorias del Simposio Internacional de Investigación-Acción en contextos de pobreza. Universidad de La Salle. Bogotá, 2007. p.3.
- Arocena, R. y Sutz, J. (2006). *El estudio de la Innovación desde el Sur y las perspectivas de un Nuevo Desarrollo*. En: CTS+I Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Innovación. Número 7 Septiembre-Diciembre 2006. OEI. Disponible en página web: <http://www.oei.es/revistactsi/numero7/articulo01.htm>. Consultada en 28/11/2006.
- Asebey A. M. (2001). *Origen, Desarrollo y Evolución del Modelo Gin Gap*. Disponible en página web: <http://www.uaq.mx/psicologia/lamision/gin-gap.html>. Consultada el 07/04/2007.
- Beltrán, J. (2004). *Márgenes de la Educación. La lucha por la Libertad*. p.106 Disponible en página web: <http://www.uv.es/~jbeltran/morelia/margenes.pdf>. Consultada el 07/05/2007.
- Berger P. y Luckmann, T. (1968). *La construcción social de la realidad*. Amorrortu Editores. Buenos Aires. p.55.
- Blumer, H. (1969). *Interaccionismo Simbólico: Perspectiva y método*. Barcelona: Hora, 1982. p. 2.
- Brokbank, A. y McGill, I. (2002). *Aprendizaje Reflexivo en la Educación Superior*. Ediciones Morata, Madrid. pp. 42-43.
- Caldas, F. J. de. (1802). *Ensayo de una memoria sobre un nuevo método de medir por medio del termómetro las Montañas*. Quito. Copia del manuscrito consultada en el Instituto de Investigaciones Históricas José María Arboleda Llorente, Universidad del Cauca. Popayán. p.80.
- _____ . (1808). *Discurso sobre la Educación*. En: Semanario de la Nueva Granada. Miscelánea de Ciencias, Literatura, Artes e Industria. Lasserre Editor. París, 1849. pp. 55-86.

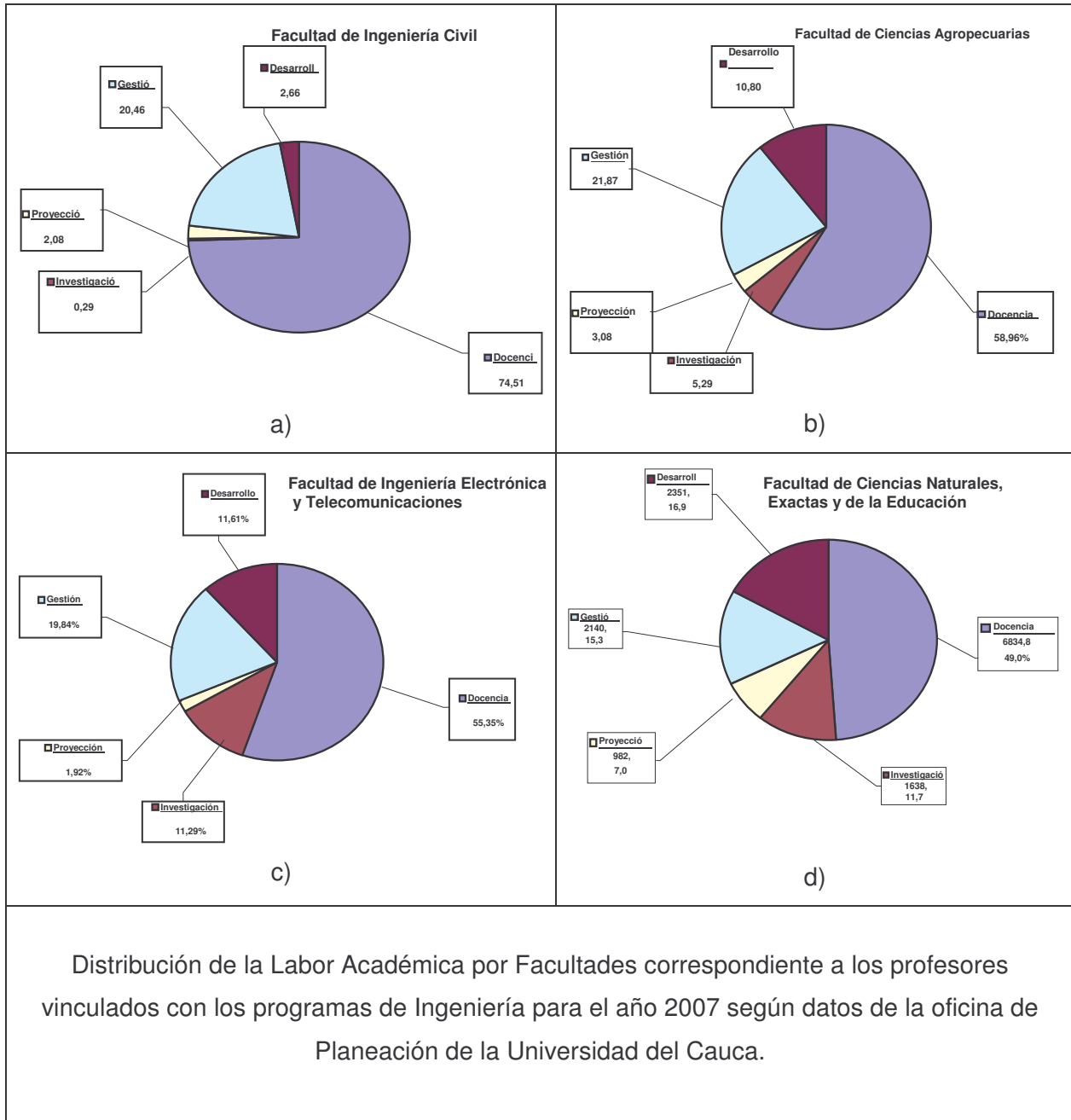
- _____ . (1814). *Discurso de Francisco José de Caldas el día que dio principio al curso militar del cuerpo de ingenieros de la República de Antioquia*. Centro Editorial Javeriano. Bogotá, 2001. p. 20.
- Callejas, M. (2005). *¿Por qué formar en competencias?* En: Desarrollo de competencias en ciencias e ingenierías. Hacia una enseñanza problematizada. Cooperativa Editorial Magisterio, Bogotá. p. 107.
- Carrascosa, J. Gil, D. y Valdés, P. (2005). *¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías?* Capítulo 6. En: *¿Cómo Promover el Interés por la Cultura Científica?* OREALC/UNESCO. Santiago, Chile. pp. 135-137.
- Castro, S. (1998). *Latinoamericanismo, Modernidad, Globalización. Prolegómenos a una crítica poscolonial de la razón*. En: Teorías sin disciplina (latinoamericanismo, poscolonialidad y globalización en debate). Edición de Santiago Castro-Gómez y Eduardo Mendieta. México. Miguel Ángel Porrúa, 1998. En página web: <http://www.ensayos.rom.uga.edu/critica/teoria/castro>. Consultada en 08/04/2005.
- Catebiel, V. y Corchuelo, M. (2006) *El Estudio de Situaciones Problemáticas Socialmente Relevantes: Una alternativa para la formación de Ingenieros*. En: Memorias del Congreso Internacional de Educación, RUDECOLOMBIA. Paipa. pp. 2-9.
- Cobo, J. (2007). *Del ladrillo a la porcelana eléctrica*. Documento elaborado para participar el Concurso MERCOSUR 2006. Categoría Joven Investigador. Universidad del Cauca. Popayán.
- Cobo, J. et al. (2006). *Aportes a la formación de Ingenieros Físicos a partir del caso de las arcillas en Popayán*. En: Retos en la Formación del Ingeniero para el año 2020. XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI, Cartagena de Indias. pp. 275-280.
- COLCIENCIAS - IDEP. (2003). *Educación en Ciencias Básicas y Ciencias Sociales: De la Enseñanza de las Ciencias a la Pedagogía de la Investigación*. Convocatoria nacional para la presentación de proyectos de investigación # 163. Bogotá, año 2003. p.2.
- Copérnico, N. (1543). *Sobre las revoluciones*. Libro I. Capítulo X Sobre el orden de las órbitas celestes. Traducción de Carlos Mínguez Pérez. Ediciones Altaya, Barcelona. 1994. pp. 30-35.
- Corchuelo M. (2006). *Tres dimensiones de la práctica docente como Investigación*. En: *¿Recorre la civilización el mismo camino del sol?* RUDECOLOMBIA – Fondo Editorial de la Universidad del Cauca. Popayán pp. 209 -212.
- Corchuelo M. Catebiel, V. y Cucuñame, N. (2006). *Las Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la Educación Media*. Editorial Universidad del Cauca. Popayán. pp. 43-48.
- Cutcliffe, S. (2003). *Ideas, Máquinas y Valores*. Editorial Anthropos. Barcelona. pp. 60-69.
- Dewey, J. (1916). *Democracia y Educación*. Traducción de Lorenzo Luzuriaga. Editorial Lozada S.A. Buenos Aires, 1967. pp. 158-166.
- Elliott, J. (2007). *Restablecer la esperanza social a través de la Investigación Acción Participativa*. En: Investigación Acción y Educación en contextos de pobreza. Homenaje a Orlando Fals Borda. Capítulo 2. Bogotá, Universidad de La Salle. p.38.

- Faloh, R. (2006). *Gestión de la Innovación. Una visión actualizada para el contexto Iberoamericano*. Editores Rodolfo Faloh Bejerano y Maria de la C. Fernández de Alaiza. Editorial Academia. La Habana, Cuba. pp. 16-17.
- Fernández Buey, F. (1997). *Para leer el Manifiesto Comunista*. En: Marx, K. y Engels F.: El Manifiesto Comunista. Barcelona, El Viejo Topo, p. 20.
- Freire, P. (1996). *Pedagogía de la autonomía. Saberes necesarios para la práctica educativa*. Siglo veintiuno editores S.A. Sexta edición. México, 2002. pp. 47-87.
- Gallego, R. (1988). *Evaluación Pedagógica y Promoción Académica*. Editorial Presencia. Bogotá, 1989. pp. 87-96.
- García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Díada editora S.L. Sevilla. pp. 14-69.
- García E. M. et al. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Cuadernos de Iberoamérica. Organización de Estados Iberoamericanos OEI. Madrid. p.23.
- Gaona, S. et al. (2006). *Participación en una licitación: una estrategia para la evaluación integrada de los cursos de fisicoquímica, transductores y óptica del programa de Ingeniería Física de la Universidad del Cauca*. En: Retos en la Formación del Ingeniero para el año 2020. XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI, Cartagena de Indias. pp. 181-186.
- Germinet, R. (2006). Alocución en el panel de “*Educación en Ingeniería: Competencias y metodologías*”. Bogotá, Auditorio Lleras, Universidad de Los Andes. Marzo 17 del año 2006.
- Gimeno, P. (1995) *Teoría Crítica de la Educación. Una alternativa educativa para una sociedad en crisis*. UNED, Madrid. pp. 557-664.
- Giraldo, J. (2006). *La invención técnica*. Editorial Universidad del Cauca. pp. 65-66.
- Gómez, H. (1998). *Educación La agenda del siglo XXI. Hacia un desarrollo humano*. PNUD-TM Editores. Bogotá, 1999. pp. 18-19.
- Gómez, L. (2006). *El Ingeniero que Colombia necesita*. En: Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Año 2006 “La Interconexión de Colombia con el Mundo”. Medellín, 2006. Disponible en Página web: <http://www.sci.org.co>. Consultada en 05/02/2007.
- Grundy, S. (1987). *Producto o praxis del Currículum*. Ediciones Morata, Madrid. p.p. 19-39.
- Hernández, C. (2002). *Universidad y Excelencia*. En: Educación Superior. Sociedad e investigación. COLCIENCIAS - ASCUN, Bogotá pp. 25-39.
- Horkheimer M. (1946). *Crítica de la razón instrumental*. Traducción de Jacobo Muñoz. Editorial Trotta, 2002. pp. 161-162.
- Jaramillo, L. (2006) *Investigación y Subjetividad*. Tesis de doctorado en Ciencias de la Educación. Universidade Tras-Os-Montes e Alto Douro. p.11.
- Jaramillo, L. y Aguirre, J. (2007). *Educación y Mundo de la Vida*. Documento de trabajo. FACNED. Universidad del Cauca. pp. 6-9.

- Jessup, M y Castellanos, R. (2001). *La resolución de problemas como estrategia de educación en Ciencias Naturales*. Cap. 7. En: Educación y Formación del Pensamiento Científico. Editado por Alfonso Claret Zambrano. ICFES – Universidad del Valle. Bogotá, 2003.
- Kemmis, S. (1986). *El currículum: más allá de la teoría de la reproducción*. Ediciones Morata. Tercera edición. Madrid, 1998. pp. 28-29.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (1987). *Cómo planificar la investigación acción*. Alertes, S.A. Ediciones. Barcelona.
- Kisilevsky, M. (1998). *Potencialidades y limitaciones de la acción de la información sobre la uni(di)versidad*. Ponencia presentada al IV Encuentro internacional de Estadística en Educación Superior, UNAM, México, 8 al 11 de septiembre de 1998.
- Klafki, W. (1986). *Los fundamentos de una didáctica crítico-constructiva*. Revista de Educación, N° 280, (mayo-agosto). Madrid. pp. 37-79.
- Lewin, K. (1946). "Action Research and Minority Problems". Traducción de Maria Cristina Salazar 1990. En: La Investigación Acción participativa. Inicios y desarrollos. Cooperativa Editorial del Magisterio. Bogotá, 1997. pp. 15-23.
- Lewin, K. (1939). *Teoría del campo y experimentación en psicología social*. En: Cuaderno N° 10 del Instituto de Sociología de la Universidad de Buenos Aires, 1958.
- Lipman, M. (1991). *Pensamiento complejo y Educación*. Ediciones De la Torre. Madrid. 1977. p.63
- Liotard, J. (1990). *La condición Postmoderna: Informe sobre el saber*. REI, México. p. 44.
- Marketing Teacher. (2000). *Lesson Gap Analysis*. En página web: http://marketingteacher.com/Lessons/lesson_gap_analysis.htm. Consultada en 30/01/2006.
- Martín, M. y González J. (2002). *Reflexiones sobre la Educación Tecnológica desde el Enfoque CTS*. En: Revista Iberoamericana de Educación. N° 28 OEI, pp. 17-59.
- Montesinos, P. et al. (2003). *Sistemas regionales de gestión de la innovación y del conocimiento*. En: Gestión del conocimiento. Pautas y lineamientos generales. Ediciones AUIP. Salamanca, España. pp. 48–64.
- Morin, E. (1977). *El Método I: La Naturaleza de la Naturaleza*. Editorial Cátedra. Madrid. 1988. p.37.
- _____. (1999). *Los siete saberes necesarios de la Educación del Futuro*. Cooperativa Editorial del Magisterio. Bogotá. 2001. pp. 37-48.
- NAE. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. Committee on the Engineer of 2020, Phase II, Committee on Engineering Education, NAE (2005). p.xii.
- Padula, V. (2001). *Ingeniería, Tecnología y Ciencia. Conceptos y Definiciones*. Comisión de Ciencia y Tecnología. Centro Argentino de Ingenieros. En página web: <http://www.cai.org.ar/cienciaytecnologia/concept-defin.html>. Consultada en 26/01/2005.
- Paz, J. y Corchuelo, M. (2006). *El estudio de una situación problemática como eje para la formación de Ingenieros Forestales en la Universidad del Cauca: el caso del Roble*. En: Retos en

- la Formación del Ingeniero para el año 2020. XXVI Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería. ACOFI, Cartagena de Indias. pp. 187-190.
- Pozo, J. y Gómez, M. (1998) *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata S.L. Madrid, 2000. pp. 293-298.
- Restrepo, B. (2003). *Conceptos y Aplicaciones de la Investigación Formativa y Criterios para Evaluar la Investigación científica en sentido estricto*. En página web: www.cna.gov.co/cont/documentos/doc_aca/. Consultada el 25/03/2005.
- Rodríguez, G. et al (1996). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Ediciones Aljibe. Málaga Segunda impresión 1999. pp. 52-57.
- Schön, D. (1998). *El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Editorial Paidós. Barcelona. pp. 45-73.
- Segura, D. (2004). *El constructivismo radical como alternativa para fundamentar prácticas con sentido en la enseñanza de las ciencias*. Ponencia en el III Coloquio Internacional de Currículo. Universidad del Cauca. Popayán.
- Souza, J. (1997). *Sistematización: Un instrumento pedagógico en los proyectos de desarrollo sustentable*. En: Colección de Lecturas del curso. "La sistematización como Herramienta de la Transformación Socio-educativa". CREFAL, Michoacán, 2000. pp. 5-6.
- _____. (2007) *La contribución del pensamiento de Orlando Fals Borda a la teoría de la educación*. En: Investigación–Acción y Educación en contextos de Pobreza. Universidad de La Salle. Bogotá, D.C. pp. 15-33.
- Souza, J. et al. (2001). *La cuestión Institucional: de la vulnerabilidad a la sostenibilidad institucionales el contexto de cambio de época*. Serie Innovación para la sostenibilidad Institucional. Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". San José, Costa Rica. pp. 7-11.
- Stenhouse, L. (1987). *La investigación como base de la enseñanza*. Selección de textos por J. Rudduck D. Hopkins. Ediciones Morata. Reimpresión 1998. Madrid. pp. 95 -110.

ANEXO II-A



ANEXO II-B

ENCUESTA SOBRE “LA CLASE ACTUAL”.

Con el propósito de realizar una caracterización de las prácticas docentes, comedidamente le solicitamos diligenciar la siguiente encuesta sobre su propia experiencia. Gracias

Características	Siempre	Casi Siempre	Ocasional-mente	Nunca
1. Hablo la mayor parte del tiempo de clase				
2. Las cosas importantes las digo despacio				
3. Uso transparencias				
4. Uso el tablero				
5. Empleo textos de mi propia autoría				
6. Explico con ejemplos				
7. Coloco ejercicios				
8. Sigo fielmente el programa				
9. Utilizo guías de trabajo				
10. Domino una disciplina				
11. Preparo mis clases solo				
12. Transmito información				
13. Consulto bibliografía				
14. Me interesa hacerme entender				
15. Pregunto a mis alumnos “¿entendieron?”				
16. Califico (Emito juicios cuantitativos o cualitativos representados en notas)				
17. Evalúo (valoro el proceso mediante la identificación de fortalezas, debilidades y potencialidades de los estudiantes)				
18. Investigo temáticas diferentes a la clase				
19. Investigo sobre los procesos de formación que desarrollo con mis estudiantes				
20. Espero que el estudiante siempre este atento				
21. Organizo el aula en: (Filas y columnas—, mesa redonda --, otra --) ¿Cuál?				
22. Presto atención a las expresiones gestuales de los alumnos				
23. Genero sentimiento de ignorancia en mis alumnos para que experimenten la necesidad de aprender.				
24. Otro que considere importante.- ¿Cuál?				

ANEXO II-C

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN POR FACULTAD – DICIEMBRE DE 2006

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Grupo	Director	Escalafón Colciencias
APLICACION DE TECNOLOGIAS INTELIGENTES	Flórez Marulanda Juan Fernando	N
AUTOMATICA INDUSTRIAL	Vivas Alban Oscar Andrés	B
GRUPO I+D EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN – GTI	Niño Zambrano Miguel Ángel	A
GRUPO I+D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES - GNTT	Jojoa Gómez Pablo Emilio	B
INGENIERIA TELEMATICA	Rendón Gallón Álvaro	A
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE	Collazos Ordóñez Cesar Alberto	C
INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIAS DE LAS RADIOCOMUNICACIONES GTR	Holguín Rojas Aldemar	N
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS EMPOTRADOS	Carrascal Reyes Mary Cristina	N

INGENIERÍA CIVIL

Grupo	Director	Escalafón Colciencias
ESTRUCTURAS	Mosquera Juan Manuel	N
GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS	Arenas Lozano Hugo León	C
HIDRAULICA E HIDROLOGIA	González Muñoz Luis Jorge	N

INGENIERIA DE TRANSITO	Arboleda Vélez Carlos Alberto	C
INGENIERIA DE VIAS	Solano Fajardo Efrain De Jesus	N
INGENIERIA HIDROMETRICA	Lemos Ruiz Rodrigo Antonio	C
INVESTIGACION EN CONSTRUCCION	Jaramillo Otero Freddy Arturo	N
INVESTIGACION EN INGENIERIA AMBIENTAL	Cabezas Córdoba Carlos Cesar	N
INVESTIGACION GEOLOGICA	Moreno Torres Luis Eduardo	N
TRANSPORTE RURAL	Bustamante Muñoz Ary Fernando	N

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Grupo	Director	Escalafón Colciencias
AGRICULTURA ORGANICA PARA TODOS	Stechauner Roman	N
APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS, RESIDUOS Y DESECHOS AGROINDUSTRIALES - ASUBAGROIN -	Velasco Mosquera Reinaldo	B
CALIDAD Y COMPETITIVIDAD EN SISTEMAS AGROINDUSTRIALES	Mosquera Sánchez Silvio Andrés	
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE BIOMOLÉCULAS DE INTERÉS AGROINDUSTRIAL – CYTBIA	Villada Castillo Héctor Samuel	B
DESARROLLO Y TRANSFORMACION DE MATERIALES AGROBIOLÓGICOS	Forero Gómez Clara Luz	C
INVESTIGACIÓN EN DISEÑO, PROCESO Y ENERGIA	Muñoz Muñoz Deyanira	N
INVESTIGACIÓN EN INNOVACIONES AGROINDUSTRIALES CON PROY. SOCIAL	Elizalde Correa Ana De Dios	C
MEJORAMIENTO GENÉTICO Y REPRODUCCIÓN VEGETAL Y ANIMAL	Almanza Panzón Martha Isabel	N
NUTRICION AGROPECUARIA	Vivas Quila Nelson José	C
NUTRIPASTOS	Muñoz López Omar José	N
RECURSOS FITOGENETICOS FITOGEN	Almanza Pinzón Martha Isabel	N
SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCION AGROPECUARIA, FORESTAL Y ACUICOLA, SISIMPRO	Tobar Mesa José Manuel	
TULL, GRUPO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO RURAL.	Londoño Vélez Luis Alfredo	C

FACNED - INGENIERÍA FÍSICA

Grupo	Director	Escalafón Colciencias
CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES CERAMICOS – CYTEMAC	Rodríguez Páez Jorge Enrique	A
FISICA DE BAJAS TEMPERATURAS – EDGAR HOLGUIN	Bolaños Pantoja Gilberto	A
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ÓPTICA APLICADA Y DIDÁCTICA - GIOPAD	Vargas Canas Rubiel	N
I + D EN INGENIERIA FISICA	Bravo Diego	N
MATERIALES Y NANOTECNOLOGIA	Rivera Márquez Wayner	C
OPTICA LASER	León Téllez Jaury	C
SEMICONDUCTORES Y NUEVOS MATERIALES – SENUMA	Pérez Merchancano Servio Tulio	C
SEMINARIO PERMANENTE SOBRE FORMACION AVANZADA – SEPA (Como grupo de apoyo del Doctorado en Ciencias de la Educación)	Corchuelo Mora Miguel Hugo	B

ANEXO II-D
LISTA DE PROYECTOS EN EJECUCIÓN
REGISTRADOS EN EL SISTEMA DE INVESTIGACIONES -2007

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS		
N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INVESTIGADOR PRINCIPAL
1	Propuesta de Producción más limpia del Sector Avícola en el Departamento del Cauca	Freddy Javier López
2	Contrato No 102/2006 entre la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Universidad del Cauca, para la evaluación cuantitativa y cualitativa y de estudios de caso del Programa RESA Rural en los Departamentos del Cauca, Huila, Tolima y Nariño.	Luis Alfredo Londoño Vélez
3	Producción y caracterización de almidón y harina termoplásticos a partir de harina de yuca más fibra de fique usando un extrusor sencillo.	Héctor Samuel Villada- Harold Acosta
4	Producción de ácido láctico a partir de harina de yuca usando cepas DE Lactobacilli, Aspergillus spp., y Lactococcus spp.	Héctor Samuel Villada
5	Acciones para la conservación y recuperación de un humedal urbano en el municipio de Popayán – cuenca alta del río Cauca.	Sandra Morales Velasco
6	Implementación de un sistema de zocria con Helix Aspersa, como una opción de investigación y producción en cautiverio.	Sandra Morales Velasco
7	Efecto de la germinación sobre los factores antinutricional, digestibilidad e incremento en concentración de proteína y micronutrientes en Cajanus cajan (guandul), Erytrina Edullis (chachafruto), Chenopodium quinoa W. (quinua), Glycine max (soya).	Ana de Dios Elizalde Correa

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INVESTIGADOR PRINCIPAL
1	Diseño e Implementación de un Sistema Digital para la Localización de Aguas Subterráneas por el método de resistividades	Carlos Gallardo
2	Reactor Anaeróbico de placas paralelas en acrílico y evaluación de su eficiencia en la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos	Guillermo Chau Figueroa

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES		
N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INVESTIGADOR PRINCIPAL
1	Adopción de modelos colaborativos desde la perspectiva del software libre en la elaboración y evaluación de objetos de aprendizaje utilizables a través de Internet en las áreas de electrónica y telecomunicaciones.	César Alberto Collazos Ordóñez
2	Diseño de un prótesis de mano en un ambiente de diseño asistido por computador	Mariela Muñoz Añasco
3	Agarre estable de objetos con una prótesis de mano robótica.	Carlos Gaviria
4	Modelado y control de una mano robótica	Andrés Vivas
5	Mejora de procesos para fomentar la competitividad de la pequeña y mediana industria del software de Iberoamérica. COMPETISOFT.	César Alberto Collazos Ordóñez
6	REVVIS Reunión de especialistas en Verificación y Validación de Software	César Alberto Collazos Ordóñez
7	Control óptimo de tiempo y energía para un robot manipulador rígido de dos grados de libertad	Olga Liliana Sánchez Medina

8	Convenio interadministrativo de cooperación y cofinanciación. no. 007-0006, suscrito entre COMPUTADORES PARA EDUCAR Y LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Fase de profundización zona sur Pacífico II.	Jorge Jair Moreno Chaustre
9	Estudio de sistemas para el control de robots, Fase II	Oscar Andrés Vivas Alban
10	Análisis, Modelado y Control de Motores de Inducción. Etapa II	Carlos Alberto Gaviria
11	Convenio especial de cooperación no. 224-2005 entre la UNIVERSIDAD DEL CAUCA-CREPIC-COLCIENCIAS, para la ejecución del pacto nacional por la innovación en el DEPARTAMENTO DEL CAUCA: Fortalecimiento y Apoyo a la Internacionalización del Sistema Regional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Cauca.	Adolfo León Plazas Tenorio
12	Incubadora de Agroempresas del Cauca AGROINNOVA--Comité Técnico	Gustavo Adolfo Ramírez
13	Enseñanza por Internet: Creación de una biblioteca digital de objetos de aprendizaje accesibles, reutilizables e interoperables, orientados a la formación en las Tecnologías de la Información	César Alberto Collazos Ordóñez
14	Contrato 495 -2005- Colciencias - Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca, CREPIC. Universidad del Cauca. Código 3364-08-18311. Estrategia integral para mejorar la competitividad de agrocadenas de productores rurales de pequeña escala en el Departamento del Cauca	Adolfo Plazas Tenorio
15	Análisis de factibilidad para la Implantación de servicios de voz, video y datos en redes soportadas por accesos de banda ancha PLC (Comunicaciones por líneas Eléctricas) para el municipio de Popayán	Emigdio Andrés Lara Silva
16	Contrato CT 488-2005-COMFACAUCA-CORPORACIÓN INCUBADORA DE EMPRESAS DE POPAYAN- UNIVERSIDAD DEL CAUCA, "Infraestructura software para la gestión, distribución, uso y aplicación de conocimiento organizacional	Alberto González Ramírez
17	Maestría en Ingeniería Área Ciencias de la Computación	César Alberto Collazos Ordóñez

18	Formulación de un Programa de Doctorado en Ingeniería, Área Telemática	Álvaro Rendón Gallón
19	Plataforma de Servicios SIP de Nueva Generación para redes 2.5G	Oscar Mauricio Caicedo R.
20	Alfabetización digital en el Resguardo de Guambía: un aporte a la construcción de la interculturalidad.	Lilia Triviño Garzón
21	Contrato ALA/2002/048-264/2082 Comisión Europea- Universidad del Cauca "E-LANE: European and Latin American New Education"	Mario Fernando Solarte, Magnolia Aristizábal, Martha Corrales
22	COMDIST (Componentes Distribuidos para Implementación de Servicios de Telepresencia)	Jefe del Proyecto PhD. Juan Carlos Yelmo García. Coordinador Unicauca: Álvaro Rendón Gallón.

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA		
N°	NOMBRE DEL PROYECTO	INVESTIGADOR PRINCIPAL
1	Memorias Ópticas de Volumen. Registro y Aplicación a la Encriptación	Jaury León Téllez
2	Crecimiento y Caracterización de Películas de Carbono Tipo Diamante (DLC) sobre Sustratos de Silicio por la Técnica de Deposición Electroquímica	Wayner Rivera Márquez
3	Study of optical properties of semiconductor and mesoscopic systems under the action of external probes	Juan Carlos Granada Echeverri (Univalle) Servio Tulio Pérez (Universidad del Cauca)
4	Convenio Interadministrativo Especial de Cooperación No. 052/2005. COLCIENCIAS- UNIVERSIDAD DEL CAUCA. "Obtención de alúmina a partir de caolín como alternativa para la fabricación de cerámicos avanzados"	Janeth Cobo Quesada
5	Contrato RC. No.339-2005. Colciencias - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Universidad del Cauca. Código: 1109-06-17621. Recubrimientos cerámicos e híbridos funcionales con resistencia a la corrosión y con propiedades ópticas.	Enrique Vera López(UPTC)- Jorge Enrique Rodriguez Páez(UNICAUCA)

6	Estudio de la Influencia y Optimización de los Parámetros Involucrados en el Proceso de Síntesis de Materiales Ferrimagnéticos y Ferroeléctricos: la Hexaferritas de Bario y el PLMN-PT	Sonia Gaona Jurado
7	Contrato 275-2005- Colciencias - Universidad del Cauca. Código 1103-14-17900. Nanocerámicos Funcionales: Uso de nanoparticulas de SnO ₂ para conformar dispositivos de interés tecnológico	Jorge Enrique Rodríguez Páez
8	Obtención de alúmina a partir de caolín como alternativa para la fabricación de cerámicos avanzados: una reflexión sobre la formación de talento humano.	Jorge Enrique Rodríguez Páez
9	Contrato RC. No. 198-2004 Colciencias -Universidad del Cauca "Propuesta Curricular para la Formación de Ingenieros desde el Enfoque en Estudios CTS+I en la Universidad del Cauca" Código 1103-11-16964	Miguel Hugo Corchuelo Mora
10	Contrato RC No. 225 de 2003 Colciencias - Universidad del Cauca "Fabricación y Caracterización de Películas Delgadas de Dióxido de Vanadio VO ₂ " Código 1103-05-13646	Gilberto Bolaños Pantoja

ANEXO III-A
LA CLASE IDEAL

SEMINARIO SOBRE EL SENTIDO DE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS – UNICAUCA

En la primera columna escriba el orden de prioridad, es decir, el número uno es el factor que considera más importante y el 22 el menos importante. En la tercera la justificación.

#	Características, que;	Porque....
	Se distinga por la ética y la equidad.	
	Se identifique el sentido de pertinencia. Vocación del docente.	
	Se sienta la solidaridad.	
	Exista la responsabilidad. Cumplimiento.	
	Exista la Autoevaluación.	
	Sea divertido y motivante el aprendizaje.	
	Exista reflexión y crítica.	
	Se estudie la historia del pensamiento.	
	Movilice entendimiento y sentimiento.	
	Se domine la Disciplina.	
	Defina una posición política y filosófica.	
	Revele coherencia entre el discurso y práctica.	
	Tenga diferentes estrategias Didácticas.	
	Salga del salón de clase.	
	Se trabajen proyectos y haya producción.	
	Reconozca la particularidad del programa.	
	Exista investigación.	
	Se trabaje en RED.	
	Sea interdisciplinaria.	
	Esté contextualizada.	
	Se haga gestión.	
	Se elabore la memoria.	

ANEXO III-B

PROBLEMÁTICAS A ATENDER POR LAS ESPECIALIDADES DE INGENIERÍA CIVIL

En Ingeniería Ambiental.- Impacto ambiental de obras civiles. Recuperación de Ecosistemas. Medición de niveles de contaminación. Estudios de sistemas de reciclaje y Código Ambiental.

En Ingeniería Sanitaria.- Desarrollo de sistemas de Acueductos y Alcantarillados para poblaciones menores. Transferencia y adaptación de tecnología en plantas de tratamiento de aguas. Disposición y manejo de aguas residuales. Sistemas de recolección y disposición final de desechos sólidos. Estudio de fuentes de agua potable y Código Sanitario.

En Ingeniería Estructural.- Cartillas sobre construcciones menores sismo-resistentes. Desarrollo de materiales prefabricados. Investigación sobre materiales y Código Estructural.

En Ingeniería Geotécnica.- Estudio de materiales granulares. Estudio de propiedades de suelos y rocas, inventario de fuentes de materiales. Investigación de Pavimentos. Evaluación de amenazas. Desarrollo de sistemas de cimentación y Código Geotécnico.

En Ingeniería Hidráulica.- Estudio de amenazas de avalanchas. Desarrollo de bocatomas para corrientes de montaña. Estudio de estructuras portuarias menores. Estudio de corrientes torrenciales. Sistemas

económicos de elevación de aguas. Estudio de la eficiencia de los sistemas de regadío. Optimización de obras hidráulicas viales y Código Hidráulico.

En Ingeniería de Vías y Transporte.- Estudio de diseño y construcción de vías de montaña. Estudio de sistemas ferroviarios. Sistemas eficientes de transporte urbano y Código Vial.

En Ingeniería de Construcción.- Desarrollo de métodos sencillos para pequeñas obras civiles. Estudio de sistemas de contratación y de concesión. Evaluación de costos, rendimientos y plazos de obras y Código de Construcción.

En Manejo de desastres.- Identificación de zonas de amenazas. Modelos de evaluación de amenazas. Desarrollo de sistemas de alarma temprana para eventos naturales. Metodologías de evaluación de daños.

ANEXO IV-B

Universidad del Cauca
Popayán, noviembre 20 de 2006

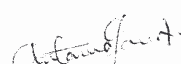
Acuerdo de Voluntades

En las instalaciones del Instituto de Doctorado de la Universidad del Cauca, a los 20 días del mes de noviembre de 2006, se dieron cita representantes de las Facultades de Ingeniería de las Universidades de Caldas, Cauca, Nariño y Pamplona.

Tomando en cuenta los intereses comunes alrededor de la necesidad de asumir la interacción social, como práctica fundamental en los procesos de aprendizaje que conducen a la formación de Ingenieros y de acuerdo con las conclusiones extraídas de la III Jornada Ingeniería e Interacción social, se estima pertinente establecer un acuerdo de voluntades, como primer paso en el proceso de conformación de redes de trabajo interinstitucional que conduzcan a la formulación y ejecución de proyectos mencionados.

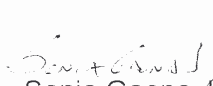

Marcelo López Trujillo
Universidad de Caldas


Ricardo Castaño


Antonio Garza Costa
Universidad de Pamplona


Nelson Edmundo Arturo
Universidad de Nariño


Ing. Juan Pablo Paz


Sonia Gaona

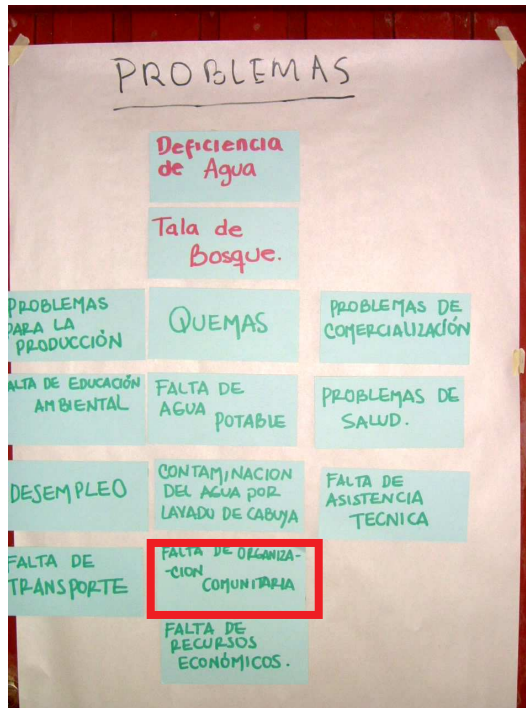

Miguel Hugo Corchuelo

Universidad del Cauca

**ANEXO V-A
MATRIZ DE VALORACIÓN DE UNA PRESENTACIÓN**

VALORACIÓN PARA UNA PRESENTACIÓN		Grupo evaluado: _____		
	Excelente	Buena	Regular	Insuficiente
Preparación	Los diversos detalles muestran un proceso de preparación en profundidad durante el desarrollo del tema.	Se cumplió con la presentación con algunos espacios visibles para la aclaración del tema.	Presenta un resumen de la temática y la actividad se percibe planeada sutilmente.	La presentación deja vacíos e insatisfacciones.
Sustentación Teórica	Muestra dominio del tema propuesto, se expone su problemática y evolución; se conecta con aplicaciones y ejemplos en sus diferentes aspectos. Se logra analizar el tema de manera agradable.	Se explica el tema observando sus partes esenciales de manera coherente y con algunos ejemplos.	El tema se trata superficialmente, las explicaciones resultan incompletas.	El tema se presenta inodoro, se presta para confusiones y aparece desconectado de ejemplos.
Recursos	La presentación revela ingenio y creatividad. Los recursos son variados y se comparten con el auditorio. Se percibe la preocupación por la comprensión del tema.	Utilizan recursos habituales de manera agradable.	El uso de recursos es pobre.	Se limita a la oralidad fría y monótona.
Manejo de la participación y Discusión	La exposición promueve la participación activa del auditorio, mantiene la atención, suscitan controversia y argumentaciones.	Es organizada y se contestan los diferentes interrogantes del auditorio sin profundizar o detallar.	No hay una buena orientación para la participación para el auditorio y es muy limitada.	No hay espacio para la participación del auditorio.
Evaluadores: _____				
Observaciones: _____				

ANEXO V-B
Resultados del Taller sobre Problemática
de la Cuenca de Clarete Alto.



Problemas identificados

CARACTERIZACIÓN PARTICIPATIVA Y POTENCIALIDADES AMBIENTALES
PROBLEMA PRINCIPAL: ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

CAUSAS

- Disponibilidad de tiempo.
- Falta de incentivos en la comunidad y de compromiso.
- Falta de conocimiento para entrar a la junta y de los temas que trata.
- No disponer de los medios de comunicación y problemas de movilización.

CONSECUENCIAS

- Termina la ayuda que brindan las entidades para la vereda.
- La pérdida de la personería jurídica de la junta.
- Abandono de los proyectos que hay con la participación de la comunidad.

POSIBLES SOLUCIONES

La formulación de talleres de organización comunitaria.

Aumentar la motivación de la comunidad.

Educar a los niños para que desde pequeños trabajen en comunidad

Establecer medios de comunicación más efectivos, programas de formación para dirigentes locales que permitan analizar y resolver los problemas de su comunidad.

Presentación de anteproyectos de leyes sociales.

Los organizadores comunitarios actúan como coordinadores de área para conseguir que los programas de las diferentes organizaciones cubran al máximo las necesidades de servicios médicos y de bienestar social.

ANEXO V-C

Representaciones del Bosque de Clarete Alto Fruto del Taller con la comunidad



a) Representación de las mujeres



b) Representación de los hombres



c) Representación conjunta de los usos.
(vivienda, salud, madera, carbón, animales y cercos)

ANEXO V-D
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
Seminario sobre el Sentido de la Formación de Ingenieros
SEFIUC
06/03/2006

TALLER: NUESTROS RECURSOS

Habitualmente se dice que el ingeniero es aquella persona que haciendo uso de los conocimientos científicos y tecnológicos puede identificar problemas y proponer soluciones factibles y eficientes. Por tal motivo a continuación le presentamos una situación real para que usted se ejercite en su futuro rol profesional y nos muestre su potencial.

En el nororiente del municipio de Popayán, se encuentra ubicada la Vereda Clarete Alto, territorio que se caracteriza por tener una gran riqueza en recursos naturales, entre los que se destacan sus bosques naturales. En estos ecosistemas sobresale la especie del Roble (*Quercus humboldtii*) asociada al equilibrio de las pequeñas quebradas que son las principales fuentes de agua, no sólo para las comunidades de la zona, sino que sirven del preciado líquido a comunidades ubicadas en otras veredas cercanas a Clarete.

Hasta hace algunos años, estos territorios constituían grandes haciendas. Hoy la población que ocupa estas bellas tierras y hace uso de los recursos naturales en Clarete Alto, está constituida por campesinos organizados a través de la junta de acción comunal. Ello ha permitido trabajar con un solo propósito cual es, el desarrollo de su vereda. De esta manera enfrentan dificultades y carencias de servicios básicos como el acueducto, la energía, la educación y los sistemas de producción. Esta situación es común a la mayor parte de las comunidades rurales de nuestra Colombia.

Sin embargo, las actividades para la subsistencia, que adelantan los pobladores, buscan ampliar la frontera agropecuaria y usar la madera como leña, en la producción de carbón y en la construcción. Actividades que ocasionan procesos de deforestación. Así, el Roble y muchas de las especies asociadas al ecosistema están amenazadas o en peligro de extinción (variedades de flora y de fauna). Adicionalmente, los caudales de las quebradas han disminuido, especialmente se nota en épocas de verano. Esto es ahora motivo de preocupación para la comunidad

Usted como ingeniero:

¿Cuál cree que es el problema?

¿Qué podría aportar, como parte de la solución, ante esta situación?

¿Cómo cree que usted se podría beneficiar?

¿Qué importancia o trascendencia tendría hacerlo?