HACIA UNA REFORMA DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA QUIMICA:

UN DOCUMENTO DE DISCUSION

Gustavo E. Bolaños
Profesor Asistente
Dep. Mecánica de Fluídos y Ciencias Térmicas
Universidad del Valle
Cali - Colombia

RESUMEN

Se presenta un conjunto de directrices con miras a establecer una reforma del actual (1989) Programa de Ingeniería Química de la Universidad del Valle, con base en la identificación de las limitaciones del programa en relación con las necesidades de formación del Ingeniero Químico del futuro cercano.

INTRODUCCION

El programa de Ingeniería Química de la **Universidad del Valle** tiene el mismo tiempo de existencia que la Universidad, dádo que en los inicios de ella, hace 45 años, se inauguró el programa de Química Industrial, que tres años más tarde cambiaría su nombre a Ingeniería Química. Durante este período es innegable el aporte positivo que dicho programa ha hecho al desarrollo de la región y del país. Sin embargo, en las actuales condiciones de la Ingeniería Química y ante las expectativas planteadas no sólo al interior de la Universidad en relación con la ideas de flexibilidad curricular sino en conjunto con la totalidad de programas de Ingeniería Química del país, surge la necesidad de revisar el plan actual para buscar los mismos o incluso mejores resultados con un programa más integral, más flexible, menos extenuante y que en general permita maximizar el aprovechamiento de los no muy abundantes recursos con que se cuenta para formar los profesionales que el país necesita.

Los ingenieros que comienzan hoy su formación en los claustros universitarios se desempeñarán profesionalmente en una época caracterizada por un dinamismo tecnológico sin precedentes en la historia de la humanidad (Anaya, 1987). Tales profesionales deseablemente deben estar preparados no sólo para afrontar el desafío de un medio ambiente en constante cambio, sino también para promover tal dinámica desde su posición de trabajo, para actuar como propulsores del progreso material y espiritual de la sociedad.

Varela (1988) ha señalado un conjunto de cambios básicos que debe acometer la ingeniería, con el propósito de formar profesionales con las habilidades requeridas para el próximo siglo, algunas de las cuales se transcriben a continuación:

"- Tenemos que cambiar nuestra gestión curricular que diseña planes de estudio en función única y exclusivamente de los posibles puestos que el profesional va a desempeñar y olvida todas las otras formas de trabajo profesional; y recordar que la Universidad tiene una función formadora, que es un elemento de generación de valores, que es un paso en el desarrollo del hombre. En otras palabras debemos pensar en una Universidad y no en una escuela vocacional entrenando gente para desempeñar un oficio particular.

El currículo debe ser evaluado no por su contenido o por su adecuación a un perfil laboral,

sino por la capacidad que el estudiante obtiene para pensar con creatividad y para aprender a aprender, para desarrollarse profesionalmente con flexibilidad.

Debemos cambiar la idea que a veces se aplica de que el proceso educativo consiste en almacenar en el cerebro de los estudiantes un conjunto de informaciones, procedimientos, teorías, algoritmos, etc., lo cual produce un estudiante completamente programado, estático y corto de ideas. Debemos crear nuevos procesos educativos que permitan a los estudiantes ser creativos, imaginativos, investigar nuevas soluciones y procedimientos, inventar, ser capaces de cuestionar, de adaptarse a nuevas circunstancias, ser dinámicos y comprensivos de las características dinámicas del ambiente. Los estudiantes deben ser retados a desarrollar todo su talento haciéndolos partícipes de problemas reales.

Imbuir a los estudiantes de un espíritu abierto al autoaprendizaje, al uso de todos los medios modernos de información, la aplicación intensa del computador. Esto implica centrar el objetivo de la labor del profesor en enseñar a pensar, a crear soluciones alternativas, a adquirir la información necesaria, a definir qué es lo que hay que diseñar y no dedicar todo el esfuerzo a realizar cálculos.

Por lo tanto, innovación, creatividad, búsqueda de oportunidades, generación de soluciones, deben ser elementos básicos de todo el proceso formativo de ingeniería".

El presente documento recoge un conjunto de ideas con miras a obtener un plan de estudios que facilite, en mayor medida que el programa actual, el desarrollo de un proceso educativo con las características señaladas en los párrrafos anteriores. La mayor parte de dichas ideas son fruto de la continua discusión (formal e informal) entre los miembros del Comité de Plan, algunas han sido también discutidas por autores como Anaya (1987), De la Sotta (1982) y Mockus (1988), en tanto que algunas otras reflejan sólo el punto de vista particular del autor. De hecho, como documento de discusión se pretende plantear aquí algunos elementos claves sobre los cuales orientar el proceso de reforma.

DIAGNOSTICO DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA QUIMICA

El propósito del programa de estudios en Ingeniería Química es la "formación de un profesional capaz de planear, diseñar, analizar, dirigir y controlar procesos y plantas cuya finalidad sea la utilización de transformaciones físicas, químicas o fisicoquímicas para producir bienes utilizables como materias primas o como productos destinados al consumo" (Manrique, 1989). El currículo con el cual la **Universidad del Valle** busca alcanzar este objetivo **(figura 1)** no ha sufrido modificaciones de fondo al menos desde 1973, y puede señalarse que considerado en el marco actual presenta un conjunto de deficiencias tanto en su diseño como en la manera como se ofrece. (Quizás es interesante notar que este hecho no es extraño si se considera que el objetivo del programa está íntimamente relacionado con un perfil laboral esperado para el egresado):

1. *Elevado número de materias.* Este hecho hace difícil aclarar la estructura conceptual del currículo y facilita la dispersión del trabajo del estudiante en cada semestre. El sistema de aprendizaje basado en la solución de problemas "tipo", muchas veces tomados de final de capítulo de algún libro, se favorece bastante con esta situación por la relativa baja cantidad de tiempo necesaria para resolver un problema correspondiente a una situación idealizada, con la consecuencia de facilitar la formación de un profesional con un bajo contacto con situaciones reales.

   El elevado número de materias es la consecuencia de una concepción del aprendizaje en la cual al alumno "se le da" el bagaje de conocimiento que requiere. En una concepción diferente, en la cual el alumno "obtiene dicho bagaje, el papel de un programa de estudios se dirige a desarrollar en el educando actitudes hacia el autoaprendizaje. El número de materias es menor y sus contenidos son aquellos esenciales al propósito de desarrollar tales actitudes.

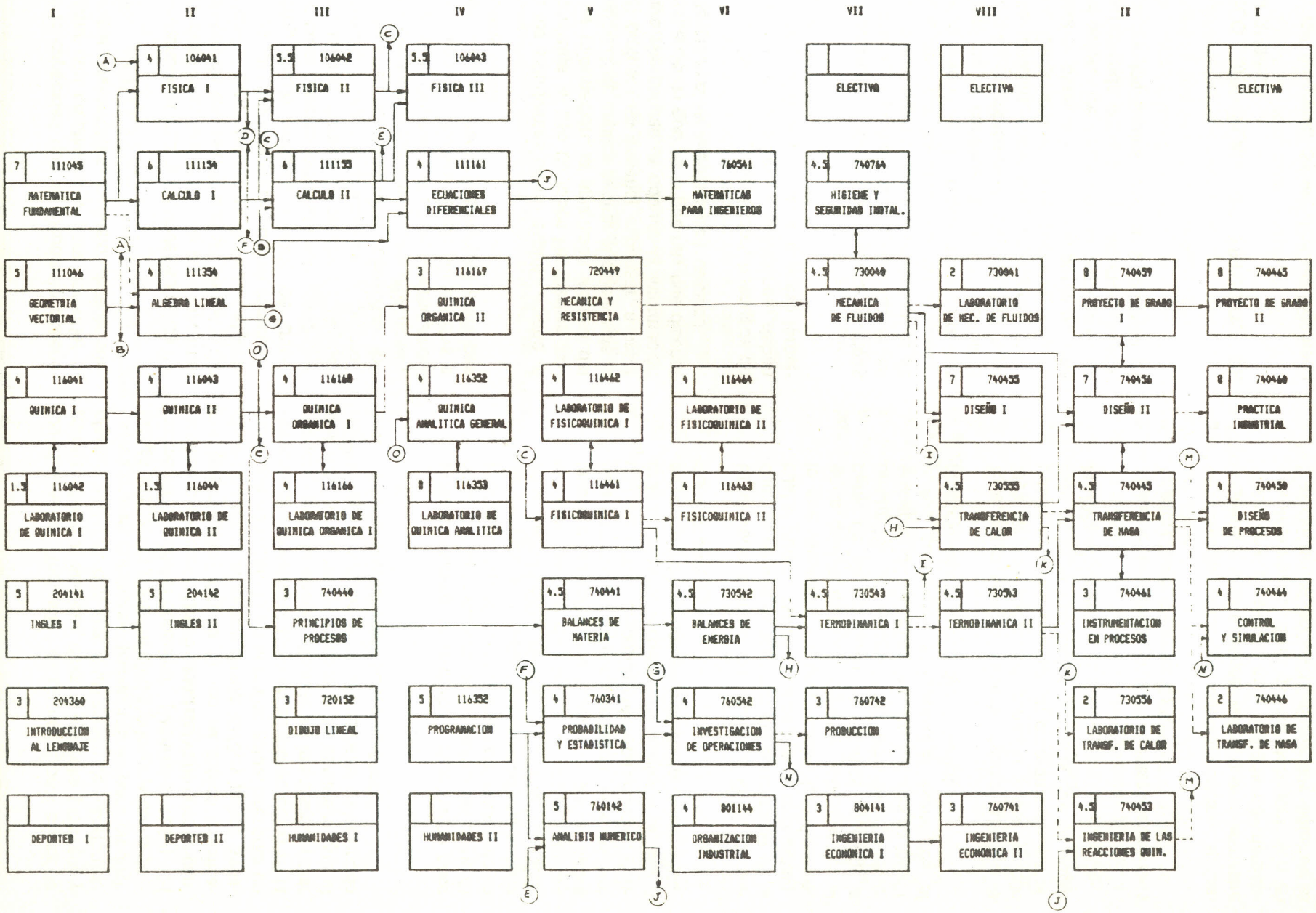
   Este punto está plenamente relacionado con la idea de flexibilidad del currículo y con lo que puede concebirse como un programa de formación de Ingeniería Química, cosas que se discuten más adelante.

2. *Deficiencias estructurales.* Algunas deficiencias en esta categoría son las siguientes:

   a. La fundamentación (Matemáticas, Física, Química) se extiende hasta quinto semestre con una presencia muy limitada de materias profesionales. Esto genera desorientación en el estudiante en los primeros dos años de la

Figura 1

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA QUIMICA 1990



carrera, quien durante este período no sólo no adquiere un perfil característico de su profesión sino que por el contrario, en muchos casos se desanima y en algunos desiste. No es casual que sea este el período donde se registran las mayores tasas de mortalidad y deserción del programa.

b. Contrastando con lo mencionado en el literal anterior, el final de la carrera tiene una muy alta densidad de materias profesionales, al punto que en el último año se ofrecen seis cursos formales (cada uno de los cuales de hecho requiere alta dedicación), una electiva, dos laboratorios y una práctica industrial, al tiempo que debe desarrollarse el proyecto de grado. Esta alta densidad terminal hace que el estudiante se demore más de cinco años en realizar su carrera. (Como estadística: En las últimas 10 promociones sólo un estudiante se graduó en cinco años).

3. *Independencia de cursos.* El programa muestra un conjunto de materias las cuales en su mayor parte se pueden asemejar cada una a una isla de conocimientos. Si bien al revisar el contenido de cada curso éste luce excelente y muy completo, el hecho es que en muchos casos tales contenidos están formados en una alta proporción por material meramente informativo.

Aunque suele decirse que la información es valiosa, normalmente no se agrega que sólo lo es para aquella persona que la necesita en forma directa y a muy corto plazo. Es importante entender que los cursos deberían contener únicamente aquel material que contribuya positivamente a desarrollar actitudes y aptitudes ingenieriles, minimizando en lo posible el enfoque "enciclopédico".

Los cursos integradores del conocimiento son en extremo escasos y se encuentran ubicados en el último año. Dicha baja cantidad contribuye a generar un esquema de pensamiento "parcelado" en muchos de los educandos. Es necesario reconocer que en la solución de problemas reales (es decir, aquellos a los cuales se debe enfrentar el ingeniero), la habilidad para relacionar piezas de conocimiento es al menos tan importante como el entendimiento de las piezas en sí mismas.

En este punto es también interesante señalar la alta cantidad de prerrequisitos que se presentan en el programa. Normalmente los prerrequisitos se han venido incluyendo o modificando sin manejarse una visión de conjunto del plan de estudios sino sólo una visión local, centrada en la materia cuyos prerrequisitos se analizan. Como consecuencia, algunos prerrequisitos están errados (cuando se mira el programa en su conjunto) en tanto que otros no muestran claramente su necesidad, como en el caso de prerrequisitos "materia cursada", los cuales se han incluído muchas veces con el propósito de flexibilizar el ofrecimiento del programa. Esto ha conducido a un verdadero "bosque" de prerrequisitos ante el cual muchos estudiantes interpretan un "bosque de obstáculos" que les impide avanzar en su formación. No pocas veces este hecho ha generado actitudes de rechazo al programa y su significado.

Otro aspecto importante dentro de la concepción "isla" de los cursos es la repetición de contenidos, incluso varias veces, dentro del plan de estudios. Esto realmente constituye un despilfarro de recursos de la Universidad.

4. *Baja flexibilidad.* Varias interpretaciones se han hecho de lo que significa la flexibilidad curricular. En este documento se entiende por flexibilidad la facilidad que presenta un plan de estudios para que el educando pueda orientar su formación hacia la adquisición de un perfil propio que se encuentre de acuerdo con sus intereses y expectativas. El actual plan de estudios contempla esta flexibilidad a través de tres electivas, es decir, el 4.69% de las materias.

La flexibilidad del plan de estudios reviste una gran importancia para los propósitos de formar ese ser humano altamente independiente y creativo que se señaló al comienzo del documento. Es también importante para el objetivo de mantener un programa moderno y dinámico, en donde tengan espacio las áreas donde el Ingeniero Químico hace y hará un aporte significativo, como Biotecnología, Materiales y Energía, para citar sólo algunas. La ampliación de dicha flexibilidad debe ser una característica definitiva del programa.

5. *El ofrecimiento del programa.* En este punto se pueden identificar:

a. La metodología tradicional de la enseñanza, con una alta importancia de la exposición magistral con relación al trabajo individual del estudiante, no facilita la formación de individuos inde-

pendientes y por el contrario favorece el desarrollo de una actitud pasiva del estudiante frente al proceso de aprendizaje, frente al desempeño profesional y frente a la vida misma. Es interesante notar que el actual currículo contempla exactamente el mismo esquema de formación en todos los semestres de la carrera: metodología tradicional e igual número de materias por semestre (esquema de "flujo piston").

b. El ofrecimiento de un solo curso de cada materia al año, práctica directamente relacionada con la admisión anual de estudiantes, le confiere al ofrecimiento del programa amplias características de rigidez, dado que un estudiante que repruebe una materia muy difícilmente se podrá poner al día nuevamente. Este hecho genera problemas de diversa índole dado que los estudiantes en esta situación conforman un grupo apreciable.

El ofrecimiento anual de materias conlleva un fenómeno adicional relacionado con la manera como se concibe el proceso de aprendizaje. Los cursos grandes (como los actuales) favorecen la actitud pasiva del estudiante, en tanto que los cursos pequeños facilitan la comunicación entre los alumnos y el profesor. Tal facilidad se puede aprovechar para aplicar una metodología basada en el autoestudio, de modo que la hora de clase se puede convertir en una reunión de síntesis y verificación del progreso del educando. Los cursos pequeños sin duda facilitarían el desarrollo de habilidades de comunicación oral y escrita de los estudiantes.

ELEMENTOS DE LA REFORMA

Los elementos esenciales sobre los cuales se efectuaría una reforma al programa de Ingeniería Química, que permitiera "formar un profesional hábil en la aplicación creativa de los principios que gobiernan los procesos de fabricación en los cuales intervienen cambios químicos, físicos o fisicoquímicos" (propósito diferente al del actual plan), nacen de los cinco puntos mencionados en el diagnóstico y son los siguientes:

1. Disminuir el número de asignaturas para aclarar la estructura conceptual del currículo, disminuir la dispersión del trabajo del estudiante en cada semestre y permitir la introducción eficaz de nuevas metodologías docentes basadas en el autoestudio.

2. Introducir una mayor proporción de materias profesionales en los primeros años de la carrera para facilitar la orientación y motivación del estudiante por su profesión.

3. Disminuir la carga de materias profesionales en el último año del plan de estudios. Ello ayudaría a facilitar que el estudiante normal obtenga su grado efectivamente en cinco años.

4. Diseño adecuado del currículo que permita elaborar tesis de grado en cualquiera de las áreas donde la profesión hace un aporte importante, sin requerirse tiempo adicional a los cinco años.

5. Replanteamiento de contenidos, eliminando en lo posible el material informativo y dando lugar más importante a los contenidos que contribuyen a generar actitudes y aptitudes ingenieriles en el educando.

6. Replantear contenidos o incluso introducir asignaturas para facilitar la integración de conocimientos. Un punto importante puede ser el empleo de ejemplos que no obedezcan a situaciones en extremo idealizadas sino a problemas reales, en lo posible.

7. Definir prerrequisitos con una visión global del programa, de modo que sea nítida su necesidad.

8. Aumentar la flexibilidad del programa, por ejemplo, mediante la inclusión de un mayor porcentaje de materias electivas.

9. Cambiar la metodología tradicional de la enseñanza, por una metodología basada en el autoestudio donde la clase es una reunión de síntesis y chequeo de avance del educando.

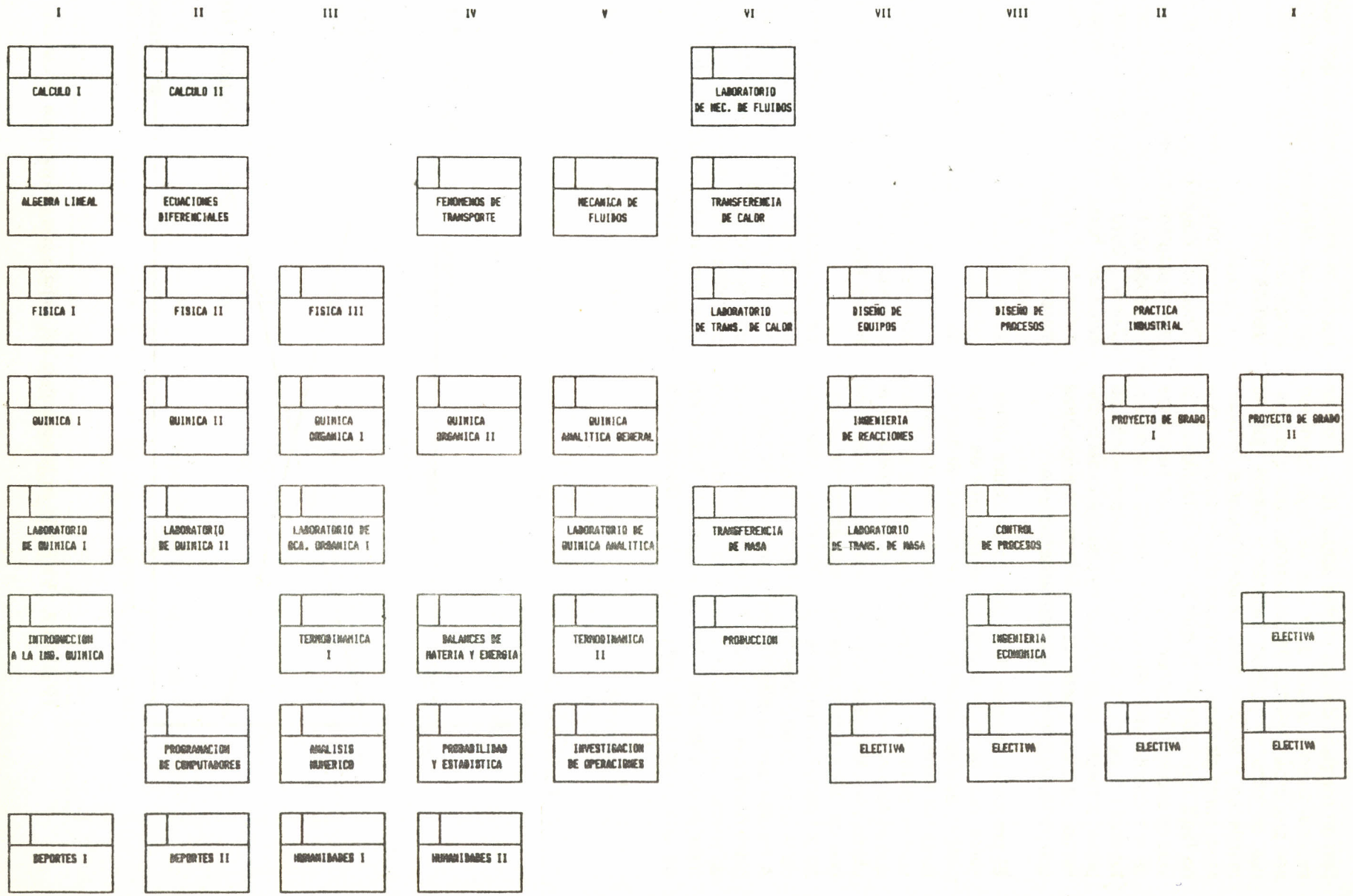
10. Ofrecimiento semestral de al menos un buen porcentaje de las materias con el objeto de manejar cursos pequeños que faciliten la realización del punto 9 y de disminuir los problemas de ofrecimiento del programa.

La **figura 2** muestra una manera como se prodrían concretar los puntos anteriores en un plan de estudios de Ingeniería Química. Dicho plan no debe considerarse como algo definitivo y ni siquiera como una propuesta; lo que se propone aquí son las ideas básicas sobre las cuales definir un nuevo programa.

En primer término el plan de la **figura 2** muestra una significativa disminución en el número de asignaturas

Figura 2

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA QUIMICA (HIPOTETICO)



(49) en comparación con el plan actual (64). Esto no necesariamente quiere decir que se haya suprimido una proporción idéntica de contenidos, dado que algunos de ellos se pueden fusionar a cursos que se mantienen y algunos otros pueden entrar a considerarse como electivas. Tampoco debe entenderse que no haya reducción en la cantidad de contenidos. La idea es suprimir únicamente el material cuya naturaleza es meramente informativa, cuya esencia está desactualizada o, como en el caso de algunas materias de primer semestre, cuyo material ha sido objeto del bachillerato. La **tabla 1** presenta una lista de las asignaturas que podrían suprimirse como materias formales.

El programa ejemplo tiene una característica interesante, cual es la de abandonar el esquema de "flujo pistón", es decir, aquel en el cual el número de asignaturas por semestres es una constante. En su lugar el número de materias por semestres disminuye a medida que se avanza en el plan, hasta llegar a un mínimo en el último semestre. Esto de ninguna manera quiere decir que los últimos semestres demandarán menor esfuerzo por parte del estudiante, sino sólo que la naturaleza de tal esfuerzo será diferente. La **figura 3** aclara la idea. A medida que se progresa en la carrera el trabajo en clase disminuye, en tanto que el trabajo fuera de clase aumenta. En cualquier instante la suma de los dos trabajos debe ser una constante e igual a la dedicación de una persona de tiempo completo. Quizás sería necesario introducir unidades que midieran la cantidad de trabajo, diferentes del número de materias, para autorizar la matrícula de cada estudiante. (Llámese ULAS, créditos, etc.).

En el programa en cuestión los primeros dos años contienen una mayor proporción de materias profesionales que el programa actual. Se llama la atención sobre la presencia de un curso de introducción a la Ingeniería Química, cuyo interés sería la orientación del nuevo estudiante hacia su profesión. Este curso contendría material del actual "Principios de Procesos" complementado con una metodología que invite al desarrollo de la creatividad y que permita que el estudiante identifique la necesidad de estudiar Química, Física, Matemáticas, de capacitarse en un idioma extranjero y de desarrollar habilidades de comunicación escrita y oral. Algunas de las referencias anotadas al final aportan elementos en extremo valiosos para definir un curso de esta naturaleza. (Christensen, 1988; De la Sotta, 1982; Felder, 1988, y especialmente Kennaway, 1982).

En contraste con el plan actual el número de materias en el último año es bajo y el diseño es tal que en dicho nivel no se incluyen materias obligatorias, a excepción de Proyecto de Grado y Práctica Industrial, con lo cual se facilita el desarrollo de proyectos en todas las áreas, y se aumenta la probabilidad de concluir el paso por el programa de cinco años.

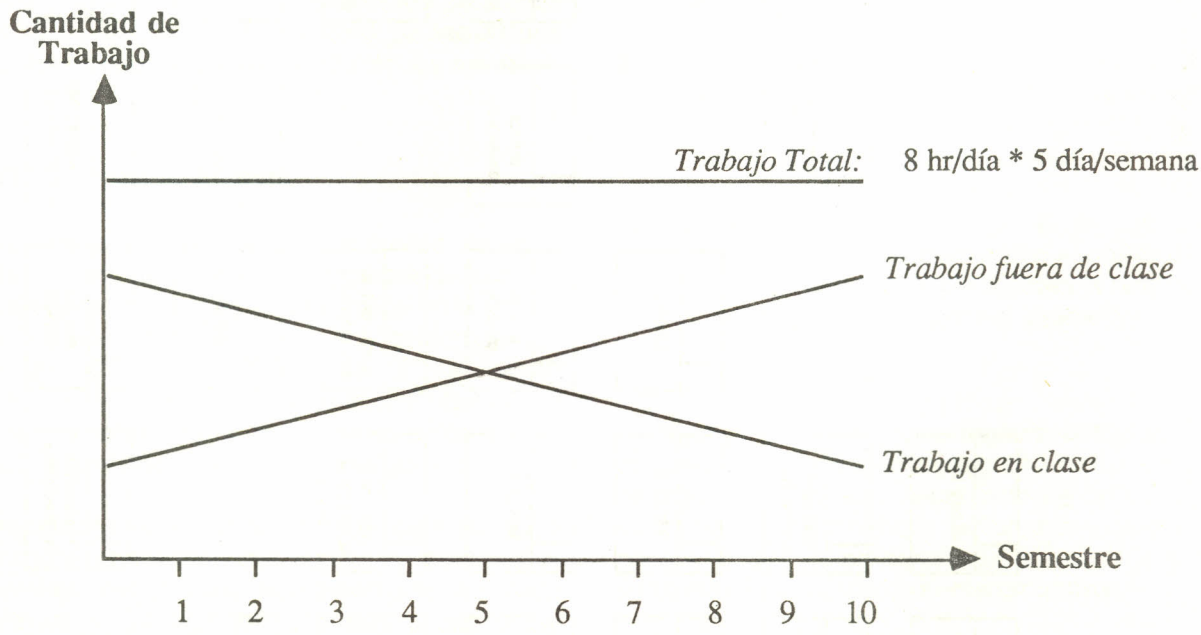


FIGURA 3. Variación en la naturaleza del trabajo con el avance en la carrera

Asignatura	Semestre	Comentario
Matemática Fundamental Geometría Vectorial	I I	La mayor parte de sus contenidos son materia del bachillerato. La menor parte restante se puede llevar al curso de Cálculo I o Algebra Lineal.
Introducción al Lenguaje	I	Este curso se podría integrar parcialmente a un curso introductorio de Ingeniería Química.
Inglés I Inglés II	I II	Estos cursos son poco efectivos en los niveles presentes. En dichos niveles es más importante que el estudiante ubique la necesidad de un idioma extranjero, lo cual, puede lograrse en el curso de Introducción a la Ingeniería Química.
Dibujo Lineal	III	En el estado actual de la tecnología la presencia de este curso no encuentra justificación.
Principios de Procesos	III	La mayoría de sus contenidos pueden entrar a formar parte del curso de Introducción a la Ingeniería Química.
Balances de Materia	V	Se puede fusionar con Balances de Energía.
Mecánica y Resistencia	V	Podría considerarse como curso electivo.
Fisicoquímica I Fisicoquímica II	VI VII	Sus contenidos están repetidos en los cursos de Química II y Termodinámica I.
Organización Industrial Ingeniería Económica I Higiene y Seguridad Industrial	VI VII VII	Podrían considerarse cursos electivos.
Diseño II	IX	Se puede fusionar con Diseño I.
Instrumentación	IX	Se puede fusionar con Control de Procesos.

TABLA 1. Asignaturas Suprimidas en el Plan Ejemplo

El plan ejemplo introduce como materia integradora de conocimientos un curso de Fenómenos de Transporte en cuarto semestre, en donde se estudiarían los elementos esenciales del transporte de momento, calor y masa, se desarrollarían las ecuaciones fundamentales y se trabajaría sobre las herramientas matemáticas requeridas. Los cursos posteriores de Fluídos, Calor y Masa, reforzarían y ampliarían los principios estudiando situaciones de naturaleza real. En este punto sería interesante analizar el papel integrador y de desarrollo de la creatividad que podrían tener los laboratorios y se invita al lector a realizar su propio ejercicio en esta dirección.

El plan ejemplo incluye también un curso de Balances de Materia y Energía en cuarto semestre. Este curso sacaría partido de la existencia actual de mejores herramientas de cómputo, lo cual se puede hacer a este nivel si se induce al estudiante en una forma rápida, en el primer año, a la programación de computadores.

Un punto de discusión importante lo constituye la inclusión de cinco electivas en el plan ejemplo; es decir, 10.2% de las materias, en contraste con el acutal 4.7%. Las electivas pueden corresponder a las actuales, a materias obligatorias de otros planes de estudio de la Facultad de Ingeniería o incluso de otra Facultad. La idea es que desde el Comité de Plan se señalen entre las materias mencionadas, algunos conjuntos que conformen líneas específicas de formación. Sería aquí donde se facilitaría, por ejemplo, la formación de un Ingeniero Químico con un perfil encaminado hacia la administración, el cual tomaría algunas de sus cinco electivas (o todas las cinco) en el área correspondiente. En la misma forma se puede pensar en el Ingeniero Químico con un perfil en Biotecnología o Materiales o incluso con un perfil propio, cual sería el caso de un educando con fuertes intereses en Bioingeniería, el cual podría diseñar con ayuda del Comité de Plan un currículo acorde con sus expectativas, tomando incluso materias en otra Facultad. En esta forma lo electivo podría ser un área de formación y no un conjunto de cursos dispersos al azar e inconexos.

La mencionada flexibilidad se vería facilitada por el ofrecimiento semestral de cursos, lo cual también facilitaría el trabajo con grupos pequeños. A este respecto es necesario reconocer que dicho ofrecimiento sólo puede darse si se empieza por semestralizar el ingreso de los estudiantes de primer semestre. La propuesta es efectuar el proceso de admisión en la forma actual, una vez al año, incluso manteniendo el número de admitidos, pero realizando el ingreso de la mitad de ellos en el primer período del año y del resto en el segundo.

Cualquier plan de estudios concebido bajo los parámetros presentados sólo podrá tener éxito si al interior de la Universidad aceptamos el desafío que implica cambiar la metodología tradicional de enseñanza por un proceso educativo más dinámico. La aceptación de tal desafío implica, más que el simple reconocimiento de la necesidad de un método diferente, de un compromiso que permita realizar la preparación adecuada para buscar el cambio. Es importante en este orden de ideas el rescate de la, en otras épocas frecuente, realización de talleres, cursos y seminarios sobre currículo y metodología docente, al igual que una orientación de recursos hacia la adquisición y puesta a punto de elementos más modernos de enseñanza (salones audiovisuales, proyectores, showmakers, etc.).

En la búsqueda de ese profesional altamente independiente debe quedar clara la noción de que la formación profesional es algo que se debe realizar día a día, durante toda la vida, con la flexibilidad adecuada a las condiciones cambiantes del medio ambiente. La Universidad debe propiciar el espacio adecuado para tal formación, más allá del simple paso de cinco años por el plan de Ingeniería Química. En este orden de ideas el ofrecimiento de un programa de educación continuada, y de uno de formación avanzada al nivel del Magister debe ser incluído de manera definitiva dentro de las prioridades, con el mismo peso que la reforma al programa de pregrado.

CONCLUSION

El *Plan de estudios de Ingeniería Química* presenta un conjunto de deficiencias en relación con el objetivo de formar profesionales con un alto nivel de independencia, habilidad y creatividad, características éstas muy deseables en los ingenieros del futuro cercano. Se plantearon algunos elementos de una reforma que apuntan en la dirección de facilitar el desarrollo de tales habilidades, con el propósito de invitar a la discusión que permita aclarar ideas en torno a lo quedeberá ser el *Programa de Ingeniería Química de la Universidad del Valle*. Tal discusión está abierta.

BIBLIOGRAFIA

ANAYA, R. Ingeniería Química al Futuro. XXVII Convención Nacional del IMIQ. Ixtapa, México. (1987).

CHRISTENSEN, J. Reflections on Teaching Creativity. Chem. Eng. Educ. 22(4): 170-176. (1988).

DE LA SOTTA, M.A. Acerca del Trabajo de Título: Creatividad y Formación Integral. Rev. Educ. en Ingeniería. Pag. 25-29. (1982).

FELDER, R. Creativity in Engineering Education. Chem Eng. Educ. 22(3): 120-125. (1988).

KENNAWAY, A. Creatividad, Innovación Tecnológica y Educación. Rev. de Educ. en Ingeniería. Pág. 9-18. (1982).

MANRIQUE, A. Informe de Gestión. Plan de Estudios de Ingeniería Química. (1989).

MOCKUS, A. Propuesta Académica. Universidad Nacional. Mayo (1988).

VARELA, R. Discurso Inaugural. IX Congreso de Ingeniería Industrial y Administrativa.