

38
24



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUÍMICA

"Educación en Ingeniería Química:

Sugerencias para el Desarrollo de Hábitos
en una Materia Básica como Balance
de Materia y Energía"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A
DAMIAN GINEBRA SERRABOU



MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	9
PRIMERA PARTE: IMPORTANCIA DE LA FORMACION DE HABITOS	
CAPITULO 1: EDUCAR ES FORMAR, NO INFORMAR.	14
1.1 Definición de educación.	14
1.2 Primacía de la formación de hábitos sobre el contenido del programa.	16
1.3 La formación de hábitos y la resolución de problemas.	20
CAPITULO 2: ¿QUE SE ENTIENDE POR INGENIERO QUIMICO?	23
2.1 Definiciones de Ingeniería Química.	23
2.2 La ingeniería no es una ciencia.	25
2.3 Una desventaja en la especialización.	28
CAPITULO 3: DEFICIENCIAS EN LA FORMACION ACTUAL.	33
3.1 Enseñanza precipitada.	33
3.2 El trabajo presentado por D. R. Woods en la Universidad de Mac Master (Canadá).	37
3.3 El trabajo de Mettes, Pilot, Roowink y Kramer-Pals en la Univerisad de Twente (Holanda)	45
CAPITULO 4: HABITOS QUE REQUIERE EL INGENIERO QUIMICO	49
4.1 Una encuesta a nivel nacional.	49
a)Según el ingeniero químico mexicano actual.	50

b)	Según la industria química mexicana.	54
c)	Resumen de hábitos que requiere el ingeniero químico.	54
4.2	El ingeniero requiere desarrollar la creatividad.	57
a)	Importancia.	57
b)	Se puede desarrollar.	58
c)	¿Qué es creatividad?.	59
d)	No es sinónimo de novedad.	63
e)	Motivación para el pensamiento creativo.	64
f)	Sin comunicación se obstaculiza la creatividad.	65
4.3	También se requiere del hábito de la responsabilidad (ética).	66

SEGUNDA PARTE: TECNICAS PARA EL DESARROLLO DE HABITOS

CAPITULO 5:	EL PROCESO DE APRENDIZAJE	71
5.1	Intención.	71
5.2	Atención.	73
5.3	Comprensión.	74
5.4	Memoria inteligente.	77
CAPITULO 6:	EL ENFASIS EN LA CONCEPTUALIZACION	81
6.1	Importancia.	81
6.2	Enseñarlos a pensar, no a memorizar.	84
6.3	Sugerencias	85

CAPITULO 7: ¿NECESIDAD DE CURSOS ESPECIALIZADOS?	87
7.1 Nomenclatura de la resolución de problemas.	87
7.2 Descripción de la evolución del aprendizaje de un alumno de ingeniería química.	89
a) El principiante.	89
b) En el segundo año de la carrera.	90
c) En el tercer año.	91
d) Al final del cuarto año.	02
7.3 Insuficiencia de la implantación de un curso de creatividad y resolución de problemas.	93
7.4 No es aconsejable impartir cursos especiales sobre otros hábitos.	96
 CAPITULO 8: CONCIENCIA DE LA FORMACION INTEGRAL	 99
8.1 El profesor es primero.	99
8.2 El profesor dirige la sesión, no "imparte cátedra".	100
8.3 ¿Cómo lograr una sesión dinámica?	104
a) Exteriorizar y preguntar el planteamiento.	104
b) Hacerles ver que no pierdan la objetividad.	105
c) Motivar con el símil profesional.	108
 CAPITULO 9: LOS PROBLEMAS: HERRAMIENTAS MAESTRAS DE LA FORMACION	 109
9.1 ¿Qué es resolver un problema?	109

9.2	Número de problemas recomendado.	113
9.3	Estructura de un problema y métodos para atacarlo.	117
	a) Evolución del tipo de problemas.	117
	b) Los métodos para atacar problemas.	117
	c) Algunas experiencias de cómo atacar un problema.	119
	1. Método Mandoki	119
	2. Método Taylor	119
	3. Método de Polya	120
	4. Método GENI	120
	5. Método de Daugbjerg	121
	6. Método Incrópera-De Witt	123
	7. Método de Red.	124
	8. La estrategia de seis pasos de Mac Master	126
	9. Método del Dr. Bazúa	128
	10. Método Stivalet-Valiente	129
	11. Método Rugarcía-Colín	130
9.4	Ambientación del problema: un modo de motivar.	131
9.5	El planteamiento: lo más importante	135
9.6	Sugerencias en la forma de llevar a cabo la solución de un problema.	137
	a) Cómo pedir que exterioricen el procedimiento por escrito.	137
	b) Cómo pedir que exterioricen el procedimiento verbalmente.	139
	c) Cómo promover la interpretación.	140
	d) Cómo promover la lluvia de ideas.	142

9.7	La recapitulación: una oportunidad para recalcar los conceptos fundamentales.	144
9.8	Ejemplos de problemas.	147
	a) Ejemplo 1	147
	b) Ejemplo 2	152
	c) Ejemplo 3	154
	d) Ejemplo 4	154
CAPITULO 10: OTRAS HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE HABITOS		156
10.1	Un curso introductorio.	156
10.2	Abrir más el plan de estudios.	157
10.3	Tareas extra-académicas.	157
10.4	Problemas creativos de tarea.	158
10.5	La revisión del libro de texto.	159
10.6	Cuidar los detalles pequeños.	160
CONCLUSIONES		160
BIBLIOGRAFIA		167

INTRODUCCION

Después de pasar por las aulas universitarias, si uno trata de poner el corazón y la cabeza en esta Universidad, no puede menos que agradecer el esfuerzo de tantas personas —administrativos, profesores, empleados de mantenimiento— por —vertir su trabajo y su experiencia en formar profesionistas —competentes. Tampoco dejar de sentir aprecio por la enseñanza de la Ingeniería Química al ver a tantos catedráticos que, pudiendo estar en la industria mejor remunerados económica y socialmente, queman las naves por sus alumnos, por su profesión de ingeniero químico, por México. Creo que este trabajo es un botón de muestra del interés por unirse a ese grupo de intelectuales que quieren con obras a su país.

Puede llamar la atención al profesional de la Ingeniería Química que ésta no sea una tesis 100% ingenieril y es verdad; mas bien es un estudio pedagógico —ni siquiera muy profundo —o exhaustivo— aplicado a la ingeniería química. Ahora bien, no basta saber ingeniería, se precisa saber enseñarla y ésto último es inherente a la ingeniería. Más que una actividad —extrínseca y diferente a la ingeniería, saber enseñarla es un escalón más que requiere del conocimiento de ésta. ¡Cuántas veces habremos oído que "el café se hace con amor"! Sí, es —cierto, pero también con café. Para que pueda sugerirse un

curso de acción en el modo de dar una sesión de ingeniería química se precisa primero conocer a fondo el tema y no sólo como una técnica para avalar la sugerencia con el ascendente que da el prestigio profesional.

Si ojeamos la bibliografía, cualquiera se dará cuenta que es extensa y actual, incluso podría parecer excesiva; tan to que si quitáramos todas esas referencias, pienso que queda ría un folleto de pocas páginas. Más que una tesina, parece ría una antología de textos sobre educación en ingeniería química; sin embargo, ¡Qué autoridad o seriedad puede esperarse de un recién egresado —ni siquiera eso: pasante— con muchos conocimientos, sí pero sin el criterio que dan los muchos — años de ejercicio profesional!

Toda la bibliografía reportada en las mejores revistas internacionales de ingeniería química muestra también que éste no es el único trabajo de educación en Ingeniería Química a pesar de que hasta el momento sea el único de la generación que se haya entusiasmado en la idea ¡Viva la libertad! Pien so que esta bibliografía muestra el interés de muchos ingenie ros por la educación de la Ingeniería Química que, además de arte, es una verdadera ciencia educativa.

Como mencionaré más adelante, al hablar de los trabajos que se han llevado a cabo sobre educación de la ingeniería --

química, no puede esperarse que sea un estudio completo porque toda una vida sería insuficiente para agotar el tema; el reto es universal; esta tesis es un esbozo, un comienzo, un grano de arena de todo lo que resta por hacer, de todos los asuntos que me hubiera gustado tratar. Incluso pienso que -- por intentar abarcar muchos temas no fui tan concreto como un ingeniero --siempre realista y práctico-- hubiera deseado. - - Quien sabe si con el transcurrir de los años esta tesis resulta de más utilidad para el gremio de ingenieros químicos que otros estudios más ingenieriles.

No trataré de proponer modificaciones a los planes de estudio porque pienso que la educación en ingeniería no depende tanto de las asignaturas y temarios cuanto del enfoque o concepción que cada profesor le da al contenido en cada clase, - de cada asignatura.

Como se observa en la todavía reciente actualización del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química en nuestra Facultad. Por ejemplo, en los objetivos de asignatura de Balance de Materia y Energía, no se mencionaba suficientemente el desarrollo y aplicación de técnicas matemáticas, no se daba la debida importancia al régimen transitorio y se hacía más hincapié en las operaciones unitarias que en los fenómenos de transporte pero esto sería motivo de una propuesta de de modificación al programa de la materia y el objetivo de es

ta tesis es muy diferente: se trata de enfatizar con modos prácticos la necesidad de una formación integral del Ingeniero Químico durante la carrera, aspecto que se ha visto menospreciado en ocasiones por no percibirse que en esta formación confluyen muchos otros factores además de lo estrictamente matemático o termodinámico.

¿Por qué menciono Balance de Materia y Energía? Porque es la primera asignatura del área de Ingeniería Química propiamente, y como lo que se pretende es lograr un mejor aprovechamiento en toda la carrera cuanto antes sea, mejor. Consideraré esta materia como punto de partida aunque, a ciencia - cierta, debería hacerse lo mismo con cada materia de ingeniería. Esto último correspondería a trabajos posteriores.

PRIMERA PARTE

IMPORTANCIA DE LA FORMACION DE HABITOS

CAPITULO I

EDUCAR ES FORMAR, NO INFORMAR

1.1 Definición de Educación

"Considerando la palabra Educación desde su etimología a veces se duda cuál de las dos significaciones expresa mejor su sentido. 'Educar' procede de educare que significa 'criar', 'nutrir', 'alimentar' y de educere que equivale a 'sacar de', 'extraer'. La educación vendría a ser a partir de educare, -nutrición, instrucción, información. Así se ha entendido, -- con alguna frecuencia, que educar equivale a informar, a ponerlo todo desde fuera, a conducir --en el sentido de dar la -dirección a un proceso-. Y en efecto, la educación en parte es eso. Pero sólo en parte."

"La educación a partir de educare consiste en actualizar lo que potencialmente está en el hombre. Así se entiende, -- que la información debe ser agente del proceso educativo; todo radica en sacar algo, mediante procedimientos interrogativos --socráticos--, de dentro del hombre. También en parte, la educación es eso."

"La verdadera educación es la síntesis de los que significan los dos verbos latinos educare y educere, referidos al educando como protagonista con capacidad de aceptar y buscar

ayuda y con diferentes posibilidades de ser ayudado" (1)

Como puede notarse la educación es un proceso más complejo que el de informar; es dar formación, no información y esto es válido en todos los niveles de enseñanza. Es un proceso muy distinto al de capacitación en el cual se enseña una actividad muy específica y concreta, con resultados más tangibles y económicos a corto plazo a diferencia la formación que se pretende dar en una licenciatura.

La formación que se persigue en una licenciatura es producir unos profesionistas capaces de enfrentarse al sinfín de problemas con que se cruzarán en el futuro. No podemos restringirnos exclusivamente a un aspecto reducido de su formación sino que debe ser una formación global en la inteligencia y en otras potencias del hombre. De ahí que "la Universidad ha de preocuparse por lograr un alto nivel no sólo en la formación profesional, sino también en la formación humana y cultural... una formación que potencie el desarrollo de las virtudes especulativas, activas y productivas y que incluye como característica fundamental en los alumnos, la actitud estable de búsqueda de la excelencia en todo lo que hacen, aún en las cosas comunes y ordinarias. "No se trata de 'excelencia en educación' sino de 'educación para la excelencia' o más bien para tener una educación excelente hay que educar en la excelencia." (2) Al hablar de la Universidad el autor no

ayuda y con diferentes posibilidades de ser ayudado" (1)

Como puede notarse la educación es un proceso más complejo que el de informar; es dar formación, no información y esto es válido en todos los niveles de enseñanza. Es un proceso muy distinto al de capacitación en el cual se enseña una actividad muy específica y concreta, con resultados más tangibles y económicos a corto plazo a diferencia la formación que se pretende dar en una licenciatura.

La formación que se persigue en una licenciatura es producir unos profesionistas capaces de enfrentarse al sinnúmero de problemas con que se cruzarán en el futuro. No podemos restringirnos exclusivamente a un aspecto reducido de su formación sino que debe ser una formación global en la inteligencia y en otras potencias del hombre. De ahí que "la Universidad ha de preocuparse por lograr un alto nivel no sólo en la formación profesional, sino también en la formación humana y cultural... una formación que potencie el desarrollo de las virtudes especulativas, activas y productivas y que incluye como característica fundamental en los alumnos, la actitud estable de búsqueda de la excelencia en todo lo que hacen, aún en las cosas comunes y ordinarias. "No se trata de 'excelencia en educación' sino de 'educación para la excelencia' o más bien para tener una educación excelente hay que educar en la excelencia." (2) Al hablar de la Universidad el autor no

no se refiere a los niveles directivos sino al tipo de tareas a resolver: se refiere, en fin a las actividades directamente relacionadas con el aprendizaje.

¿Cuántas veces en el análisis del plan de estudios de ingeniería química se discute lo suficiente si los contenidos - propuestos responden a las necesidades sociales de México, si los experimentos tienen una efectiva utilidad práctica futura, etc. siendo todas éstas cuestiones que se refieren a la formación integral del estudiante? Por ejemplo, el Dr. Armando Rugarcía menciona que "se ha perdido de vista, en el pasado, -- que se trata de educar o formar personas para ejercer una profesión en México y esto implica considerar 'también' aspectos educativos relacionados con la profesión e institución particular: aspectos metodológicos del proceso de enseñanza-aprendizaje, perfil del egresado, aspectos sociales que se quieren entender, filosofía educativa de la institución, etc." (3) Todos estos aspectos apuntan a un interés por parte de las instituciones educativas de enfatizar la formación integral de la persona humana: el estudiante.

1.2 Primacía de la formación de hábitos sobre el contenido del programa.

El Dr. Agustín Basave desarrolla estas ideas diciendo - que "en materia educativa la formación importa más que la . .

transmisión del saber. La educación está dirigida a la totalidad del espíritu encarnado y a su posición frente a la totalidad del universo" (...)

"La educación es una parte de la actividad pedagógica.- Se aplica al aspecto formal (de formación) más que al contenido material de todas las actividades humanas. Diríase que a la educación le interesa más el elemento potencial, germinal, que el elemento actual. Cultiva inteligencia, memoria, voluntad, sensibilidad estética, emotividad superior, cuidado físico y buenas maneras... En este sentido difiere -aunque no se oponga- a la simple instrucción" (...)

"No hemos de menospreciar la formación intelectual ni la riqueza y profundidad de conocimientos, pero hemos de darle -primacía a la formación de la voluntad y del corazón para builar un carácter firme y una personalidad noble. (...) Lo que cuenta no es la acumulación de datos en la memoria, sino la resolución de problemas vitales, la guía para la acción, -la pauta de conducta para futuras situaciones y circunstancias."

"El fin de la educación es el aprendizaje y no la enseñanza. Importa desarrollar habilidades idóneas, técnicas y hábitos de aprender, maneras de comunicarse y expresarse. Se trata de convertir a los alumnos en co-investigadores dentro

de una cultura dinámica... Más importante que el cambio cuantitativo en la conducta." (4) "Los conocimientos son como la materia prima y las capacidades la herramienta que usa el ingeniero." (24)

Algunos autores incluso se inclinan a pensar que "mientras que en los estudios universitarios el énfasis debe colocarse en los métodos y técnicas de trabajo, pues se trata de formar profesionales capaces de seguir aprendiendo toda la vida, en la enseñanza primaria y secundaria hay que atender a los contenidos."(5)

Aunque no se puede hacer un divorcio tan grande entre método y contenido --primero hay que saber de ingeniería química-- es correcto enfatizar el método. Las carreras imprimen --'carácter': un modo de estructura mental con que cada profesionalista enfrenta los problemas; por ejemplo un abogado se de tiene en el aspecto jurídico, un ingeniero busca siempre el sentido práctico de las cosas, etc.

Se observa una preocupación en los países desarrollados sobre la formación de las habilidades y aptitudes del ingeniero. Son continuas las referencias a este tema en los reportes de las asociaciones de ingeniería química; por ejemplo el Comité de Nueva Tecnología (NTC) del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) menciona este punto.(6)

En la ponencia del IMIQ de la XXVII Convención Nacional de octubre de 1987 (24) concluyen que un curso de acción recomendado es que "las universidades también inicien programas para desarrollar las habilidades y actitudes necesarias para la ingeniería química junto con la adquisición de nuevos o -- viejos conocimientos."

"La asignatura a aprenderse no sólo debe constar de conocimientos, sino también debe buscar el desarrollo de valores, de aptitudes y hábitos; sabiendo que es sólo a través de estos últimos como los alumnos aplican sus conocimientos a la realidad."(9) Otro autor se refiere a que "las aptitudes y los hábitos de los alumnos se crean gracias a la sistematización de conocimientos asimilados. La línea esencial del desarrollo del proceso de la enseñanza reside en el sistema de -- conceptos comprendidos en la asignatura".(7) Esto me parece un error ya que el mecanismo de adquirir los conceptos no es espontáneo, requiere de una formación adicional. "No es el conocimiento en sí lo que a la larga vale más la pena, sino las consecuencias formativas que su búsqueda dejan en el hombre."(8)

"La universidad no debe reducirse a la simple transmisión de conocimientos, sino que la transmisión de aspectos como afectividad, emotividad y valores en el desarrollo del futuro profesionalista debe ser parte importante."(9) Las cosas

no se hacen por corazonadas --afectividad y emotividad--. Existen procesos cognoscitivos y volitivos en cada individuo.

1.3 La formación de hábitos y la resolución de problemas

A reserva de analizar más adelante qué es un ingeniero químico "podemos decir que el ingeniero es un resolutor de problemas. Por ende, una buena didáctica para la formación de ingenieros debería incluir una fuerte dosis de solución de problemas por alumnos y maestros."

Tomado en sentido estricto, parecería que se define ingeniero como un resolutor de problemas pero comento sencillamente que la orientación del ingeniero químico es resolver problemas, no al revés. Todo ser humano es un resolutor de problemas. El ingeniero químico está orientado a resolver solamente cierto tipo de problemas.

"Sólo dos cosas se requieren para ser capaz de resolver problemas: conocimientos (heurísticos) y cierto grado de desarrollo de capacidades humanas. Si se desea que la solución de problemas tenga un impacto social positivo o un sentido -- más pleno, se tendría que incorporar una tercera dimensión -- educativa: el desarrollo de actitudes."(10) El propósito de esta tesis es precisamente enfatizar en la importancia de los dos últimos aspectos: el desarrollo de capacidades y actitudes.

"Los conocimientos se pueden hacer equivalentes a lo que uno sabe: datos, principios, conceptos y reglas. El conocimiento que uno aprende lo va generando la ciencia pero también la experiencia propia o ajena. Las capacidades son el potencial humano para poder hacer algo con eficacia. Así, para aprender conocimientos se requiere poner en juego ciertas capacidades y para aplicar lo aprendido también. El conocimiento se aprende, las capacidades se desarrollan."

"Ser capaz de resolver un problema implica tener cierto grado de desarrollo de otras capacidades más básicas, como -- por ejemplo, la analítica y la creatividad. Los conocimientos sin un grado suficiente de desarrollo de capacidades para manejarlos son estériles. El mucho saber no garantiza una -- buena ingeniería. La esencia del conocimiento es tenerlo para poderlo aplicar."

"Las actitudes son aquellas tendencias a actuar de determinada manera bajo ciertas circunstancias. Las actitudes se desarrollan entre dos polos: la experiencia del sujeto y los valores que persigue. Con frecuencia para actuar es necesario dirimir el conflicto entre valores y experiencia. Las actitudes como la de actuar con honestidad son las que le dan -- sentido a la aplicación de conocimientos."(10)

Como apunta acertadamente el Dr. Rugarcía ... "en las universidades tenemos mucha experiencia en la transmisión de conocimientos, pero generalmente hemos dejado a un lado el desarrollo de capacidades y actitudes. (No es que no se haya hecho nada, no es cierto; simplemente el Dr. Rugarcía apunta que no se le ha dado mucha importancia a estos aspectos) En un ambiente educativo formal, las capacidades se desarrollan en la búsqueda del conocimiento. Es decir, cuando un sujeto se somete a la ardua tarea de aprender, él desarrollará ciertas capacidades dependiendo de la manera como aprenda. De esta forma, los conocimientos son un fin en la educación pero fundamentalmente también un medio para el desarrollo de capacidades y actitudes. Lo verdaderamente importante es la manera como se aprende."(10) Esto último no es totalmente cierto pero sí una buena síntesis del propósito de esta tesis. "Para desarrollar las capacidades en los alumnos, hay que diseñar actividades de aprendizaje para que las pongan en juego".(10)

C A P I T U L O 2

¿QUE SE ENTIENDE POR INGENIERO QUIMICO?

2.1 Definiciones de Ingeniería Química

La profesión de ingeniero químico es una carrera universitaria y no una serie de cursos más o menos seriados donde se pretenda instruir a un grupo de personas para desempeñar adecuadamente un puesto en la industria, el campo de aplicación de la ingeniería no se circunscribe únicamente --aunque no deja de tener importancia-- al "refinamiento de petróleo, procesamiento de intermediarios químicos, fabricación de plásticos y fibras o la producción en gran escala de productos tales como peróxidos de hidrógeno, ácido sulfúrico, dióxido de titanio, o el área de la biotecnología o de los materiales, y muchos otros.(11) El ingeniero químico ayuda en la resolución de problemas técnicos y sociales y hay que considerar --que pertenece a una pequeña rama del saber que necesariamente se interrelaciona con otras disciplinas.

Se han dado muchas definiciones de la ingeniería química. Algunas son: "El ingeniero químico es aquél que desarrolla la habilidad para implantar a escala práctica el diseño especializado de materiales y productos químicos que pueden producirse económicamente y con un impacto mínimo en el medio ambiente."(12) Aunque en esta definición la restringe a una

tarea en particular, menciona que se requiere desarrollar una habilidad y hace mención del medio ambiente tan descuidado - por tanto tiempo. Otra definición es: "la esencia del ingeniero químico ha sido siempre la síntesis, el diseño, la experimentación, la medición, operación, control y optimización de procesos que cambian el estado físico o la composición de los materiales "(12); es decir, todo lo que tenga que ver con un proceso químico. Esta definición coincide con la que reportan algunos libros de texto de M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) en los albores de la ingeniería química (1954): "La Ingeniería Química es la aplicación de los principios de las ciencias físicas junto con los principios de la economía y de las relaciones humanas a campos que pertenecen directamente a los procesos y al equipo de proceso en el cual la materia es tratada para efectuar un cambio en estado, en contenido de energía o en composición."

La nueva definición de ingeniería química del AIChE es un reconocimiento al manejo de la ambigüedad y no sólo de la ciencia en la solución de problemas de ingeniería química. Dice así: "La ingeniería química es una profesión en la que los conocimientos de matemáticas, química y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia y práctica, son aplicados con criterio para desarrollar métodos económicos, para utilizar la materia y la energía en beneficio de la humanidad."(25)

Se puede definir también "al ingeniero químico como a un resolutor de problemas relacionados con la creación, diseño y manejo de industrias en las que se lleva a cabo la transformación física y química de los materiales." (72)

De las definiciones anteriores se observa que esta disciplina busca una formación integral: economía, relaciones humanas, y las materias típicas: ingeniería de procesos, diseño de equipo; termodinámica, etc. En la tesis profesional de Pedro López Eiroa y Juan Carlos Ferré Arredondo (9) se concluye, entre otras cosas que:

- Hay que enfatizar los aspectos prácticos de la profesión. - Hay que capacitar en manejo de personal, relaciones humanas, toma de decisiones y resolución de problemas y me pregunto qué importancia habrá que darle a la formación de hábitos que no suele aparecer en los programas de un plan de estudios.

El M. en Ciencias Antonio Valiente Barderas dedica un libro (71) a discutir más detalladamente el sinnúmero de campos de aplicación de la ingeniería y comenta ampliamente la noción de ingeniero químico. Sugiero acudir ahí para profundizar mayormente en el tema.

2.2 La ingeniería no es una ciencia

Quisiera detenerme ahora en la referencia que hacen todas las definiciones acerca de la aplicación de la ciencia y aclarar que esta aplicación de la ciencia no es científica. - El Dr. Francisco Giral decía que "no hay ciencia aplicada sino aplicaciones de la ciencia".

También en una exposición de cátedra del Ing. Jorge Mandoki nos decía en 1989 que "por ingeniería se entiende, solucionar problemas con la ciencia (cuando la hay), con la aplicación de técnicas (cuando las hay) o con lo que sea. Lo que no se puede hacer es no solucionar el problema ¿Qué problema? Todos, de toda índole."

En un estudio sobre la comparación de planes de estudio (3) el Dr. Armano Rugarcía Torres concluye marcadamente que - "se 'identifica' ciencia con ingeniería y no se reconoce, al - menos en los planes de estudios de varias universidades, que la ciencia y la ingeniería son dos disciplinas diferentes aun que sinérgicas. Se sigue creyendo que aprendiendo más y más ciencias se es mejor ingeniero y no se percibe que es necesario que el ingeniero aprenda a usar la ciencia (y también el empirismo) en la solución de problemas, o en la creación e innovación de sistemas. El aprendizaje exclusivo de ciencias y de conocimientos fácticos no garantiza que se aprenda a ser - ingeniero (...) Es paradójico que en un país como México - - exista mayor énfasis en aspectos científicos y rigidez en un plan de estudios de 'ingeniería' que en países más desarrolla dos. La ciencia hace avanzar el conocimiento y la ingeniería más bien aplica la ciencia y el empirismo en la resolución de problemas actuales. Es importante aceptar de que la ingeniería no es una ciencia, aunque sí necesita de ella. Es incongruente seguir formando ingenieros como científicos. Al ingeniero se le debe formar en el uso inteligente del conocimiento: la esencia del ingeniero es conocer para poder aplicar" y esto va muy en concordancia con el carácter que imprime la -

profesión y con la educación de hábitos como elementos no científicos: puntos analizados al comienzo del capítulo.

Esta ha sido una preocupación de siempre. En 1964 W.R. Marshall dijo que "con demasiada frecuencia la educación en ingeniería no ha enfatizado que un ingeniero no puede permitirse el lujo como los científicos de esperar indefinidamente la evolución de nuevas teorías o experimentos que permitan resolver un problema. No siempre se les hace ver que deben conformarse con lo que tienen para resolver -hoy, ahora- el problema en algún sentido. Tampoco pueden seleccionar otro problema más susceptible de ser resuelto"(13) Marshall siguió argumentando que la ingeniería no es una ciencia para concluir que "la ciencia es sólo una parte de la estructura en la que se basa la ingeniería. Los ingenieros deben comprender las limitaciones de la ciencia del mismo modo que su potencial para poder extrapolar la ciencia en la resolución de los problemas de ingeniería."(13)

Los problemas no pueden atacarse siempre científicamente; es decir, no siempre puede aplicarse el método científico ni puede hablarse de una serie de pasos o métodos generales para cualquier problema. "El enfrentarse a los diferentes problemas técnicos, administrativos y humanos hay que hablar de una metodología en la ingeniería y no de una lista de pasos. Hay que pensar en experiencias aplicables a las diferentes cir-

cunstancias con los recursos restringidos de que se dispone. (...) Este tipo de experiencias se conocen como heurísticas (conocimiento orientador) y es útil, pues no siempre existen los conocimientos necesarios, específicos y fundamentados científicamente para resolver un problema:

- 1) Puede no existir una teoría científica al respecto. No todo tiene solución numérica y tangible o puede haber varias opciones para un mismo problema,
- 2) Puede tomar más tiempo desarrollar la solución científica que la duración del problema,
- 3) El costo es bajo en comparación con la experimentación."(9)

No es que estos conceptos nunca se traten en la carrera; me consta que en la materia de Ingeniería de Procesos se menciona pero ya es al término de la carrera. ¿No debería verse reiteradamente a lo largo de la misma?

2.3 Una desventaja en la especialización

"Desde sus orígenes, la Universidad se ha propuesto, además de preparar para una profesión particular, dar una formación completa. Al surgir tareas humanas que requieren de una alta especialización, el universitario se transforma en especialista, que sabe todo de un aspecto concreto, pero que co-

re el peligro de aislarse de los otros campos de inapreciable valor y puede perder la visión de conjunto, desvinculándose de la sociedad y empobreciendo su persona."(14) Esta tendencia de la especialización se observó, por ejemplo, cuando se formó el concepto de operaciones unitarias: El concepto -- fue desarrollado por Arthur D. Little en 1915 en M.I.T. Razonó que: "es posible desmenuzar cualquier proceso químico en sus etapas individuales --mezclado, reacción, intercambio de calor y separación-- para su estudio. Combinando el conocimiento general de tales operaciones para construir otros procesos distintos que permitan una producción en gran escala re arreglando las operaciones según se necesite."(15) Es interesante hacer notar que la división en operaciones unitarias se hizo para una mejor comprensión pero que no debe faltar la -- etapa de integración.

Como se va desmenuzando el saber hasta sus últimas causas se corre el peligro, si no se hace ese proceso de integración; de perder la objetividad en lo que se está haciendo y -- la formación adolecerá de integridad. Por eso la ABET (Accreditation Board for Engineering Technology) dice que "entender cuestiones de ética, economía, cuestiones legales y sociales para la práctica del ingeniero es esencial para la carrera de ingeniería con éxito."(16) ¿Deberían implementarse cursos de esto? ¿Junto o separado? Porque en la industria estas cuestiones son inseparables de las cuestiones técnicas como la --

elección de un proceso, un producto, localización de la planta, etc.

Prausnitz todavía va más lejos y da las razones para, - sin caer en generalidades -la especialización es inevitable-, buscar un conocimiento integral llevando materias diferentes a las estrictamente de ingeniería química. Dice que "nuestros alumnos deben familiarizarse con modos diferentes a los utilizados en ingeniería química. Además de los argumentos comunes de la necesidad de enseñar otras materias está proveer a nuestros alumnos una actitud diferente a través de los problemas con que se enfrentan y dar la capacidad de pensar otros caminos diferentes al de la ingeniería química cuando requiera de estos cambios -que probablemente necesitará- cuando cambien las circunstancias. Los otros argumentos son: para el éxito profesional un ingeniero químico no debe ser competente sólo técnicamente sino que debe estar familiarizado con economía y todas aquellas habilidades humanas que le permitan interactuar positivamente con los demás colegas de distintas profesiones. El otro argumento es que el alumno además de ingeniería química es una inteligencia humana y debe ocupar sus horas libres con satisfacción."(17)

Si se habla de que se requieren materias diferentes a la carrera de ingeniería con más motivo habrá que utilizar, practicar y enseñar en las mismas materias de ingeniería de hábi-

tos y formas de pensar que ayude a los alumnos a mejor comprender la materia.

Quiero mencionar aquí que como consecuencia de la alta especialización, la educación debe centrarse en la conceptualización: como el saber es tan amplio, es utópico pretender que un recién egresado domine todos los campos de la ingeniería; más bien se trata de darle fundamentos muy sólidos para que después pueda abordar esa rama del saber a la que se dedicará profesionalmente.

C A P I T U L O 3

DEFICIENCIAS EN LA FORMACION ACTUAL

3.1 Enseñanza precipitada

Tratando de resumir la vasta información al respecto, una de las causas más importantes que provocan una educación deficiente en México es la precipitación. "Ante el alto número de créditos a cubrir y el poco tiempo para hacerlo, la única opción que le queda al maestro mexicano es 'cubrir' él las materias (cuyos programas son también extensos) rápidamente. La velocidad es enemiga del aprendizaje que deja huella y sirve para algo. En el otro polo, la única manera que le queda al alumno de 'aprender' muchas cosas en corto tiempo es memorizándolas o mecanizándolas en el caso de solución de problemas. Esto, de lograrse, primeramente se olvida para el curso siguiente, situación que explica la queja frecuente de maestros sobre que sus alumnos vienen mal preparados, y en segundo lugar, este tipo de aprendizaje es muy pobre desde el punto de vista educativo, pues no desarrolla otras facultades humanas y actitudes mucho más relevantes para el ejercicio profesional e interacción social: creatividad, toma de decisiones, análisis, solidaridad... Sin embargo, bajo este esquema de educación, México vive en general un espejismo educativo - en el que el maestro cree que enseña y el alumno hace como que aprende."(3) Y como no puede llegarse a todo, lo primero

que se resiente es la formación integral, y por ende, el egresado.

Así lo puntualiza Héctor Lerma al lamentarse de --lo he--
mos experimentado todos en carne propia o ajena- "¿Cuántos --
candidatos a alguna plaza profesional son rechazados por mala
ortografía, por no saber redactar o por no poder sostener ade
cuadamente una conversación!(...) porque el propósito de la -
enseñanza (...) no es convertir al alumno en un coleccionista
de datos de erudición, sino lograr que su inteligencia llegue
al dominio de conocimientos organizados y sepa expresarlos co
rrectamente; es más, Aristóteles hacía notar que una buena --
prueba de que algo se sabe, consiste en que se puede explicar
o enseñar."(18) Y pone como ejemplo que "quien ha de reali--
zar un trabajo de investigación, debe recorrer cada uno de -
los siguientes pasos: delimitar el campo, observar los hechos,
describirlos, clasificarlos, verificarlos y redactar un infor
me con las conclusiones" ¿De qué serviría todo el trabajo si
hay una incapacidad de darlos a conocer?

En 1985 se llevaron a cabo unas encuestas a los alumnos
de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Ibero--
americana (UIA) para analizar la creatividad y la capacidad -
de resolver problemas. Aunque se hizo en una sola universi--
dad, los resultados son muy ilustrativos (9): se observa un -
claro descenso de la creatividad a medida que los alumnos van

en semestres más adelantados y un ligero incremento en el último semestre. Esto último se debe probablemente al curso de Ingeniería de Procesos que se imparte en noveno semestre que promueve el aprendizaje de estrategias, el desarrollo del ingenio y de técnicas para resolución de problemas en general - aunque también tal vez se deba a que en el extremo de la muestra se encuentran los mejores alumnos. Lo último no es muy lógico pues el incremento debería ser paulatino: el alumno de últimos semestres ha pasado más pruebas y, se entiende, el grupo es más selecto (algunos se quedaron en el trayecto). En la encuesta realizada se debieron anotar promedios para corroborar que esta suposición es cierta.

Se observa el mismo fenómeno al analizar las encuestas - que se refieren a la capacidad de análisis y con la habilidad para resolver problemas, aunque esta tendencia es menos pronunciada.

Esta tendencia global a la disminución de la capacidad creativa es explicado por los autores diciendo que en la carrera se introduce al alumno en un molde, se le encasilla, impidiéndole desarrollar la creatividad y otros hábitos. ¿Y no puede estar motivado esto que, por escasez de tiempo, no puede atenderse a la forma sino únicamente al contenido? Sacrificar el tipo de problemas -precipitación- porque los alumnos ejerciten un concepto:

Además de este obstáculo para la educación, "los profesores difícilmente tienen tiempo suficiente para conocer a los alumnos y sus necesidades, muchas veces no estiman conveniente tener algún curso de especialización en docencia, les parece difícil encontrar la mejor manera de explicar los conceptos desde el punto de vista del estudiante, muchas veces carecen de métodos y técnicas de enseñanza, les es difícil ajustarse a las diferencias entre alumno y profesor y no ponen mucho énfasis en cómo se efectúa el aprendizaje (...) y los alumnos, por su parte, comúnmente no preparan el contenido de sus cursos, no tienen motivaciones además de acabar la carrera, no tienen a la mano una variedad de estilos de aprendizaje, y tampoco cuentan con hábitos de trabajo y habilidades para estudiar."(9)

Otra consecuencia de la precipitación es que "actualmente uno de los errores comunes en la estrategia de la educación, es la noción de que la misma cosa debe ser hecha con todos; no obstante de que cada persona es diferente. Esto ha sido probablemente debido a reducir los sistemas educativos a una simple transmisión emocional y axiológico del desarrollo del educando."(9) Y pienso, también, esto es debido o favorecido por la educación masificada en Latinoamérica.

Hasta aquí me he detenido principalmente en analizar la precipitación por partes del sistema educativo pero también -

sucede otro tanto por parte del educando: el alumno de ingeniería química. "Probablemente la mayor limitante de la enseñanza de la Ingeniería Química en México sea el poco tiempo que el alumno tiene realmente disponible para aprender por sí mismo. El aprendizaje es un acto que al final de cuentas realiza la individualidad del sujeto: se puede estimular, bloquear o hasta impedir, pero todavía no podemos aprender por otro: aún no disponemos de 'inyecciones' de aprendizaje. Lo más impactante del caso es que la opinión de los educadores mexicanos de ingeniería apunta a que aunque se disminuyeran horas de clase del plan de estudios para permitir al alumno el enfrentamiento personal con el conocimiento, más bien haría otras cosas con su 'tiempo libre'. Parece ser que estamos condenados a que en México el aprendizaje sólo se dé, o trate de dar, en el salón de clase, con lo ineficiente que ha probado ser a la luz de críticas de diversos autores y mis propias observaciones."(3)

Y no todo es falta de tiempo. Los alumnos, con excesiva frecuencia, buscan la ley del mínimo esfuerzo y los alumnos brillantes se asientan como el agua de tamarindo si no se les exige: no tienen formada la voluntad. El tema del nivel de exigencia lo discutiré en los capítulos siguientes para proponer sugerencias concretas, no sólo criticar actitudes.

3.2 El trabajo presentado por D.R. Woods en la Universidad de Mac Master (Canadá)(19 y 20)

Para poder detectar las deficiencias en el aprendizaje - no bastan unas encuestas más o menos superficiales, sino un - trabajo mucho más profundo que sería prácticamente imposible desarrollar en esta tesina; más bien me basaré en el trabajo de D.R. Woods por ser uno de los más completos que conozco - hasta la fecha.

Desarrolló un proyecto para mejorar las habilidades para resolver problemas que llevó unos cuatro años ¿Qué puede hacer una tesina de licenciatura frente a esto? Lo recogido en su ponencia de Nueva Orleans es muy significativo y da resultados y conclusiones muy sugestivas. El método para recopilar información fue "un grupo de estudiantes voluntarios de - la licenciatura de Ingeniería Química cuyo desempeño fue vigi lado durante los cuatro años de su programa del siguiente mo do: uno de nosotros inició como alumno de primer año en 1974 y asistió a todas las clases requeridas junto con los estu - dantes. De esta manera pudo observar el entrenamiento espe - cífico para la resolución de problemas que los alumnos iban - adquiriendo y sabía precisamente qué contenido básico se espe raba de los estudiantes para poder resolver las tareas asigna das; se reunió con un grupo voluntario durante dos horas a la semana, en una tutoría especial sin créditos (...) Durante - los cuatro años esto significó más de doscientas horas de tu -

toría (...) Los estudiantes seleccionaban los problemas que les representaban mayores dificultades (...) El papel del profesor fue de apoyo, como un especialista en la solución de problemas, y no como especialista de la materia de los cursos que se estaban tomando (...) podía observar las dificultades que los estudiantes encontraban, identificaba las diferencias entre estudiantes, ensayaba diferentes métodos de enseñanza y observaba la efectividad de diferentes ideas para mejorar las habilidades para la resolución de problemas que se han sugerido en diversas publicaciones (...) Un segundo profesor inició el seguimiento de la generación de principiantes de 1975, también se tuvieron sesiones al mismo nivel, pero de otras universidades, de diferentes niveles de la Universidad de McMaster, "voluntarios y no voluntarios de la misma clase, estudiantes de licenciatura y de física". Así es fácil analizar a fondo la enseñanza, los programas, etc. En esta tesis no se puede pretender más. El tiempo invertido es descomunal. Aunque no se haya realizado este proyecto, sí puede trabajarse con el análisis, postulados y conclusiones que ellos hicieron.

Lo primero que hace en este trabajo Donald R. Woods, es detectar los hábitos operativos malos -vicios- del estudiante para, posteriormente, proponer soluciones y sugerencias para erradicarlos. A continuación enunciaré los principales (el autor menciona 45 puntos pero pienso que pueden resumirse en

once) y a partir de éstos comparar con lo que me sucedió como estudiante:

1.- Habilidad deficiente para tomar notas en clase: Todas sus notas son en la misma libreta y en el mismo orden en que reciben las clases. El 99% anota sólo lo que se escribe en el pizarrón sin anotar las observaciones a los detalles de cualquier demostración. Esto ocurre durante los cuatro años de la licenciatura.

2.- Tienen gran dificultad en seleccionar las mejores ideas, leyes o fundamentos que deben ser memorizados. Pierden la visión de lo importante. No identificaban todas las limitaciones del problema. Se necesita indicar en el enunciado de un problema 'desprecie', 'suponga', 'solamente', 'debe' o expresiones similares para que el alumno no tenga dificultades en identificar suposiciones razonables y utilizarlas -- para simplificar el problema.

Este identificar las limitaciones del problema implica - saber explorarlo. Se puede hacer una clasificación entre - - alumnos expertos y novatos que no quiere decir que sean de se mestres avanzados y de primeros semestres respectivamente pues estas dos clases se dan en cualquier año y en cualquier materia. Es muy natural al experto jugar con el problema para des cubrir realmente cuál es el problema; los novatos, en cambio,

omiten este paso y se meten de lleno a resolver el problema completo basados en una idea preconcebida de los que ellos piensan 'deben hacer'. Muy a menudo se les agota el tiempo, la información y no pueden completarlo.

Donald R. Woods pone un ejemplo muy ilustrativo: "Diseñar un intercambiador de calor de tubo y coraza (en la siguiente media hora de un examen) que calentará..."

a) Como profesores sabemos que en media hora no podemos esperar un diseño mecánico, ni un estimado de la caída de presión del lado de la coraza y de los tubos ni una exploración de diferentes configuraciones alternativas; el novato pensará que debe hacerlo así y que es una injusticia que no le den más tiempo, más información;

b) el experto estará unos cinco o diez minutos haciendo estimados muy aproximados para descubrir cuál es la parte más sensible del problema... Quizá el área de intercambio es muy sensible al coeficiente del lado de la coraza ~~o~~ sensible del lado de los tubos. Por lo tanto, el experto utilizará el resto del tiempo utilizando procedimientos detallados para calcular el coeficiente del lado de la coraza y aproximaciones para el lado de los tubos;

c) el experto relaciona el problema a la teoría, a ejemplos resueltos anteriormente, a la experiencia;

d) se plantea una hipótesis y explora las limitaciones - ¿Qué pasaría si la velocidad del fluido en los tubos fuera extremadamente alta, baja, si cambiamos de fluidos, si hay una fuga...?;

e) el experto visualiza qué sucede: quizá hace un diagrama de cómo varía la temperatura de los fluidos en el intercambiador...;

f) el experto simplifica el problema y hace algunos cálculos de orden de magnitud para diferentes condiciones, puede revisar las unidades y quizá cambiar a variables adimensionales."

3.- Hay una gran incapacidad para visualizar las relaciones entre los diferentes conceptos que están aprendiendo.- El novato va gradualmente construyendo una estructura conforme adquiere nuevos conceptos e integra estos a conocimientos previos; el experto, en cambio, tiene la estructura ya completa.

4.- Los estudiantes han tenido muy poca experiencia en organizar su tiempo. La mayoría utilizó eficientemente un calendario de planeación aunque la dificultad fue apearse al plan y dedicarse en ese plan a estudiar y repasar y no sólo a completar trabajos asignados. Esto es muy obvio; creo que lo hemos vivido todos los estudiantes. En México este vicio es más notorio. También ha habido muy poca experiencia en orga

nizar el tiempo en un examen. Continuamente fallan al identificar la limitación de tiempo. Si el tutor esperaba resolver un problema en diez minutos haciendo ciertas simplificaciones, el alumno se complicaba.

5.- Los maestros no hacen énfasis suficiente en la importancia de memorizar factores de experiencia; por ejemplo, al indicarles que crearán un conjunto de problemas en los que -- pudieran aplicarse los mismos principios de problemas ya conocidos o resueltos creaban problemas exóticos e irreales que no se podían resolver o creaban variaciones menores del problema. Tampoco son muy conscientes de la variedad de alternativas abiertas a ellos. Esto muestra una incapacidad de identificar el principio general por el que resolvieron el problema --incomprensión de la estructura de la materia-- o, yendo más al de los fundamentos, se refiere a una cierta inhabilidad para lo creativo. La importancia de este último aspecto lo discutiré al analizar qué es la creatividad.

6.- No hay una etapa de síntesis final en los problemas resueltos ni en las materias. Para todas las materias y problemas debe haber un corolario y lograr que los alumnos se --pregunten a sí mismos lo que han aprendido en cada disciplina.

7.- Dificultad por parte del alumno de describir verbalmente lo que están haciendo cuando resuelven un problema; pr

mero para darse cuenta del proceso y segundo para intentar -- desenvolverse en público, desarrollar al poder de convencimiento, etc. No están acostumbrados a divulgar sus pensamientos más profundos cuando están resolviendo problemas pues están frente a un instructor-evaluador y eso les cohibe.

8.- Tuvieron gran dificultad en trazar un buen diagrama (expresión gráfica) que represente un fenómeno mostrando que no saben interpretar un problema ni después identificar exactamente el sistema a estudiar en el diagrama. Necesitan, además, práctica para identificar los atributos o propiedades de los objetos, eventos y actividades; en una palabra, entender el problema porque muchas veces se precipitan y no se toman el tiempo suficiente para entender plenamente el enunciado antes de tratar de resolverlo.

9.- Sobre todo en los primeros semestres, los alumnos necesitan vencer la tentación de hacer el problema tan complejo como sea posible. Quieren tomar en cuenta todo y esto es falta de criterio. Muchas veces sucede que el alumno siente que están simplificando en demasía el problema haciéndolo muy sencillo o muy trivial. En los problemas en que sólo se pedía que identificaran incógnitas se quejaron de que 'nunca resolvían un problema completo' y al tratar de que lo hicieran los resultados eran un desastre. Esto es importante y ocurre a veces en nuestra Facultad de Química, por ejemplo, con los tí

picos trabajos en los primeros semestres de diseñar una planta o un equipo cuando no cuentan con los elementos. Los alumnos creen que saben y se engañan. La tentación la debe resistir el profesor primeramente.

10.- No saben utilizar criterios de optimización, patrones de juicio, reglas establecidas o principios para probar cualquier cosa. Cuando se les habla de un artefacto adecuado, por ejemplo, inmediatamente piensan que lo único que significa 'adecuado' es que sea barato.

11.- Cuando el alumno se encuentra un obstáculo y no puede continuar trata de hacer dos cosas: seleccionar ecuaciones que utilicen todas las variables dadas en el enunciado del problema o buscar un ejemplo resuelto que sea lo suficientemente parecido para aplicarlo del mismo modo. Si así no obtienen un resultado coherente se dan por vencidos y rehusan seguir buscando; por tanto, hay que vencer la dependencia excesiva en los ejemplos y evitar la fijación muy grande que tienen de aplicar rutinas. Por ejemplo, en un curso de dinámica de fluidos se dió un problema que requería la aplicación del balance de masa en gases que entraban y salían del recipiente a diferentes presiones. Un estudiante leyó más adelante en el texto hasta encontrar la ecuación de Bernoulli. Hizo esto porque la ecuación de balance de masa dada en clase no tenía a la presión como variable; en cambio, la ecuación de Ber-

noulli sf. Claro ejemplo de no saber lo que estaba haciendo. Si el estudiante no entiende lo que se le pide o no sabe por dónde comenzar, aplica una fórmula para 'a ver si pega'.

Pienso que es muy interesante hacer notar que todas estas deficiencias en el aprendizaje se refieren a hábitos y, además, prácticamente se refieren a hábitos de la inteligencia; hay otros que se refieren a las actitudes y que no estamos analizando aquí: rendimiento académico, sentido social del estudio, carga de trabajo intensa, etc.

3.3 El trabajo de Mettes, Pilot, Roosink y Kramer-Pals en la Universidad en Utrecht, Holanda (21, 22 y 23).

Este proyecto se desarrolló en un curso de termodinámica en la Ingeniería Química consistente en un análisis protocolario pidiendo a expertos que resolvieran problemas para encontrar la habilidad clave y transformar las estrategias de los expertos en una estrategia que pudiera enseñarse metódicamente. Eligieron además, impartir clases en pequeños grupos para resolver problemas con retroalimentación de un profesor. Antes del curso los maestros recibieron sesiones de entrenamiento para acostumbrarse a los nuevos procedimientos y material de trabajo. El instructor dió orientación sobre su significado, ilustró su aplicación con problemas resueltos en clase y guió a los estudiantes durante la aplicación. Poste-

riormente revisó las hojas de trabajo para observar cómo piensan éstos.

En este reporte y en otros se encuentran prácticamente los mismos resultados:

1.- No están acostumbrados al medio ambiente universitario. Se ha observado que requieren de dos a tres semanas para conocer la universidad.

2.- No están acostumbrados a nuestras expectativas.

3.- No son conscientes de los procesos mentales que utilizan al resolver un problema (o al pensar). No pueden describirlo de forma que sea posible indicarles dónde están cometiendo errores.

4.- No tienen un método o estrategia de enfoque para resolver problemas. Así ¿Cómo pretenden decir cuál usaron? Si se les pregunta se irán acostumbrando a buscarla. Lo que buscan es una receta para cada tarea específica; es decir, la aplicación de rutinas.

5.- Tratan de resolver el problema haciéndose a la primera idea que les viene a la cabeza, sin haber entendido realmente lo que se les pregunta. Empiezan a poner números y poner ecuaciones 'sin ton ni son' por resolverlos de una forma apresurada.

6.- No pueden pensar en varias alternativas. No hay estrategia.

7.- No pueden 'desbloquearse'. Tienen fijación de ideas y de métodos consecuencia de un mal aprendizaje de las rutinas.

8.- Les falta confianza en su habilidad de resolver problemas y no es para menos, pues no tienen tal habilidad.

9.- No pueden extrapolar la forma en que resolvieron un problema o la técnica de un experimento a nuevas aplicaciones. No les servirá en el futuro si no tratan de hacer una recapitulación final.

10.- Sus preferencias para aprender y resolver problemas son completamente diferentes a las del profesor y hay que repetárselos pero haciéndoles ver que no se 'cansen', al igual que el profesor, con un solo modo de atacar el problema. Algunos son visualizadores, otros simbolizadores y otros verbalizadores.

11.- Tienen dificultades en cosas 'tan sencillas' como dibujar diagramas, traducir palabras a ecuaciones o a diagramas, elegir símbolos o sistemas de coordenadas o identificar sistemas: mala interpretación. Tendrán dificultades con estos procesos que son 'naturales' para el profesor o instructor: comprensión para hacerles ver la falta de manejo o habi-

lidad para que se vayan superando.

Podría hacerse un estudio semejante en México, en nuestra Facultad o en otra, en unas materias o en otras y dudo -- que los resultados difieran notablemente de los reportados en los dos proyectos anteriores.

Estos proyectos consistieron en analizar las dificultades que presentan los estudiantes en la resolución de problemas. Es un estudio preliminar para proponer una metodología de resolución de problemas que comentaré ampliamente en la segunda parte de esta tesis.

C A P I T U L O 4

HABITOS QUE REQUIERE EL INGENIERO QUIMICO

4.1 Una encuesta a nivel nacional

En octubre de 1987 el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos presentó una ponencia en la XXVII Convención Nacional con el título "Perfil del Ingeniero Químico en el Siglo XXI" (24) donde analizan una serie de encuestas aplicadas a 251 ingenieros químicos de todo el país, a 34 industrias, a 30 universidades y a 7 Comités Técnicos Permanentes y donde se les preguntaba por la situación actual y en los próximos veinte años de la Ingeniería Química en el aspecto curricular y en el aspecto de las actitudes y habilidades que requiere el ingeniero. Como el trabajo desarrollado es extenso y muy riguroso me voy a basar en estos resultados para referirme a los hábitos que hay que formar en la carrera. Indudablemente ya se han ido enumerando anteriormente cuáles son estos hábitos pero ahora lo hago de un modo más sistemático.

Los resultados útiles para este estudio se reportan a continuación:

a) Según el ingeniero químico mexicano actual

TABLA 1. HABILIDADES QUE MAS HAN CONTRIBUIDO AL
DESARROLLO DEL INGENIERO QUIMICO MEXI-
CANO ACTUAL.

HABILIDAD	↓ DE OPINIONES
Relaciones humanas	31.4
Capacidad analítica	11.8
Toma de decisiones, emprendedor e iniciativa propia	7.3
Creatividad	6.1
Redacción	5.7
Perseverancia	5.3
Enfoque e inteligencia práctica	5.3

Otras habilidades mencionadas en la encuesta incluyen: -
versatilidad, aplicación del método científico, visión global,
aprender por sí mismo, docencia, respeto a las personas, capa-
cidad de síntesis, comunicación verbal, razonamiento lógico y
ética.

Si el porcentaje de opiniones es bajo se compensa consi-
derando que la encuesta tuvo un carácter abierto.

TABLA 2. MATERIAS O AREAS TECNICAS QUE DEBEN AMPLIARSE
EN LOS PROGRAMAS ACTUALES SEGUN EL INGENIERO
QUIMICO MEXICANO.

MATERIAS O AREAS TECNICAS	# DE OPINIONES
Computación, incluyendo programación y manejo de computadoras	52.2
Ingeniería económica, incluyendo evaluación - de proyectos y economía	40.8
Administración general	37.6
Instrumentación y control de procesos	33.5
Idiomas, especialmente inglés	29.0
Operaciones unitarias excluyendo procesos de separación	26.0
Administración de recursos humanos	20.8
Fisicoquímica, incluyendo termodinámica y equilibrio	19.6
Administración de proyectos	17.6
Seguridad e higiene industrial	16.7
Diseño de equipo, incluyendo el diseño mecánico	16.3
Control de contaminación	15.1
Ingeniería eléctrica y electrónica	13.1
Fenómenos de transporte	12.7
Ingeniería industrial, incluyendo investigación de operaciones	12.2
Matemáticas, incluyendo matemáticas avanzadas y aplicadas	12.2
Simulación de procesos	12.2
Estadística, incluyendo control estadístico de calidad	11.8
Psicología, incluyendo psicología industrial	11.8
Cinética e ingeniería de reacciones, incluyendo catálisis	11.4
Diseño de plantas químicas	11.0
Materiales, incluyendo polímeros	10.6
Contabilidad general, incluyendo costos	10.2
Enseñanza experimental y laboratorios	9.4
Balances de materia y energía	9.4
Derecho laboral	8.6
Energéticos, incluyendo ahorro y fuentes alternas	8.2
Procesos de separación	7.8
Cultura general, incluyendo historia de México e historia del arte	7.3
Biotecnología, incluyendo bioquímica	6.9
Mercadotecnia	6.5
Síntesis de procesos	6.1
Química general	6.1
Productividad y calidad	6.1
Optimización de procesos	5.7

De esta tabla resulta interesante mencionar que muchas de las áreas que deben ampliarse no son propiamente de la ingeniería química; por ejemplo, computación (es una herramienta del ingeniero), ingeniería económica (otra herramienta), administración general, idiomas, administración de recursos humanos, seguridad e higiene industrial, psicología, contabilidad, cultura general incluyendo historia de México e historia del arte, etc.; es decir, que dentro de las áreas técnicas incluyen materias que no son tan técnicas.

Al revisar estas estadísticas el M.en Ciencias Antonio Valiente Barderas comentó que esto es debido a que son pocos los ingenieros químicos que se dedican a hacer labores de ingeniería en México y es totalmente cierto; sin embargo ¿adaptaremos la carrera a las necesidades de México o México a las necesidades de la ingeniería? De todos modos, el propósito de esta tesis es otro; revisar la formación de hábitos, no los planes de estudio. En la encuesta los ingenieros mencionan que les faltan hábitos, no dicen que la carrera sea mala.

TABLA 2. AREAS O HABILIDADES NO TECNICAS QUE DEBEN AMPLIARSE CON LOS PROGRAMAS ACTUALES

AREAS O HABILIDADES NO TECNICAS	% DE OPINIONES
Relaciones humanas	53.9
Redacción	22.4
Comunicación oral	11.8
Etica	7.8
Toma de decisiones	7.3
Creatividad	6.9

Coinciden enormemente las habilidades que han contribuido al desarrollo del ingeniero actual con las habilidades que deben ampliarse.

TABLA 4. MATERIAS, AREAS O HABILIDADES QUE DEBEN DESENFATIZARSE EN LOS PROGRAMAS ACTUALES

MATERIAS, AREAS O HABILIDADES	% DE OPINIONES
Ninguna materia o área	54.7
Química analítica, incluyendo análisis cuantitativo y cualitativo	18.4
Física, incluyendo óptica	11.0
Química orgánica	9.0
Matemáticas teóricas y avanzadas, incluyendo estadística	5.7
Dibujo técnico	5.7
Fisicoquímica, incluyendo termodinámica estadística	5.3

El 54.7% opinan que no hay que desenfatar ninguna materia y es congruente porque cualquier conocimiento es útil: "ni modo que sea perjudicial"; sin embargo, la extensión del plan de estudios no es infinita por lo que hay que saber sacrificar unas materias buenas por otras mejores. No hacen ninguna referencia a habilidades: sólo a alguna que otra materia por lo que, por exclusión, le dan mucha importancia.

b) Según la industria química mexicana

TABLA 5. DEFICIENCIAS DE FORMACION EN ASPECTOS NO TECNICOS.

Desconocimiento de la realidad de México
 Carece de formación de relaciones humanas
 Carece de formación de liderazgo
 Administración general, costos y finanzas
 Idiomas
 Falta de habilidades de comunicación oral y escrita
 No se inculca trabajo en equipo
 No posee una filosofía de trabajo, por lo que es difícil
 encontrar una industria que se ajuste a sus intereses, por
 no tenerlos bien definidos
 Manejo de grupos
 Entender al obrero
 Expectativas muy elevadas
 Etica profesional
 Creatividad
 Cultura General
 Manejo de conflictos entre grupos
 Conocimiento de las leyes laborales mexicanas
 No saber buscar. Buscan soluciones dadas o fáciles.

c) Resumen de hábitos que requiere el ingeniero químico

A continuación voy a reportar las habilidades que se han
 mencionado hasta aquí con mayor frecuencia para en el siguiente
 capítulo abordar directamente el tema de proponer soluciones
 del mejor modo de adquirirlas. Son muchas habilidades --
 con lo que únicamente me podré detener en algunas.

1.- Capacidades o habilidades.

Relaciones humanas. El ingeniero debe ser capaz de interactuar con compañeros, jefes y subordinados para lograr un objetivo común.

Análisis. Debe saber descomponer los problemas, sistemas o "todo" en sus elementos básicos para entender las partes y las relaciones entre las partes de ese "todo".

Toma de decisiones. Se requiere mejorar la capacidad del ingeniero para tomar decisiones por medio de un razonamiento lógico; previsión e iniciativa.

Emprender. Llevar a cabo iniciativas es una capacidad que debe promoverse en el ingeniero químico del futuro.

Creatividad. La generación de ideas novedosas debe formar parte del quehacer del ingeniero químico. En particular se requiere de nuevas alternativas para resolver los problemas complejos que enfrentará la sociedad industrial del siglo XXI.

Síntesis. Poder integrar partes aparentemente inconexas en un todo coherente que cumpla algún propósito, es una capacidad prioritaria a desarrollar en el ingeniero del futuro.

Preservar. En la búsqueda de los objetivos debe tener paciencia y tenacidad para no claudicar ante las dificultades.

Observar. El percatarse de los elementos relevantes de una situación permite preveer y enfrentar problemas con mayor atingencia.

Planear. Ante elementos más complejos que manejar, establecer una ruta de acción para obtener objetivos futuros manifiesta ser una necesidad para aprovechar mejor los recursos.

Abstraer. Poder representar una situación real de otra manera es importante para poder "jugar" con esa realidad buscando mayor comprensión de la situación y su optimización. -- Por ejemplo ser capaz de representar una situación bajo un modelo matemático para entenderla y mejorarla se apunta como necesario.

Aprender. La facilidad para hacer suyos nuevos conocimientos y experiencias permite al ingeniero actualizarse y le da flexibilidad para acoplarse al cambio.

Expresar. La capacidad para comunicarse especialmente por escrito es relevante para que las buenas decisiones, ideas o soluciones se lleven a cabo con eficacia. Para poder escribir con claridad es necesario pensar con claridad.

Evaluar. La capacidad de encontrar razones que soporten una decisión o juicio es importante.

2.- Actitudes

Trabajo responsable. El ingeniero químico mexicano debe tener una actitud de trabajar con afán y más aún con sacrificio. Las necesidades futuras parecen demandarlo.

Flexibilidad. Ante el cambio permanente no hay alternativa más que tener una actitud flexible para adaptarse a él.

Cuestionamiento. Como se han hecho las cosas no necesariamente es como deben hacerse.

Mejoramiento. Lo mejor hoy no necesariamente lo será mañana.

Ética profesional. A veces las consecuencias de lo que se hace son más dañinas que el beneficio que aporta el producto "principal" de lo que se hace.

4.2 El ingeniero requiere desarrollar la creatividad

a) Importancia. Además de lo mencionado en la encuesta del IMIQ (24) acerca de la importancia de la creatividad, en una batería de tests que se aplicaron en la Universidad Iberoamericana los alumnos de primer ingreso ponen estos tres conceptos --creatividad, análisis y resolución de problemas-- como importantes. Todavía es mayor la importancia que le dan los estudiantes y mayor importancia le dan aún los profesores y -

todavía más los profesionistas (9), y se comenta que "hasta ahora ha habido mucho énfasis al análisis dentro del currículum de ingeniería química a nivel mundial, descuidando de esta manera la parte creativa"(9) y, aunque este comentario no está muy respaldado por estadísticas, citas de profesores de prestigio, etc. es bastante cierto; lo palpamos todos los días; por ejemplo, es más fácil analizar un equipo que diseñarlo (síntesis y creatividad) y se hace más hincapié en describir las funciones del equipo y dónde y cuándo puede utilizarse.

Esta deficiencia tampoco es exclusiva de nuestro país. Raudsepp piensa que "en educación tendemos a formar individuos conformistas, estereotipados, más que pensadores libres, creativos y originalmente (...) y en la industria la creación de reserva a unos pocos —el entrenador, el diseñador, el jefe del departamento de investigación— perdiéndose gran parte de la originalidad creativa."(26)

b) Se puede desarrollar. Antes de proseguir se requiere afirmar que la creatividad se puede desarrollar ¿Para qué serviría este trabajo si no? Además, se necesita conocer qué es eso de creatividad.

De lo primero se puede decir que "existen personas consideradas como creativas (pocas, de hecho) mientras que a otras

no se les califica con esta característica del mismo modo que decimos que alguien es inteligente cuando su inteligencia sobresale del común" (27) y esta habilidad se puede educar aunque no todos por igual. "En el mundo de la industria y los negocios se ha descubierto que no es una materia de talento especial o de temperamento. Por medio de cursos de entrenamiento se puede aprender esta habilidad (...) Aunque hay una gradación en la capacidad creativa esta se puede incrementar, estimular, entrenar."(26)

c) ¿Qué es creatividad?. Pero ¿Qué es creatividad propia mente? Hemos oído esta palabra muchas veces y a fuerza de oírla y utilizarla indiscriminadamente puede sonarnos hueca - ¿Qué es? Varios autores brindan muchas luces al tratar de definirla aunque lo primero que podemos decir es que se sabe muy poco "porque no se produce en el nivel consciente, sino subconsciente o preconsciente."(28)

"Del proceso de creación, a pesar de que existen documentos de artistas que lo han descrito (véase el descubrimiento del principio de Arquímedes), y pruebas psicológicas para determinarlos, se sabe verdaderamente muy poco, y es que debe haber tantos procesos como creadores. No obstante, parecen encontrarse algunos factores que son comunes. Además del talento nato de la persona creativa y de su experiencia, tiene que enfrentarse con algo que perturbe su vida: un problema a re-

solver, una emoción fuerte, una idea (...) Viene después un contacto más fuerte, una búsqueda de mayor conocimiento, una contemplación profunda o un análisis para hallar más datos. - Se presenta también un período de soledad en que la nueva vivencia madura. Un período de inspiración y finalmente la producción. Esto no es un recetario que pueda seguirse y dé como resultado una obra creativa, no explica tampoco el proceso de creación, si acaso lo describe, de forma muy limitada y -- hasta burda. Cómo y por qué se crea, de forma exacta, quizá no lo sepamos nunca. Nuestras ciencias casi siempre se concretan a enumerar los pasos de los fenómenos y se toman como causas; las verdaderas causas tan solo las intuimos."(27)

Como puede observarse es un proceso bastante subjetivo: Hay un rechazo muy grande por la propia persona a aceptar nuevas ideas ¿Para qué complicarse con más quebraderos de cabeza, trabajo y responsabilidades? "Arthur Koestler estaba en lo cierto cuando dijo: la mente rechaza una idea extraña con similar energía a que el cuerpo rechaza una proteína o cuerpo extraño." Si nos analizamos honestamente, normalmente encontraremos que para que una idea esté completamente aceptada debemos argumentar mucho. George M. Prince estudió muchos modos de pensar y observó que en una nueva idea nos fijamos más en las desventajas que en los beneficios que nos puede representar (...) Lo que está definido claramente, lo firmemente establecido, las cosas que hacen el mundo seguro y predecible

tienen una fuerza enorme."(29) Queremos ir sobre seguro y por tanto hay que lograr que las ideas madres —conceptos fundamentales de la ingeniería— estén bien afincadas y puede decirse que "tres de las más serias barreras para el éxito son el miedo al éxito, el miedo al fracaso y el perfeccionismo." (30)

"Un obstáculo muy común para resolver problemas creativamente es el condicionamiento del pasado que nos lleva a atacar los problemas sólo con métodos y procedimientos que anteriormente dieron buenos resultados".(29) En una cátedra, el Ing. Jorge Mandoki nos decía que "una cosa es conocer el know-how y otra el know-why que se logra —en cierto modo— negando el proceso utilizado, preguntar por qué y preguntar por qué no". Muy aplicable en el campo de la educación que debe ser, por tanto más dialogada; es decir, "hay que 'madurar la idea' para ver pros y contras"(31); no casarse con un determinado modo de ver un problema: "la rutina es uno de los obstáculos mayores al propio perfeccionamiento." (32)

Esto hace ver que hay una parte subjetiva de la creatividad pero también hay una parte objetiva. Carlos Alvear dice que "al hablar de un trabajo creativo en el hombre, no nos referimos a que obtenga cosas de la nada, sino a que encuentre relaciones entre las ya existentes. La creatividad, definida así, puede confundirse con la actividad intelectual natural -

del ser humano; y ciertamente puede significar una dificultad la distinción entre una y otra. La diferencia radica principalmente en la naturaleza de las relaciones que se intenta en contrar. Cuando éstas son objetivas, exactas, ya existentes, y lo que se intenta es descubrirlas, normalmente se trata de un trabajo de raciocinio meramente lógico; mas cuando las relaciones no existen y se inventan, el trabajo resulta muy subjetivo pero tiene mayor posibilidad de convertirse en labor creativa."(27)

Prausnitz también analiza el sentido que debemos darle a la creatividad: "no es hacer algo a partir de la nada sino - que el acto creativo es aquel en que dos ideas o conceptos -- previamente concebidos como totalmente separadas resultan estar íntimamente relacionados. En otras palabras, en un acto creativo se muestra que dos ideas distintas en la realidad no son distintas sino que son dos aspectos de una idea más general que lo unifica" (17) y pone el ejemplo histórico de Gibbs que unificó la termodinámica (interconversión de energía calórica en trabajo mecánico) con la fisicoquímica (el equilibrio) siendo ciencias totalmente separadas antes de 1870. Pone además otros ejemplos ilustrativos."

Si bien es cierto que 'la práctica hace al maestro', la creatividad requiere de una base. Si se desconocen otros métodos -cálculo vectorial, resolución de ecuaciones diferencia

les por métodos numéricos, etc.- será imposible crear en - - esos campos o utilizar esos métodos como herramientas creativas."(9) Utilizando el mismo ejemplo que ponen en la tesis mencionada sobre el análisis de equipo (cfr. (9) p. 178-179) resulta desgastante --si no imposible-- pretender diseñar un intercambiador de calor desconociendo las propiedades conductoras de los materiales, flujo de los fluidos involucrados, transferencia de calor (generalidades), equipos más usuales, etc. Se convertiría en un método de prueba-error empírico en la mayoría de las ocasiones.

d) No es sinónimo de novedad. Creatividad no es sinónimo de novedad; "la fantasía creativa y sintética no tiene por qué estar a espaldas de lo objetivo, muy lejos de las leyes ocultas de la vida. No se trata, en manera alguna, de un desvanecerse en miles de direcciones, sino de lograr una - - 'enérgica centralización del espíritu'."(4) y es que "lo novedoso no basta, es menester que se creen nuevas condiciones -- del ámbito que circunda al producto creativo. En un plan mucho más elevado, una obra creativa puede llegar incluso a modificar la vida del hombre, como sucede con las teorías científicas de gran relevancia."(27) "El pensamiento ordenado, consciente y lógico, difícilmente facilita la creatividad. Si bien se requieren niveles superiores de inteligencia, ésta no basta para ser creativo. La acumulación de información tampoco es suficiente."(28) Con lo cual la creatividad tampoco es

sinónimo de originalidad. Puede definirse la creatividad como "la habilidad para encontrar soluciones originales y factibles a los problemas"(...)

"Las personas que solucionan problemas creativamente suelen ser expertos en su materia y organizan la extensa información que tienen en 'chips' de memoria (...). Un experto puede guardar en la mente 50,000 'chips' de conocimiento, los cuales son recordados como grupos o familias de conceptos relacionados entre sí. Esta organización le permite encontrar -- las soluciones que otros sólo pueden encontrar poniendo mucho empeño y siguiendo un estilo de 'paso por paso'. La mayoría de las personas que solucionan problemas creativamente, tienen buen conocimiento de muchas áreas. Algunos problemas son tan complejos, que un conocimiento extenso e interdisciplinario es indispensable para encontrar una buena solución."(33)

Como una aparente contradicción podemos concluir que -- primero se requiere de muchos factores de experiencia (conocimientos) y luego de la agilidad mental (lo que es propiamente creatividad) para relacionarlos entre sí y aplicarlos adecuadamente.

e) Motivación para el pensamiento creativo. "El proceso creativo requiere además una fuerte motivación para persistir en la indagación de un hecho por el que debe sentirse profun-

da curiosidad."(28) La técnica de la lluvia de ideas es buena y ayuda pero se requiere de una idea nueva que dispare y permita el flujo de ideas. "La persona comienza a pensar creativamente, de la misma manera que aprende a leer, a escribir, es decir, haciéndolo. Se ha mostrado que dicha habilidad para crear crece con la práctica y depende tanto de la motivación como de la intensidad del pensamiento."(9) La creatividad es un termómetro del interés por la materia.

Es interesante hacer notar que la creatividad permanece latente hasta que un problema, una dificultad, una impresión lo despierta. Esto hace que en la medida que los problemas para resolver sean más variados, la creatividad se desarrollará mejor; es decir, que podemos concluir que los alumnos serán más creativos mientras más lo sea el material con que se topen. De este modo, no puede hacerse un problema 'tipo' para toda la materia.

f) Sin comunicación se obstaculiza la creatividad. Hay un inconveniente en las personas creativas: "ven las cosas de diferente modo que los demás y no son bien aceptados en los sistemas sociales y educativos -particularmente en la niñez y en la adolescencia- y hay que darles el valor que tienen, no penalizarlos sino más bien promoverlos y animarlos. Si conocen el potencial que tienen, serán motivados. Los buenos estudiantes a veces tienen poco potencial creativo y aprendie-

ron pronto que uno gana en el juego de la escuela si atina la respuesta que el instructor tiene en la cabeza y uno pierde - si tiene ideas diferentes. Estaríamos firmando la partida de defunción del espíritu creativo."(34)

De un modo más irónico el Ing. Jorge Mandoki nos decía - que "una de las cosas más difíciles para tener creatividad es convencer a los que pueden hacerla realidad." "Puede ser que los novatos tengan ideas muy originales y sin embargo les falte el conocimiento necesario para llevarlos a cabo (...) Para cambiar el mundo hay que cambiar las mentes de las personas, las personas creativas necesitan comunicarse bien, tanto oralmente como de manera escrita."(33) Esto no es creatividad propiamente sino otra aptitud para el resolvidor de problemas: comunicación.

4.3 También requiere del hábito de la responsabilidad (ética).

A este punto se refirió el Dr. Rugarcía al hablar de actitudes a educar y en la encuesta del IMIQ al mencionar el perfil del ingeniero se trata de este tema y hay mucho interés por parte de la industria en este asunto; por ejemplo, hay un artículo de Chemical Engineering en el que se exponen los resultados de nueve casos de ética en el ejercicio profesional de la ingeniería química.(35) Resulta interesante ha-

cer notar que la encuesta es muy amplia. En el ejercicio profesional tarde o temprano uno puede encontrarse en casos semejantes y puede ser que no esté preparado para afrontarlos. El alumno requiere un mínimo de instrucción. La AAAS Professional Ethics Project publicó un documento indicativo del interés nacional (de profesionistas norteamericanos) por un énfasis en la ética profesional de la ingeniería química.(36)

"La experiencia personal nos dice que puede más el que quiere que el que puede; y se comprueba en un sinnfn de situaciones individuales que la carencia de cualidades se suple -- con trabajo personal y esfuerzo. La laboriosidad es una cualidad que impulsa a trabajar más y mejor (...) Sabemos que es poco lo que aprendemos durante cuatro o cinco años de preparación profesional."(14) La responsabilidad profesional, la laboriosidad nos ayudará a concretar más nuestros estudios a la profesión específica que desempeñemos y a actualizar los conocimientos adquiridos al pasar por las aulas.

Y es preciso una alta dosis de motivación sobre responsabilidad en las aulas universitarias ¿Cuántas veces se quejan --nos quejamos-- de que lo que estudiamos es poco práctico sin considerar que el mismo esfuerzo por adquirir unos conocimientos es valiosísimo? "La excelencia y calidad no se alcanzan por medio de golpes maestros, o de campañas extraordinarias, sino que ha de lograrse en el trabajo normal"(37) (durante la

carrera y no durante un curso especializado de excelencia). - El esfuerzo "manifiesta el hecho de que la planificación real del hombre proviene del proceso para lograrla y no del hecho mismo de su logro. El esfuerzo no se frustra nunca, porque - deje indefectiblemente un sedimento positivo que se llama vigorización en el individuo que se esfuerza."(...)

"Si el logro de objetivos es el punto de llegada de toda acción humana, el punto de partida se encuentra en los deberes que tiene que cumplir. Al hablar de la excelencia del -- hombre, y de las exigencias o esfuerzos que comporta, no podemos polarizarnos en las metas que han de alcanzarse, sin tomar en cuenta el cumplimiento de todos los deberes a los que el hombre, por su situación, por su estado, se encuentra realmente obligado, 'ninguno de mis deberes es poco importante'." (37).

De aquí se ve que no pueden divorciarse los hábitos de - los temas a tratar. En este caso "los estudiantes deben ver la ética como parte integral de la práctica del ingeniero; - más aún, deben ver la ética relacionada al trabajo profesional ordinario; por ejemplo, responsabilidad de trabajar un -- día completo si nos remunerar por un día completo, la precisión en el cálculo y diseño."(38)

Esta concientización no es fácil. "Los ingenieros tienden a motivarse más por objetivos a realizar que por objeti--

vos en la persona y por ello no se sienten bien expresando - sus emociones o sentimientos personales (...) y además, nunca se podrá tener contentos a todos pues los estudiantes tienden a ver la ética como subjetiva, individual e intuitiva."(38)

Henry Tucker menciona que "el profesor de ingeniería no muestra interés por estas materias pues considera que son tópicos de poca importancia para el ingeniero;"(39) sin embargo, las encuestas analizadas en esta tesis muestran que los egresados de la universidad se dan cuenta de que ese menosprecio les causó profundas lagunas que tienen que llenar ahora con cursos extra-académicos o que si comenzaran de nuevo la carrera verían estos temas -que estrictamente hablando no son de ingeniería química- con otra perspectiva.

Como conclusión de este capítulo podemos decir que "debe mostener cuidado de que nuestras universidades no lleguen a ser escuelas técnicas."(38)

El cómo llevar a la práctica esta concientización de la responsabilidad profesional y de otras actitudes éticas lo caré extensamente en el siguiente capítulo.

S E G U N D A P A R T E

TECNICAS PARA EL DESARROLLO DE HABITOS

C A P I T U L O 5

EL PROCESO DE APRENDIZAJE

Para comenzar esta segunda parte del trabajo puede servirnos de aliciente saber que "siempre se puede comenzar a desarrollar una virtud -hábito operativo bueno- en cualquier momento"(1) aunque en algunas edades hay mayor facilidad que en otras.

"Para lograr un aprendizaje real se requiere por parte del alumno: intención, atención, comprensión, memorización, ejercitación, aplicación y evaluación."(40)

5.1 Intención

"El educando no sólo es el objeto, sino primordialmente el sujeto de la educación"(40) por lo que hay que centrarse en el sujeto & alumno, conocer dónde flaquea, qué conceptos no entiende, qué es lo que se le queda más grabado.

"La intención es la manera de querer el fin... queremos algo con querer actual cuando actuamos expresamente para obtenerlo... 'atiendo en clase porque me interesa', 'hago este --trabajo porque me satisface' ... Cuando se realiza una acción que no se quiere en sí misma, se quiere con querer virtual...

'estudiar para aprobar la asignatura'... es lo que se conoce como motivación extrínseca. Lo primero se llama motivación intrínseca. El querer interpretativo es el querer de alguien con autoridad y conocimientos suficientes para interpretar - que algo es bueno para otro (...): el médico que receta a un enfermo, las autoridades educativas cuando determinan sobre planes, programas, textos, calendarios, etc."(...) Ante el querer interpretativo lo inteligente es descubrir el sentido de tales normas, apelar a la propia docilidad y asimilar (hacer míos) esos querereres (...) Es el arte de dejarse educar (...) La docilidad no es infantilismo, ni dispersonalización o pasividad sino actitud dinámica de identificación libre con los propósitos de la enseñanza y de la educación."(40)

"Es necesario que nuestro actuar sea estimulado por el querer virtual y orientado por el querer interpretativo: disciplinar el querer, adquirir la sensatez para mantener una intención firme y clara de apropiarse de los bienes culturales que proporciona la educación."(40)

En ingeniería química se puede lograr un mayor avance si se logra que los alumnos aprendan la materia por un querer actual aunque no siempre es posible. "Se debe tratar de interesar al alumno en los valores contenidos en las asignaturas así como en su utilidad, dándole libertad y gusto en cuanto a sus decisiones personales y evitando someterlo únicamente al

proceso de tomar notas: sino que se le impulse a la investigación y búsqueda personal de conocimientos."(41)

5.2 Atención

"La educación de los sentidos tiene por objeto el desarrollo del hábito de la percepción precisa y rica, de tal forma que facilite el hábito de la lógica correcta y verdadera" (18). "No basta con querer. Decir que 'querer es poder' o que 'asta con tener fe en sí mismo' es simplista y desalentador (...) La intención debe ser seguida por la atención... - en que la mente tiende hacia algo y se aplica a ello; se define como la concentración sobre un objeto determinado para conocerlo mejor; es una modalidad de la conciencia en la cual - la mente selecciona entre diversos estímulos y se concentra - sobre un objeto."(40)

"Puede ser atención externa (el objeto está fuera del sujeto) o interna (en el interior del sujeto); espontánea (el objeto se presenta llamativo y atrayente) o voluntaria (resultado de un esfuerzo voluntario)"(40) "La atención voluntaria nos hace dueños de nuestra personalidad."(32)

"La desatención es provocada por inmadurez, falta de interés o exceso de fatiga y conduce a la atención dispersa - - (distráidos-disipados) que no logran centrar su atención en

nada concreto o distraídos-absortos, obsesionados por alguna idea fija. Causas: Personales como estado del organismo, morales (prejuicios, antipatías), carácter (falta de hábitos, - pereza); o Ambientales como hogares ruidosos, llenos de bulli- cio y desorden, etc.". (40)

5.3 Comprensión

"Desarrollar la comprensión es uno de los objetivos fun- damentales de la formación intelectual (...): descubrir la -- idea o sentido." (40)

Para poder aplicar una serie de conocimientos correcta- mente hay que conocer primero el motivo por el que se aplican. En la resolución de problemas se han hecho estudios muy se- rios al respecto, como el de Philip C. Wankat que describe -- los motivos de por qué no se entiende un problema debido a -- que la resolución de problemas ocurre en tres niveles diferen- tes:

"1) Nivel convertente, lógico o analítico: 2) nivel di- vergente en el que la mente explora en todas direcciones apa- rentemente sin ningún interés en particular: es el nivel de -- la creatividad; y 3) nivel de aceptación donde las ideas que surjan en los niveles anteriores deben filtrarse como, por -- ejemplo, las preguntas: ¿Lo he intentado anteriormente? ¿He

leído u oído algo sobre esto? ¿Suena correcto?(...) Hay - - fuertes evidencias de que estos tipos de pensamiento -el convergente y el divergente son funciones separadas del cerebro; en cierto modo contrapuestos y, por tanto, no pueden darse si multáneamente."

"A veces resolvemos un problema utilizando un plano úni- camente y nos olvidamos de los demás; por ejemplo, resolver - un problema analíticamente pero sin generalizar la solución - (esto último requiere de un pensamiento divergente)."(42)

Según la formación hay mayor facilidad para un nivel u - otro; por ejemplo, "un ingeniero que habitualmente ignora el pensamiento divergente empleará mucha energía en aceptar ideas nuevas, poco usuales y, por otro lado, la persona que habi- - tualmente usa el pensamiento divergente sin revisar el resul- tado con un pensamiento convergente se le dificultará un razo- namiento lógico."(42)

"La resolución de problemas no involucra una progresión lineal entre estos niveles y no puede decirse que se está - - siempre en un sólo nivel. Esto se observa con el método de - Whimbey que consiste en utilizar una grabadora para escuchar los razonamientos que hace uno. La mayoría de los ingenieros experimentados usan alguna estrategia para resolver problemas pero no saben cuáles. Con este método puede forzarse a pen--

sar en otro nivel que no sea el natural. Puede resultar una gran ayuda para familiarizarse con otros niveles."(42) Como cada uno tiene su modo, hay que poner problemas de todo tipo para que todos se ejerciten. No es fácil aplicar un estudio de esta índole a cada alumno.

"Las barreras energéticas del pensamiento convergente dependen: del conocimiento del ingeniero, de su familiaridad con el método de solución utilizado, y la adecuación apropiada (se facilita resolver unos problemas de un modo y otros de otro). Las del pensamiento divergente dependen de: la creatividad y flexibilidad del ingeniero, familiarización con el método, conocimiento de otras áreas, tipo de problema, etc. Las del nivel de aceptación: del conocimiento y uso del método y la flexibilidad del resolvidor. Todas estas barreras dependen asimismo de la salud y sueño del interesado."(42)

"El camino a seguir para resolver el problema depende del 'lenguaje utilizado' -verbal, escrito, matemático, visual-. Un cambio en el camino a seguir requiere pensamiento divergente. Uno se puede ejercitar en otros caminos tratando de anular alguno, forzarse a buscar el camino más difícil o más bien con el que uno está menos acostumbrado."(42)

5.4 Memoria inteligente

"La memoria analiza, selecciona, sistematiza; es decir, incorpora los datos, elementos de la experiencia humana o -- 'conjuntos sistemáticos' dotados de signifiación lógica. La memoria no es --no debe ser-- un fin en sí mismo, sino un instrumento al servicio de la inteligencia."(43)

"La memoria no trata de abarcar todo íntegramente porque 'sabe' lo inútil que sería, sino que, ayudada por la inteligencia, se fija en las relaciones lógicas que existen entre los hechos, y eso es lo que reproduce. En la memoria inteligente el sujeto se ha liberado ya de la rutina del automatismo... la memoria cumple así su verdadera misión de 'instrumento de la inteligencia'."(43)

"Dugas afirma que la memoria inteligente no procede como el viajero inhábil que llena su baúl con todos los objetos -- que caen al alcance de su mano, sino que como el que sabe hacer su equipaje 'selecciona' lo que va a llevar consigo, poniendo en su maleta sólo aquellos objetos que le van a ser -- útiles durante el viaje. En la memoria lógica o racional es más lo que se olvida que lo que se recuerda. (Y esto, paulatinamente, se va convirtiendo en memoria-hábito."(40)

En las mismas técnicas sugeridas, para estimular el desarrollo de hábitos podemos cometer el mismo error de siempre:

dar una serie de técnicas de resultados, comprobados pero si sacamos al alumno de esa estructura del conocimiento se encontrará con la misma dificultad de no saber cómo atacar el problema, le faltan bases, etc. Y precisamente este inconveniente manifestó Donald R. Woods después de trabajar con una muestra de alumnos entrenados (19): "a través de los cuatro años notamos en muchos estudiantes una gran disparidad entre la habilidad demostrada para resolver problemas en el curso voluntario de tutoría y sus calificaciones en clase."

Parece entonces que tal vez no se está ayudando efectivamente a desarrollar la inteligencia: se están dando rectas, se está jugando a estudiar pero no enseñando realmente a estudiar. D.R. Woods no habla en absoluto de educar la voluntad, de exigir al estudiante y me parece que gran parte del problema radica ahí. Sigue diciendo que "no pudimos identificar claramente si esto se debía a que los estudiantes no eran capaces de rendir bajo condiciones de examen (si no se educó en el manejo de las presiones tampoco serán efectivos en la vida profesional) o porque el examen no estaba probando la habilidad para resolver problemas. Sospechamos esto último."(19) - Entonces, ¿Sabrán resolver problemas pero no problemas específicos? ¿De qué sirvió entonces si se trataba de catapultar al estudiante a realizar el estudio con más herramientas y -- por ende con mejores resultados?

En la misma ponencia continuó justificándose ingenuamente: "cuando se redactaron nuevamente los problemas y se preguntó a los estudiantes que anotaran las habilidades utilizadas en la resolución de problemas, el grupo voluntario sobresalió considerablemente en rendimiento con respecto a los voluntarios."(19) Luego, habría que diseñar problemas 'tipo', para alumnos 'tipo'. Los estaríamos formando con un modo de pensar 'cerrado' ¿Y cuando estén ejerciendo profesionalmente? ¿Habrá que decirles que anoten las habilidades utilizadas?

Para terminar el punto los mismos autores dicen que "nosotros sentimos que muchos problemas pueden ser redactados en formas que provean oportunidades a los estudiantes para demostrar sus diferentes habilidades."(19) De acuerdo, o también: para desarrollarlas; pero no con hacerlos de un modo determinado para que los puedan resolver pues así no sucede en la realidad. De todos modos, no quiere decir que el trabajo de capacitación haya resultado infructuoso, sino que tal vez sea incompleto: faltó formar la voluntad.

Esta formación de la voluntad, esta exigencia, debe tener unos objetivos muy concretos, pormenorizados hasta el último detalle porque hay muchísimos puntos en que mejorar. "Se tratará de buscar el equilibrio adecuado entre todas las cosas en las que se quiere exigir. En la práctica significa que habrá que seleccionar algunas cuestiones prioritarias de

acuerdo con unos criterios correctos y luego atenderlos con el tipo de exigencia adecuado y ser muy flexible en lo demás" (1). Puede comenzarse a edificar en este terreno a través de una enseñanza personalizada "no obstante la masificación general de la educación universitaria (...) A pesar de las fuertes implicaciones económicas, esto repercutirá directamente en una mejor preparación de los ingenieros químicos."(24)

Estos son los puntos primordiales que hay que atacar para lograr una optimización en el rendimiento de la educación.

C A P I T U L O 6

EL ENFASIS EN LA CONCEPTUALIZACION

3.1 Importancia

En un reporte del departamento de Ingenierfa Química de la Universidad de Texas de Austin (44) se mencionan los derroteros que llevará la enseñanza de la ingenierfa química en -- los Estados Unidos en los próximos años. Un punto interesante es la importancia que hay que darle en enfatizar los conceptos: como el campo de aplicación es amplísimo es imposible poder abarcar todos los temas en la carrera y, por tanto, hay que sacrificar algunas materias por otras y concentrarse en -- los principios que siempre tienen aplicación para todo. También se refieren a la necesidad de enseñar los fundamentos de cada materia aduciendo como causas, la infinidad de aplicaciones y el desarrollo de nuevas tecnologías, con la imposibilidad material de tiempo para abarcarlas todas: "Para que un ingeniero químico haga contribuciones significativas, él o ella deben estar versados en amplios fundamentos y en las razones últimas del desarrollo de las nuevas tecnologías."(6)

"Muchos de los productos más novedosos, especialmente en las áreas biológicas requieren de varios años para una comercialización efectiva; pero la industria química está sujeta a cambios rápidos, no sólo por la nueva tecnología sino también

por los ciclos muy cortos de vida de los productos. Esta rápida respuesta al cambio social necesita también un cambio en el crecimiento industrial y las especialidades de consumo de la industria."(44) Para ello se requiere que el plan de estudios esté fuerte en fundamentos y con la suficiente flexibilidad que permita el desarrollo individual de las aptitudes e intereses del estudiante, particularmente en el último año de la carrera; por ejemplo, "mayor énfasis debe hacerse en el fenómeno microscópico que en el más tradicional fenómeno macroscópico; como fundamentar más las operaciones unitarias en los fenómenos de transporte."(44)

En otro reporte que "contribuyeron -literalmente- cientos de ingenieros químicos que se estuvieron preparando durante más de dos años con ensayos, comentarios, críticas y avisos"(45) los contrastan los nuevos objetivos de la ingeniería química con los objetivos actuales:

RETOS CONSTANTES

- 1.- Manufactura de materiales homogéneos a partir de pequeñas moléculas.
- 2.- Manufactura de artículos de consumo baratos.
- 3.- Productos con largos ciclos de vida. Competencia en el mercado nacional y basada en el precio y la disponibilidad.

NUEVOS RETOS

- 1.- Manufactura de materiales compuestos y estructurados a partir de moléculas grandes.
- 2.- Manufactura de materiales especiales, caros y de alta calidad.
- 3.- Productos con ciclos de vida cortos. Competencia en los mercados internacionales y basada en la calidad y eficiencia del producto.

- | | |
|--|--|
| 4.- Diseño de procesos. | 4.- Diseño de productos con características especiales de funcionamiento. |
| 5.- Procesos de gran escala, continuos; construcción de plantas industriales dedicadas a un sólo proceso o producto. | 5.- Procesos a pequeña escala; intermitentes; construcción flexible de plantas. |
| 6.- Costos bajos de investigación y diseño. | 6.- El costo de diseño e investigación representa una proporción alta del costo total. |
| 7.- Investigación interdisciplinaria; modelos simples y soluciones aproximadas. | 7.- Investigación multidisciplinaria; grandes computadoras, mejores aproximaciones y soluciones más completas. |
| 8.- Unos pocos instrumentos sencillos de análisis. | 8.- Instrumentos analíticos muy sofisticados. |
| 9.- Carreras construidas alrededor de una línea de producto o proceso. | 9.- Carreras con aplicaciones múltiples. |
| 10.- Investigación y educación en la mesoescala (a nivel equipo) | 10.- Investigación y educación en la microescala (nivel molecular) y en la macroescala (nivel de sistemas). |

A pesar de estos cambios de profundidad hay otros que en el futuro no cambiarán. La filosofía asociada a la formación de ingenieros químicos —desarrollo de habilidades— y el énfasis en los principios básicos permanecerán relativamente inmutables al cambio en el campo de aplicación; es más, se verán incrementados. Estos cambios hacen ver que la docencia de la ingeniería química debe enfocarse a los principios básicos.

En la ponencia del IMIQ reportada anteriormente se con-

cluye de modo similar que "en base al surgimiento de las nuevas áreas relacionadas a la ingeniería química, el ingeniero químico deberá ser capaz de desenvolverse en forma más independiente al inicio de la carrera. Para esto, no se deberán descuidar los conocimientos básicos sino ampliarlos a otras áreas."(24)

6.2 Enseñarlos a pensar, no a memorizar.

La conceptualización es un hábito. "El lema que los estudiantes de preparatoria parecen traer es '¿Por qué pensar cuando uno puede memorizar?' Esta actitud puede explicar por qué algunos empleados se lamentan de que los nuevos ingenieros poseen muchas herramientas de conocimientos pero demasiadas pocas tácticas de pensamiento que las hagan útiles, (...) mientras que la mayoría de los cuerpos de profesores opinan que las habilidades de pensar para aplicar el conocimiento son el marco del profesional que esperan del egresado. (...) Uno de los descubrimientos ha sido que los estudiantes que aprenden simultáneamente conceptos y cómo pensar son más capaces de recordar y utilizar los conceptos que estudian. Un segundo descubrimiento fue que los estudiantes se resisten a pensar y prefieren adherirse a un método seguro que les haya sido de utilidad en otras clases: depositan su confianza en la memorización."(46)

Tampoco se puede caer en el extremo de una excesiva conceptualización; por ejemplo, "el ver las matemáticas muy abstractas no ayuda al alumno que las utiliza como instrumento para resolver problemas."(46)

6.3 Sugerencias

Para ayudar a formar, el hábito de la conceptualización se dan unas pocas sugerencias.

1.- Hay un dicho popular que define la cultura o la formación como 'todo aquello que queda cuando se nos olvida todo lo que aprendimos en la carrera universitaria'. "aclaremos - que no todo lo que se aprende deja huella: ¿Qué tanto de lo que se aprendió en el segundo año de la carrera sirve para enfrentar los problemas en el trabajo profesional? ¿No habrá algunas otras cosas diferentes a la temática en consideración que al estar estudiando (pensando) se nos van quedando de forma permanente y que realmente son las que soportan en gran medida nuestro ejercicio profesional y social?".(3) Por tanto, en la exposición de un tema por parte del profesor hay que hacer hincapié en los fundamentos que es lo verdaderamente útil para el futuro.

2.- En uno de los estudios sobre educación en ingeniería química antes mencionado (cfr. 16) se dice que hay que enfati

zar los fundamentos y enseñar lo mínimo de aplicaciones prácticas para mantenerse en el primer trabajo por un año y poco a poco adquirir los conocimientos prácticos. Esto hace que en la industria deban implantarse cursos de capacitación y es tos fundamentos no son objeto propiamente del bachillerato porque requieren a veces altos grados de abstracción o son poco evidentes para una inteligencia en vías de formación.

3.- Razonando con ecuaciones. "Los ingenieros no sólo obtienen respuestas, también hacen predicciones." (46) Explicar en una ecuación matemática la influencia de las distintas variables. Es muy ilustrativo y ayuda a pensar.

4.- Preguntas abiertas. "No hay respuesta correcta sino buena, mejor o la mejor solución. Es la base del trabajo de los graduados en la industria." (46) Por tanto, hay que darle su lugar a los exámenes con respuestas abiertas, aunque calificar un examen de este tipo requiera más tiempo. Puede no siempre hacerse así.

C A P I T U L O 7

¿NECESIDAD DE CURSOS ESPECIALIZADOS?

El punto que voy a tratar ahora es dónde conviene más inculcar los hábitos, si en el mismo transcurso de las materias curriculares o mediante cursos especiales sobre resolución de problemas, sobre creatividad o algo similar.

Todo parecería indicar que debido a la enorme importan--cia de la formación integral, deberfan implantarse cursos es--pecíficos para el desarrollo de ciertos hábitos; sin embargo, mi parecer es que no y también es el parecer de algunos inge--nieros químicos dedicados a la investigación educativa. Para poder justificar esta conclusión debemos tocar primero dos --puntos sobre nomenclatura y sobre la evolución del aprendiza--je en la resolución de problemas.

7.1 Nomenclatura de la resolución de problemas

Esta nomenclatura "es de mayor uso en las personas que -desean pensar y hablar acerca del proceso de resolución de --problemas, que en la persona que desea resolverlos (...) Per--mite una descripción más exacta del proceso de solución de --problemas, lo que facilita el comunicarla a otro"(47) pero -no quiere decir que los problemas deban resolverse así.

Las actividades que se realizan al resolver problemas se pueden clasificar en:

- "Rutinas: son aquellas operaciones que una vez empezadas no dan oportunidad para tomar decisiones y proceden por medio de pasos matemáticos simples o complejos para obtener una solución única (...);

- Diagnóstico: es la selección de rutinas correctas (...) Hay un camino único que recorrer y el estudiante lo debe encontrar.

- Estrategia: es la selección de una rutina particular entre muchas otras rutinas, y todas son conocidas por el estudiante.

- Interpretación: es la reducción de una situación del mundo real a datos que se pueden usar en una rutina y la extensión de la solución de un problema para determinar sus implicaciones en el mundo real. Incluye hacer suposiciones apropiadas e interpretar los resultados.

- Generación: es el desarrollo de rutinas que son nuevas para la persona que resuelve un problema. Puede consistir simplemente en ordenar ciertas rutinas de forma nueva, en cuyo caso está sólo recordando -esto no sería propiamente gene-

ración pero puede también unir ideas no relacionadas previamente produciendo un nuevo plan de ataque; en este caso estará realizando una actividad creativa (...) para la cual él nunca ha sido instruido."(47)

Esta taxonomía aunque "basada en la dificultad de las actividades (...) no implica una secuencia temporal.

Los problemas pueden clasificarse como cerrados, abiertos de una sola respuesta y abiertos con varias respuestas. Los primeros se resuelven primordialmente por diagnóstico y rutina; los segundos, además, utilizan o requieren estrategias y en los terceros se enfatiza la generación y la interpretación."(47)

7.2 Descripción de la evolución del aprendizaje de un alumno de ingeniería química.

a).- "El principiante es básicamente un especialista en rutinas. La mayor parte de sus experiencias educativas han sido dirigidas a enseñar rutinas cada vez más complejas. Esta persona no sólo es hábil en aplicar rutinas sino también en aprenderlas. Trata de reducir todo problema a una aplicación de rutinas. Su habilidad para el diagnóstico es limitada (...) tiene un repertorio muy pequeño de fórmulas (...) Su habilidad para la estrategia es rudimentaria (se refiere casi

exclusivamente a decidir entre utilizar un paso antes que otro según su conveniencia en la calculadora) (...) Su habilidad para la interpretación casi no existe. Consiste casi completamente en la identificación de incógnitas o variables conocidas en el enunciado del problema para poder usarlas (...) Su habilidad para generar todavía no existe. Él catalogará como injusto cualquier problema que sea diferente de los que le han enseñado."(47)

¡Claro! ¿Cómo piensa generar si no tiene ningún conocimiento? El problema en la Facultad de Química es que en octavo semestre todavía el estudiante muchas veces está con este esquema.

b).- "En el segundo año de la carrera el estudiante ha agregado muchas rutinas a su repertorio y ha aprendido a manejar rutinas de tipos más complejos (...) en sucesión, entre las zadas... y en el área de diagnóstico ha hecho un progreso comparable, ha ido tan lejos como ha podido (...) pero en el área de estrategia la batalla acaba de empezar. Con muy poca habilidad para la interpretación y en el área de generación se ha tenido un comienzo."(47) Una de las razones que se aduce para un desarrollo tan pobre en la carrera es que "los problemas de estudiantes de segundo año son casi siempre cerrados."(47) con lo que desde los primeros semestres deberíamos

poner problemas abiertos con varias soluciones para acelerar el proceso. La materia de Balance de Energía y de Materia no se presta mucho.

Démosnos cuenta de que durante la carrera hay poca oportunidad de razonar. Esto hace que las materias básicas que deberían enseñar conceptos y no técnica se aprendan como una rutina y el alumno adolezca de todas estas materias que le impedirán:

- aplicarlas correctamente a las materias siguientes o - aplicarlas únicamente como rutinas (este es el caso del cálculo en todos los niveles y de las matemáticas);

- no dominar esas materias que muchas veces tienen un sentido y aplicación propios (es el caso, por ejemplo, de la Termodinámica).

b).- "El tercer año se enfoca primordialmente al desarrollo de la estrategia. Hay un énfasis en buscar el mejor camino para resolver un problema dado. Aún se enseñan rutinas y diagnósticos pero sólo en el sentido de incrementar el repertorio del estudiante."(47) Así debería ser en el transcurso de toda la carrera universitaria desde el comienzo y en cada materia: conocer y dominar -mediante muchos ejercicios- las rutinas principales.

"La interpretación comienza a ser de importancia considerable conforme la atención del estudiante se enfoca más y más a las implicaciones del mundo real de su trabajo."(47) Aquí quisiera sugerir que el alumno empiece pronto a trabajar o a resolver problemas reales, ya que ahí es donde se realiza la interpretación. Puede inferirse que conviene que los alumnos trabajen desde el primer semestre; podría ser durante las vacaciones. Se podría crear una bolsa de trabajo de verano como en M.I.T. (vid. 15)

"La habilidad para generar soluciones continúa desarrollándose, conforme al estudiante es forzado a afrontar problemas que no le son familiares."(47) Otra sugerencia importante es enfatizar desde el principio en una gran variedad de problemas que aumenten la posibilidad de generación de estrategias o rutinas.

d).- "Al final del cuarto año, el estudiante ha completado la resolución de problemas en rutinas, diagnóstico y estrategia; es un erudito en interpretación en su área y ha tenido algunas oportunidades para generar"(47) sin embargo, ha desaprovechado los conocimientos de la mayor parte de la carrera. Cuando puede utilizarlos los tiene muy olvidados y necesita grandes esfuerzos para recordarlos. Véase, por ejemplo, la necesidad que hay en varias materias de hacer repaso de temas y conceptos vistos en semestres anteriores y que ya deberfan ha

berse comprendido totalmente.

Esta evolución del estudiante descrita puede percibirla cualquier profesor que haya dado materias en diferentes semestres si no es que observa que los alumnos nunca salieron de la primera etapa.

Esta descripción real de un aprendizaje tan precario nos hace reforzar que no es posible pretender con un sólo curso de formación de hábitos que el alumno cuente con la suficiente preparación para afrontar los diversos problemas de su vida profesional ya que "muchas de las habilidades llevan gran cantidad de tiempo para desarrollarse (...) algunas más de un año; por ejemplo, (...) clasificar información, estudiar y preparar material de repaso y ser creativos (...) Un sólo curso de resolución de problemas no es efectivo si no existe un reforzamiento continuo, pero sí debe existir tan templano como sea posible, dentro del currículum."(19)

7.3 Insuficiencia de la implantación de un curso de creatividad y resolución de problemas.

En la tesis antes mencionada (cfr. 9 p. 178-179) se propone un buen curso propedéutico de creatividad y resolución de problemas apoyados en que "en las universidades norteamericanas existen cursos exclusivamente de resolución de proble-

mas como un complemento de los cursos curriculares."(9)

"Las habilidades pueden desarrollarse en abstracto por medio de ejercicios, sin embargo, es mejor desarrollarlas al resolver, adecuadamente problemas relacionados con la profesión" (72)

En realidad, resulta más fácil contratar a un grupo de pedagogos especialistas para que impartan esos cursillos que capacitar a todo el personal docente; sin embargo, no sería esto romper con la formación integral? Los alumnos se esmerarán en cubrir esos requisitos; pero, una vez aprobados los cursos ¿Sabrán aplicarlos? ¿No continuarán haciendo los mismos trabajos, atacando los problemas de igual modo? Se trata de que adquieran los hábitos y esto se logra por repetición de actos, no por conocimiento de técnicas que además se encuentran desligadas de las demás materias.

¿De qué puede servir 'el cursito' si -según la tendencia analizada por ellos mismos (Cfr. 9 p. 189)- el alumno está en casillado en unos moldes que lo van llevando a tener cada vez menor creatividad? La solución más lógica, aunque requiere un esfuerzo mucho mayor, es procurar ir rectificando el rumbo continuamente en cada semestre, en cada materia, dentro de los límites que permita cada una de ellas pues hay materias que se prestan más que otras a educar en unos ciertos hábitos.

"Con demasiada frecuencia, cada habilidad se enseña de manera aislada del proceso del pensamiento. Este proceso para describir o analizar cada habilidad no es el camino lógico

pues los alumnos lo suelen ver como otra serie de ideas que - deben memorizarse. Deben aprender cómo las habilidades del - pensamiento se relacionan y combinan" (46) de manera natural.

Richard. M. Felder propone unos ejercicios sencillos para estimular la creatividad a través del inicio de discusiones en clase (la gente se soltó más) y pudo lograrse sin tomar mucho tiempo de una clase."(34) Hay que dar oportunidad para desarrollar estas habilidades en los cursos ordinarios - de un semestre para que el estudiante se acostumbre a aplicar lo. No basta que lo conozca, debe también estar familiarizado con su aplicación.

El desarrollo de ciertos hábitos debe ser a lo largo de la carrera pues eso en sí ya es un hábito (repetición de actos) y esta es la gran diferencia que existe con la instrucción o acumulación de una serie de conceptos, datos o rutinas. La Universidad no es equivalente a una formación técnica sino que debe ir más allá.

Con lo expuesto hasta este capítulo se puede hacer notar que:

- "los ingenieros supuestamente son expertos en resolver problemas, por tanto, nuestros programas de ingeniería (...) deben enfocarse al desarrollo de habilidades para la resolu-

ción de problemas."(19) No pueden adquirirse estas habilidades si no se enseñan de modo constante durante los cinco años de la licenciatura;

- "por muy básico que sea un curso, los estudiantes necesitan guía, reforzamiento y ayuda sobre cómo resolver problemas."(19) Si se hace una excepción pueden perder los hábitos adquiridos que todavía son incipientes;

- "las mismas dificultades se observan en la mayoría de los individuos observados por lo que el entrenamiento es insuficiente en la mayoría de los programas educativos a todos los niveles"(19) incluso en los que se imparten cursos de creatividad, resolución de problemas, etc.;

- Una cosa que no puede olvidarse es considerar el tema con demasiadas visiones simplistas; "la resolución de problemas en sí, la estrategia utilizada y las habilidades que se necesitan para aplicar una estrategia es compleja."(19)

7.4 No es aconsejable impartir cursos especiales sobre otros hábitos.

En el caso de formación de la responsabilidad (ética), auctores disputant: La AAAS Professional Ethics Project comenta que "sería muy bueno incluir algún problema o comentarios

en esta línea dentro de la misma discusión en el aula y no como cursos separados. Se trata de llevar la macroética (nociones generales) a la microética (la de las relaciones interpersonales)"(36) y el mismo ingeniero con experiencia profesional es el más capacitado para ello; no un filósofo que desconoce el cálculo o la terminología, la situación de un caso concreto de la industria, etc.

Esto mismo es recomendable para las demás nociones de redacción, creatividad, etc.

G.C. Lindaver y colaboradores establecen que "es deseable enseñar la ética continuamente y en todas las materias de algún modo a lo largo de toda la carrera; sin embargo, se ha visto que es una meta utópica."(48) La razón de que sea una utopía puede ser que resulta muy difícil lograr convencer a todo el claustro de profesores de esta necesidad; sin embargo, Henry Tucker proponer una solución (Cfr. 39): capacitar a los maestros con talleres en donde se discutan estos temas, presididos y dirigidos por expertos en el tema (ética en su caso), durante los periodos intersemestrales (en nuestra Facultad).

Este mismo autor insiste en el desperdicio de cursos especializados porque "es mejor dedicar los primeros cinco minutos de cada clase a comentar estas materias. Con diez cursos utilizando estos momentos se cubren las mismas materias de un

curso completo específico y con mayor eficiencia."(39)

Otros (cfr. 35) proponen que se dé en la carrera un curso de educación ética y legal dado por especialistas con experiencia profesional. Esta puede ser fundamental para una educación integral. Por la profundidad del tema puede ser menos apropiado para un curso de bachillerato.

¿Por qué no se enseñan estos hábitos en el bachillerato? "Algún día los alumnos llegarán a la universidad con una fuerte base de habilidades para resolver problemas pero mientras tanto -no hay que hacerse ilusiones- los profesores requieren aprender esas habilidades y enseñarlas a sus alumnos."(46) -- Las quejas no sirven de mucho. Tratemos de cubrir esas lagunas -a veces verdaderos océanos- en el período en que tenemos el control sobre ellos o, mejor dicho, mientras podemos educarlos; es decir en la Universidad.

C A P I T U L O 8

CONCIENCIA DE LA FORMACION INTEGRAL

8.1 El profesor es primero

La tarea de formar es ardua. "El maestro genuino sabe - que la educación es una osada empresa, una aventura singular en la que es preciso poner toda al alma"(4) y deben saber que, hagan lo que hagan, "siempre van a influir."(1) Muchas veces el profesor es el único punto de referencia que tiene un alumno de lo que es la vida profesional de la ingeniería química. "Los profesores modelan y esculpen en el alumno la imagen adecuada que requiere un profesionista moderno"(14): si fallan, se resentirá la formación de decenas de futuros ingenieros.

Se trata de que nos concienticemos todos de que la enseñanza se "puede mejorar no sólo persiguiendo objetivos de mayor calidad, sino también persiguiendo más objetivos"(1); no mejorar únicamente el aspecto académico -que siempre es limitada- sino buscando además una formación integral de la persona. "La crítica más negativa que podemos hacer de un educador no es la de haber fracasado en sus intenciones, sino la de no poder saber si fracasó porque no sabía a dónde iba."(1)

Esta influencia del profesor es más notoria en México - por la cantidad tan grande de horas que el profesor está fren

te a sus alumnos: "el contraste tan alto en el número de horas semana en los planes de estudio de las Universidades de México en contraste con otros países deja entrever otro aspecto por demás crucial en la enseñanza de cualquier licenciatura, relacionado con el papel del maestro y del alumno. Sin lugar a dudas el elemento más importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje es el maestro, mejor dicho, es lo que el maestro hace o promueve hacer."(3)

La motivación no se consigue escribiendo en el pizarrón con gises de varios colores (motivación emocional) sino haciendo ver los motivos de la excelencia, luchar esforzadamente por dar siempre lo mejor de sí mismo que no se trata de hacer super-hombres sino hombres-superiores que, como afirmaba Ortega y Gasset con los que más exigen.

¿Cómo lograrlo? Con una cepa de profesores capaz de proporcionar ese complemento de educación integral, profesores que posean una visión realmente amplia y que sepan motivar a la búsqueda habitual de la excelencia porque ellos así lo viven."(2)

8.2 El profesor dirige la sesión, no imparte cátedra.

En hacer la clase dinámica coinciden la mayoría de los autores: el mismo Dr. Ruíz García apunta que "espero que estas -

reflexiones promuevan que el maestro deje de ser un mero conferenciante o escritor de pizarrones y que estimule el esfuerzo intelectual del alumno en lugar de conformarse con transmitir soluciones acabadas. El maestro de Ingeniería Química debe ser valorado no por lo que sabe o es, sino por lo que logra que sus alumnos sepan y sean: el profesor es un catalizador del aprendizaje del alumno."(3) En la Tesis de Pedro López Eiroa se dice que "el profesor debe crear una atmósfera de libertad (no exámenes con solución única) estableciendo límites y responsabilidades." También se señala como conclusiones que los profesores deben ser más bien moderadores o gufas para la discusión y no imponer formas de pensar, sin irse al extremo opuesto. Se recomienda premiar o motivar otras formas de analizar o resolver un problema pero con la gufa del criterio del profesor. E. Raudsepp propone "motiviar al alumno a que opine y disienta con toda claridad y no a castigar cuando se equivocan o dicen alguna locura."(49)

"Las clases son, propiamente hablando, no exhibiciones o ejercicios de arte técnica, sino sesiones de trabajo; están destinadas a impartir algo definido para aquéllos que asisten, y éstos por su parte, buescan recibir lo que el maestro ofrece. Se trata de un contrato tácito: 'yo hablaré si vosotros escucháis' 'yo vendré aquí a aprender, si ustedes enseñan algo que valga la pena'. En un despliegue de oratoria, todo el esfuerzo es de un sólo lado; en una clase, es compartido en--

tre dos que cooperan hacia un fin común."(50)

"Podemos comparar la clase con una CONversación, destacando la sílaba 'con' ya que conversar es hablar 'con' alguien, no hablarle 'a' alguien. La persona que sabe escuchar participa en la conversación con preparación y cuidado; y esta participación activa de la inteligencia y del interés garantiza mayor provecho y agrado del material expresado.(...)

El 'deporte intelectual' de conversar (hablar-escuchar) consiste en: interesarse por el tema, prestar atención desde el principio, acompañar activamente el desarrollo hasta el fin e intervenir de manera oportuna e inteligente.

Esto, aplicado a la formalidad de una clase nos permitirá:

- conseguir un mayor dominio de las ideas expuestas.
- ponderar la exactitud y objetividad de los datos presentados.
- discriminar entre lo esencial o básico y lo accidental o secundario.
- organizar mentalmente los distintos aspectos del tema.
- reflexionar acerca de lo escuchado.
- tomar apuntes de modo correcto, claro y eficaz.
- apreciar el valor e importancia de las conclusiones.
- descubrir relaciones y aplicaciones.

- disciplinar el razonamiento en términos simples, claros y accesibles, enriquecer el desarrollo del propio lenguaje."(18)

"La duda y la objeción del alumno que reflexiona sana y críticamente valen más que la aceptación crédula y pasiva de las afirmaciones del profesor por parte de los alumnos inertes o indiferentes. El buen profesor no sólo permite que sus alumnos formulen preguntas para exponer sus dudas y objeciones y para pedir aclaraciones sino que los invita a que lo hagan. No tiene pretensiones de ser omnisciente o infalible; es honesto, dispuesto a reconocer sus limitaciones o sus errores momentáneos y agradece las rectificaciones hechas por sus alumnos. Pero no es ingenuo ni tolera preguntas insidiosas, dispersivas o extravagantes con que algunos alumnos impertinentes procuran perjudicar el curso de los trabajos, confundir al profesor o crear un ambiente de indisciplina."(51)

El mismo autor comenta sobre de un 'lenguaje didáctico' - que debe tener las siguientes características:

- "Corrección desde el punto de vista lógico y gramatical.
- Sencillez que permita distinguir cada idea, expresada de modo simple y con términos adaptados al nivel del grupo.

- Enfasis en conceptos o pasajes difíciles, por medio de inflexiones de voz.
- Evitar el exceso de palabras y las 'muletillas' que -- restan claridad.
- Los términos nuevos y tecnicismos deben ser consignados y explicados debidamente.
- El tono que más conviene es el de la conversación y la mejor forma de expresión la dialogada, a fin de evitar la monotonía.
- Nada de 'extasis oratorios' sin finalidad.
- El ritmo o velocidad, no debe aproximarse ni al dictado ni al de la ametralladora.
- A menos que sea imprescindible, evitar expresiones extrañas a los demás, por su academicismo; tecnicismo o regionalismo (Hay que considerar que tienen que irse familiarizando con los conceptos de estado, sistema, variable, régimen, etc.).
- Hablar con convicción y entusiasmo, sin arrogancias ni actitudes teatrales exageradas.
- Centrarse en las ideas y dejar en cierto suspenso las emociones.
- Amabilidad: lo que se llama una 'cierta sonrisa'."(51)

c) ¿Cómo lograr una sesión dinámica?

- Exteriorizar y preguntar el planteamiento. "El maestro debe darse cuenta de sus propias tácticas de resolución de pro

blemas (...) y explicar cada parte a sus estudiantes para poder ayudar-les a visualizar que ellos están aprendiendo un -- proceso, más que una serie de soluciones al alcance de la mano."(47). Puede ayudar pedir al estudiante que primero analicen el problema; por ejemplo, cuando se discute en clase un problema y se dice lo que se va a hacer, comentar: "Ya ven, - el problema ya está resuelto. Lo que queda es 'talacha',"

"Más que pedir la respuesta de un problema, se puede pedir al estudiante que diga: a) ¿Cómo lo resolvería?; b) ¿Por qué seleccionó este método?; y c) Orden en que desarrollaría las rutinas en la solución (menos importante) (...) Se debe atender en hacer consciente al estudiante de las decisiones - que él toma y la razón de ellas (...) Si el énfasis de la - clase se pone en estas preguntas, se pueden proponer y examinar más problemas en un mismo período de tiempo."(47) Al - principio es difícil, los alumnos no participan tan fácilmente.

"Insistir mucho en el diagnóstico. Si los diagnósticos iniciales son correctos el estudiante desarrolla confianza en sus propias habilidades y no le teme al proceso"(47); sabe a dónde se dirige.

- Hacerles ver que no pierdan la objetividad. Esto puede ayudar a que participen más activamente en clase. "La for

ma en que determinado concepto se aprenda potencializa la posibilidad de transferirlo a nuevas situaciones, lo cual debe hacerse en función de elementos que muestren la máxima generalidad (toda la variedad de fenómenos posible), estabilidad (consistencia científica con base en la mayor cantidad de datos posibles) y claridad (describir las situaciones de manera completa y concisa).(...)

El material empleado en la estrategia educativa en forma de secuencia debe ser lo suficientemente claro y estable para proporcionar una base conceptual que permita la incorporación y retención de nuevo material; los conceptos deben diferenciarse progresivamente en cuanto a términos de detalles y especificidad. En los niveles finales del aprendizaje debe volverse al nivel de generalidad del aprendizaje. El tratamiento de esta situación de profundidad implica la idea de una espiral acumulativa (ascendente) en donde el concepto se trabaja una y otra vez en nuevos y diferentes conceptos."(9)

Un ejemplo puede sernos de utilidad: En una clase el 31 de octubre de 1988 en un curso de ingeniería de procesos, el Ing. Jorge Martínez Montes dio una serie de ideas acerca de lo que es un sistema y un proceso:

"Sistema: conjunto de dos o más elementos en el que cada elemento afecta el comportamiento de todo el conjunto;

- a) También puede extenderse a que cada grupo de elementos afecta al funcionamiento de los demás grupos;
- b) las propiedades del sistema son del conjunto y no de los elementos que lo conforman (unidad de funcionamiento). La optimización se aplica al sistema, no a las partes;
- c) las propiedades esenciales de las partes son las que ellas pierden cuando las separamos del sistema.

Proceso: conjunto de actividades secuenciales que tienen un objeto común con o sin transformación química. Una operación unitaria no es un proceso porque no se alcanza un "objeto final".

Desde un principio no se dice cuáles son las partes del sistema y que se van a aislar para entender mejor el conjunto. La asignatura de Balance de materia y energía es donde habría que dar la visión global.

Al resolver un problema de balance de materia y energía el profesor debería explicar oportunamente que las condiciones del problema vienen dadas por el proceso; es decir, se está resolviendo una parte únicamente de tal manera que el estudiante relacione significativamente lo que está haciendo como una porción de un proceso global real de la industria y se en

contrará más motivado. No dar esta visión global al inicio de la carrera provoca que el alumno encuentre poca relación de una asignatura con otra y la realidad.

- Motivar con el símil profesional. Aclararle al alumno que la carrera universitaria es su primer trabajo profesional, que no están 'como' trabajando, sino en un trabajo real, con entregas y pedidos (tareas), con premuras de tiempo y control de calidad (exámenes). Esta idea la desglosaré más adelante. Si el estudiante es capaz de entender esta idea probablemente tomará más en serio sus participaciones en clase.

LOS PROBLEMAS: HERRAMIENTAS MAESTRAS PARA LA FORMACION

Primeramente hay que definir qué es un problema. "De acuerdo con el diccionario es un conjunto de hechos o circunstancias que dificultan la consecución de algún fin. O también podría definirse como una situación novedosa que se necesita atender o resolver y para la cual no se tiene solución inmediata"(72)

9.1 ¿Qué es resolver un problema?

Por resolución de problemas se entiende a "la actividad por medio de la cual se determina el mejor valor para una incógnita, bajo un grupo de condiciones determinadas (...) e incluye cualquier actividad desarrollada para solucionar un reto."(20) Puede ser interesante hacer notar:

a) "que si una persona recuerda inmediatamente la mejor respuesta a un problema, entonces, no está resolviendo un problema" (20) como haré notar más adelante;

b) no se puede olvidar que "lo que puede no ser un problema para una persona puede serlo y muy complejo, para otra"(20) siendo en ocasiones un caso común para un profesor de gran experiencia el no ponerse a la altura de sus alumnos;

y

c) "el término de resolución de problemas es sinónimo de toma de decisiones."(20)

Una de las herramientas maestras para la formación integral de un ingeniero químico es la resolución de problemas. La primera razón es porque el ejercicio profesional consis-

te precisamente en eso: resolver problemas de diversa índole; ya sea en la industria, la docencia o en la investigación. Una labor que no implique proponer soluciones —de preferencia originales— a una situación dada no dejará de ser un trabajo muy rutinario que tarde o temprano podrá ser realizado por un robot automático o una computadora.

La segunda razón es que gran parte del tiempo dedicado al aprendizaje, ya sea en el aula o en el estudio personal, consiste en resolver problemas.

Resultaría interesante poder analizar el porcentaje de horas de clase que los profesores dedican a resolver problemas así como el tipo y número de problemas; sin embargo, este no es el objetivo de este trabajo. Realmente la actividad de mayor eficacia comprobada para el desarrollo de estas habilidades (...) es la resolución de problemas como tarea -- y que son supervisados en clase, así como problemas resueltos en el pizarrón. Nadie ha encontrado una mejor forma de aprender."(47)

Una tercera razón que justifica que deban resolverse -- abundantes problemas en clase es que "La exposición meramente conceptual de una asignatura en general no es suficiente para producir una vivencia. Un método de exposición exclusivamente es defectuoso, sobre todo si tan solo se confina al -

terreno de lo abstracto, mientras que una exposición con abundantes ejemplos (ayudan a la imaginación), auxiliada con el uso del pizarrón (motivando visualmente), intercalando preguntas, respuestas, diálogos y con participaciones de todo el grupo (promueve la inteligencia y la expresión oral en el alumno) y si se realiza en el laboratorio (desarrolla la facultad creativa) tiene mayores probabilidades de éxito, ya que el estudiante relaciona mejor sus conceptos y sus habilidades."(52)

En la resolución de problemas considero todo tipo de problemas a los que se enfrenta el alumno: los resueltos o planteados en clase, las colecciones o series de problemas como tareas y los que se utilizan para una evaluación (examen). De aquí que en estos tres momentos diferentes los problemas tienen un cariz similar en los lineamientos generales.

Se considera que la resolución de problemas como tarea "apunta primordialmente hacia aprender y usar rutinas."(47) (Lo que se conoce comúnmente como "talacha") y prefiere dejarse al alumno con el objeto de que se ejercite ya que las sesiones son muy breves. "Esta puede ser la razón de que los estudiantes sean más eficientes en esto (aplicar rutinas) que en ninguna otra cosa. Obviamente ellos aprenden mejor lo que practican más."(47) Incluso a través de la práctica logran convertir todos los procedimientos en rutina. Por esta ra -

zón se recomienda incluir en las tareas problemas de diagnós-
tico, de estrategia, de interpretación y generación.

La solución de problemas no debe convertirse en rutinas. En una cátedra de 1989 el Prof. Jorge Mandoki decía: "Los problemas de examen son ejercicios, no problemas pues tienen -- una solución única, se sabe perfectamente cómo resolverlo..." A continuación trataba de distinguir entre lo que es resol - ver un problema y lo que es una solución:

	Salir al paso, retrasarlo, absolverlo
"ab-	Aplicar una solución anterior, resolver
re-	lo.
-	SOLUCION
di-	Aplicar una solución no existente en el
	pasado.
	Resolver para siempre. Extraer del <u>pro</u>
	blema toda la riqueza que contiene.

El cuarto modo de resolver un problema es el más difícil pues requiere la mayor creatividad ya que tenemos que crear - en nuestra mente escenarios donde pueda ocurrir el problema, prever la posibilidad de que puede repetirse en el futuro y bajo otras circunstancias.

Para resolver un problema se requiere tener buen crite - rio (sentido común = criterio = aplicación "acertada" de la teoría a la práctica). Esto es lo difícil y es la finalidad de la enseñanza."

Una consecuencia de tener que inculcar el buen criterio a los alumnos es que los tipos de problemas y exámenes deben ser de temas completos o bien planteados de tal forma que -- quede patente que son parte de un todo, de un problemas real. La frase que será el estribillo de todo este apartado y en todo caso una conclusión de este tesis es: LOS PROBLEMAS NO PUEDEN SER UNA SIMPLE APLICACION DE RUTINAS. Además tal vez un problema dado se aplique en el futuro profesional y cualquier problema real puede servir para la elaboración y redacción de la tesis profesional, preocupación en la Facultad -- por aumentar el índice de titulación. Esta idea ha sido de sarrollada por el Dr. Alain Queré de la Facultad de Química - de la UNAM en el área de Química Analítica. El propone pro - blemas reales de tarea o examen muy completos, con muchos - elementos, donde se enfatiza no sólo una carga conceptual ele vada y una carga de práctica de un procedimiento sino de - otros aspectos directamente no académicos: redacción, compren sión de un texto, etc. La filosofía de estos problemas pue de aplicarse perfectamente a un curso introductorio de Inge - niería Química.

9.2 Número de problemas recomendado

"La enseñanza (en Ingeniería Química) es la traducción - del conocimiento de la teoría a la aplicación práctica dentro de la sociedad."(53) Es por ello que el uso de ejemplos rea-

les y abundantes en clase es importante así como una de las mejores maneras de motivar a aprender.

Mientras mayor sea la diversidad y número de problemas, mayor serán las oportunidades de que el estudiante desarrolle sus capacidades. Se podría establecer una relación directa: mientras más problemas diferentes mejor comprensión.

"La habilidad para generar soluciones continúa desarrollándose, conforme el estudiante es forzado a afrontar problemas no familiares."(47) Habría que enfatizar, por tanto, una variedad muy grande en los problemas. Sin embargo existe un límite y si se sobrepasa ese límite, los estudiantes se desanimarán y podrá resultar inútil tanto esfuerzo invertido. Pero también, muchas veces ellos mismos no son conscientes de que son capaces de mucho más de lo que están acostumbrados: se infravaloran. La motivación y el interés en cada curso puede ayudar a incrementar ese límite, sobre todo si se desarrolla una buena didáctica de la Ingeniería Química.

Este límite es bajo en México, ya que el número de créditos y horas en el aula es muy alto a lo largo de toda la carrera. La cantidad de tiempo invertido en la resolución de problemas está determinado por el porcentaje de créditos asignado por materia: en la Facultad de Química se asigna para el estudio personal, la mitad de horas de clase. Indudablemente

este porcentaje es bajo. Lo conveniente es asignar el mismo tiempo de estudio personal que en horas de clase por semana o de preferencia incrementarlo un poco más.

Sería recomendable también ampliar el tiempo disponible para realizar un trabajo con el objeto de que los estudiantes den todo lo que puedan y no se conformen con cubrir un mínimo presionados por el tiempo. Como apuntaba correctamente el -- Prof. Jorge Mandoki: "el parámetro tiempo es una variable fundamental en el ingeniero y en el aspecto académico generalmente esto no se toma en cuenta". Como si en la industria fuera indiferente detener la producción una hora o dos semanas por que no se puede cambiar una válvula, una bomba o lo que sea.

Para motivar al alumno --o mejor dicho, para no desmotivarlo demasiado-- hay que aclararles que al incluir la variable tiempo, es la mejor preparación para su ejercicio profesional: siempre habrá que contar con la premura de tiempo. La carga de trabajo --tareas, series de problemas, laboratorios, etc.-- debe ser intensa y constante y así hay que hacérselo --ver a los alumnos. De este modo se acostumbran a trabajar bajo presión --de tiempo en este caso-- y se preparan para el futuro ¿cuántas quejas hay de que el trabajo es duro, de que la entrega de un pedido es muy prematura, de que se demoran excesivamente los proveedores, etc.?

Una herramienta que puede ayudar a incrementar el número de problemas es la utilización de las computadoras. En un reporte americano indican que "los educadores deben reconocer completamente la mayor relevancia que la computadora y -- los paquetes de ingeniería tienen en la práctica moderna de la profesión. Esto lleva a que los problemas puedan ser más reales y a que pueda cubrirse más material del curso y mayor número de problemas. Mientras que se le pide al estudiante que resuelva problemas con el Software existente, hay una -- gran oportunidad de enseñar al mismo estudiante a estimar las soluciones mediante métodos cortos. Los métodos gráficos sencillos deberán conservarse únicamente por su valor conceptual o ilustrativo. El tiempo consumido en los cálculos manuales puede suplantarse por un diseño eficiente de Software para -- un más fácil y rápido aprendizaje de ideas."(44) De aquí se sugiere que una meta para la investigación educativa en ingeniería química sea lograr que las asignaturas de computación logren que el alumno desarrolle su propia paquetería de programas para los cursos posteriores, ajustar los contenidos de computación para este vínculo entre asignaturas que, efectivamente, se apliquen requerirán en otras asignaturas. Esto se puede lograr mediante el acuerdo entre profesores de diferentes cursos.

9.3 Estructura de un problema y métodos para atacarlos

a) Evolución del tipo de problemas.

Con el transcurso de los años, el planteamiento y más -
-sobretudo- el enfoque de cómo tienen que resolverse los pro-
blemas ha sufrido una evolución muy notoria.

En la actualidad existe una marcada tendencia de ir acen-
tuando el razonamiento y las implicaciones que tiene el utili-
zar un método u otro. En los libros anteriores de Balance de
Materia y Energía, en cambio resuelven los problemas exponien-
do únicamente un resultado, incluso a veces sin especificar -
las unidades. Puede observarse claramente esta evolución en
los problemas reportados en los libros de Litte John and - -
Meenaghan (1959) (62), Wittwell and Tonner (1969) (54), - -
Himmelblau (1970) (55), Thompson and Ceckler (1979) (56), In-
cropera y De Witt (1985) (57) y Valiente B., A. y Stivalet, R.P.
(1981 a 1990) (73 a 77); en libros más recientes hay un mayor
énfasis en qué hacer para atacar un problema, para ver si se
puede resolver o no, ver las implicaciones que tiene un resul-
tado grande o pequeño en los conceptos que se están tratando
de describir, etc.

b) Los métodos para atacar problemas.

Se proponen diferentes métodos para resolver problemas;
algunos de tres o seis pasos, otros simples o complejos, o
generales o detallados. La diferencia en los métodos se de-

be a diferentes formas de pensar, así como al número de personas que resuelve un problema dado. La forma de resolver un problema está dada por la estructura conceptual que utiliza la inteligencia; por tanto, los métodos tienen elementos en común: el método para atacar un problema está dado por los diferentes elementos del problema (grado de complejidad, nivel académico, interés por desarrollar determinada capacidad, etc.) y por la estructura del raciocinio.

Daugberg dice acertadamente que "necesitamos para nuestras mentes un proceso similar al de una computadora que requiere de un sistema operativo, lo que menos importa son los datos" (58) y concluye que "el sistema (estrategia) propuesto es una guía únicamente y debe utilizarse donde sea apropiado" (58) con lo que, entonces, habría de pensarse que bastan unas recetas para atacar los problemas y no realmente un análisis del problema.

Considero que no se debe encasillar al alumno a resolver cualquier problema del mismo modo restringiendo su creatividad en recomendar y establecer un método. "Lo más importante de una metodología en el nivel básico es establecer un lenguaje de comunicación entre el novato y el experto";(59) - Aunque hay profesores que piensan que este aspecto no es impertinente, indudablemente la metodología puede ayudar a entenderlo.

Cuando los alumnos "preguntan porqué lo que se hace mentalmente, explicamos que para que una resolución sea un éxito en la industria se requiere tener toda la información a la mano a fin de que cualquiera pueda revisar el trabajo o la respuesta" (cfr. 46) Con este argumento el estudiante entiende la importancia de la metodología y se le introduce en el trabajo del mundo real.

c) Algunas experiencias de cómo atacar un problema.

1. Método Mandoki*.

- 1) Definir el problema (no podemos hacerlo si no lo entendemos);
- 2) Definir la solución (limitarla);
- 3) Generar muchas opciones e ir analizándolas y descartándolas hasta llegar a la óptima.
- 4) Convencer a los demás de que esa solución es la adecuada. Es el paso más difícil.
- 5) Implantación.

2. Método Taylor (60)

- a) Darse cuenta de que algo es incorrecto (en ocasiones es muy fácil).
- b) Definir el problema y recabar datos.

* De la cátedra cursada en 1989.

- c) Evaluar posibles soluciones.
- d) Desarrollar la solución.

Este método tiene un enfoque de problemas industriales.
Es una estrategia muy simple.

3. Método de Polya (59)

- a) Entender
- b) Planear
- c) Realizar
- d) Retroalimentar

"Este método depende mucho de la suerte y de las suposiciones que se hace- y en un sentido tienen razón. Las suposiciones deben hacerse sobre un aspecto que debe ser conocido a fondo por el estudiante; de lo contrario no serviría. Como profesores a veces esperamos que los estudiantes intuyan los conceptos pero no sucede así."(61) Me recuerda lo que oí a un profesor que mencionaba que "no importa el qué sino el cómo" de una clase, tanto aspecto un tanto contradictorio porque del "qué" surge el "cómo".

4. Método GENT (46)

Considero que es una estrategia muy conductista porque no ayuda a tener la visión global de lo que se hace aunque

de resultado: se trata de ver la resolución de problemas abstractamente, como las matemáticas, mediante aproximación:

- G - Establecer el objetivo (Goal = meta)
- E - Escribir la Ecuación
- N - Establecer las variables que se necesitan
- I - Enlistar la información relevante

Es poco aplicar una fórmula mecánicamente sin objetividad.

5. Método de Daugbjerg (58)

Propone un proceso para resolver problemas que consta de cinco pasos. Enfatiza en ir a la causa del problema y no es lo mismo definir un problema y tomar una decisión; (...) mientras no encontremos la causa del problema, cualquier decisión que tomemos irá dirigida al efecto no a la causa."(58)

1) Definir el problema. "Un problema es una actividad -- (de la gente, de un equipo, etc.) que se desvía del comportamiento esperado"(58) aunque estrictamente no sería cierto por que en cualquier operación que funcione normalmente no se podrían plantear alternativas, pues estaría funcionando con toda normalidad. Pueden plantearse problemas en los que esto no ocurre.

2) Localizar los hechos. Consiste en "buscar el contraste entre:

- 1) Qué es el problema y qué no lo es;
- 2) dónde está el problema y dónde no está;
- 3) Cuándo sucede y cuándo no;
- 4) Dónde se extiende el problema y dónde no."(58)

Aquí se habla de análisis con el "objeto de evitar resolver un problema basado exclusivamente en semejanzas con los problemas anteriores resueltos análogos."(58)

3) Analizar los hechos. Que trata de preguntarse qué es lo que cambió.

4) Desarrollar posibles causas. Es lo equivalente a -- una lluvia de ideas. El experto en resolver problemas atina más rápidamente que el novato pero utiliza la lluvia de ideas del mismo modo.

5) Identificar la causa verdadera.

Todos estos pasos podrían incluirse en un solo paso de análisis de los datos o los hechos.

En esta estrategia faltaría demás la conclusión final o el balance del problema.

Daugbjerg menciona al igual que el Ing. Mandoki que "es difícil convencer a los demás que la propia solución es la correcta"(58); aspecto que se refiere a la forma, no al contenido, de la resolución de problemas ¿Para qué esta mención? para pedir a los alumnos que no descuiden la presentación, la claridad, la expresión escrita porque interesa saber convencer al profesor en un examen y aun gerente, a una multinacional, en el futuro.

6. Método Incrópera-De Witt (57)

Frank P. Incrópera y David P. De Witt en el prefacio a su libro de transferencia de calor comentan que "una meta de todos los cursos de ingeniería es formar al estudiante en el análisis de ingeniería de modo que utilice la información adecuadamente en los sistemas de diseño u optimización"(57) y para lograrlo proponen "un acercamiento sistemático a la solución del problema. El acercamiento involucra la delineación de todos los procesos relevantes en un diagrama esquemático del sistema físico, haciendo las suposiciones apropiadas, identificando las variables relevantes e introduciendo las ecuaciones de velocidad y conservación apropiadas que --predigan el sistema térmico estudiado (...) Nosotros --continúan los autores sentimos que los estudiantes que adoptan esta metodología son más capaces de aplicar la transferencia de calor a los problemas industriales."(57)

Mutatis mutandis este esquema bien puede utilizarse para el método de ingeniería aunque no sea la única forma de atacar los problemas. Todos los problemas resueltos de dicho libro siguen este mecanismo que no es otro que el mecanismo de la mente humana para resolver el problema:

- 1) Conocido...
- 2) Encontrar...
- 3) Esquema
- 4) Suponer
- 5) Analizar (desglose de cada paso independiente)
- 6) Comentar (esta es una ligera labor de síntesis)

7. Método de Red (59)

Es una modificación al método de Polya y tiene muchas semejanzas con el método Incrópera-De Witt.

- 1) Establezca el problema de una forma resumida (ojo con omitir cosas importantes).
- 2) Diagrama del sistema. Dibujarlo o simplificarlo para una mejor comprensión.
- 3) Datos: listar la información necesaria.
- 4) Encontrar: listar la información para encontrar un orden de resolución.

5) Suposiciones/Condiciones. Enlistar las suposiciones y condiciones bajo las cuales se trabajará. Se identifican las características importantes y se rechazan las poco importantes. Aquí es donde se hace comprensible el problema y se aplica un modelo realista.

6) Modelado/Variables. Se identifican los modelos matemáticos o gráficos según las suposiciones y condiciones del problema. Se definen variables apropiadas para describir -- las características del sistema, sus elementos e interrelaciones.

7) Plan. Escribir las ecuaciones con las incógnitas -- usando la información dada.

- 1) Llevar a cabo el plan
- 2) Revisar cada paso
- 3) Subrayar o encuadrar cada respuesta para identificar la fácilmente.
- 4) Asegurarse de que la respuesta tiene sentido común, es realista.

Esta estrategia me parece una de las más completas que reporta la bibliografía.

3.8 La estrategia de seis pasos de Mc Master (20)

Me parece una estrategia muy adecuada para dársela a los alumnos varias veces en clase para que se acostumbre a pensar y me parece que estos pasos ayudan a lograrlo.

1) Quiero y puedo. Motivación; reducir al mínimo la angustia: confianza. (¿Qué pasa si quiere y verdaderamente no puede? El alumno se frustra y se siente fracasado pasando a desconfiar del método. Sería mejor llamar a este paso "Quiero y debo").

2) Define la naturaleza del problema; entiende las palabras, identifica el objetivo, dibuja un diagrama, identifica el sistema, identifica las entradas, salidas, datos; identifica las restricciones evidentes.

3) Defina-Explore: a) Las implicaciones, el verdadero problema, los hechos; recuerda experiencias pasadas, la teoría, los conceptos fundamentales que parezcan pertinentes; b) Haz hipótesis, visualiza, idealiza, generaliza, simplifica; "¿Y si...?", traduce el problema a otra forma; c) Relaciona criterios medibles a objetivos y establece "objetivos reales", reúne información faltante.

4) Planea los pasos a seguir:

- a) Elige la táctica; trabajando hacia atrás, dividir en varios sub-problemas, contradicción heurística;
- b) Diseña un procedimiento;
- c) Reúne recursos.

5) Hazlo6) Mira hacia atrás (mejor sería mira hacia adelante)*

- a) Revisa si el resultado es razonable (órdenes de magnitud), si hay errores (si se satisfacen los criterios establecidos previamente);
- b) Identifica factores debidos a la experiencia que deben memorizarse;
- c) Explora las habilidades para resolver los problemas que has aprendido (en lo personal omitiría este inciso);
- d) Explora otros tipos de problemas que puedes resolver;
- e) Implanta/Comunica/Evita repetir errores.

Este sexto paso podría resumirse en: Revisar, Experiencia y Consecuencias.

* Nota del tesista.

3.9 Método del Dr. Bazúa

Tratando de seguir las exposiciones del Dr. Enrique Bazúa Rueda a las que pude asistir durante un año completo pude resumir aunque pobremente la metodología utilizada que se caracteriza porque nunca se pierde la objetividad de lo que está resolviendo, no pierde la visión global del problema del siguiente modo:

a) Primero plantea el problema y cuestiona a los alumnos ¿Qué está sucediendo? Nunca lo resuelve sin antes oír diversas opiniones (forzar al alumno a pensar).

b) A continuación, aclara en qué puntos están mal los alumnos y plantea la resolución —mejor dicho las soluciones— adecuada (platicado de una forma informal).

c) Escribe las ecuaciones correspondientes (nunca le pone números para llegar a un planteamiento lo más general posible).

d) Distingue qué partes son matemáticas, qué parte termodinámica, qué parte es experimental y qué parte un balance de materia y energía.

e) (Ahora sí, viene la) Resolución numérica sin desarrollar por completo (sería cuestionable si conviene hacerlo o no).

f) Confrontación de resultados.

g) ¿Qué nos ha dejado el problema? Conclusiones.

3.10 Método Stivalet-Valiente (72)

El método propuesto consta de cuatro pasos:

1. Traducción
2. Planteamiento
3. Sustitución y cálculos
4. Resultados

Actualmente hay abundantes libros de texto que utilizan este método (73, 74, 75, 76 y 77)

La traducción del problema es muy buena porque resulta más ingenieril; por ejemplo, las gráficas y diagramas de flujo se asemejan a los que se usan comúnmente en la industria.

Esta estrategia de pasos hace que los problemas puedan resolverse con mayor claridad.

Otra ventaja es que el método propuesto es rápido y fácil de aplicar de modo que permite resolver muchos problemas en poco tiempo. Es de utilidad para que los estudiantes ejerciten algún aspecto determinado.

Se echa de menos en cambio más ambientación del problema de modo que motive un poco más al estudiante de primeros semestres para resolverlo. También faltaría más recapitulación; por ejemplo, si se propone añadir una pequeña cantidad de sal a una corriente de agua para medir el caudal y medir la concentración de la sal aguas abajo, comentar si el método es

centración de la sal aguas abajo, comentar si el método es válido o no; es práctico o no, en qué casos sería muy útil y en cuáles no.

3.11 Método Rugarcía-Colín (78)

Haciendo un resumen de sus múltiples trabajos, la estrategia propuesta se puede expresar con la siguiente tabla:

<u>ETAPA</u>	<u>CAPACIDADES</u>
1. Detectar situación problemática.	Observación
2. Definir problema	Análisis. Síntesis. Simplificar. Generalizar. Evaluar. Aplicación de heurísticas. Discriminar.
3. Generar soluciones.	Creatividad. Aplicación de heurísticas.
4. Seleccionar solución.	Juicio. Análisis. Toma de decisiones. Evaluación
5. Revisar, prever, implementar.	Previsión. Comunicación. Creatividad.

Podemos concluir de este apartado que el método es importante y que el método no puede ni ser demasiado conductista como el de Red, ni demasiado general como el de Taylor porque esto no ayuda a localizar la causa del problema.

9.4 Ambientación del problema: un modo de motivar

"Los problemas con los que tiene que trabajar el ingeniero químico se presentan en el mundo real y se refieren casi siempre a las necesidades de producir más y mejores servicios o productos. Sin embargo, para resolver estos problemas deben trasladarse los requerimientos del mundo exterior al mundo de la mente y allí, con ayuda de las matemáticas, física y química o su combinación encontrar la respuesta que debe después traducirse nuevamente a términos usados en el mundo real (reactivos, productos, energía, equipos, etc.)"

"A pesar de todo el interés por la resolución de problemas que se manifiesta por la gran cantidad de publicaciones y cursos que se ofrecen sobre el particular en diferentes universidades, no se encuentran (fácilmente) libros de texto en los cuales se apliquen las técnicas descritas por los expertos a la resolución de problemas" (72)

Pienso que, aunque insuficientes, se han hecho serios esfuerzos por plantear los problemas como ocurren en las empresas o en las industrias, por ejemplo del siguiente modo: "algo está erróneo y debe corregirse inmediatamente, con seguridad y un costo mínimo." (63)

Aunque la ambientación de un problema no es la solución, resulta de gran utilidad para motivar a los alumnos. No hay que olvidar que "no hay sustituto del conocimiento de los fundamentos como flujo de fluidos, control de procesos, terofa de destilación, etc. como tampoco del conocimiento del proceso, planta o equipo del problema." (60)

He aquí un ejemplo de ambientación industrial del problema: "En los últimos minutos un producto se encuentra fuera de especificación. Debe corregirse pues estamos perdiendo dos mil dólares cada hora mientras producimos el objeto indeseable. El problema puede ser ocasionado por errores técnicos, de personal o de lo que sea."(63) Los datos requeridos para resolverlo normalmente se deben recoger (no se dan en el enunciado del problema).

Quiero hacer notar que en el ejemplo se menciona abatir costos. Si en la industria se utiliza la variable tiempo, con más razón hay que incluir la variable monetaria. "No olvidarse de la preocupación económica."(44)

Este tipo de problemas puede ser un estupendo modo de motivar a los estudiantes en la habilidad de resolver problemas y "quien tiene un porqué para vivir es capaz de soportar cualquier cómo" que, aplicado a nuestro caso sería: el alumno motivado se esfuerza más para encontrar la solución de los problemas.

La motivación es muy diferente si se escribe en un examen:

$$P_1 = 5 \text{ atm}$$

$$P_2 = 3,200 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

Proceso isocórico

$$T_2 = ?$$

A escribir: " Ud. trabaja en una empresa que provee de gas butano a más de 50,000 familias que tienen tanques estacionarios en sus casas. Recibe una queja de un cliente porque por la válvula de seguridad de un tanque comenzó repentinamente a salir gas; ocasionado al parecer porque el tanque fue sobrecargado en la mañana por los empleados y cuando salió el sol, el tanque comenzó a calentarse..."

Con este tipo de problemas "el ingeniero gana una gran experiencia en la familiarización de casos prácticos y además se involucra con la forma de atacarlos."(60)

Puede hacerse a los alumnos muchos otros comentarios de las ventajas de esta ambientación; por ejemplo, "las técnicas para encontrar problemas son similares a los utilizados para resolverlos. Esto resulta muy importante en un nivel elevado de resolución de problemas como optimización e innovación que además es resultado de un trabajo duro y muy extenso"(60) o cuando tengan que obtener un dato decirles que "deben estar seguros de que los resultados son válidos pues esto acarrearía serias consecuencias en la industria y podría llevar a conclusiones erróneas."(60)

"Es de gran utilidad este tipo de problemas para aprender a trasladar los conocimientos adquiridos a la vida profesio-

sional (al menos el alumno no podrá quejarse de que la carrera no sirve o no es lo suficientemente práctica). Una desventaja sería es que el alumno se puede quedar con la idea de -- que la realidad es muy simple."(64) Los problemas vistos en clase deben simplificarse necesariamente y a veces hacer que tenga una solución única cuando en la realidad puede haber varias opciones válidas igualmente.

¿De dónde salen estos ejemplos? "Los ejemplos utilizados son desarrollados por la propia experiencia industrial -- del que los diseña y discutidos por él mismo."(65) En este trabajo es difícil proponer en este sentido problemas a la -- asignatura de Balance de Materia y Energía de probada eficacia; son más bien, acercamientos.

También podrá observarse que se recomienda experiencia industrial en los profesores para poder hacer los problemas atractivos y cercanos a la realidad. Motiva de distinta manera que el profesor diga: "en la industria las cosas se hacen así" en lugar de que comente; "cuando estuve trabajando en -- tal compañía...". Esto no siempre es posible pues el profesor debería haber trabajado en todas las ramas de la ingeniería y es imposible encontrar a un profesor con estas características.

Como los problemas requieren estar muy elaborados se propone tener un banco de problemas que sirva para futuras generaciones de ingenieros químicos.

Aunque se trata de otra materia puede ser útil consultar la introducción que se hace a cada una de las prácticas (especialmente en la "Determinación del número de Avogadro") del Manual de Prácticas de Química General (1986) (79) en la que tuve el gusto de participar.

9.5 El planteamiento: lo más importante.

En la resolución de problemas "en primer lugar se debe tener el enunciado que resume los requisitos de algún problema real (en general llegar al planteamiento de un enunciado en el que se indique claramente cuál es la dificultad que debe resolverse es una tarea nada fácil cuando se trabaja en una planta o en un bufete de diseño)"(72)

Como pudo observarse, algunas metodologías como la de -- Daugbjerj, Bazúa o la de Mc Master se centran casi por completo en el planteamiento debido a la importancia tan grande que le dan y, además proponen muchas sugerencias de cómo plantear un problema.

"Si son rutinas deben tratarse como tal mediante un desarrollo de los pasos estructurado de manera formal y deben ejecutarse con grandes niveles de exactitud (...). Insistir mucho en el diagnóstico. Si los diagnósticos iniciales son correctos el estudiante desarrolla confianza en sus propias habilidades y no le teme al proceso."(47)

Antes de ponerse a resolver un problema hay que detenerse meticulosamente en el enunciado: "Leer bien requiere (...) habilidad para interpretar el contenido intelectual y las relaciones lógicas entre las distintas partes de un texto; des

cubrir las ideas centrales y los detalles impertinentes. Comprender un párrafo es como resolver un problema de matemáticas. Consiste en escoger los elementos debidos a la situación y reunirlos convenientemente, dando además a cada uno la debida importancia. La mente es, como si dijéramos, "asaltada" por cada palabra del párrafo. Debe seleccionar, reprimir, suavizar, encarecer, relacionar, y organizar todo esto bajo la influencia del tema en cuestión o del propósito o de manda."(18)

¿Cómo ayudar a que los alumnos se planteen el problema? En las estrategias de ataque para resolver un problema se propone cuestionar al alumno para que recapacite sobre el enunciado (véase la estrategia de seis pasos de Mc Master).

Otro modo propuesto es "hacer consciente al estudiante del proceso de pensamiento (...) El maestro debe darse cuenta de sus propias tácticas de resolución de problemas (...) y explicar cada parte a sus estudiantes para poder ayudarles a visualizar que ellos están aprendiendo un proceso, más que una serie de soluciones al alcance de la mano (...) El maestro debe expresar en voz alta el proceso de pensamiento que lo llevó a una solución: (después de preguntarles primero que se acerquen a la solución para no ahogarles la creatividad (...) aclarar porqué escogió una rutina en particular, (...) explicar los méritos relativos a las rutinas que ha considerado (consecuencia de la lluvia de ideas que está haciéndose interiormente), hacer un esfuerzo para ayudar al estudiante a desarrollar sus propios estándares de comparación y criterios

para tomar decisiones. De igual manera el estudiante aprende de más si se le pide que exprese su pensamiento en voz alta o en un papel."(47)

Otra buena conclusión de estos apartados sería pedir en las tareas y exámenes que digan primero cómo resolverían el problema, pedirles que anoten las suposiciones, etc.

9.6 Sugerencias en la forma de llevar a cabo la solución de un problema.

Estas sugerencias son las estrategias reportadas anteriormente; sin embargo, cada problema particular tendrá en ocasiones un lineamiento específico. Pondré algunos ejemplos.

a).- Cómo pedir que exterioricen el procedimiento por escrito: Porque "los estudiantes no se toman el tiempo suficiente para entender plenamente el enunciado del problema antes de tratar de resolverlo."(19) Una sugerencia sería dejar un tiempo antes de permitir que saquen lápiz o calculadora.

Esta exteriorización debe hacerse con claridad. "No se trata de escribir de acuerdo a los rigurosos cánones de la estilística, ni de la belleza literaria. No, simplemente de un mínimo de cuidado para que lo escrito diga exactamente lo que debe decir; eso es corrección. Azorín recoge esta ambi-

güedad: "quien es capaz de comerse un huevo frito es capaz de comerse a su padre y a su madre". Leído así, de pronto, parece una advertencia amenazante para los progenitores del lector, pero si el pronombre su se aplica, como se debe, al huevo, se entiende que se refiere al gallo y a la gallina. En el escaparate de un establecimiento comercial se lea lo siguiente: "Se venden guantes para señoras de hule" y otro letrero: "Gran venta: Mayoreo: pañales para niños desechables".(18)

La claridad les facilitará la comprensión; "por ejemplo, el anunciado "hay ocho veces más hombres (H) que mujeres (M)" ¿Se expresa por la ecuación $8M = H$ ó $M = 8H$? (...) Se encontró que la instrucción a nivel de "manipulación de símbolos" sin tomar en cuenta los modelos cualitativos, lleva a una falta de comprensión de la Física (...) (Esto es perfectamente aplicable a la ingeniería química, no sólo a la Física) El estudiante debe dominar el significado de cada símbolo; por ejemplo, al poner una ecuación habría que especificar o pedir al alumno que especifique, el significado de cada símbolo; así, es más fácil que el alumno caiga en la cuenta de algún mal planteamiento. En el ejemplo descrito, si se define:

M = número de mujeres

H = número de hombres

resulta más difícil equivocarse."(20) Este ejemplo es muy sim

ple pero muy ilustrativo.

b).- Cómo pedir que exterioricen el procedimiento verbalmente.

Para enseñar a pensar se requiere usar los medios de - - s-empres; por ejemplo, "que un estudiante resuelva en voz alta un problema de dos a cinco minutos mientras que los otros escuchan y animan a que verbalice todo y a que trabaje con cuidado, pedirles que escriban el proceso que siguieron para resolver el problema de la tarea y hacer preguntas de forma - que ayudemos a los estudiantes a reflejar los procesos mentales que emplean preguntas como:

- ¿En qué paso estás en el proceso de resolver el problema?
- ¿Ya leíste el enunciado del problema?
- ¿Qué crees que te están pidiendo que hagas?
- ¿Ya hiciste un diagrama?
- ¿Cuál crees que es el objetivo de este experimento?
- ¿Cómo crees que puedes lograr los objetivos?
- ¿Qué restricciones sientes para resolver el problema?
- ¿Puedes identificar el problema?
- ¿Dónde está?
- ¿Qué información te gustaría tener?"(20)

Y muchas preguntas similares.

Puede ayudar pedir al estudiante que primero analice el problema; por ejemplo, cuando se discute un problema en clase y el profesor dice lo que va a hacer, comentar: "Ya ven, el problema está resuelto, lo que queda es talacha." Ayudará -- también "dar a los estudiantes suficiente retroalimentación para que puedan apreciar las habilidades que están aprendiendo."(19) Se podrá solucionar mencionando el tema con frecuencia en clase; por ejemplo: comentando los exámenes resueltos y las tareas. También se podrá lograr "pidiéndoles que evalúen cada sesión y su progreso individual."(19)

c).- Cómo promover la interpretación.

"El diagnóstico de problemas es generalmente corto comparado con los problemas de rutinas, así que se pueden incluir varios en una tarea o examen sin producir mucho nerviosismo en el estudiante."(47)

Lo primero es evitar el formulismo. "Para pasar la mayoría de los cursos de física e ingeniería los estudiantes necesitan memorizar algunas fórmulas y aprender técnicas para resolver ecuaciones. Cuando esto es la única forma de conocimiento que tienen se pueden producir serios problemas; por ejemplo, pueden saber el procedimiento para calcular la aceleración de un objeto dando la función de la velocidad con respecto al tiempo pero sorpresivamente, cuando se trata de

hacer una descripción gráfica o verbal del fenómeno que involucra la aceleración lo hacen pobremente (...). En cada caso - los estudiantes aplican bien la fórmula pero el concepto cualitativo de la situación física es débil. Otro síntoma del conocimiento centrado en una fórmula es la tendencia a utilizar la fórmula en un contexto inapropiado. Esto ocurre especialmente en los problemas donde hay información extra."(65)

Se propone: "pedir dibujar gráficas cualitativas, dar -- una descripción verbal de los eventos y resolver problemas -- con información extra que pueden aplicarse en una fórmula inadecuada. Creemos que entender los conceptos es más valioso a lo largo de la vida que recordar fórmulas."(65) Rusell lo dice también: "proporcionando problemas con exceso de información, dando o pidiendo datos de muchas formas como dibujos, - tablas y gráficas, trabajando con objetos reales, etc."(47)

D.R. Woods no recomienda incluir un diagrama en el enunciado, o si se hace, pedir al alumno que encierre el sistema con una línea punteada para que trate de localizarlo (cfr. 19)

La razón que aduce Woods es más de fondo: las personas - tienen mayor o menor facilidad para captar un diagrama, una fórmula, un texto. Para que no utilicen una sola forma, propone que el estudiante "memorice los conceptos fundamentales clave en las tres formas: ecuaciones, gráficas y en palabras." (19) Por esta razón Woods anota como un reto "desarrollar la

habilidad de traducir descripciones verbales a formas gráficas como identificar las trayectorias del proceso en diagramas entalpía-concentración o entalpía-entropía."(19)

Para estimular la interpretación "los estudiantes necesitan que se les den problemas donde los criterios están vagamente establecidos de modo que adquieran la experiencia de identificarlos, convirtiéndolos en valores medibles, cuantificables."(19)

"Para enseñar a interpretar lo mejor son las clases de laboratorio (...) los proyectos, la construcción de modelos y prototipos y la recopilación de datos de biblioteca y campo."(47)

d).- Cómo promover la lluvia de ideas.

"La mayoría de la gente cuando se enfrenta a un problema tiende a utilizar la primera solución que se les ocurre y conformarse con ella. Es raro el individuo que trata de encontrar otras soluciones a su problema. Todavía esto es más notorio cuando una persona se encuentra presionada. Las ideas más eficaces vienen cuando se generan una serie de alternativas. El resolvidor de problemas creativo no siente la necesidad de quedarse con la primera idea (...)

La mayoría de los individuos saltan a las conclusiones

y hacen juicios prematuros y a priori y tienden a permanecer así hasta que se demuestre evidentemente que es incorrecto y esto hace que la persona cierre su mente a nueva información y alternativas (...)

Norman M. Maier descubrió que la mayoría de los individuos, cuando se les exhorta a buscar una segunda solución, -- después de que ya pusieron la primera, ésta es invariablemente más creativa"(66) que no quiere decir que sea mejor.

"No basta con la lluvia de ideas; necesitan desarrollar algo que dispare y permita el flujo de ideas" (19) una idea nueva en la que no habían pensado anteriormente. A veces habrá que dar la idea nueva después de un buen espacio de tiempo. "Los estudiantes están acostumbrados a no responder y esperar treinta segundos, pues saben que después de ese lapso, usted responderá a la pregunta o la repetirá. Por lo tanto, habrá que emplear más tiempo en escuchar atentamente lo que el estudiante dice o no dice."(20)

Recuerdo a un profesor que cuando un alumno callaba -- frente a una cuestión, le contaba el tiempo que permanecía en silencio y después le decía: "tanto tiempo, por el número de los que estamos aquí, por el costo del salario mínimo por hora, meda el dinero desaprovechado". Este comentario puede -- sernos de utilidad. "Con frecuencia caemos en la trampa (no

con mala intención) de decir (por falta de paciencia): "así es como debes resolverlo" en lugar de pedir a los estudiantes que interpreten las indicaciones que les damos y desarrollen ellos las actividades (...). Un tutor nunca debe resolver un problema (tampoco hay que dramatizar tanto) y dejar que el estudiante lo observe. Después de ayudarlo, el tutor debe pedir al estudiante que resuelva uno o más problemas adicionales (así se ejercita) y que explique los pasos que siguió para lograrlo."(20)

Un modo para evaluar la creatividad será: "a) proponer una situación rica en contenido; b) pedir, por ejemplo, listar con 50 ideas que pueden usarse para resolver la situación en cinco minutos; c) pedir que identifiquen la opción más ridícula; y d) explicar cómo la harían factible."(20)

9.7 La recapitulación: una oportunidad para recalcar los conceptos fundamentales.

Si bien a veces un problema está resuelto cuando se llega al resultado, perdería una buena ocasión para el aprendizaje, omitir o minusvalorar este paso: es el momento de regresar al planteamiento inicial o ver a futuro las implicaciones que tiene un resultado.

La recapitulación son las conclusiones de un problema en

tendido no sólo a las que son inherentes al problema, sino - también conclusiones externas al problema de modo que se analicen otros objetivos además de lo estrictamente curricular: "Qué has aprendido sobre el desarrollo de tus habilidades con este problema? Qué otros problemas que sean similares podrías resolver?"(20)

A modo de ejemplo, podrían ser estas conclusiones:

- En el manejo de datos hay que aclarar que -en la mayoría de los casos- son datos experimentales, que no aparecen por obra de magia, que no son unos números que me resuelven los problemas sino que son fruto de horas de labor.

- El empleo de correlaciones o la relación de variables no se hace sin ton ni son sino que, teóricamente -que no es sinónimo de invención- se sabe la influencia que hay entre dos variables aunque no se pueda cuantificar con exactitud. Sería el mismo argumento que utilizaría -si es que puede hablarse de que un animal sepa lo que es un utensilio- la vaca que se topa varias veces con un muro. Después de varios intentos relacionará que para sortear ese obstáculo debe vadearlo. Es un método bastante pobre y deficiente; es lento e implica un desgaste enorme. También puede llamársele método -- prueba-error. Si ya se conoce la ley de la impenetrabilidad de la materia y uno se topa con un muro (aquí se observa que

tampoco hay un método teórico puro sino que debe partir de - la experimentación) razonará así: o lo tumbo o, como no puede ser infinito, le doy un rodeo. Analizará si tiene algún instrumento capaz de dar por tierra la pared y en caso de no tenerlo se retirará un poco de la pared (no perder la objetividad del problema) para ver el extremo del mismo.

- Una ventaja del estudio teórico (el problema resuelto) es que mientras que con el análisis de los datos estadísticos se pretende ir a la causa mediante unos efectos, en el primero se va de la causa a los efectos. El conocimiento del tema es más fácil de adquirirlo, pueden predecirse anomalías y comportamientos, (caso de la ecuación de estado de Van der Waals para los gases) teóricamente.

- Tiene el mismo valor, o mayor, un razonamiento verdadero por el que puede predecirse un resultado, apoyado con datos experimentales que le confieren validez al razonamiento, en el terreno de la ciencia experimental, no en el campo de la ciencia especulativa en la que no siempre es posible confrontarlo con cifras y gráficas que una serie de datos o una fórmula que indique que la media "ta1" (que engloba el 95% de los experimentos) "A".

- "Tuvimos que incluir la dimensión del tiempo en las decisiones a tomar.

- Debido a lo limitado de nuestro mundo físico, se tienen ciertos límites o restricciones en las decisiones a tomar.

Habrá que adaptar los resultados y corregirlos dependiendo de la nueva información disponible"(9); cambiar una decisión, cuando cambian los datos, es síntoma de madurez intelectual.

9.8 Ejemplos de problemas

Aunque a estas alturas ya se han dado los lineamientos generales de los problemas, pienso que el comentario de alguno puede ser útil.

Ejemplo 1: "Un sistema con una masa de 1 kg. posee una energía interna de 65 kcal/kg. Energía como trabajo igual a 12,000 kgf-m se transfiere al sistema después de lo cual la energía interna se encuentra en 95 kcal/kg. Calcular la magnitud y dirección del intercambio de energía como calor durante el cambio de estado".

Pienso que este problema es adecuado para la evaluación inicial de un alumno pero no para que aprenda: el problema no representa en absoluto algo nuevo para el estudiante, ni lo hace pensar excesivamente; la solución es fácil de encontrar y el esquema es típico de los problemas de ingeniería.

El procedimiento de resolución podría ser:

Atisbar el problema y mediante una conversión de unidades percatarse de que el cambio de energía interna es mayor que el trabajo suministrado por lo que puede concluirse que la cantidad de energía restante se debe a la transferencia de calor positiva; dicho de otro modo:

$$U = 60 \text{ kcal.}$$

$$W = 28,08 \text{ kcal.}$$

$$U = W + Q$$

Esta fórmula suele aplicarse indiscriminadamente sin establecer condiciones de energía potencial, cinética y presión volumen constantes.

$$Q = + 31,92 \text{ kcal.}$$

El problema puede modificarse del siguiente modo:

"Un sistema con una masa de 2 kg. posee una energía interna de 65 kcal/kg. Mediante un aparato provisto de paletas se ejerce un trabajo sobre el sistema de 12,000 kgf-m sufriendo un cambio de fase después del cual resulta que el sistema se encuentra con una energía interna de 95 kcal/kg. Calcular la magnitud y la dirección del intercambio de energía global durante el cambio de estado. ¿Se puede suponer que el sistema no recibe energía de otra clase o que el proceso es adiabático? ¿Es congruente el cambio de energía interna con el -

trabajo suministrado? Razónelo."

Resolución: Hay muchos modos de plantearlo aunque la solución debe ser única; por ejemplo:

1) El planteamiento está ligeramente confuso por lo que antes de comenzar a hacer alguna operación hay que releer varias veces el enunciado. Después de esto puede darse una cuenta de que únicamente hay una transferencia de energía en forma de calor con lo que la respuesta sería 12,000 kgf-m.

2) Puede desarrollarse por escrito todos los razonamientos hechos:

a) Como la energía interna es una propiedad extensiva - primero hay que calcular la energía interna total del sistema para poder comparar este valor con el trabajo ejercido sobre el sistema. Además se requiere hacer una conversión de unidades con el mismo objetivo.

b) Los valores de energía interna y de trabajo no coinciden ¿Por qué? Tratando de indagar, esta aparente contradicción se va estableciendo que energía interna no es exactamente igual a la energía global del sistema por lo que el cambio de energía interna no indica nada: podría haber una transformación de energía interna en energía potencial, cinética a lo que sea; como no se indica otro cambio de energía de los alre

dedores con el sistema puede suponerse que sólo hay intercambio de energía en forma de trabajo de lo contrario debería indicarse algo y además el problema quedaría indefinido.

c) El hecho que se pregunte si el sistema es adiabático o no sale sobrando pues si se indica que hay un trabajo se está indicando que no es adiabático. El mencionarse que hay -- un cambio de estado y un cambio de fase hace que se observe que en este caso hay un cambio de fase que no es indicio de nada y que el cambio de estado se refiere a un cambio en el sistema, no al cambio de fase necesariamente.

d) Habiendo hecho todos estos matices puede concluirse que el resultado del método 1 es correcto. También puede expresarse en kcal.

Discusión:

El problema modificado puede resultar muy interesante -- porque aunque la solución es muy simple --más que con el problema sin modificar-- por la cantidad de conceptos involucrados se obliga al estudiante:

1) A razonar bien la respuesta (uno de los objetivos primordiales de la educación en ingeniería química);

2) A afianzar los conceptos de energía interna (no es la

energía global del sistema) diferencia entre cambio de estado y cambio de fase; interconversión de trabajo en energía interna y ésta en otras formas de energía y del convenio de signos para establecer la dirección del flujo de energía.

Aprovecho para comentar que es más preciso hablar de sentido de la transferencia que de dirección pues en una dirección se dan los dos sentidos norte-sur, entrada-salida, etc. como ocurre al hablar de topografía.

3) En cuanto a la parte de adquisición de hábitos permite estimular la creatividad pues aunque aparenta ser un problema cerrado (sin opciones) plantea alternativas en el razonamiento de por qué se llega al resultado correcto y que pasa con la aparente contradicción implícita en el planteamiento. Se facilita este análisis mediante las preguntas de recapacitación que no deben contestarse necesariamente.

4) A concluir que los problemas no son tan fáciles como aparecen a simple vista sino que se requiere intepretar (ta-mizar) la información como ocurre en la vida real en que suele haber menos información y más confusa a veces.

Conclusión:

El inconveniente que tiene el nuevo planteamiento es que

energía global del sistema) diferencia entre cambio de estado y cambio de fase; interconversión de trabajo en energía interna y ésta en otras formas de energía y del convenio de signos para establecer la dirección del flujo de energía.

Aprovecho para comentar que es más preciso hablar de sentido de la transferencia que de dirección pues en una direc-ción se dan los dos sentidos norte-sur, entrada-salida, etc. como ocurre al hablar de topografía.

3) En cuanto a la parte de adquisición de hábitos permite estimular la creatividad pues aunque aparenta ser un pro-blema cerrado (sin opciones) plantea alternativas en el razonamiento de por qué se llega al resultado correcto y que pasa con la aparente contradicción implícita en el planteamiento. Se facilita este análisis mediante las preguntas de recupacitación que no deben contestarse necesariamente.

4) A concluir que los problemas no son tan fáciles como aparecen a simple vista sino que se requiere intepretar (ta-mizar) la información como ocurre en la vida real en que suele haber menos información y más confusa a veces.

Conclusión:

El inconveniente que tiene el nuevo planteamiento es que

el tiempo para resolver el problema aumenta notablemente (es-timo media hora o una hora como mínimo) pero el alumno aprende con un sólo ejercicio. Este problema, por tanto, sería recomendable como un ejercicio de tarea o de exámen más que para una evaluación primera del alumno.

Esta modificación al problema no implica que todos los problemas deban plantearse de este modo o con este grado de dificultad porque así sucedería lo mismo que ha ocurrido con la ingeniería en la que se encasilla al estudiante en el modo de atacar los problemas. Se trata más bien de un ejemplo de cómo puede modificarse el enfoque de un problema con fines pedagógicos que no implica necesariamente mayor claridad del enunciado.

Los ejemplos que enuncio a continuación fueron propuestos por Richard M. Felder para estimular la creatividad.(34) No incluyen, por tanto, todos los hábitos mencionados en este trabajo pero nos dan luces acerca del modo de plantearse:

Ejemplo 2: "Una sustancia tóxica y potencialmente cancerígena (A) se encuentra en el agua de desecho de una planta de producción química. Lotes de agua de desecho se alimentan a un tanque y se tratan con un agente biológico que descompone la sustancia dañina en productos inofensivos. La rapidez de descomposición es proporcional a la concentración de A en

el tanque; esto es, $\frac{r(\text{Kg de A reaccionando})}{\text{litros-seg.}} = kC_a$

donde k es una constante y C_a (Kg/litro) es la concentración de A en el tanque. Cuando la concentración de A disminuye a un valor mínimo de C'' , el contenido del tanque se bombea al río que fluye detrás de la planta. El tanque procesa un lote de agua de desecho a un tiempo. (Sugiero eliminar las letras y literales porque ya se estaría resolviendo el problema o al menos, ayudando excesivamente a resolver el problema por omitir el paso de interpretación).

Ud. es el ingeniero de procesos encargado de eliminar los desechos tóxicos. Su trabajo consiste en calcular el tiempo de residencia mínimo desde el momento en que el desecho entra al tanque, al momento en que el contenido del tanque se descarga, y en general revisar el proceso en caso de fallas y para seguridad.

a) Defina las cantidades que debería conocer para determinar el tiempo mínimo de residencia. Sugiera caminos para obtener los valores de esas cantidades;

b) Derive una expresión del tiempo de residencia mínimo en términos de las cantidades especificadas en el inciso (a);

c) Enliste el mayor número de fallas posibles en el dispositivo de control de salubridad que pueda imaginar."

Ejemplo 3: "Tu problema ahora es encontrar el mayor número de caminos para medir la viscosidad de un fluido. Ud. -- tendrá un punto por cada método inventado sobre un máximo de diez puntos. Suponga que cualquier técnica que utilice puede ser calibrada con fluidos de viscosidad conocida; ahora bien, un método que involucre la estimación de la viscosidad de datos experimentales sin utilizar una curva de calibración tiene un valor de dos puntos, siempre y cuando vaya acompañado con una breve explicación de cómo debe hacerse el cálculo. Un método que involucre la utilización de una hamburguesa -- tendrá doble crédito".

"Las siguientes soluciones no recibirán puntos: 1) Comparar un viscosímetro; 2) Ofrecer a alguien una hamburguesa -- por medir la viscosidad; 3) Preguntar a alguien que sepa y 4) Buscar la viscosidad en unas tablas de ingeniería." (Quisiera aclarar que es válido que alguien ponga los métodos que aparecen en la bibliografía)."

Ejemplo 4: "Una corriente de gas caliente sale de una unidad de proceso a 250°C y se descarga a la atmósfera. Se desea aumentar el ahorro energético del proceso utilizando la corriente antes de desecharla:

a) Uno de los usos es producir vapor saturado en un boiler. Cuál es la máxima presión (en bars) en que pueden producirse ese vapor? Por qué la presión final necesariamente deberá ser menor?

b) Suponga que el vapor se produce con un 70% del límite superior dado en (a) haciendo pasar el gas caliente a través de una tubería sumergida en agua líquida. Delinee el cálculo de la longitud del tubo, dando todas las ecuaciones y correlaciones que utilizaría. Enliste las cantidades que debería conocer para hacer dicho cálculo y cómo lo comprobaría.

c) Establezca todos los usos posibles que pueda pensar de la corriente de desecho. Si hubiera condiciones bajo las cuales un uso fuera una mala idea o imposible, diga cuáles son."

C A P I T U L O 10

OTRAS HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE HABITOS

Aunque sea breve y un poco desordenadamente quisiera reportar otras ideas extrínsecas a la resolución de problemas, que pueden ayudar en la formación de hábitos. Se sugiere:

10.1 Un curso introductorio a la ingeniería química para -- "llegar a una cierta uniformidad básica en los principios y conceptos necesarios en la Ingeniería Química, dentro de un orden lógico ingenieril. No se queda a nivel Preparatoria, sino que inicia al alumno en la vida profesional con los principios científico-técnicos desde su raíz."(67) En ese curso se estudiará qué es la ingeniería y se verá algo de creatividad y resolución de problemas pero aclarando muy bien que no puede quedarse en un cursillo, que debe aplicarse en todas -- las materias de la carrera.

También se podría ver en esa materia algo de "educación ética y legal dado por gente con una amplia experiencia profesional."(35) Puede ser fundamental para una educación integral. Por la profundidad del tema o debido a que pueden ser temas demasiado técnicos, puede no ser apropiado para un curso a nivel bachillerato aunque tal vez sí; pero --como en el párrafo anterior-- quedando claro que la ética debe aplicarse

en las demás materias curriculares.

10.2 "Abrir más el plan de estudios y motivar al menos a los mejores estudiantes para familiarizarse con otros conceptos y métodos que no sean comunes en ingeniería química. No todos los alumnos sacarán provecho de este enfoque pero los más capacitados se verán motivados a dirigir parte de su imaginación hacia otras disciplinas intelectuales. Habría que proponer a los alumnos que tomen cursos elevados en otros departamentos con un contenido intelectual significativo, no cursos diseñados para una educación general."(17)

10.3 Tareas extra-académicas.

Como la materia de Balance de Materia y Energía no se presta a introducir un mínimo de interés humanístico puede hacerse lo que personalmente han hecho algunos profesores que en el período de vacaciones dejan como tarea leer algún libro que no tenga nada que ver con la carrera y traer una pequeña reseña en la primera clase después de vacaciones. El alumno queda motivado a leer algo más que los libros de texto. Para efectos de evaluación se trata de considerar si se ha entregado el resumen o no, únicamente. Aunque el alumno pueda inventarse el resumen o hacerlo de un libro que leyó hace tiempo, basta su palabra de que lo leyó en ese período de vacacio

nes. Es un modo práctico que usó la maestra Ma. Antonieta -- Dosal del Departamento de Química Analítica para inculcar interés por la formación completa en lugar de un curso especializado de literatura, historia, arte, etc.

10.4 Dejar problemas creativos de tarea como los propuestos por Richard M. Felder. Precisamente de tarea, para que los alumnos lo resuelvan en su casa; de este modo,

a) Aprovechar que "algunas personas frecuentemente encuentran que cuando retoman el problema después de un tiempo, encuentran un nuevo acercamiento y más fácil al problema (...) La tendencia de estar totalmente ocupado sin tiempo libre para relajarse y para cambiar de actividad puede frecuentemente bloquear la salida de soluciones nuevas a los problemas"(29);

b) Aprender a "reservar tiempo obligatoriamente para pensar creativamente, estableciendo prioridades y otras técnicas de time management (...) porque la gente que trabaja en organizaciones tiene inconvenientes para pensar creativamente pues están constantemente interrumpidos por llamadas telefónicas, menos urgentes, visitas de colaboradores, etc."(29);

c) Se les puede pedir que busquen el enunciado de un problema o datos que se requieran, en una revista técnica extranjera para que se vayan familiarizando con la investigación bibliográfica.

10.5 La revisión del libro de texto.

"Revisar que el libro de texto u otro material de ins -
 trucción explique adecuadamente los porqués y paraqués necesá -
 rios"947) porque si el material no es idóneo, la adquisición
 de hábitos se verá retrasada. Para ello hay que "ayudar a --
 los estudiantes a mejorar su habilidad de tomar notas en cla -
 se: todas las notas de la mayoría de los alumnos las toman en
 la misma libreta y en el mismo orden en que reciben las cla -
 ses; además, el 99% anota sólo lo que se escribe en el piza -
 rrrón sin anotar las observaciones o los detalles de cuulquier
 demostración. Sucede durante los cinco años de la carrera."
 (19)

10.6 Cuidar los pequeños detalles.

Cuidar los detalles pequeños en las exposiciones en cla -
 se; por ejemplo, "la codificación en color de conceptos pre -
 sentados dentro de un curso de física ayuda a vencer muchas -
 fallas del aprendizaje."(19) Aunque es una nimiedad, vale la
 pena tomarse en cuenta.

Podría continuar enumerando ininterrumpidamente aspectos
 de importancia en esta formación de hábitos pero pienso que -
 nunca terminaría y tampoco es el objetivo de este trabajo.

CONCLUSIONES

No traté de hacer un tratado de pedagogía sino hacer nota que en el nivel licenciatura, en la Facultad de Química, - en la carrera de Ingeniería Química, tenemos una gran oportunidad de ayudar de formar en las virtudes humanas a los ingenieros químicos. Hay tratados e infinidad de artículos que versan el tema de la tesis. Recomiendo vivamente una nota técnica elaborada por el Departamento de Investigación del -- Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Navarra, España titulado "La actuación de los educadores y las virtudes humanas."(69) Es del Profesor David Isaacs de marzo de 1977.

De un trabajo tan extenso surgen un sin fin de conclusiones: la primera y más importante es que a todos los niveles --administrativo, docente y alumnado-- urge una labor de concientización de formar en las virtudes humanas; la ingeniería no es todo; más bien, como la ingeniería es todo, interesa --educar no sólo en los conocimientos sino también en las habilidades y las actitudes.

La labor es ardua, pero no imposible. Así lo muestra la gran cantidad de autorres que hacen hincapié en el tema. Esta tesis es sólo un bosquejo, un comienzo. Resta poner en --práctica estos lineamientos, poder encauzar toda la enseñanza

a lograr estos objetivos resulta una tarea colosal.

Esta concientización llevará como resultado a que los profesores en sus mismas materias curriculares tomen en cuenta el aspecto académico y el aspecto formativo replanteándose el modo de dar la clase, el tipo de problemas y los objetivos propuestos sin olvidarse que "el resultado final del trabajo universitario no es inmanente a la estructura académico-administrativa, sino algo externo a ella. El resultado final está en los alumnos (...) No polarizarse en los recursos educativos dejando en segundo plano el tipo de alumno que se quiere "producir". ¿De qué servirá con medios excelentes si no se consigue que los alumnos lo sean?"(2)

Para lograr esto último se requiere una atención personalizada al alumno. "Se logran grandes avances si el instructor trata de conocer los estilos que usan sus alumnos y se acomoda a ellos".(70)

Enumero algunas conclusiones particulares que son como un resumen de los puntos tratados en este tesis:

1.- Cualquier cosa que se haga por la educación de las virtudes humanas, por la formación de hábitos, irá en beneficio de una mejor adquisición de conocimientos. No hay incompatibilidad entre información y formación, sino que la primera mejorará la segunda.

2.- Hay infinidad de aspectos en la educación de hábitos. Vale la pena contratarse sólo en algunos pero sin olvidar que siempre nos interesa la formación global del estudiante, el - estudiante mismo.

3.- Es insuficiente remarcar además las habilidades; ta m bién se requiere hacer otro tanto con las actitudes.

4.- En todas las definiciones de libro acerca de que es la ingeniería química se menciona el interés en formar más in te gralmente al ingeniero químico como es la propuesta de en fa tizar los aspectos prácticos de la profesión durante los es tu dios profesionales y capacitar en otras áreas no académicas - propiamente: toma de decisiones, resolución de problemas, manejo de personal, factor humano, etc.

5.- Como la ingeniería no es una ciencia no se puede pre te nder atacar un problema siempre de un modo científico y sis te mático, es una metodología notablemente más compleja.

6.- Sin perder la competitividad -en el trabajo profe -- sional y en el aula universitaria- motivada por la especialización inevitable, no conviene aislarse del resto del saber - porque finalmente esa misma competitividad se verá seriamente dañada. Un modo de lograrlo es no olvidarse de enfatizar los conceptos que son los que se terminan utilizándose.

7.- No es que no se haya hecho nada por la enseñanza; - no es cierto; sin embargo "la precipitación es la muerte de la devoción" que, aplicado a la enseñanza, explica que mientras no tratemos de volcarnos más en la formación personal de cada estudiante continuaremos percibiendo un deficiente aprendizaje (no lagunas, auténticos océanos en ocasiones) que inhibirá el desarrollo de nuestro país para estar al nivel internacional de investigación, productos, cultura, etc. No importa tanto el cómo dar esa formación integral sino el desear lograrlo.

8.- Es muy notable la estrecha visión de un alumno al resolver un problema de cualquier clase motivado por su escasa experiencia en ese campo. Deberá corregirse paulatinamente y pacientemente con una carga de trabajos, tareas, también notable.

9.- Más que deficiencia en la información del estudiante se observa una deficiencia en el desarrollo de hábitos intelectuales y volitivos.

10.- A pesar de que resulta sorprendente la abundante y profunda bibliografía que versa sobre los métodos para lograr la adquisición de dichos hábitos, a pesar de la respuesta generosa de las industrias y universidades por el tema, los resultados actuales no son tan buenos como se esperaría lo cual

indica que debe redoblarse ese esfuerzo por la formación integral.

11.- Un hábito intelectual que engloba muchos otros es la creatividad. Se dan seminarios, sesiones en la industria y en la Universidad al respecto; sin embargo resulta insuficiente falta una aplicación más directa a problemas concretos que debe llevarse a cabo no con cursos especiales sino en las mismas materias a lo largo de toda la carrera. Si divorcamos los hábitos de los conocimientos, terminaremos tratando los hábitos como otra serie de conocimientos que hay que aprender.

12.- Un factor del proceso del aprendizaje que se refiere a las actitudes es la motivación del alumno por el profesor. Si se logra motivar al alumno, se logrará también una optimización en su rendimiento. La inteligencia involucra también a la voluntad y ésta debe formarse también en el aula de clase.

13.- La comprensión de un problema, del planteamiento, de la estrategia a seguir se logra —como los patos aprenden a nadar: nadando— haciéndose una y otra vez hasta alcanzar, después de muchos intentos, una gran familiarización con el proceso.

14.- La memoria juega un papel importante en el aprendizaje como almacén de factores de experiencia pero es un instrumento y no el único. Se trata de enseñar a pensar como ingeniero químico, no a memorizar: haciendo preguntas abiertas, razonando las ecuaciones, los conceptos, etc.

15.- Según el interés que pongamos los educadores en la formación de hábitos serán los resultados en los alumnos; el profesor es primero en esa formación de hábitos porque los tiene y además los sabrá transmitir en las sesiones de trabajo con sus alumnos, no tanto mediante "exposiciones de cátedra". Hay todo un lenguaje didáctico que se adquiere con la experiencia.

16.- Cualquier esfuerzo realizado en mejorar el tipo de problemas es una excelente oportunidad para promover el desarrollo de hábitos porque esa resolución de problemas no será una mera aplicación de rutinas, sino en ejercicio mental cuidadoso en la que el alumno se replantea de nuevo los conceptos, extrae las conclusiones que le sean útiles en otras materias o en el futuro ejercicio profesional.

17.- La carga de trabajo por número y extensión de problemas debe ser grande pero sin perder la objetividad, para que no resulte contraproducente. No hay un número mágico para cada materia. Depende de muchos otros factores como el ti

po de materia, el temario, disponibilidad real del profesor, etc.

18.- Hay muchos métodos para atacar un problema y cual - quiera es bueno, siempre y cuando nunca se omita el plantea - miento, la ambientación del problema y la recapitulación. Lo importante es tomar uno y ser consecuente.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Isaacs, David. "La educación de las virtudes humanas"
Tomo I. EUNSA. Pamplona (España) 1a. ed. 1983, p.
33-34.
- 2.- González Cota, Jorge "La miopía del profesionalismo"
Revista Istmo. México, D.F. Agosto 1987, No. 171,
p. 23.
- 3.- Rugarcía Torres, Armando. "De la comparación de los pla
nes de estudio a la educación de la Ingeniería Quí
mica en México" INIQ. Año 28, Vol. 4. Julio-agosto
1986. México, p. 14.
- 4.- Basave Fernández del Valle, Agustín "El latinoamericano
precisa formarse en una filosofía integral de la --
educación" Revista Decisión. Año IX, No. 101. Junio
1987. México, D.F. p. 105.
- 5.- Montelongo, Patricia "Tropiezos de la enseñanza activa"
Revista Istmo. NO. 160. Octubre 1985. p. 43.
- 6.- Cfr. New Technology Committee of the American Institute
of Chemical Engineers "Chemical Engineers: What - -
Skills will be needed tomorrow?" Chem. Eng. Prog.
November 1987, p. 18-19.
- 7.- Fugarcía Torres, Armando y Domínguez Quiroga, Ernesto --
"Evaluación y prospectiva de la enseñanza de la in
geniería en México". Revista del IMIQ, 1983.

- 8.- Terán Rodríguez, Irma Beatriz "Manual elemental de la técnica de la investigación". Centro Universitario México, 1978.
- 9.- López Eiroa, Pedro y Ferré Arredondo, Juan Carlos "Requerimientos mínimos del ingeniero químico de la UIA -- en función de las necesidades actuales y futuras de México". Tesis Profesional. UIA, México, D.F. 1985.
- 10.- Rugarcía Torres, Armando "Capacidades y solución de problemas en la educación de ingenieros" UIA. Otoño, - - 1988.
- 11.- Cfr. Jefferson, Edward G. "The emergence of Chemical Engineering as a Multidiscipline" Chem. Eng. Prog. January, 1988. p. 21-23.
- 12.- National Research Council Committee "What is Chemical Engineering?" Chem. Eng. Prog. January, 1988, p. 19-20.
- 13.- Marshall, W.R. "Science ain't everything" Chem. Eng. - - Prog. Vol. 60. No. 1. January, 1964. p. 17-21.
- 14.- Elizondo Sánchez, Rubén. "Universidad: hacia el siglo XXI" Istmo # 168. Febrero 1987. México, p. 22.
- 15.- Chelemer, Marc J. "Chemical Engineering at M.I.T." Chem. Eng. Prog. January 1988. p. 27-31.
- 16.- Prausnitz, J.M. "Toward Encouraging Creativity in Students" Chemical Engineering Education. Winter, 1985. p. 22-25.
- 17.- Prausnitz, J.M. "Toward encouraging creativity in students" Chemical Engineering Education. Winter 1985, p. 22- - 25.

- 18.- Lerma, Jasso, Héctor. "El alumno-embudo". Revista Istmo # 162. Febrero, 1986. p. 19.
- 19.- Woods, Donald R., Crowe, Cameron M., Hoffman, Terence W. Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Mac Master. Hamilton. Canadá." Retos en la enseñanza de habilidades para la resolución de problemas" Octubre, 1978.
- 20.- Cfr. Woods, Donald R." La resolución de problemas y la ingeniería química". Presentado en la Reunión Anual AICHE. 1981. Nueva Orleans. Louisiana.
- 21.- Cfr. Mettes, O.T.C.W., Pilot, A., Roosink, H.J." Development and Evaluation of Instruction in Solving Science Problems" Technische Hogeschool Twente. Centre for Educational Research and Development. Report 80 - 5. P.O. Box 217.7500. A.E. Enschede, the Netherlands (1980) 54 pp.
- 22.- Cfr. Mettes, O.T.C.W., Pilot, A., Roosink, H.J. and Kramer Pals, H. "Teaching and Learning problem solving in Science. Part I: A general strategy". J. Chem. Ed. 57, No. 12, p. 882-885, (1980).
- 23.- Cfr. Ibid. Part. II: Learning Problem Solving in Thermodynamics Course", 58. No. 7, p. 51-55 (1981).
- 24.- Mijares López, Carlos J. Rugarcía Torres, Armando. Nomparr, Juan Mauricio. Cabeza, Luis, Villagómez, Braulio. Ponencia IMIQ 1987 "Perfil del Ingeniero Químico en el siglo XXI". Octubre 1987. XXVII Convención Nacional. Ixtapa, Gro.

- 25.- Carta Bimensual del Comité de Educación del IMIQ.
No. 15. Mayo-junio, 1985.
- 26.- Raudsepp, Eugene "How valuable is creativity?" Hydrocarbon Processing. September, 1975. p. 231-240.
- 27.- Alvear García, Carlos L. "Creatividad, algunas pistas del cómo y el porqué" Revista Istmo # 177. Agosto 1988. México, D.F. p. 31.
- 28.- Martínez P.A. "Signos y síntomas de la creatividad". Ciencia y Desarrollo. Marzo-abril, 1985. p. 17-24.
- 29.- Raudsepp, Eugene "Overcome creativity barriers: part 3" Hydrocarbon Processing. October 1981. p. 177-193.
- 30.- Cfr. Raudsepp, Eugene "Overcome barriers to career success". Hydrocarbon Processing. April 1983. p. 152-170.
- 31.- Morris, Martha. "Creative Thinking: the new technology". Chemical Engineering. January 19, 1987. p. 127.
- 32.- Vargas Montoya, Samuel. "Psicología". Porrúa. México.
- 33.- Kujawski, Richard. A. and Smith, Linda L. "Resolviendo -- problemas creativamente". Chem. Eng. Aug. 4, 1986, p. 79-82.
- 34.- Felder, Richar M. "On creating Creative Engineers" Engineering Education. January 1987. p. 222-227.
- 35.- Hughson, Roy V. and Philip M. Kohn "Ethics" Chemical - - Engineering. September 27, 1980.
- 36.- AAAS "Professional Ethics Activities in the Scientific -- and Engineering Societies" Whashington D.C. December 1980.

- 37.- Llano Cifuentes, Dr. Carlos. Boletín Informativo de la Universidad Panamericana (1988). Año 6. No. 39.
- 38.- Wilcox, John R. "The teaching of ethics in engineering" Cyem. Eng. Prog. May, 1983. p. 15-20.
- 39.- Tucker Wihl "Dilemmas in Teaching Engineering Ethics" Chem. Eng. Prog. April, 1983, p. 20-25.
- 40.- Lerma Jasso, Héctor. "Galería de alumnos" Revista Istmo # 168. Febrero 1987. México, D.F. p. 6.
- 41.- Rugarcía T.A., y Francisco Colín. "La resolución de problemas en ingeniería: Parte III y final: Resolución creativa de problemas de ingeniería en la industria" Revista del IMIQ. Septiembre-diciembre, 1984.
- 42.- Wankat, Philip C. "How to overcome energy barriers in -- problem-solving" Chemical Engineering. October, 18, 1982, p. 9-14.
- 43.- Velázquez, José María "Psicología" Minerva Books Ltd, -- México, D.F.
- 44.- Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Texas de Austin "Chemical Engineering for the future" Chem. Eng. Prog. October, 1985. p. 9-14.
- 45.- White, Robert M. "Technological Competitiveness and Chemical Engineering" Chem Eng. Prog. January, 1988. p. 24.
- 46.- Wales, Charles E., Nardi, Anne H. Stager, Robert A. "Do your student think or do they memorize?" Chem. Eng. April, 1988. p. 682-688.

- 47.- Rusell, K. Dean and Helen F. Plants "Divide y conquista - o como utilizar una taxonomía de resolución de problemas para mejorar el aprendizaje" Frontiers in -- Eeducation Conference Proceedings, 1978.
- 48.- Lindaver, George C. Hagerty, D.J. "Ethics Simulation in the Classroom" Chem. Eng. Prog. July 1983. p. 17-19.
- 49.- Raudsepp, E. "Overcome creativity barriers: Part 1" Hydrocarbon Processing. August 1981, p. 151-171.
- 50.- Newman, J.H. "Disciplina mental" Col. La formación intelectual (antología) Senderos. Caracas.
- 51.- Nérici, Imidéo "Hacia una Didáctica General Dinámica". Ed. Kapelusz. Buenos Aires.
- 52.- Universidad Nacional Autónoma de México. "Organización académica 1981-1982". Facultad de Química. Secretaría de Rectoría. Dirección General de Orientación Vocacional.
- 53.- Rugarcía T.A. y Francisco Colín. "La resolución de problemas en ingeniería. Parte II: Un reto para la educación" Revista del IMIQ. Enero-marzo, 1983.
- 54.- Wittwell and Tonner "Material and Energy Balances" Mc. Graw Hill (N.Y.), 1969.
- 55.- Himmelblau, David M. "Balances de materia y energía" Prentice Hall. 1970. México, D.F.
- 56.- Thompson, Edward V. and Ceckler, William H. "Introducción to Chemical Engineering" Mc. Graw Hill. 1979, México, D.F.

- 57.- Incropera, Frank P. De Witt, David P. "Introduction to Heat Transfer" John Wiley and Sons (N.Y.) 1985.
- 58.- Daugbjerj, Ray J. "Is there a better way to solve engineering problemas?" Chemical Engineering. June 30, 1980. p. 123.
- 59.- Red, W.E. "Problem solving and Beginning Engineering - - Students" Engineering Education. November 1981. p. 167-170.
- 60.- Taylor, William K. "Trouble-Shooting at Canadian Indus -- tries Limited" Chemical Engineering Education. Spring 1980. p. 88-96.
- 61.- Greenfield, L.B. "Student Problem Solving" Eng. Ed. April 1979. p. 709-712.
- 62.- Little-John, Ch. E. and Meenaghan, C.F. "Introducción a la Ingeniería Química" CECSA. (México, D.F.) 1959.
- 63.- Woods, Donald R. "Using trouble shooting problems" Chemi - cal Engineering Education. Spring 1980. p. 88.
- 64.- Watson, Charles C. "Trouble Shooting at the University of Wisconsin" Chem. Eng. Ed. Spring. 1980. p. 93.
- 65.- Clement, John. "Solving Problemas With Formulas: some li - mitations". Engineering Education. November, 1981. p. 158-162.
- 66.- Raudsepp, E. "Overcome creativity barriers: part 2" Hydro - carbon Processing. September 1981. p. 291-314.
- 67.- Ginebra Serrabou, Damián. "Propuesta de problemas para exa - men diagnóstico de Balance de Materia y Energía".

- Trabajo presentado al Departamento de Ingeniería Química de la Fac. Química (UNAM) el 31 de mayo de 1989.
- 68.- Domínguez Q., Ernesto y Azcárate, Juan F. "Principio de los procesos de ingeniería en el primer semestre de la carrera de ingeniería química" Ponencia de la -- XVIII Convención Nacional IMIQ. 9 a 11 de noviembre de 1978. Mérida.
- 69.- Isaacs, David. "La actuación de los educadores y las virtudes humanas". Departamento de Investigación del -- Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Navarra (España). Nota Técnica. Marzo, 1977.
- 70.- Felder, Richard M. "Learning Styles of Engineering Students and Professors" Technol. Ciencia Ed. (IMIQ) - - 4(1); 56-62 (1989).
- 71.- Valiente Barderas, M.en Ciencias Antonio "El ingeniero químico ¿Qué hace" Ed. Alhambra. México D.F. 1980
- 72.- Stivalet, Rudi P. y Valiente B., Antonio "Método Stivalet-Valiente para la resolución de problemas en ingeniería química" Facultad de Química UNAM. Exposición oral 1990.
- 73.- Valiente B., A. Stivalet C., R.P. "Problemas de balance de materia" Ed. Alhambra. México. 1981
- 74.- Valiente B., A. Stivalet C., R.P. "Problemas de balance de energía" Ed. Alhambra. México 1982
- 75.- Valiente B., A. "Problemas de materia y energía en la industria alimentaria". Ed. Limusa. México. 1986

- 76.- Valiente B., A. "Problemas de transferencia de calor" Ed. Limusa. México. 1988
- 77.- Valiente B., A. "Problemas de flujo de fluidos" Ed. Limusa México. 1990
- 78.- Rugarcía T., A. Delgado F., A. "Resolución creativa de problemas en la enseñanza de las ingenierías" Suplemento IMIQ. México. Abril-junio 1987. pp.28-49
- 79.- Bello, S. Castillo R., B.S. y col. "Manual de prácticas de Química General" Facultad de Química. UNAM. 1986