

# INVESTIGACION y proceso: esencia de la formación de ingenieros químicos

Autores:

DANIEL BOGOYA M., I.Q., M.I.S.;

LUIS CARBALLO S., I.Q., M.Sc., Ph.D.

Profesores Titulares, Universidad Nacional de Colombia

## INTRODUCCION

**E**n este trabajo se plantea una metodología para la confección de un currículo de ingeniería química, partiendo de la concepción de un modelo de educación superior conducente a satisfacer combinadamente una demanda solvente y orientada, obediente e inmediateista, proveniente de los anhelos de producción de la industria química; la pretensión de un mejoramiento del medio de vida del profesional, que intenta un ascenso en todos los órdenes; los planes del Estado en materia de desarrollo industrial y económico, aún desarticulados entre sectores y en términos del tiempo; y el papel estratégico que la universidad debe jugar en una sociedad, dependiente también en el ámbito de la ingeniería química, donde se hace indispensable que los intelectuales asuman la responsabilidad de concebir y conducir con audacia los procesos de innovación que se requieren.

Con base en este entorno se proponen como ejes centrales, para la formación de ingenieros químicos: la generación de una cultura investigativa que como actitud ante la vida forje un espíritu crítico, dispuesto a explorar otros caminos; y el dominio de las características que permitan entender un proceso químico y sus interacciones con la energía, la economía y el medio ambiente, donde interviene sistemáticamente un amplio conjunto de conceptos, posible de organizar de diferentes maneras y de sintetizar en un código fijo que se va actualizando permanentemente. Así, el primer eje tiene que ver fundamentalmente con la metodología y el segundo con los contenidos.

La metodología propuesta implica archivar el paradigma de la "clase magistral", para pasar al del "seminario investigativo", ya usual en otras sociedades. Aquí se busca que cada educando protagonice su propia existencia y esculpa su propia estatua, en lugar de seguir única, callada y obedientemente la huella dejada por el docente. La organización de los contenidos implica una visión orgánica, para que cada concepto se enlace con aplicaciones, invirtiendo la pirámide: la integración de conceptos abstractos con el mundo físico debe prevalecer desde el primer semestre; y la profundización de conceptos debe incrementarse en el tiempo para prevalecer en los últimos semestres.

---

## UNIVERSIDAD Y ENTORNO

---

Parece un lugar común el permanente juego de intereses que se libra alrededor de la Universidad, cuando

se quieren plantear sus propósitos, su misión y más aún su esencia o razón de ser. Desde luego, en la escena cada actor ve a la universidad desde su conveniente posición y difícilmente puede lograrse que "salga de sí", o que "se descentre", para que trate de comprender otros intereses, naturales en los otros actores. A la par, esta variedad y rica heterogeneidad

podría idealmente servir de alimento y soporte para construir creativamente caminos que ponderadamente satisfagan a todos los interesados, y ojalá que cada uno adquiriera algún grado de conciencia alrededor de la satisfacción que también se brinda a sus compañeros de actuación.

Es decir, la combinación ideal, aunque siempre perfectible y permanentemente cambiante, en búsqueda de otra mejor, debiera atender, en forma compartida y bien sea fuerte o levemente visible, tanto los intereses más inmediatistas como aquellos de carácter estratégico para el mediano y largo plazo. En este sentido habría diversos modelos y maneras de delinear los atributos de la universidad, en aras de satisfacer parcialmente algunos intereses; no obstante, para los fines que aquí se buscan, en el delineamiento de dichos atributos la universidad se ubicaría y balancearía en medio de **cuatro** "fuegos", que se sintetizan así:

*Primero*, el que como manantial brota de la misma universidad y la irradia plenamente, ya que solo ella, conformada definitivamente por un depurado establecimiento y una élite intelectual privilegiada, puede y debe ser visionaria de su mismo transcurrir y designarse su propio rumbo. Esta cualidad visionaria le permite a la universidad descubrir las rutas y destinos, siempre temporales y en permanente enriquecimiento, para promover procesos de innovación y cambio y favorecer saltos cualitativamente significativos en el entorno de la sociedad a la que "se debe". Igualmente, esta actividad, que surge muy lentamente en el tiempo, debe demostrarse en cada momento; sólo así se merece el derecho de autodeterminación.

*Segundo*, idealmente el planeamiento del Estado, entendido como un conjunto organizado de estrategias conducentes a cumplir algún "modelo" de desarrollo nacional, mediante una política. Estas estrategias se entretejen convenientemente en los diversos sectores de un país, tales como justicia, educación, salud, vivienda, transporte, energía, producción de alimentos, expansión industrial, crecimiento económico y otros, para avanzar en el cumplimiento global y macro del modelo mencionado. Sin embargo, a nivel de Colombia, realmente el planteamiento estatal no presenta mayor coherencia ni continuidad, en lo referente a la afinidad y articulación esperadas entre el modelo nacional previsto y las estrategias propias para la educación y particularmente para la universidad. Aún así, el Estado también es un actor fundamental, necesario y protagónico en la escena.

*Tercero*, el anhelo preferencialmente ocupacional del principal consumidor del recurso humano que forma la universidad: la sociedad. En efecto, cada sector de la sociedad pretende que la universidad le forme profesionales a "su medida", dimensionado única y cabalmente según sus peculiaridades. Además, en una sociedad típica y culturalmente dependiente como la colombiana suele buscarse un profesional con atributos más de "operador" que de "innovador": cualquier adición se ve como un desperdicio y un sobrediseño que puede llevar peligrosamente a la desadaptación y frustración.

*Cuarto*, la pretensión de mejoramiento del medio de vida del egresado de la universidad, quien busca, o algunas veces inconcientemente encuentra, una vía de ascenso socioeconómico. El egresado espera, que luego de su tránsito por la universidad, mejore sustancialmente su comprensión del mundo, de la vida y de lo que acontece, para así explicarse y tratar de alcanzar algún grado de transformación conveniente del entorno donde debe desempeñarse. El egresado pretende fortalecer su capacidad de negociación y obtener "ganancia" de su desempeño ahora ya como profesional. Por supuesto, el egresado es el encargado de materializar y trascender el gran proyecto de la universidad, cuando en su realización dentro de la sociedad logre que ella alcance los saltos cualitativamente significativos que se indicaron antes.

Con base en lo anterior, se plantea la necesidad de una combinación ponderada de intereses, a manera de una panspermia anaxagórica; es decir, todos los actores son fundamentales e importantes y deben estar presentes al mismo tiempo, aunque según las circunstancias uno u otro deba prevalecer sobre los demás. La ausencia de un solo actor en el escenario provoca un fenómeno irregular de separación o ruptura, que incluso puede llegar a tornarse avasallante. Desde luego, esta combinación de intereses se elabora mediante un proceso continuo y delicado, respetuoso y libre, argumentativo y tolerante. Se trata de una combinación concertada, donde se satisfagan simultáneamente los intereses de cada actor, sin demolición impositiva de los intereses de los demás compañeros de escena. Y, cuando falten actores en el escenario, es justamente la universidad la que debe promover su relación con ellos, ya que como élite intelectual es prácticamente la única que "puede y debe" interpretarlo y entenderlo de tal manera. Así, la universidad, para bien del país, concientemente atendería los planes de desarrollo del Estado, formaría los recursos humanos que la sociedad desea (porque cree que son los que necesita), permitiría el mejoramiento del nivel de vida del egresado y, demostrando que se merece a sí misma, se proyectaría estratégicamente mediante sus mismos egresados para transformar—según sus mismos planes de mediano y largo plazo, luego de identificar propósitos para el entorno— la sociedad a la que se debe y de la que se nutre.

---

## INGENIERIA QUIMICA: ACADEMIA E INDUSTRIA

---

Con base en el planteamiento sintético de la interacción esperada entre la universidad y su entorno, mirando ya particularmente a la ingeniería química, cabe anotar que durante abundante tiempo se ha mero-deado y aún examinado el tema de la relación universidad-industria, tanto en ámbitos de especulación netamente teórica como de pretensión práctica. Por lo general, surgen diagnósticos variados en torno de la naturaleza de cada elemento del "círculo vicioso" y, más aún, propuestas diversas para "romperlo". No obstante, esta delicada relación es esquiva y presenta componentes especiales que exigen una armonía y

conveniencia mutuas, entre lenguajes y concepciones heterogéneas que deben nutrirse. Aunque para los alcances del presente trabajo se entiende la relación universidad industria en el campo de la ingeniería química, ella misma es susceptible de extenderse a otros campos del conocimiento donde se considere conveniente. A continuación se esbozan algunos planteamientos en torno de la "posibilidad" de dicha relación.

Siendo la relación universidad industria una entidad conceptual aún amorfa en nuestro medio tercermundista, sujeta a múltiples factores aleatorios, se presentan aquí solamente "puntos de vista" que medianamente se han venido elaborando en el tiempo, relacionados con el papel del Estado, de la industria y de la universidad, tanto en el nivel de instituciones como en el de comunidades de individuos.

En cuanto al papel que desempeñe el Estado, visto generalmente como un "blanco" sometido al frecuente vaivén de los cambios de política, corresponde a través de sus instancias y funcionarios visibles hacer la "planeación de largo alcance" y preservarla con los leves ajustes del caso, sin desplazarse tan bruscamente dentro del escenario. De otra parte, también le competen la reglamentación normativa de favorabilidad, dentro del concepto de "promover" sin "forzar"; es decir, pueden estimularse de uno y otro lado los procesos y los protagonistas de cada acercamiento real, sin pensar siquiera en sancionar en los casos donde no se produzca tal acercamiento, a pesar de ser potencialmente posible.

Por su parte, el papel de la universidad, sometida a una engorrosa legislación administrativa y fiscal estatal y una tradición cultural de torre de marfil, debe consistir en demostrar su eficacia y competitividad y en merecer la relación con la industria, mediante hechos útiles construidos en la realidad física. La universidad como componente de la relación no puede convertirse en la cenicienta mendicante que espera los actos bondadosos de la generosidad aleatoria de la industria. La universidad debe ser el componente creativo que merced a su "propia iniciativa" plantea soluciones útiles, aplicables, novedosas y audaces. Por supuesto, y mirando hacia su íntima esencia, la universidad también debe, paralelamente, nutrirse con la mejor explicación teórica y elaboración abstracta del fenómeno bajo consideración. Con la solución útil debe satisfacer a la industria y con la explicación teórica debe realimentarse. Uno y otro aspecto de su papel deben surgir como consecuencia de un entendimiento explícito entre institución y protagonistas de la relación.

Y en cuanto a la industria, ella debe propiciar el acercamiento en un ambiente de "reconocimiento y valoración", sin establecer apriori grandes diferencias entre las posibilidades de desarrollo de la universidad colombiana y otras fuentes alternas, aunque hayan demostrado previamente su eficacia, quienes han logrado enraizarse con cierto estatus, gracias a la supervalorización que la misma industria ha tenido por tales fuentes alternas.

A la relación mencionada, no forzada ni por generosi-

dad de una las partes, se llega por cierta identificación de oferta y demanda; porque se hacen visibles los detalles de la mutua conveniencia y valoración. A la vez, la relación es eminentemente transitoria, nunca eterna; por tanto, se torna indispensable alimentar y construir permanentemente los elementos que hagan importante y necesaria una para la otra.

---

## INVESTIGACION Y PROCESO QUIMICO COMO ESENCIA.

---

La idea central de este trabajo, dentro de la conveniente y necesaria combinación ya planteada, consiste en puntualizar la bondad de estructurar cualquier pretensión futura de formación de ingenieros químicos alrededor de dos entidades conceptuales: una, la investigación, para favorecer actitudes "críticas" ante la cotidianidad concreta y material y "creativas" ante el inmenso universo de la posibilidad que subyace latente en cualquier desempeño; y la otra, el proceso químico, que como conocimiento integral evaluado y ya decantado en la literatura de dominio público, sirve de "contenido" actualizado para ubicarse dentro de un escenario cuya arquitectura es cuasiuniversal. En este sentido a continuación se trata de mostrar una y otra componentes constitutivas de la esencia mencionada.

### INVESTIGACION

En cuanto una de las entidades conceptuales esenciales, parece también un lugar común y sistemático que en los países desarrollados, donde abundan la producción de conocimientos y los premios Nobel —colocados aquí solamente porque en el ámbito internacional constituyen un índice de desarrollo— y se acentúa una cultura de independencia y dominación en múltiples órdenes, además de una "intensa coordinación" entre la academia y la industria, se destinan cantidades importantes para investigación y más propiamente para la nueva entidad investigación y desarrollo (I&D). Y simultáneamente, en los países en vías de desarrollo, particularmente en América Latina, donde se viene acentuando una cultura de dependencia, en múltiples órdenes, y de consumo convulsivo de los bienes y servicios que afanosamente se diseñan y producen en aquellos países desarrollados, además de la no identidad para algunos propósitos y de la separación entre la academia y la industria, se destinan cantidades irrisorias para I & D. Estas afirmaciones pueden cuantificarse mediante la información de los cuadros 1, 2 y 3, en torno de investigación, donde se presentan algunos índices, tanto para la situación de América Latina frente a Estados Unidos, Japón y Alemania Federal, como para aquella de América Latina frente a los demás países en vías de desarrollo y al total mundial. Igualmente, se presentan las publicaciones que surgen de los trabajos de investigación (escasas en los países en vías de desarrollo y abundantes en los desarrollados), lo cual favorece la dependencia; pues, en países como Colombia, para formar recursos humanos en la universidad se apela meramente a transmitir conocimientos logrados en otras latitudes, mediante sus publicaciones.

CUADRO 1

(Participación porcentual en el total mundial, alrededor de 1980)

Grupo o República	América Latina	Estados Unidos	Japón	Alemania Federal
Población	8.0	5.0	2.5	1.3
Producto interno bruto	7.0	27.0	9.4	5.8
Producto manufacturero	6.0	18.0	11.7	9.4
Bienes de capital	3.0	14.7	11.1	9.6
Ingenieros y científicos	2.4	17.4	12.8	3.4
Recursos gastados en I & D	1.8	30.1	10.2	6.7
Autores científicos	1.3	42.6	4.9	5.4

Fuente: Brunner Joaquín (1990) "Investigación y Educación Superior en América Latina"  
Memorias III Seminario sobre Calidad Eficiencia y Equidad de la Educación Superior Colombiana. ICFES.

CUADRO 2

	No. de científicos e Ings.	Por millón de habits.	Gastos en I&D (millones US\$)	como % de PNB
Total mundial				
1970	2.608.100	711	62.101	2.04
1980	3.756.100	850	207.801	1.78
Países en desarrollo				
1970	221.618	84	1.556	0.32
1980	420.028	127	12.949	0.45
América Latina				
1970	38.411	136	498	0.30
1980	90.936	252	3.745	0.49

Fuente: Brunner Joaquín (1990) "Investigación Científica y Educación Superior en América Latina".  
Memorias III Seminario sobre Calidad Eficiencia y Equidad de la Educación Superior Colombiana. ICFES.

De los cuadros 1 a 3 pueden desprenderse múltiples análisis y sugerirse algunas recomendaciones, de acuerdo con la óptica de quien analice, de lo que pretenda y de la voluntad de seguir algún modelo ya probado, o por lo menos teóricamente favorable. Una conclusión, como condición de posibilidad muy evidente, si se pretende **promover el cambio de la cultura de la dependencia por la de la innovación y la producción de nuestras propias soluciones y aún de otras**, consiste en afirmar la necesidad de "disponer" de mayores recursos para I & D, con base en planes conjuntos, elaborados concertadamente entre la academia, la industria y el Estado y mediante los mismos egresados. Esta concertación es necesaria porque definitivamente la investigación que se adelante en una universidad, inmersa en un país como Colombia donde los recursos son escasos, debe estar encamina-

da, por lo menos inicialmente, a la solución "positiva" de aquellos "problemas" que se identifiquen en la industria local. Pues investigar por investigar, para lograr con ello solamente el entrenamiento formal del recurso humano, suele resultar demasiado oneroso y disperso y sus "productos" inaplicables. Desde luego, y en forma simultánea, la investigación orientada hacia la satisfacción de los intereses industriales produce también frutos para la universidad y el entrenamiento formal de su recurso humano; es más, tales frutos suelen resultar "agradables" porque surten efectos de trascendencia, porque son productos "útiles a alguien" y en forma más o menos inmediata.

CUADRO 3

País	Científicos e Ings. en I&D	Por millón de habits.	Gasto en I&D (millones US\$)	Gasto como % PNB	Publicacs. anuales
Argentina	10.468	371	1.022	0.4	709
Bolivia					5
Brasil	32.508	268	1.702	0.7	878
Colombia	4.769	184	43	0.1	52
Costa Rica	893	397	11	0.3	32
Cuba	4.510	464	186	0.8	29
Chile	4.530	407	74	0.5	371
Ecuador	2.049	252	34	0.4	7
El Salvador	802	178			5
Guatemala				0.5	19
Haití					2
Honduras					4
México	16.679	240	949	0.6	428
Nicaragua	650	238		0.3	1
Panamá	204	104		0.2	10
Paraguay	807	256			2
Perú	4.858	281	46	0.2	29
R. Dominicana	541	99			3
Uruguay	1.150	395			24
Venezuela	4.568	304	188	0.4	212

Fuente: Brunner Joaquín (1990) "Investigación Científica y Educación Superior en América Latina"  
Memorias III Seminario sobre Calidad Eficiencia y Equidad de la Educación Superior Colombiana. ICFES.  
Datos alrededor de 1980 a 1985.

Ahora bien, concebida la universidad en forma amplia como una entidad generadora de cultura, es importante resaltar que parte de su esencia consiste en producir sus propios elementos de trabajo, es decir, en obtener mediante investigación los conocimientos que transmite y con los que forma a sus educandos. De aquí se desprende, entonces, la necesidad de distinguir entre instituciones "verdaderamente" universitarias y aquellas dedicadas simplemente a la transmisión mecánica y repetición fiel y literal de textos totalmente ajenos: las primeras se nutren de la investigación y de los conocimientos que así se adquieren, como condición de posibilidad para la promoción en la sociedad de una cultura de innovación y cambio hacia la independencia; y las segundas mantienen el estatu quo de la cultura de la dependencia y del consumo convulsivo de lo que otros producen. En este punto es pertinente resaltar que la investigación hace parte constitutiva de la esencia de la universidad, sin que ésta deba escindir-se por aquélla en segmentos que no investigan y segmentos que sí. Es decir, ya no conviene, desde ningún punto de vista, la segmentación entre "pregrado", donde sin investigar se siguen confesionalmente los textos ajenos y "posgrado", donde sí se investiga. En cualquier momento, pueden y deben presentarse gradualmente diferentes "nive-

les" de profundización conceptual y de elaboración de conocimientos, según se evolucione progresivamente desde el primer día del pregrado hasta el último día del posgrado, pero sin que esto segmente bruscamente a la población estudiantil: todo educando, sea de pregrado o de posgrado, debe formarse alrededor del seno de la investigación. Hasta aquí, una tesis:

*"las actividades tendientes a formar é informar a los ingenieros químicos en una universidad colombiana deben centrarse en la investigación orientada a resolver problemas de la industria química establecida en el país."*

---

## PROCESO QUIMICO

---

En cuanto la otra entidad conceptual esencial, aparece ya bien evaluado y analizado el conocimiento que, luego de satisfacer los requisitos de rigor, finalmente se estructura y legitima en postulados y más postulados, diversamente articulados y ensamblados en libros y más libros de cobertura y aceptación universal. En efecto, hoy en día (1991) ya se cuenta con "organizaciones temáticas" experimentadas y validadas, que garantizan una adecuada comprensión de los fenómenos de los cuales ha tenido a bien apropiarse, analizar, explicar y transformar el ingeniero químico, tanto en el nivel de las elaboraciones teóricas como en el de las vivencias empíricas que le permiten comprobar la no refutabilidad de una determinada teoría.

Tampoco, por supuesto, se trata de explicaciones últimas, perfectas o totalmente acabadas: se trata más bien de esquemas "buenos" pero "perfectibles"; solo que cada vez, por alcanzar grados de consolidación más fuertes, se torna más complejo y exigente su cambio significativo. La elaboración y depuración del actual esquema de organizaciones temáticas en Colombia, típicamente trasladado de la experiencia anglosajona, ha consistido globalmente en dos fases: primera, la identificación de las operaciones y procesos unitarios que, como homeomerías básicas para prácticamente construir o "armar" cualquier proceso químico, constituyen los elementos comunes que deben comprenderse casi independientemente; y segunda, la incorporación de bases, herramientas e instrumentos con los cuales se modernizan y amplían el entendimiento y dominio del proceso químico. Así, a lo largo de esta elaboración se ha llegado incluso a aceptar agrupaciones o clasificaciones temáticas, que aproximadamente convergen en las indicaciones sugeridas por la American Society for Engineering Education (ASEE) y que con algunas modificaciones son:

Grupo I: temas de formación científica básica; leyes y principios generales de las ciencias naturales y matemáticas. Grupo II: temas de formación tecnológica básica; propiedades de los sistemas y los mecanismos para resolver problemas de segmentos unitarios. Grupo III: temas de diseño y aplicación industrial; principios científicos y tecnológicos básicos unitarios en el diseño y control de procesos. Grupo IV: temas de

administración y economía; organización y dirección de la producción y evaluación de proyectos. Grupo V: temas de ciencias humanas y sociales; complementación humanística de la formación técnica. Grupo VI: temas libres; profundización en áreas específicas de aplicación industrial.

Vista ya alguna forma de agrupar los temas, justamente aquella que ha demostrado en diversas sociedades su validez, conviene mirar su transformación. En efecto, los pretendidos cambios en torno de las temáticas que pueden conducir a la mejor comprensión de un proceso químico, aquellos que precisamente surgen como resultado de una experimentación más o menos exhaustiva, han consistido simplemente (al menos en las últimas décadas en Colombia) en modificar la participación porcentual en intensidades horarias de uno u otro grupo, según los matices particulares y propios de cada tendencia, pero realmente de ninguna manera en innovar o modificar las temáticas en cuanto tales. Es decir, más que en cambiar temáticas, la atención se ha concentrado en aumentar y/o disminuir su participación porcentual en intensidades horarias, al menos en lo que corresponde a lo nominalmente visible en un plan de estudios, y en incorporar temáticas, modelos, métodos y técnicas que permitan menores incertidumbres en los resultados y soluciones más ágiles y confiables, con base en la información recibida de universidades de países desarrollados, para así "modernizarse" y estar de acuerdo con las tendencias del mundo actual. Tales cambios pueden interpretarse en retrospectiva como un sofisma de distracción, pues el nivel conceptual de "desplazar" la dedicación e intensidad horaria de algunas temáticas **disto** sobremanera del nivel conceptual de "cambiar" verdaderamente la forma de agrupar los elementos temáticos o estos mismos elementos en cuanto tales. El primer nivel planteado es el único posible en un modelo de cultura dependiente, mientras que el segundo solo es viable en un modelo de cultura independiente, donde mediante investigación se produzcan nuevas interpretaciones y se consoliden nuevos conocimientos. El segundo nivel conceptual siempre subyuga y domina al primero, aunque éste no siempre adquiera conciencia de tal condición.

---

## SIMBIOSIS ENTRE INVESTIGACION Y PROCESO QUIMICO.

---

La relación entre la investigación y el proceso químico, componentes esenciales para la formación de ingenieros químicos, establece una simbiosis de mutua necesidad y complementariedad: una y otro deben estar presentes, pues la investigación pura se pierde por no articularse a "algo" ni tener "sentido" y el proceso químico puro se limita a la reproducción dependiente y ciega de lo que encuentran y comprueban otros. La simbiosis indicada también plantea características y actividades específicas para una y otro componente. De una parte, las temáticas ya consolidadas permiten mostrar en forma adecuada el proceso químico en su dimensión más actual, con seguridad y aceptación universal, ya que se erigen como el "código fijo" que,

en permanente transformación, mejor interpreta y explica los fenómenos inmersos en dicho proceso químico. De otra parte, la investigación orientada al proceso químico es el camino que permite alternativamente comprobar o refutar elementos ya aceptados y generar nuevos elementos explicativos, es decir, nuevos conocimientos. Y, de las constantes actividades e interacciones mutuas de cada componente, lenta y seguramente va modificándose el "código fijo" para dar lugar a sus nuevas conformaciones. De aquí se desprende que la única manera de lograr responsable y conscientemente cambios en el "código fijo", en ese camino de ávida búsqueda de otro mejor, es mediante la investigación, ya que es la ruta para obtener los nuevos conocimientos que hacen posible el cambio y enriquecimiento de aquel.

El "código fijo", siempre adecuado pero perfectible, es la memoria histórica y sintética que refleja cada avance, cada desarrollo y cada nueva visión; es donde se va incorporando la ingente labor de quienes investigando van construyendo y puliendo las teorías explicativas y siempre actuales; es el soporte que permite un entendimiento y que limita lo ya probado, a manera de frontera de lo que puede asegurarse con relativa certeza; es la sucesión decantada de aquellas "verdades" que han satisfecho los requisitos de legitimidad de cada momento, de cada vivencia empírica y de cada comunidad científica. El "código fijo" es universal. En cuanto la relación entre investigación y docencia, se destaca la importante riqueza conceptual que la primera incorpora a la segunda. El profesor universitario que investiga puede transmitir e impregnar a sus educandos postulado tras postulado ya probado del código fijo, con base en sus propias vivencias, con mayor independencia de criterio, certeza, confianza y credibilidad. Se trata casi de un "natural" relato donde se "cuenta" la realidad que propia y directamente percibe, sin tener que recurrir a escenas de teatro y arquitectura irreales de extraña coherencia, en el desempeño que adelanta para formar ingenieros químicos. El hecho de "palpar y organizar" in situ las manifestaciones reveladoras de la naturaleza, explorando muy cerca o tal vez en la frontera misma y contribuyendo a la conformación del código fijo, otorga un dominio especial y una refinada elaboración en las disertaciones que cotidianamente aborda. Es altamente conveniente, en aras del fomento de una cultura de independencia, ligar la investigación a la docencia. El profesor universitario que no investiga cae irremediablemente en la esfera de la dependencia y transmite con relativa "inseguridad" aquellos productos que obtuvieron otros, estos sí mediante investigación, quienes supuestamente sí tienen "seguridad" y así han venido forjando con autoridad su propia independencia. Además, transmitir detalles y entornos de cada elemento del código fijo, en cuanto también relación permanente con la investigación que permite participar en su pulimento, produce el sabor de la satisfacción que queda cuando se trasciende con lo propio y no con lo ajeno, así lo ajeno ya sea de dominio público universal.

De otra parte, la investigación, por su naturaleza eminentemente exploratoria, conduce necesariamente a una especial e interesante versatilidad metodológica,

en cuanto estrategias organizadas para "convencer" a los educandos y/o permitir que estos "perciban", mediante tanto la evidencia orgánica visual como la intelectiva o de naturaleza noética, cada aspecto del proceso químico o código fijo ya familiar. El código fijo, como gran síntesis actual, equivale a los contenidos y objetos de trabajo de la labor docente e investigativa; y por su parte, la investigación, como actividad y proceso, equivale a la metodología de la labor de formar ingenieros químicos. Hasta aquí, entonces, una modificación a la tesis antes planteada:

*"La información a los ingenieros químicos debe basarse prevalectivamente en las temáticas universales y ya validadas que explican adecuadamente un proceso químico, mientras que su formación debe basarse gradualmente en la investigación orientada, la que a su vez va nutriendo en forma importante y momento a momento a las temáticas. Las temáticas son el objeto de la investigación y de los resultados de ésta se nutren".*

---

## PROPUESTA.

---

Consecuente con lo anterior, se propone para la formación de ingenieros químicos un currículo centrado en el proceso químico, en tanto contenidos temáticos o elementos fundamentales del código fijo; y en la investigación orientada, en tanto medio y actitud para la "apropiación" del código fijo. Para la organización temática se propone: de una parte, una serie de asignaturas obligatorias, que sintetizan los contenidos actualmente consolidados; y de otra parte una serie de asignaturas electivas para aplicar y profundizar conocimientos especializados, de más reciente revisión y también objeto de las investigaciones que se adelanten. Las áreas son: dibujo y formación científica básica (26%); formación tecnológica básica (20%); procesos químicos y diseño y control (9%); sistemas, economía, gerencia de procesos y administración (11%); línea electiva de humanidades y sociales (5%); dos líneas de electivas de profundización (14%); y proyecto de grado (15%). Las líneas electivas del área de ciencias humanas y sociales deben tratar problemáticas de orden nacional e internacional, así como estar encaminadas al conocimiento del entorno humano y social donde más probablemente deba desempeñarse el egresado. Esta temática toca con aspectos como: sicología y sociología industriales; geografía e historia de Colombia; estructura e historia del pensamiento y de las civilizaciones humanas; revoluciones científicas y paradigmas para allegar conocimientos legítimos; o evolución de la universidad, por ejemplo. Por su parte, las líneas electivas del área propia de la ingeniería química deben permitir una cierta profundización en campos específicos, su importante incidencia en el medio ambiente y un mayor acercamiento con la investigación, así como la articulación con el proyecto de grado, componente culminante de la formación. En este caso, deben cursarse dos líneas de las que según circunstancias puedan ofrecerse. Esta temática toca con aspectos como: ingeniería de proceso y operación de plantas químicas; diseño y control de procesos y plantas químicas;

administración y gerencia de procesos químicos; o profundizaciones en catálisis, polímeros, bioingeniería, carboquímica, petroquímica o sucroquímica, por ejemplo. Igualmente, se aclara que cuando se indica línea electiva significa que se elige un determinado grupo de asignaturas y no cada asignatura independientemente, aunque algunas asignaturas pertenezcan simultáneamente a diferentes líneas. Esta situación conduce a una mejor formación por áreas articuladas con el proyecto de grado, en cambio de una mayor diversidad y dispersión con menor profundidad y organicidad. Adicionalmente, así se minimizan las distorsiones que suelen presentarse cuando puede optarse por aquellas asignaturas que sistemáticamente son más convenientes, sin que tengan siquiera mediana hilación con las otras.

---

## METODOLOGIA

---

Acorde con el plan de estudios sugerido, donde se manifiesta una gran dedicación extra aula de parte del educando, la metodología –inmersa en un concepto de educación propiamente universitaria– debe ser fundamentalmente participativa, tipo seminario investigativo. Es decir, junto con la libertad que el educando tiene, para explorar por sí mismo cada aspecto, las reuniones de trabajo más que las clases formales, deben concentrarse en la discusión de los temas, con plena participación de todos los integrantes del grupo, quienes responsable y previamente han debido documentarse. Los educandos, en posición reconocida de potencial par de su profesor maestro, deben interpretar que su mayor “movilidad” extra aula es la única que le permite la posibilidad de llegar a la reunión con el profesor con conocimientos aprehendidos, cierta confianza y seguramente diversas dudas que en labor intensa pretenden ahora resolver. El educando debe entender que, además de ser receptor

crítico de pautas y criterios, su papel trasciende en la medida de su participación seria y fundamentada también como dador de lo que aprehende. La reunión como tal no puede tomarse con función meramente informativa, característica central del paradigma de la “clase magistral”, sino que debe cumplir la función de gran síntesis, donde todos sus integrantes, profesor y educandos, aportan con responsabilidad a tal construcción. Cada afirmación, provenga del profesor o de los educandos, exige responsabilidad y compromiso. La reunión no puede ser una escena donde el único Ser activo es el profesor, quien demuestra su erudición mientras los educandos lo contemplan y lo acatan pasivamente e incluso llegan a admirarlo, sino aquella donde todos protagonicamente, tanto profesor como educandos y según sus ópticas particulares, entregan de sí lo que extra aula han preparado y logran comprender con su propio esfuerzo intelectual.

Esta metodología conduce a construir mediante la acción, a la vez que permite dedicar menos tiempo al esfuerzo de reuniones informativas de un gran grupo de educandos, donde sólo el llamado profesor posee la potestad del “monólogo”, en una especie de interpretación medioeval, y donde los demás suelen dedicarse a dejar pasar el tiempo y la potencial riqueza de la discusión. La construcción mediante la acción, de forma coherente con el discurso, deja “percibir” más ampliamente que cuando solo se dispone parcialmente el oído y el intelecto, ya que la acción responsable misma requiere de una mayor disposición y elaboración intelectual. Hasta aquí, en cuanto a metodología puede realizarse la siguiente síntesis: es necesario pasar del paradigma de la “clase magistral”, al del “seminario investigativo”, con miras a que cada educando protagonice su propia existencia por sí mismo y escale, mediante la cotidiana acción de afirmaciones responsables, un mayor grado de elaboración intelectual que le permita disfrutar y buscar esquemas independientes, a la vez que actitudes más de “transformación activa” del mundo que de “contemplación pasiva” del mismo.

