

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INGENIERÍA QUÍMICA

Alberto de León de León (*) y Lineth A. de León Torres
Instituto Tecnológico de Cd. Madero
J. Rosas y J. Urueta, Col. Los Mangos
Cd. Madero, Tamps., C.P. 89440
Tel. 01-(833) 215-85-44, mail: deleon_al@yahoo.com.mx

Palabras clave:

Ciencia, Tecnología, Hipotético-Experimental.

INTRODUCCION

El crecimiento económico de un país requiere que desarrolle su propia tecnología y ciencia aplicada, ya que hoy en día es el motor que impulsa su desarrollo económico; ya que un país sin base tecnológica y científica, su tecnología se vuelve rutinaria y dependiente, incapaz de comprender las necesidades del mundo moderno y de contribuir a su desarrollo.

Se puede importar el conocimiento, ya que lo hacen todos los países al suscribirse a publicaciones extranjeras, pero para que los individuos entiendan un artículo científico se necesita que reciban un entrenamiento científico adecuado. Tampoco es suficiente importar expertos, la fe ciega en modelos extranjeros importados puede ser desastrosa, porque lo que sirve para una nación puede no ser útil a otra. Cada nación debe formar sus propios expertos tanto en las ciencias básicas como en las aplicadas.

La idea más difundida acerca de lo que debiera ser la ciencia en los países en desarrollo, es que ésta: debiera ser empírica antes que *teórica*, regional antes que *universal*, aplicada antes que *pura*, natural antes que *social*, y en todo caso filosóficamente neutra.

Desde el punto de vista empírico, se considera que hacer ciencia es observar; pero observar lo que está a la mano, y estudiarlo sin una base teórica es duplicar innecesariamente las observaciones. El conocimiento científico no se limita sólo a esto: *la observación se realiza en forma conceptual, y se describe con ayuda de ideas teóricas*, poniendo a prueba o enriqueciendo a éstas últimas.

Se tiene la creencia en los países en desarrollo, de que la ciencia pura es un lujo, y por consiguiente se debe comenzar por la tecnología aplicada, postergando todo esfuerzo en ciencias básicas. Esta tesis pragmática ignora que la :

Tecnología Moderna es Ciencia Aplicada

Por ejemplo: no hay siderurgia competitiva sin metalurgia, y ésta a su vez es un capítulo de la cristalografía; donde la cristalografía teórica es mecánica cuántica aplicada, y requiere de la técnica de los rayos X, que a su vez hacen uso de la óptica y el análisis de Fourier.

En la Ingeniería Química se presenta algo similar al estudiar Polímeros, que requiere de la Mecánica Cuántica, para poder explicar las estructuras de ligamiento.

Una investigación científica debe tener un lado teórico y otro empírico, por lo que una política integral de desarrollo de un país en desarrollo debe:

- Fomentar la investigación teórica y sus contactos con la investigación empírica.
- Estimular la elección de problemas de interés nacional, pero con comparativo internacional
- Fomentar la ciencia básica tanto como la aplicada, advirtiendo que la ciencia aplicada se considera como sinónimo de *Tecnología Moderna*, y su principal representante en la sociedad moderna es: la *Ingeniería*.

METODOLOGÍA

La Ingeniería hace uso de los conceptos básicos de la Ciencia para desarrollar elementos útiles a la sociedad; pero, ¿Cuál es la diferencia entre Ciencia y Tecnología?, ¿Cuál es la metodología que se utiliza en la

Ingeniería?, ¿Es idéntica la metodología utilizada por la Ciencia y la Ingeniería?, En caso de que no sean idénticas, ¿En que se diferencian una de la otra? Estas preguntas

se buscan contestar en el desarrollo de este trabajo.

Para lo cual se describen los principales elementos que componen el Método Científico Moderno, a continuación se presenta como se aplican esta metodología para el estudio de la Química. Utilizando el método Experimental, que partiendo de Principios Básicos obtenidos en forma experimental, se generalizan para obtener las principales Fórmulas y Leyes de la Química. El siguiente paso es conocer como se aplica la metodología Hipotética – Experimental a la Ingeniería Química, para lo cual se combinan

los resultados obtenidos por el método experimental relacionándolo con el método Hipotético de la Teoría de las Gases, para predecir el comportamiento de diferentes productos químicos, usando la Ley de Van der Waals.

Por último se utiliza la Teoría Atómica de la materia, tratando de unificar la interpretación Física con la Química, para llegar al concepto actual del desarrollo de la Ingeniería Química, como: *“el estudio de las transformaciones Físico-químicas de la materia”*

RESULTADOS

¿Qué relación existe entre *Ciencia y Tecnología*? La Tecnología es la aplicación sistemática de procedimientos para obtener bienestar, los que a su vez se basan en conocimientos científicos. Las primeras sociedades que iniciaron el desarrollo de la tecnología fueron las de Oriente; el mejor ejemplo es la Mesopotamia, donde se pusieron a trabajar sistemas muy complejos para abastecerse de agua y donde “aparentemente” no intervenía la Ciencia.

¿Cuál es la diferencia entre *Ciencia y Tecnología*? La Ciencia investiga y logra descubrimientos que pretenden explicar el mundo natural; la Tecnología utiliza las investigaciones y descubrimientos del hombre para construir nuevos objetos, máquinas y aparatos, a fin de proporcionar bienestar a la Humanidad; a su vez ésta proporciona a la Ciencia los medios físicos para contrastar, validar o rechazar hipótesis y en algunos casos Teorías. Para hacer Ciencia, se requiere de un Método Científico.

¿Por qué no es adecuado importar y aplicar teorías científicas de países avanzados científica y tecnológicamente, para ser aplicados a países en vías de desarrollo? De acuerdo al concepto de *Doctrina*, el cual puede ser antecesor al desarrollo de una Teoría Científica; es conveniente que el Investigador, Ingeniero y en general cualquier profesionalista, efectúe un análisis de los metas a las que espera llegar al realizar una investigación, implementación de un proceso, o desarrollo de un producto o Tecnología.

Al utilizar cualquier libro de texto, se está haciendo uso en forma implícita de cierta Doctrina, la cual se desarrolló de acuerdo a un modelo y necesidades económicas de una nación o país. Por lo que es importante, que cada país determine sus propias políticas económicas, y éstas se plasmen en forma de programas económicos, que a su vez darán lugar a sus propias Doctrinas Científicas. Esto implica en algunos casos realizar adaptaciones al proceso científico utilizado por cada país, para lo cual se propone que se estudie el *Método Científico* bajo la conceptualización de:

LA CIENCIA COMO CONSTRUCCIÓN MENTAL

¿La Ciencia es un simple reflejo de lo que es la naturaleza y, por tanto, el científico se limita a descubrir y detectar las características de ella?, o bien, ¿la Ciencia es una creación humana, de manera que el trabajo del científico va mas allá del simple acto de reflejar la realidad?

La concepción que se maneja, es que la Ciencia es una Construcción Humana que, aunque deudora respecto a la realidad por razón del material empírico utilizado, es además paradigmática de esa misma realidad; siendo por lo tanto un producto creado por el entendimiento humano, falible y perfectible; de modo que es más afín al hombre que a una realidad objetiva que quisiera postularse como independiente del ser humano. Las razones para sostener estas tesis son:

- El *Concepto*, que es la base de toda teoría es una construcción de la mente.
- Las *Hipótesis Científicas* son producto de una intuición mental, desarrollada por el investigador
- El *Saber Científico* busca ser un reflejo de la realidad, pero en muchos casos no lo logra.
- La *Construcción Mental* como *Explicación Científica*, está cada vez más próxima a la realidad, pero solo se aproxima a ella en forma asintótica.

- e. La realidad muestra hechos singulares, contingentes concretos, históricos. En cambio, la Ciencia expresa: *Leyes Universales, necesarias y atemporales*.
- f. Esto señala con toda claridad que es el ser humano el que determina cuales saberes científicos, son los que se considerarán como elementos básicos en el fenómeno a estudiar.
- g. Por lo que es la razón la que construye un modelo con base en la realidad, originándose una dialéctica o intercambio entre *Realidad y Modelo*, y viceversa.
- h. La *Observación* de la realidad proporciona datos para afinar el Modelo, y éste sirve para captar mas a fondo la realidad en su devenir, de modo que:
- i. En ciertos casos es posible pronosticar otros fenómenos y *Predecir nuevos Efectos*.

Una de las características más importantes del *Conocimiento Científico* es el dato mensurable. De acuerdo con la idea de varios autores, un conocimiento que no llega a expresarse en términos numéricos todavía no alcanza el nivel propiamente de científico. No basta expresar las leyes en términos cualitativos, es necesaria la referencia a lo cuantitativo.

Así, por ejemplo, no es suficiente expresar que el volumen de un gas depende de su presión y de su temperatura; se requiere saber en qué medida se da esa dependencia. Una función matemática es, la expresión más adecuada de una ley o de un principio con valor científico. Así es como, en primer lugar, la Física se ha matematizado completamente; y la Química ha dado pasos similares.

Una *Ley Científica* en forma de función matemática ofrece otra ventaja, libera del problema de la causalidad. El conectar dos variables y determinar sus respectivos cambios en forma numérica, no significa que necesariamente una variable sea la *Causa* y otra el *Efecto*. Detecta los cambios observados y expresa que una de esas variables está en función (depende) de la otra, aun cuando la causa de ambos cambios puede ser una tercera variable, diferente a las investigadas, y tal vez no detectada. Con esto, la investigación científica se libera del sofisma de pretender que un fenómeno A, que precede siempre a otro fenómeno B, es la causa del fenómeno B.

APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO A LA QUÍMICA

La *Química* desarrolla teorías que buscan explicar el comportamiento de los materiales al sufrir combinaciones o reacciones; que requiere el planteamiento de hipótesis, la fundamental ha sido que los compuestos en la naturaleza, se encuentran formados por elementos fundamentales o básicos; y dependiendo de cómo se combinen, serán los productos finales que se obtengan.

Esta se plantea a través de la fórmula del compuesto, determinada por experimentos como fórmula empírica, o deducida sobre la base de experimentos. Para lo cual se propone la *ley de las Proporciones Definidas*, que establece que:

Muestras diferentes de un mismo compuesto contienen siempre elementos constituyentes en las mismas proporciones, de Joseph Proust (1799).

La otra ley fundamental es la *ley de las Proporciones Múltiples*:

Si dos elementos se pueden combinar para formar más de un compuesto, las masas de un elemento que se combinan con la masa fija de otro elemento, se encuentran en relaciones de números enteros pequeños.

La aplicación de la ley de las proporciones múltiples, lleva a proponer la *Teoría Atómica de Dalton*, la cual establece:

Que toda la materia está formada por partículas pequeñas indivisibles llamados átomos, todos los átomos del mismo elemento son iguales, y los compuestos están formados por átomos de diferentes elementos, que se combinan en relaciones de números enteros; de donde los átomos no se crea ni se destruye en las reacciones químicas, que hace uso de otra hipótesis: Ley de la Conservación de la Masa.

La forma molecular indica el número y tipo específico de átomos que se combinan en cada molécula de un compuesto. La fórmula empírica indica la relación más sencilla de átomos que se combinan en una molécula. Conocida la fórmula empírica de un compuesto, nos seguimos preguntando: *¿Cómo predecir que resultado obtendremos al combinar diferentes compuestos?*

El científico sueco Svante Arrhenius, en 1884, clasificó los compuestos en ácidos y bases; buscando una explicación de como serán las reacciones de los compuestos, de esta manera propone mecanismos de reacción para poder clasificar los elementos en ácidos y bases. Pero, *¿qué es un ácido?, ¿qué es una base?*

Se define una sustancia como: *Ácido*, si en una solución acuosa se disocia produciendo iones hidrógeno, *Base*, si se producen iones Hidróxido.

El procedimiento experimental es: *diluya en agua el compuesto, si libera hidrógeno: es un ácido; si libera hidróxido: una base.*

Para este caso experimental, el *Procedimiento Científico* fue:

- i. Defina los conceptos considerados indispensables: *Ácido y Base*
- ii. Plantee una hipótesis: *“la sustancia puede ser un ácido o una base”*
- iii. Realice un experimento crucial: *“Diluya en agua, y determine si se libera hidrógeno (es un ácido), o si se libera hidróxido (una base)”*.
- iv. Formule una teoría, la de *Arrhenius*.

Para que diferentes investigadores reproduzcan correctamente un fenómeno, se requiere que las variables que intervienen en el experimento se definan operacionalmente. Es decir, describir las operaciones, de manera que se obtengan resultados idénticos en experimentos similares.

Sin embargo, Brønsted y Lowry (1923), propusieron la *Teoría de Transferencia de Protones*, la cual afirma que: *un ácido es un donador (o cedente) de protones; o una base, aceptador (o recipiente) de protones*. Esta teoría es más general, ya que la primera se restringe a las soluciones acuosas, y la de Brønsted-Lowry es aplicable en todos los medios.

Posteriormente Lewis, proporciona una explicación que combina ambas teorías en forma simultánea: *Una base es cualquier sustancia que tiene un par de electrones no compartidos (donador de electrones), y un ácido es cualquier sustancia que fije o acepte electrones, la cual se basa en la Teoría Electrónica de la materia.*

APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO A LA INGENIERÍA QUÍMICA

¿Cuales áreas se consideran de interés prioritario en la Ingeniería Química? Síntesis de amoníaco y ácido sulfúrico, desintegración catalítica para aumentar el rendimiento del petróleo, reformación de gasolinas, convertidores catalíticos para disminuir la contaminación atmosférica, procesos de hidrotatamiento (hidrosulfuración, hidrogenación, hidrometalización) para disminuir impurezas del petróleo, hidrogenación de aceites y grasa vegetales para consumo alimenticio.

¿En que se apoya el Ingeniero Químico para el desarrollo de ésta Tecnología?

Al principio estuvo ligado al desarrollo de un catalizador de desintegración, este proceso produce la ruptura de moléculas pesadas del petróleo en moléculas o fracciones más ligeras para su uso en gasolinas principalmente. El desarrollo y *Mejoramiento Tecnológico* de los procesos del petróleo ha ido más rápidamente que la comprensión de los numerosos fenómenos que están involucrados.

Por lo que la *Catálisis* se ha considerado más una disciplina tecnológica y empírica que de investigación. Sin embargo, la catálisis es una tecnología aplicada de la Teoría de la *Cinética Química*, la cual se ocupa del estudio dinámico de las reacciones químicas que toma en cuenta el mecanismo a nivel molecular.

El concepto de *Velocidad de Reacción* traduce la rapidez con la que en un sistema se produce una transformación química, y está determinada por el camino que siga la reacción. Se utiliza el método científico experimental para explicar el fenómeno utilizando la ecuación de Arrhenius, la cual utiliza la hipótesis: *de la energía de activación (E_a), como si fuera una barrera.*

En esta aplicación se puede visualizar la diferencia entre Ciencia y Tecnología; la Ciencia busca dar una explicación de los fenómenos, la cual se da a través del desarrollo de conceptos. La Tecnología busca utilizar los conocimientos científicos, para desarrollar productos que satisfagan las necesidades de una sociedad o grupo social.

Los libros de texto utilizan ésta descripción, pero ¿Qué explicación más teórica se puede proporcionar a la Teoría Cinética Química? Para hacerlo se requiere de proponer mecanismos, que no es posible verificar en forma experimental, más bien a través de la verificación de sus resultados o conclusiones. Para lo cual realizamos una combinación del Método Deductivo y Experimental, conocido como:

MÉTODO HIPOTÉTICO-EXPERIMENTAL

A continuación se presenta la aplicación del Método Científico al desarrollo de la Teoría de los Gases. De acuerdo al mismo, partimos de observación de fenómenos, buscando su generalización

- a. **Ley de Boyle [3]:** La generalización empírica inicial sobre los gases ideales fueron el resultado de los trabajos de Robert Boyle (1662), quien descubrió que cuando una cantidad fija de aire a

una temperatura constante, se somete a diferentes presiones, el volumen de aire varía en proporción a la presión. Esta relación inversa se expresa cuantitativamente como:

$$V \propto \frac{1}{P} \quad \text{o} \quad V = k_T \frac{1}{P}; \quad T, m \text{ constante} \quad (1)$$

Donde V, P, T y m son, respectivamente, el volumen, la presión, la temperatura y la masa del gas, siendo "k_T" una constante de proporcionalidad.

A partir de las leyes, se hacen generalizaciones o inferencias hacia leyes de estructura similar, buscando desarrollar una Teoría, esto se da con la:

Ley de Gay Lussac, si el volumen de un gas se mantiene constante y se eleva su temperatura la presión aumenta. Encontramos que este aumento de presión por grado de temperatura es: (a_p) Po, que se eleva, en relación con la presión del gas a 0°C; donde (a_p) es el coeficiente del aumento de presión.

La presión a la temperatura t, P_t, sigue la ecuación:

$$P_t = P_o [1 + (a_p) t] \quad (2)$$

Si consideramos que (a_p) = 1 / 273.16; $P_t = P_o \left(\frac{273.16}{273.16} + \frac{t}{273.16} \right)$

$P_t = \frac{P_o}{273.16} (273.16 + t)$ Si sustituimos a: T = 273.16 + t ; y: To = 273.16

$$P_T = \frac{P_o}{T_o} T \quad m, V \text{ constante} \quad (3); \quad \text{Ecuación similar a la de Volúmenes}$$

Ecuación de Estado, con base a estas leyes empíricas sobre los gases, se busca una explicación o Teoría, de acuerdo al método científico tradicional. En donde se considera que el estado gaseoso de la materia es relativamente el más sencillo, ya que las moléculas del gas están más separadas que en los estados líquido o sólido y, por tanto, están relativamente libres de interacciones mutuas. Por esta razón, las propiedades de la materia en el estado gaseoso son más fáciles de interpretar, si nos basamos en un modelo supuesto de la estructura de la materia. Se hace un estudio de las generalizaciones empíricas que se conocen como las *Leyes de los Gases*, la que describe como actúan éstos en diferentes condiciones y ha llegado a ser factor primordial en la postulación de la existencia de entidades discretas, denominadas átomos y moléculas. El modelo supuesto es la:

Interpretación física usando el concepto de Fuerzas de Van der Waals

La ley de gases ideales proporciona una explicación para entender el comportamiento de los gases a temperaturas y presiones moderadas. Pero el comportamiento de los gases reales a presiones extremas y bajas temperaturas se aleja del comportamiento de un gas ideal. Por lo que en lugar de usar la fórmula de Boyle Mariotte, se utiliza la fórmula de Van der Waals, que se obtiene al ajustar la curva de presión-volumen y temperatura, utilizando de unas constantes experimentales "a" y "b", que dependen del tipo de gas. Pero, ¿Cómo explicar la los valores de las constantes "a" y "b"? Podemos analizar las constantes de Van der Waals, "a" y "b", en relación con las fuerzas intermoleculares. En la Tabla 1, apreciamos que mientras más pequeña es la molécula, más reducido es el volumen. El hidrógeno, que es la molécula diatómica más pequeña, tiene el valor más pequeño de b.

TABLA 1. CONSTANTES DE Van der Waals, PARA DIFERENTES GASES

Gas	"a" [atm (l l) / (mol mol)]	b [l / mol]
He	0.034	0.0237
H ₂	0.0245	0.0266
O ₂	1.32	0.0318
N ₂	1.39	0.0391
CO	1.48	0.0398
CH ₄	2.25	0.0418

CO ₂	3.60	0.0418
HCl	3.67	0.0408
NH ₃	4.17	0.0371
H ₂ O	5.46	0.0305
HI	6.13	0.053
SO ₂	6.70	0.056
CCl ₄	19.5	0.127

El valor de "b" para CCl₄, es mayor que el de CH₄, debido a los átomos de cloro, que son de mayor tamaño. En general, encontramos que el volumen excluido de una molécula depende de los aspectos geométricos (forma) y las dimensiones de la molécula. Los valores de la constante de "a" de la ecuación de Van der Waals, es una medida de la interacción molecular, que se ve aumentada incrementarse el tamaño molecular. Por lo que el valor de "a" para el CCl₄, debe ser mayor que el de CH₄, de la Tabla 1.

Gas	"a" [atm (l l) / (mol mol)]	b [l / mol]
CH ₄	2.25	0.0428
CCl ₄	19.5	0.127

Interpretación de las fuerzas moleculares, basado en la Teoría Atómica

Para explicar la acción de estas constantes hacemos uso de la concepción complementaria de Ciencia, como un Paradigma Intelectual: Para lo cual introducimos la explicación de la Teoría Atómica de la materia, que marca la frontera entre la Física y la Química. La Química requiere necesariamente de la Teoría Atómica de la materia, para dar explicaciones científicas de los fenómenos por estudiar.

Bajo la concepción de ciencia como un Paradigma, se considera que este ajuste es causado por las fuerzas de atracción eléctrica, entre los electrones de los átomos que componen una molécula. De manera que la condensación de un gas a líquido, llamada licuefacción, probablemente no ocurriría jamás a no ser por estas fuerzas intermoleculares. La tensión superficial tiene su origen en las fuerzas no equilibradas de este tipo, que se producen entre las moléculas que se encuentran en la superficie de un líquido. La fórmula de Van der Waals, es la siguiente:

$$(P + a n^2 / V^2) (V - n b) = n R T$$

Aplicación del Método Paradigmático aplicado a los Gases Reales

Bajo la nueva concepción se propone la siguiente hipótesis:

Las esferas tienen una estructura molecular, basada en los conceptos de la Teoría Atómica, considerada base de la separación entre fenómenos Físicos y Químicos.

Los fenómenos se explican bajo el concepto de que los electrones externos de las moléculas de mayor tamaño están sujetos con menor firmeza y, por tanto, más fáciles de polarizar. Favoreciendo interacciones de tipo dipolo inducido, que lleva a un mayor valor de "a". Las moléculas polares tienen mayores valores de "a", que las no polares del mismo tamaño. Por lo que el H₂O polar debe tener un valor mucho mayor, que el O₂ no polar.

Gas	"a" [atm l ² mol ⁻²]	b [l / mol]
O ₂	1.32	0.0318
H ₂ O	5.46	0.0305

En consecuencia, las interacciones en H₂O deben ser mucho mayores que en O₂, lo cual se evidencia en la facilidad de licuar el vapor del agua (H₂O).

El aumento de la compresibilidad de los gases reales se explica por las fuerzas de atracción entre las moléculas del gas. Cuando presión obliga a las moléculas a acercarse unas a otras, entran en acción las fuerzas de atracción, con el resultado de que las moléculas se aproximan mucho entre ellas, de modo que el volumen se reduce todavía más.

Estas fuerzas de atracción serán más efectivas a temperaturas más bajas, puesto que las moléculas se mueven con menor rapidez y se encuentran sujetas a la atracción recíproca durante más tiempo. Por tanto, el mínimo será más pronunciado a temperaturas más bajas.

La magnitud de las fuerzas de atracción intramoleculares debe ser mayor en el CO₂, y mucho menor en el N₂, y más bajo en el H₂. Esto se infiere del hecho de que el CO₂ es mucho más compresible que el N₂, y el H₂ presenta un mínimo sólo a temperaturas muy bajas. El aumento del factor de compresibilidad, cuando se incrementa la presión, indica que la reducción de volumen es mucho menor a presiones altas, haciendo que el producto PV, sea menor que RT.

Los tres tipos de interacción son de corto alcance, y esta característica de la naturaleza de las fuerzas, se expresa mejor cuantitativamente en función de las energías potenciales intermoleculares. En el estudio del enlace iónico la energía potencial de atracciones entre iones, varía inversamente con respecto a la distancia "r" entre los iones.

La interacción ión - ión, implica fuerzas de alcance relativamente largo. Los tres tipos de atracción molecular: molécula neutra - molécula dipolar, tienen una potencia que varía con la sexta potencia inversa de la distancia entre las moléculas, es decir: $E = -k/(r^6)$

Donde "k" es una constante de proporcionalidad diferente para distintos tipos de interacción, el signo menos indica que la fuerza es de atracción.

Los tres tipos de fuerzas intermoleculares, se agrupan bajo el nombre de fuerzas de Van der Waals. En la tabla 2, se enlista las energías relativas para estas interacciones

TABLA 2. Valores de la energía relativa de los tres tipos de interacciones

Molécula	Dispersión	Dipolo-dipolo inducido	Dipolo-dipolo
H ₂ O	47	10	190
NH ₃	93	10	84
HCl	103	5	19
HBr	176	4	6
HI	382	1.7	0.4
He	1.2	0	0
Ar	52	0	0
Xe	217	0	0

Las reacciones químicas de una sustancia gaseosa se pueden explicar por la teoría cinético - molecular, que se basa en el postulado de que las moléculas de un gas están en movimiento constante y chocan unas con otras y con las paredes del recipiente. Es posible deducir una relación entre la energía cinética media de las moléculas gaseosas y el producto de la presión "P" ejercida y el volumen "V" del recipiente.

El resultado es: $PV = (2/3)n'(\frac{1}{2}mv^2) = (2/3)n'E_k$, donde n' es el número de moléculas, m , masa de cada molécula, v^2 promedio de velocidad cuadrática, E_k energía cinética media de moléculas. Tomando de la ley de Boyle - Charles: $PV = nRT$; se obtiene: $(2/3)n'E_k = nRT$, que nos da: $E_k = (2/3)kT$.

Esta ecuación suministra el significado de la *temperatura absoluta del gas, como una medida de la energía cinética media de sus moléculas*. Esta teoría proporciona la explicación teórica de la fórmula de Arrhenius.

Es de resaltar como se *igualó una fórmula planteada en forma empírica, con una fórmula planteada en base a un mecanicismo deductivo o teórico. Esta es la característica básica del Método Hipotético - Experimental*.

Para explicar el proceso de colisión se considera que dos moléculas chocarán, si al aproximarse se encuentran a una distancia menor al diámetro de la molécula σ . Cuanto mayor es σ , mayor es la probabilidad de que dos moléculas choquen. Por otro lado la frecuencia de las colisiones de dos moléculas gaseosas de la misma clase es proporcional al cuadrado de la concentración del gas. Por lo tanto una ley que explique el fenómeno de la cinética química, estará relacionado con una ley de velocidad de segundo orden.

CONCLUSIONES

Al realizar una Aplicación Tecnológica, requerimos encuadrarla dentro de una Teoría, que será la que justifique las suposiciones hechas en el Desarrollo de Ingeniería, de otra manera estaremos aplicando recetas o reglas empíricas, reduciendo la Ingeniería en Aplicaciones Técnicas. Por lo que se requiere determinar el *Marco Teórico* de nuestro trabajo que dará la justificación de la Aplicación a realizar, es decir: *Ingeniería*.

Marco Teórico:

El *Marco Teórico* es la etapa en que reunimos información documental para confeccionar el diseño metodológico de la aplicación, es donde se establece:

- Cómo y qué información recogeremos,
- De qué manera la analizaremos,
- Proporciona un conocimiento de la teoría que da significado a la investigación o Aplicación, y
- Y da idea aproximada del tiempo requerido.

El *Marco Teórico* considera:

- Conceptos explícitos e implícitos de] problema
- Conceptualización específica operacional.
- Relaciones de teorías v conceptos adoptados.
- Análisis teórico del cual se desprenden las hipótesis si la hay.
- Conclusiones e implicaciones de la teoría con el problema.

El *Marco Teórico* contiene tres partes claves:

- Marco teórico propiamente,**
- El marco referencial, y**
- El marco conceptual**

El **Marco Teórico** es la etapa del proceso en que establecemos y dejamos en claro la teoría que ordena nuestra Investigación o Desarrollo Tecnológico; es decir, la teoría que estamos siguiendo como modelo de la realidad que estamos investigando. Recuerde que la teoría no es otra cosa que la realidad descrita con ideas y conceptos verbales (y que por lo tanto son *constructos* [*construcciones*] de nuestra mente), pero no es la realidad misma. En el Marco Teórico se resumen lo que dicen los autores, indicando cómo esas teorías forman parte o se manifiestan en el problema que se está investigando.

El Marco Referencial

Para realizar una investigación se requiere revisar publicaciones recientes buscando investigaciones hecha en otra parte o en otro momento parecidas al que se está realizando y así examinar resultados y forma de enfocarla, de manera de no cometer los mismos errores, y aprovechar lo que sirva y oriente en la investigación. El marco Referencial es una investigación documental en busca de una guía teórica y experiencias de otros investigadores para ordenar la investigación.

El **Marco Conceptual** de un problema de investigación es, una elaboración conceptual del contexto en el cual se considera el problema. Está compuesto de referencias a sucesos y situaciones pertinentes, a resultados de investigación –incluye, por tanto, un marco de antecedentes--, definiciones, supuestos, etc. Se podría decir que este marco es una especie de teorización, sin grandes pretensiones de consistencia lógica entre las proposiciones que la componen, aun si utiliza conceptos de alguna teoría existente.

Por lo que el marco teórico da respaldo al problema, al cuestionarlo, conducir a una reformulación e incluso a cambiarlo. El marco teórico ayuda a precisar y a organizar los elementos contenidos en la descripción del problema, de tal forma que puedan ser manejados y convertidas en acciones concretas. Por lo que, las funciones del marco teórico son:

- a. *Delimitar el área de la investigación*: es decir, seleccionar los hechos conectados entre sí, mediante una teoría que dé respuesta al problema formulado.
- b. *Sugerir guías de investigación*: al elaborar el marco teórico se pueden ver nuevas alternativas de cómo se puede enfocar el problema.
- c. *Compendiar conocimientos existentes en el área que se va a investigar*: sirve de corriente principal en la cual va a aparecer la confirmación de las investigaciones.
- d. *Expresar proposiciones teóricas generales*, como: postulados y marcos de referencia; que servirán para formular hipótesis, operacionalizar variables y esbozar técnicas y procedimientos a seguir.

Por lo que es importante cuando se desarrolle el Diseño de un producto o proceso en la Ingeniería Química, se presente y justifique cual es el Marco Teórico que se está utilizando al efectuar dicha aplicación; algo que con bastante regularidad se omite no solo en la Educación, sino también en las aplicaciones prácticas o Desarrollos Tecnológicos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Gutiérrez Sáenz, R., (1998). *Introducción al método científico*, Editorial Esfinge.

[2] Alcántara Barbosa, M. del C., (1992). *Química de hoy*, Ed. McGraw -Hill.

[3] Hernández Sampieri, R. y asoci., (2002). *Metodología de la Investigación*, págs. 81 a 107, Editorial Mc Graw Hill.