

## La química bajo el impacto de la revolución científico - técnica en el mundo actual. Logros y desigualdades

Lic. Ángela María Valdés Carrillo\*, Lic. Ada Gertrudis Valdés Carrillo, MSc\*\*.

\* Licenciada en Educación. Especialidad Química. Profesora auxiliar.

\*\* Licenciada en enfermería. Máster en Urgencias médicas y en Educación médica. Profesora auxiliar.

*...La ciencia no es ni misterio de iniciados, ni privilegios de los aristócratas de la mente, sino el único medio que tiene el hombre de explicarse las leyes de la vida...*

**"José Martí"**

### RESUMEN

Se realizó una revisión bibliográfica sobre la ciencia Química, bajo el impacto de la revolución científico-técnica en el mundo actual, sus logros y desigualdades, con el objetivo de fundamentar el criterio de la no neutralidad de la ciencia, tomando como base el importante desarrollo experimentado por la Química y el contrapuesto empleo de sus aportes, para fines civilizatorios, en unos casos y para fines antihumanos en otros.

También se analizó la importancia del estudio de la química como una de las ciencias que aporta los fundamentos, las bases, junto a las Matemáticas y la Física, para las investigaciones y para la formación de futuros hombres de ciencias.

Se realizó énfasis en la industria farmacéutica y la importancia de la protección del medio ambiente, así como sus adelantos y la repercusión social.

**Palabras claves:** ciencia química, desarrollo, aplicaciones.

### SUMMARY

A literature review on the chemistry, under the impact of scientific and technological revolution

in the world today, its achievements and inequalities are conducted with the aim of basing the criterion of non-neutrality of science, based on the significant development Chemical experienced and opposed use of their contributions, for civilizing purposes in some cases and in other antihuman purposes.

The importance of the study of chemistry as a science that provides the foundation, the basis, along with Mathematics and Physics, for research and for the training of future men of science was also analyzed.

Emphasis in the pharmaceutical industry and the importance of environmental protection, as well as their progress and social impact was performed.

**Keywords:** chemistry, development, applications.

### INTRODUCCIÓN

Química (del griego khemeia que significa "alquimia") es la Ciencia natural que estudia la materia, su estructura, propiedades y transformación a nivel atómico, molecular y macromolecular, así como los efectos producidos sobre ella al añadir o extraer energía en cualquiera de sus formas.(1)

Las primeras experiencias del hombre como químico se dieron con la utilización del fuego en la transformación de la materia. La obtención de hierro a partir del mineral y de vidrio a partir de arena son claros ejemplos. Poco a poco el hombre se dio cuenta de que otras sustancias también tienen este poder de transformación. Se dedicó un gran empeño en bus-

car una sustancia que transformara un metal en oro, lo que llevó a la creación de la alquimia. La acumulación de experiencias alquímicas jugó un papel vital en el futuro establecimiento de la Química. (2)

La Química es una ciencia empírica, ya que estudia las cosas por medio del método científico, es decir, por medio de la observación, la cuantificación y, sobre todo, la experimentación.

En su sentido más amplio, la Química estudia las diversas sustancias que existen en nuestro planeta así como las reacciones que las transforman en otras sustancias. Un ejemplo es el cambio de estado del agua, de líquida a sólida, o de gaseosa a líquida.

Subdisciplinas de la Ciencia Química:

1. Química inorgánica: estudia los minerales; también estudia la estructura, transformación y propiedades de la materia.
2. Química orgánica: estudia la síntesis de los compuestos del carbono.
3. Bioquímica: estudia las reacciones químicas en los seres vivos.
4. Química física: estudia las leyes y las constantes que rigen los procesos químicos.
5. Química analítica: estudia la calidad y la cantidad de un elemento químico en una muestra de sustancia. Se subdivide en cualitativa y cuantitativa.
6. Química medioambiental: estudia la influencia de los componentes químicos, en su forma natural como antropogénica.
7. Geoquímica: Estudia las transformaciones de los minerales.
8. Otras: Cinética química, termodinámica, electroquímica, espectroscopia.

La Química respecto a otras ramas de la ciencia es diferente, por ejemplo:

- ¿Tienen los astrónomos la posibilidad de sintetizar nuevas estrellas para comparar su comportamiento y propiedades con las ya existentes?
- ¿Puede un geólogo sintetizar la tierra de formas diferentes para observar si así tiene ca-

racterísticas mejores que la que habitualmente pisamos?

- La Biología ha tenido quizá un cierto carácter sintético porque el biólogo puede manipular genéticamente las especies para obtener otras nuevas de rasgos distintos. Pero la Química, es sin duda, muy singular porque es la única rama de la ciencia que crea por sí misma sus propios objetos de estudio: las moléculas. En especial, la Química orgánica, en la que la versatilidad del carbono como su elemento primordial no tiene límites en la formación de estructuras.

Desde los primeros tiempos, los seres humanos han observado la transformación de las sustancias: la carne cocinándose, la madera quemándose, el hielo derritiéndose y han especulado sobre sus causas.

Siguiendo la historia de esas observaciones y especulaciones, se puede reconstruir la evolución gradual de las ideas y conceptos que han culminado en la Química moderna. (2) (3)

Tecnología y Filosofía en la antigüedad.

Los primeros procesos químicos conocidos fueron realizados por los artesanos de Mesopotamia, Egipto y China. Al principio, los forjadores de esas tierras trabajaban con metales nativos como el oro y el cobre, que a veces se encontraban en la naturaleza en estado puro, pero rápidamente aprendieron a fundir menas (principalmente los óxidos metálicos y los sulfuros) calentándolas con madera o carbón de leña para obtener los metales.

El uso progresivo del cobre, bronce e hierro dio origen a los nombres que los arqueólogos han aplicado a las distintas eras.

En esas culturas se inició también una tecnología química primitiva, conforme los tintoreros descubrían métodos para fijar los tintes en los distintos tipos de tejidos y los alfareros aprendían a preparar barnices y más tarde a fabricar vidrio.

La mayoría de esos artesanos trabajaban en los monasterios y palacios haciendo artículos de lujo. En los monasterios especialmente, los

monjes tenían tiempo para especular sobre el origen de los cambios que veían en el mundo que los rodeaba. Sus teorías se basaban frecuentemente en la magia, pero también elaboraron ideas astronómicas, matemáticas y cosmológicas, que utilizaban en sus intentos de explicar algunos de los cambios que hoy se consideran químicos.

Filosofía natural griega.

Desde los tiempos de Tales de Mileto, unos 600 años a.c., los filósofos griegos empezaron a hacer especulaciones lógicas sobre el mundo físico:

- El mismo Tales pensaba que toda la materia procedía del agua, que podía solidificarse en tierra o evaporarse en aire.
- Sus sucesores ampliaron esta teoría en la idea de que el mundo estaba compuesto por cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego.
- Según Demócrito, esos elementos estaban compuestos por átomos, partículas diminutas que se movían en el vacío.
- Aristóteles, creía que los elementos formaban un medio continuo de materia y por tanto, el vacío no podía existir.

La idea atómica perdió terreno rápidamente, pero nunca fue completamente olvidada. Cuando fue revisada durante el renacimiento, formó la base de la teoría atómica moderna.

Teoría atómica.

En el siglo XVI, los experimentos descubrieron cómo crear un vacío, algo que Aristóteles había declarado imposible. Esto atrajo la atención sobre la antigua teoría de Demócrito, que había supuesto que los átomos se movían en un vacío. El filósofo y matemático francés René Descartes y sus seguidores desarrollaron una visión mecánica de la materia en la que el tamaño, la forma y el movimiento de las partículas diminutas explicaban todos los fenómenos observados. La mayoría de los iatroquímicos y filósofos naturales de la época suponían que los gases no tenían propiedades químicas, e aquí que su atención se centrara en su comportamiento

físico. Comenzó a desarrollarse una teoría cinético-molecular de los gases. En esta dirección fueron notables los experimentos del químico físico británico Robert Boyle, cuyos estudios sobre el 'muelle de aire' (elasticidad) condujeron a lo que se conoce como ley de Boyle, una generalización de la relación inversa entre la presión y el volumen de los gases. (4)

Flogisto: teoría y experimento.

Mientras muchos filósofos naturales especulaban sobre las leyes matemáticas, los primeros químicos intentaban utilizar en el laboratorio las teorías químicas para explicar las reacciones reales que observaban. Los iatroquímicos ponían especial atención en el azufre y en las teorías de Paracelso.

En la segunda mitad del siglo XVII, el médico, economista y químico alemán Johann Joachim Becher anotó que cuando la materia orgánica ardía, parecía que un material volátil salía de la sustancia. Stahl, discípulo de Becher, supuso que cuando algo ardía, su parte combustible era expulsada al aire. A esta parte la llamó flogisto, de la palabra griega flogistós, 'inflamable'.

La oxidación de los metales era análoga a la combustión y por tanto, suponía pérdida de flogisto. Las plantas absorbían el flogisto del aire, por lo que eran ricas en él. Al calentar las escorias (u óxidos) de los metales con carbón de leña, se les restituía el flogisto. Esta teoría, que sobrevivió en los círculos químicos durante casi un siglo, implica la transformación cíclica de una sustancia y podía explicar algunos de los fenómenos observados. Sin embargo, recientes estudios de la literatura química de la época muestran que la explicación del flogisto no tuvo mucha influencia entre los químicos hasta que fue recuperada por el químico Antoine Laurent de Lavoisier, en el último cuarto del siglo XVIII. (5)

Siglo XVIII.

En esa época, otra observación hizo avanzar la comprensión de la química. Al estudiarse cada vez más productos químicos, los químicos

observaron que ciertas sustancias combinaban más fácilmente o tenían más afinidad por un determinado producto químico que otras. Se prepararon tablas que mostraban las afinidades relativas al mezclar diferentes productos. El uso de estas tablas hizo posible predecir muchas reacciones químicas antes de experimentarlas en el laboratorio.

Todos esos avances condujeron al descubrimiento de nuevos metales y sus compuestos y reacciones. Comenzaron a desarrollarse métodos analíticos cualitativos y cuantitativos, dando origen a la Química analítica. Sin embargo, mientras existiera la creencia de que los gases sólo desempeñaban un papel físico, no podía reconocerse todo el alcance de la Química. El estudio químico de los gases, generalmente llamados "aires", empezó a adquirir importancia después de que el fisiólogo británico Stephen Hales desarrollara la cubeta o cuba neumática para recoger y medir el volumen de los gases liberados en un sistema cerrado; los gases eran recogidos sobre el agua tras ser emitidos al calentar diversos sólidos. El estudio de los gases avanzó rápidamente y se alcanzó un nuevo nivel de comprensión de los distintos gases.

La interpretación inicial del papel de los gases en la química se produjo en Edimburgo (Escocia) en 1756, cuando Joseph Black publicó sus estudios sobre las reacciones de los carbonatos de magnesio y de calcio: al calentarlos, estos compuestos desprendían un gas y dejaban un residuo a lo que llamaba magnesia calcinada o cal (los óxidos). Esta última reaccionaba con el "álcali" (carbonato de sodio) regenerando las sales originales. Así, el gas dióxido de carbono, que denominó aire fijo, tomaba parte en las reacciones químicas.

La idea de que un gas no podía entrar en una reacción química fue desechada, y pronto empezaron a reconocerse nuevos gases como sustancias distintas.

En la década siguiente, el físico británico Henry

Cavendish aisló el "aire inflamable" (hidrógeno). También introdujo el uso del mercurio, en lugar del agua, como el líquido sobre el que se recogían los gases, posibilitando la recogida de los gases solubles en agua. Esta variante fue utilizada con frecuencia por el químico y teólogo británico Joseph Priestley, quien recogió y estudió casi una docena de gases nuevos. El descubrimiento más importante de Priestley fue el oxígeno; pronto se dio cuenta de que este gas era el componente del aire ordinario responsable de la combustión y que hacía posible la respiración animal. A este nuevo gas lo llamó "aire deflogistizado" y defendió su teoría hasta el final de sus días.

Mientras tanto, la Química había hecho grandes progresos en Francia, particularmente en el laboratorio de Lavoisier. A éste le preocupaba el hecho de que los metales ganaban peso al calentarlos en presencia de aire, cuando se suponía que estaban perdiendo flogisto.

En 1774, Priestley visitó Francia y le comentó a Lavoisier su descubrimiento del aire deflogistizado. Lavoisier entendió rápidamente el significado de esta sustancia, la llamó "oxígeno", que significa "generador de ácidos" y este hecho abrió el camino para la revolución química que estableció la química moderna.

El nacimiento de la Química moderna.

Lavoisier, demostró, con una serie de experimentos brillantes, que el aire contiene un 20% de oxígeno y que la combustión es debida a la combinación de una sustancia combustible con oxígeno. Al quemar carbono se produce aire fijo (dióxido de carbono). Por tanto, el flogisto no existe. La teoría del flogisto fue sustituida rápidamente por la visión de que el oxígeno del aire combina con los elementos componentes de la sustancia combustible formando los óxidos de dichos elementos.

Utilizó la balanza de laboratorio para darle apoyo cuantitativo a su trabajo, definió los elementos como sustancias que no pueden ser descompuestas por medios químicos, prepa-

rando el camino para la aceptación de la Ley de conservación de la masa.

Sustituyó el sistema antiguo de nombres químicos (basado en el uso alquímico) por la nomenclatura química racional utilizada hoy y ayudó a fundar el primer periódico químico.

Después de morir en la guillotina en 1794, sus colegas continuaron su trabajo estableciendo la química moderna.

Un poco más tarde, el químico sueco Jöns Jakob, barón de Berzelius propuso representar los símbolos de los átomos de los elementos por la letra o par de letras iniciales de sus nombres. Siglos XIX y XX.

A principios del siglo XIX, la precisión de la Química analítica había mejorado tanto que los químicos podían demostrar que los compuestos simples con los que trabajaban contenían cantidades fijas e invariables de sus elementos constituyentes. Sin embargo, en ciertos casos, con los mismos elementos podía formarse más de un compuesto.

Por esa época, el químico y físico francés Joseph Gay-Lussac demostró que los volúmenes de los gases reaccionantes están siempre en la relación de números enteros sencillos, es decir, la ley de las proporciones múltiples (que implica la interacción de partículas discontinuas o átomos). Un paso importante en la explicación de estos hechos fue, en 1803, la teoría atómica química del científico inglés John Dalton, el cual supuso que cuando se mezclaban dos elementos, el compuesto resultante contenía un átomo de cada uno. En su sistema, el agua podría tener una fórmula correspondiente a HO. Él asignó arbitrariamente al hidrógeno la masa atómica 1 y luego calculó la masa atómica relativa del oxígeno. Aplicando este principio a otros compuestos, calculó las masas atómicas de los elementos conocidos hasta entonces. Su teoría contenía muchos errores, pero la idea era correcta y se podía asignar un valor cuantitativo preciso a la masa de cada átomo.

El desarrollo de la ciencia Química ha estado

determinado, fundamentalmente, por las necesidades industriales, productivas y sociales, también por su lógica interna y la curiosidad científica.

El desarrollo histórico de esta ciencia, ha tenido lugar, en los países desarrollados y no en los pobres del sur, apreciándose un notable vínculo entre ciencia y desarrollo. (6)

## DESARROLLO

Importancia de la química en la industria y en la esfera de los medicamentos.

Hoy en día la Química tiene tanta presencia en nuestras vidas y en nuestro bienestar, que muchas veces no nos paramos a pensar realmente en su influencia actual y el papel que ha tenido en lo que somos hoy.

Ejemplos de ello es la cirugía, de la cual no podríamos pensar sin los anestésicos, o en aviones que vuelan gracias a gasolinas particulares, los colores de nuestras vestimentas, en las construcciones sin cemento, en la fabricación de túneles sin el uso de explosivos, etc. Seguramente, si de repente desapareciese la química de nuestras vidas, no seríamos muy parecidos a lo que somos ahora, nosotros, nuestras casas, la sociedad que nos rodea en general. Sin duda, el avance de nuestra civilización, en gran parte, se lo debemos a esta ciencia. En doscientos años nuestra civilización se ha desarrollado más rápidamente que en los cuatro mil años antes. El hombre ha aprendido a ser más independiente del medio que lo rodeaba, controlándolo y usando la química, entre otras cosas, ha avanzado a pasos agigantados, ahora sólo queda que sepa vivir en armonía con ese medio del que creyó independizarse tiempo atrás.

Nos encontramos tan sólo, al inicio de todos estos enormes progresos que se han conseguido gracias a la ciencia química, pero aún, los secretos más profundos de la naturaleza no son conocidos y sin duda, esta ciencia formará parte de ellos y de su explicación al mundo.

Los químicos han llegado a comprender la

estructura y funcionamiento de los átomos, aprendiendo a utilizarlos de diversas maneras, pero aún no da respuesta a qué cosa hace diferente la materia viva de la que no lo es, ya que por ejemplo no se llega a entender totalmente por qué las hormonas en nuestro cuerpo producen los increíbles efectos que conocemos, no se llega a profundizar demasiado en ciertos mecanismos, que sin dudarlo se llegarán tarde o temprano a dar respuesta, tanto a éstas como a muchas otras preguntas sin respuesta, gracias al incansable trabajo de las distintas ramas de la Química. Sabemos así que asistimos al inicio y no a la culminación de la ciencia Química, a la cual aún le queda mucho que enseñarnos.

Cada nuevo descubrimiento, cada nuevo avance, va seguido de nuevas preguntas, lo que hace interminable a las posibilidades de esta ciencia. No existe ninguna rama de la ciencia que sea tan extensa como la Química y que a su vez, guarde la estrecha relación que ésta posee con tantas otras ciencias.

Cuando se escucha hablar de la Química y no se sabe de ella, se tiende a pensar, en mezclas, laboratorios y experimentos pero ya sabemos que es muchísimo más que eso. Los seres vivos estamos compuestos de elementos químicos, nos alimentamos de sustancias que nos dan energía, gracias a la realización de procesos químicos. Nuestro hogar, nuestro entorno, está rodeado de química, al cocinar, se puede decir que estamos en un laboratorio, donde transformamos y hacemos reaccionar alimentos, en nuestro jardín utilizamos insecticidas, utilizamos aparatos con energía, usamos jabones,, perfumes, cuando nos ponemos enfermos, usamos medicinas, las vacunas, vitaminas. Todo esto depende absolutamente de la Química. Hasta el aire que respiramos y nos permite seguir viviendo, a pesar de ser un producto natural, está ligado a la Química y a las funciones que nos permite realizar. Así como también el agua, sustancia esencial para todo ser vivo, gracias a la química la potabilizamos y la hacemos de uso cotidiano.

El crecimiento de las industrias químicas y la formación de químicos profesionales ha tenido una correlación interesante y comenzaron a explotar los nuevos descubrimientos durante la Revolución industrial, por ejemplo, el método Leblanc para la producción de sosa – uno de los primeros procesos de producción a gran escala – fue desarrollado en Francia en 1791 y comercializado en Gran Bretaña a principios de 1823.

El rápido crecimiento de la industria de la Química orgánica, hacia finales del siglo XIX, dio origen a grandes consorcios tintoreros y farmacéuticos, en Europa, Alemania, con predominio científico en ese campo hasta la I Guerra Mundial. Después de la guerra, la química y las industrias químicas progresaron aún más rápidamente.

Entre otros desarrollos industriales recientes se encuentra el incremento del uso de los procesos de reacción que utilizan enzimas, debido principalmente a los bajos costos y altos beneficios que pueden conseguirse. En la actualidad las industrias están estudiando métodos que utilizan la ingeniería genética para producir microorganismos con propósitos industriales. (7)

El petróleo, es otro producto natural que utilizamos en la vida diaria en tantas cosas, desde la construcción, hasta la joyería, pasando por la industria; los plásticos y tejidos sintéticos, las fuentes energéticas como la electricidad, que se obtienen de la transformación de diversas energías. (8)

El uso de las levaduras en la fermentación, es muy antiguo, actualmente utilizado en la industria alimentaria, en el paso de la uva en vino, cervezas, licores, dulces y pan, etc. En las fermentaciones es importante la presencia de la glucosa, los alcoholes, así como del agua y el gas carbónico.

Incluso la descomposición de los alimentos, es un proceso químico, o la tan importante, biodegradabilidad, que no es otra cosa que la capacidad de descomponerse en elementos químicos naturales gracias a la acción de agentes biológi-

cos, como el sol, los microorganismos, el agua. Sin la Química, no se podrían sintetizar medicamentos, vacunas, sueros. Uno de los grandes avances que ha marcado un hito en el siglo XX y que evidentemente seguirá avanzando en el XXI, ha sido el espectacular desarrollo de la medicina. La investigación, las nuevas técnicas y también el talento y dedicación de profesionales como los médicos, farmacéuticos y otros investigadores, que han dado lugar a cotas de esperanza y calidad de vida que no podían ni imaginarse hace tan sólo un siglo.

La aportación de la industria química ha sido fundamental en muchos campos, pero especialmente en el ámbito de la salud. Sin la química, la medicina y la cirugía se hubieran estancado en prácticas propias del siglo XIX.

Muchas personas disfrutaban de una mejor calidad de vida gracias a un marcapaso fabricado con plástico. Además, otros productos del área sanitaria tienen el plástico como principal componente: jeringuillas, lentillas, prótesis, cápsulas, envases de productos farmacéuticos, bolsas de sangre y suero, guantes, filtros para hemodiálisis, válvulas, tiritas, gafas e incluso el acondicionamiento de cada una de las salas de un hospital se construye con materiales plásticos. Un ejemplo sencillo es un "catéter" para, por ejemplo, introducir por una arteria y solucionar una obstrucción, tiene que ser desechable, flexible pero firme y sobre todo, higiénico. En este sentido, el material que hoy por hoy, ofrece más garantías en esta función es el PVC.

Los productos de limpieza, los gases para la respiración asistida, las fibras de la ropa de quirófano, los guantes de látex, constituyen tan sólo un mínimo ejemplo de los múltiples objetos de origen químico que podemos encontrar en un hospital. (9)

La química en la industria farmacéutica es muy importante, ya que es la base en la fabricación y preparación de químicos medicinales para

la prevención o tratamiento de enfermedades. Algunas empresas del sector fabrican productos químicos farmacéuticos a granel (producción primaria) y todas ellas los preparan para su uso médico mediante métodos conocidos colectivamente como producción secundaria.

Entre los procesos de producción secundaria, altamente automatizados, se encuentran la fabricación de fármacos dosificados, como pastillas, cápsulas o sobres para administración oral, soluciones para inyección, óvulos y supositorios.

Otros preparados pueden chuparse como los dulces o caramelos, tomarse oralmente (como los jarabes) o administrarse en forma de inhalaciones con aerosoles dosificados, de gotas para la nariz, oídos u ojos, o de cremas, pomadas y lociones aplicadas sobre la piel.

Algunas empresas también fabrican anestésicos y medios de contraste utilizados para visualizar estructuras corporales mediante rayos X ó resonancia magnética nuclear (RMN).

Todos los conocimientos del funcionamiento de las células y el metabolismo es gracias a los descubrimientos de la Bioquímica, los cuales provienen de investigaciones relacionadas a la Química, por ejemplo el metabolismo de los carbohidratos, la síntesis de proteínas, entre otros.

También el desarrollo de fármacos está a cargo de la química, especialmente la síntesis en química orgánica. (10)

Adelantos en la esfera de la Química en los últimos decenios. Repercusión de estos logros.

1. Unido a los movimientos de protección medioambiental y de sostenibilidad, la industria química ha adoptado iniciativas colectivas para reducir los impactos sobre las materias primas y el medio ambiente, introduciendo continuamente mejoras en la eficacia de los procesos, la reducción de emisiones, la seguridad y la eficiencia

energética. Las primeras acciones de la industria para reducir el impacto ambiental de su actividad consistieron en la implantación de soluciones de "fin de tubería", es decir, de tratamiento de los efluentes y residuos para minimizar su efecto. (9)

2. La investigación en el sector químico también ha orientado sus líneas de trabajo en esta misma dirección, ensayando nuevas vías de síntesis que constituyan la base de procesos con menor consumo de materias primas, que den lugar a menos subproductos o residuos y cuyos productos finales sean también más seguros e inocuos. En los últimos años se ha acuñado la denominación de "Química Verde" para definir este movimiento que trata de ser una contribución más hacia un desarrollo sostenible. Algunos de los principios:

- Economía atómica: los métodos de síntesis deben diseñarse de modo que los átomos presentes en las materias primas o reaccionantes se incorporen en la mayor medida posible en los productos finales de interés.

- Catálisis: los procesos catalíticos suelen ser más selectivos que los no catalíticos, contribuyendo así a la economía atómica. Asimismo, el uso de catalizadores permite aplicar condiciones de operación más suaves.

- Uso de materias primas renovables: contribuye a evitar el agotamiento de materias primas.

- Diseño de productos químicos más seguros: para una finalidad dada deben seleccionarse o diseñarse compuestos de menor toxicidad y cuya utilización implique menos riesgos.

- Diseño de productos finales degradables: los productos deben diseñarse de modo que al final de su vida útil sean fácilmente degradables o reciclables, no persistiendo en el medio ambiente.

- Incremento de la seguridad de los procesos y productos: reducción del riesgo de accidentes, tanto en el proceso de producción como en el

manejo de los productos finales, incluyendo escapes, explosiones e incendios.

- Empleo de disolventes y otras materias auxiliares más seguros e inocuos: tendencia a la sustitución de los disolventes orgánicos, generalmente tóxicos, inflamables y contaminantes, por medios acuosos o por fluidos en condiciones supercríticas.

- Reducción de las etapas de síntesis que implican derivados para protección/desprotección de grupos funcionales o modificación de propiedades: estas etapas, muy empleadas en síntesis orgánica, suelen requerir el empleo de reaccionantes adicionales y frecuentemente originan nuevos productos residuales.

- Mejora de la eficiencia energética: minimización de pérdidas, recuperación de la energía, sistemas de cogeneración. Procesos que operan en condiciones próximas a la temperatura y presión ambiente.

- Mejora del control de procesos que permita un análisis en tiempo real para evitar la contaminación: detección de las condiciones que pueden dar lugar a la aparición de sustancias peligrosas para evitar su formación. Como ejemplo de estas acciones se mencionan a continuación dos tecnologías introducidas recientemente en la industria química: la utilización de fluidos en condiciones supercríticas y la catálisis asimétrica o catálisis quiral.

3. El comportamiento de las enzimas ha servido como modelo de referencia en el conjunto de investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas para conseguir la síntesis de compuestos quirales (aquellos que contienen uno o más átomos quirales (generalmente de carbono). Átomo quiral es aquel que está unido a otros átomos o grupos sustituyentes diferentes entre sí, cuatro en el caso del carbono), mediante catalizadores asimétricos basados en complejos organometálicos. Precisamente, el premio Nobel de Química 2001 se ha concedido a tres investigadores, W.S. Knowles, R. Noyori y B. Sharpless, por sus aportaciones en el campo de

la catálisis asimétrica. Los dos primeros llevaron a cabo en la década de los años 60 estudios fundamentales sobre reacciones de hidrogenación asimétrica que además permitieron la implantación de procesos industriales que han conducido a la fabricación de fármacos como el naproxeno (antiinflamatorio de uso muy extendido), la L-Dopa, aminoácido esencial para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, otros aminoácidos o antibióticos como el carbapenem o la levofloxacina, así como muchos otros compuestos como mentol, aromas o feromonas.

Por su parte, Sharpless amplió las aplicaciones de la catálisis quiral a las reacciones de oxidación para la obtención de epóxidos y otros compuestos, empleando catalizadores que contienen elementos de carácter oxidante, como el titanio, el osmio o el manganeso. (11)

4. Los recientes avances en Biotecnología y ciencia de los materiales están ayudando a definir las fronteras de la investigación química.

En biotecnología se ha podido iniciar un esfuerzo internacional para ordenar en serie el genoma humano gracias a instrumentos analíticos sofisticados. Probablemente, el éxito de este proyecto cambiará la naturaleza de campos como la Biología molecular, la Ingeniería genética y la medicina, pudiendo ser la forma de curación de enfermedades como la diabetes, la hemofilia, entre otras. Con repercusión en otras áreas de la industria, entre las que destacan: obtención de materiales para la industria del plástico a partir de microbios; obtención de microbios para la extracción del petróleo del subsuelo y para combatir la contaminación por vertidos de petróleo; empleo de microbios para la extracción de metales en las industrias de tratamiento de desechos; creación de nuevas especies de cultivos capaces de elaborar los propios fertilizantes y de resistir la sequía y las enfermedades, ello reduce en estas áreas agrícolas la utilización de sustancias químicas.

La ciencia de los materiales, una combinación interdisciplinaria de física, química e ingeniería, dirige el diseño de los materiales y mecanismos avanzados. Ejemplos recientes son el descubrimiento de ciertos compuestos cerámicos que mantienen su superconductividad a temperaturas por debajo de  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el desarrollo de polímeros emisores de luz y la enorme diversidad de compuestos que surgieron de la investigación sobre el buckminsterfullereno.

Incluso en los campos convencionales de la investigación química, las nuevas herramientas analíticas están suministrando detalles sin precedentes sobre los productos químicos y sus reacciones. Por ejemplo, las técnicas de láser proporcionan información instantánea de reacciones químicas en fase gaseosa a una escala de femtosegundos (una milésima de una billonésima de segundo).

5. La Química en la Nanociencia:

el futuro de la humanidad dependerá de tener instrumentos útiles en nuestro trabajo, tecnología, ocio y vida cotidiana. Estos instrumentos se fabricarán con materiales adecuados. Por razones prácticas (propiedades mejoradas y modulables) y energéticas, se tenderá a minimizar el tamaño de los artilugios.

La Nanociencia y sus aplicaciones (Nanotecnología) es un área de la ciencia de los materiales que aborda el estudio de objetos (una nanopartícula; NP) en escala nanométrica (orden de escala de centenares de nanómetros, nm,  $1\text{ nm} = 10^{-9}$ ). Para alcanzar estos objetivos serán fundamentales los avances científicos y tecnológicos en nanociencia, donde la química tiene mucho que aportar en el diseño, preparación y caracterización de nanomateriales. Actualmente existen muchos materiales nanoparticulados, especialmente derivados de metales de transición, como el oro, los óxidos de hierro, el dióxido de titanio, el óxido de zinc o el paladio, que se están aplicando en diversas investi-

gaciones en fase académica, tales como la catálisis, transferencia energética, materiales magnéticos, etc. Otras aplicaciones prácticas de la Nanotecnología serán en el desarrollo de equipos pequeños para monitorización (ambiental, salud, etc.) o en la fabricación de nanocápsulas para transporte de fármacos. Se podrán liberar fármacos en los órganos adecuados del paciente sin afectar a otras partes del cuerpo. Las nanocápsulas podrán dirigirse al sitio adecuado, por ejemplo usando materiales magnéticos.

Aunque las aplicaciones prácticas de esta investigación son evidentes, no hay que olvidar que es aún investigación básica; se están poniendo los cimientos para que en poco tiempo se puedan realizar aplicaciones tecnológicas. Otro aspecto importante de esta investigación es que se han desarrollado materiales con los que se pueden estudiar procesos básicos en ciencias físicas y químicas, como son entender procesos de transferencia electrónica e interacción de la luz con la materia.

Estos adelantos son resultado de la Revolución científico-técnica en la esfera de la ciencia química. (12)

Desarrollo e impacto de la química en un mundo asimétrico. Factores sociales.

Hoy en día, la Química se ha ramificado en distintos campos y se la considera como la ciencia central, debido a que su estudio es tan amplio, que se mezcla e introduce en otras ciencias, como la medicina, ingeniería.

Las investigaciones químicas tienen lugar en laboratorios donde se encuentran las sustancias y los instrumentos adecuados para realizar técnicas de investigación que actualmente se dividen en dos campos:

-Investigación química básica, que investiga solo con el fin de profundizar en el conocimiento de los materiales, sin importar si los conocimientos serán aplicables o no.

-Investigación química aplicada, trata de buscar la forma de desarrollar un producto o de solu-

cionar problemas de nuestra sociedad.

Hoy por hoy, todo ciudadano debe estar informado y tener un mínimo de conocimiento químico para sentirse integrado con la sociedad en la que vivimos, ampliamente influenciada por la ciencia y las tecnologías.

Diariamente se escuchan noticias de nuevos hallazgos, o sucesos relacionados con la química, ciencia que forma parte de las industrias, las medicinas, la cosmética, los transportes. y en general, de nuestras vidas.

Sin embargo, aunque esta ciencia intenta beneficiarnos, también se usa con otras no tan buenas, como las armas biológicas, porque la ciencia no es neutral, está bajo la influencia de intereses diversos e incluso contrapuestos, por lo que debe ser regulado su desarrollo y sus aplicaciones por la sociedad y por principios éticos y humanísticos sin dejar de mencionar, el importante impacto ambiental de muchos productos, siendo quizás este el precio que tengamos que pagar a cambio del desarrollo, como la guerra química y biológica.

Hasta el siglo XX ese tipo de guerra estuvo limitada sobre todo a los incendios, los pozos de agua envenenados, la distribución de artículos infectados de viruela y el uso de humo para diezmar o confundir al enemigo. Gases como el gas lacrimógeno, el gas cloro y fosgeno (irritantes de los pulmones) y el gas mostaza (que produce graves quemaduras) se utilizaron por primera vez en la I Guerra Mundial para romper el prolongado estancamiento de la guerra de trincheras. Los adelantos técnicos y el desarrollo del napalm (compuesto de ácidos de nafta y palmíticos), una espesa gasolina que se adhiere a las superficies, condujo a un uso más amplio de armas flamíferas durante la II Guerra Mundial.

Desde la II Guerra Mundial se han utilizado gases como el lacrimógeno en guerras limitadas, por ejemplo en la guerra de Vietnam; también fue empleado por la policía para reprimir motines.

El uso de agentes más mortíferos, como el gas mostaza o nervioso, ha sido condenado por la mayoría de los países, aunque semejantes armas permanecen en arsenales y se cuenta con evidencias de que fueron utilizadas por Irak durante la Guerra Irano-Iraquí, en la década de 1980, así como contra los kurdos del norte de su territorio.

Varios compuestos químicos que alteran el metabolismo de las plantas y causan defoliación, como el agente Naranja, se han utilizado en la guerra moderna en la jungla para reducir la cobertura del enemigo o privar a la población civil de las cosechas necesarias para su alimento. Tales agentes químicos, que se suelen lanzar desde el aire, pueden contaminar también el agua y los peces; su efecto a largo plazo sobre todo el ecosistema hace que resulten devastadores. (12) (13) (14)

La humanidad entró al siglo XXI bajo la influencia de gran cantidad de información en todos los campos del conocimiento. Las Ciencias médicas lejos de quedar al margen, son hoy expresión de un inmenso desarrollo tecnológico. La expansión de la industria farmacéutica, a partir de la segunda mitad del siglo pasado, permitió un incremento en el número de medicamentos con gran efectividad y seguridad. El progreso se concreta de manera asimétrica, se creó una brecha entre los países ricos y pobres; que en los últimos años se convirtió en un abismo, con gran deterioro económico y social en la generalidad de las naciones, ello dio lugar a un proceso de exclusión para la mayoría de la población mundial.

Fidel Castro expresó; -"Crecen y se profundizan las diferencias relacionadas con los países ricos y pobres, entre ellos y dentro de ellos, es decir, crece el abismo en la distribución de las riquezas, el peor azote de nuestra era, con sus secuelas de pobreza, hambre, ignorancia, enfermedades, dolor y sufrimiento insoportable para

los seres humanos"...(15)

El concepto de sostenibilidad ha surgido como una consecuencia de los fuertes impactos que la actividad humana ha tenido sobre las materias primas y sobre el medio ambiente, que se han extendido a escala planetaria, con particular intensidad durante la segunda mitad del siglo XX. Por su carácter, no resulta fácil cuantificar la sostenibilidad o no sostenibilidad de cualquier actuación humana, aunque se avanza con rapidez en la definición de índices que permitan la medida objetiva de los efectos. Así, en un reciente estudio se cuantifica cómo hacia 1960 la demanda de recursos naturales representaba un 70% de la capacidad regenerativa del planeta; posteriormente esta demanda se acelera, de modo que en 1999 la explotación de recursos naturales supera en un 20 % la capacidad de regeneración de la biosfera. De la misma manera, se debate en ámbitos académicos cómo deben incorporarse los conceptos relacionados con la sostenibilidad a la formación de los futuros titulados, que serán los responsables de que en el futuro pueda convertirse en realidad lo que actualmente es solo un objetivo.

El aumento de la población mundial y el previsible crecimiento económico, especialmente en zonas poco desarrolladas del planeta, aseguran que la demanda de energía y de otras materias primas no energéticas continuará aumentando en las próximas décadas, con la consiguiente producción de residuos. Todos estos factores seguirán afectando negativamente al entorno natural y harán difícil la consecución de los objetivos de un desarrollo sostenible. La mejora de la eficacia de los métodos de producción de energía y de transformación de materias primas, así como la introducción de nuevas tecnologías que actúen en la misma dirección, son los instrumentos que pueden contribuir de forma eficaz a aproximarse a los objetivos de sostenibilidad, o al menos, a reducir la velocidad de deterioro de los recursos naturales y del medio ambiente.(10)

## CONCLUSIONES

- Los adelantos en la ciencia química como parte de la Revolución científico-técnica, han realizado importantes aportes para el desarrollo social y humano, pero muchos han sido empleados por los hombres en armas bacteriológicas, poniéndose de manifiesto la NO neutralidad de la ciencia, el empleo de resultados y logros para fines no humanitarios, en algunos casos.
- La necesidad de que la sociedad logre ir regulando, progresivamente, lo que se investiga y en qué se aplica (regulación ética, bioética y jurídica) y la necesidad de una creciente responsabilidad en investigadores, científicos y de su compromiso cada vez más firme con la ciencia y la humanidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Levine IN. Físicoquímica 15.<sup>a</sup> edición. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid, España. 2004.
- 2.- Colectivo de autores. Las primeras sustancias químicas empleadas por el hombre [Internet] Facultad de Química. Universidad Habana [citado 03 Diciembre 2015]. Disponible en: [http://www.fq.uh.cu/hq/antig/prim\\_sust.htm](http://www.fq.uh.cu/hq/antig/prim_sust.htm)
- 3.- Natrass B y Altomare M. The natural step for business. New Society Pub. Gabriola Ild. BC. Canada 1998.
- 4.- Gutiérrez Jodra, L. En torno a la energía. Real Academia de Ciencias, Madrid, 1997.
- 5.- Colectivo de autores. La teoría del flogisto [Internet] Facultad de Química. Universidad Habana [citado 03 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.fq.uh.cu/hq/s18/flogisto.htm>
- 6.- Colectivo de autores. Nacimiento de la Química moderna [Internet] Facultad de Química. Universidad de Navarra [citado 03 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.unav.es/biblioteca/fondoantiguo/hufaexp26/04.html>
- 7.- Kordesch KV y Tambasco JC. Fuel Cells, en Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (5<sup>a</sup> Ed.), New York. 1989; vol. 12.
- 8.- Colectivo de autores. Composición química del petróleo. [Internet] Mediateca Universidad de Colombia [Citado 03 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://mediateca.cl/500/540/quimica/petroleo/componentes%20quimicos%20del%20petroleo.htm>
- 9.- A.E.M.A. (Agencia Europea del Medio Ambiente), Medio ambiente en Europa: Segunda evaluación. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2001.
- 10.- Colectivo de autores. Química de los medicamentos [Internet] Universidad Central de Venezuela; 2009 [citado 03 Diciembre 2015]. Disponible en: <http://www.ucv.ve/estructura/facultades/.../quimica-de-medicamentos.html>
- 11.- Ahlberg P. Catalytic asymmetric synthesis. Advanced information on the Nobel Prize in Chemistry 2001. Royal Swedish Ac. of Sciences, Estocolmo 2002:9-15.
- 12.- Educación y Cultura Científica: Nanociencia, Nanopartícula, Nanotecnología, Óxido metálico. ¿Es neutral la Ciencia? La Muerte Silenciosa y La Guerra Química Yanqui, Periódico Granma. Enero 2012.
- 13.- Chen NY. Energy in the 21st Century. Chem. Innovation, 2001; 31(1): 15-20.
- 14.- Guerras químicas, accidentes químicos. [Internet] Biblioteca Digital de ILCE. México [citado 03 Diciembre 2015]. Disponible en: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/51/htm/sec\\_12.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/51/htm/sec_12.html)
- 15.- Castro Ruz F. Discurso pronunciado en la Segunda Cumbre Cuba-CARICOM. Bridgetown, Barbados 8 Diciembre de 2005. En: Periódico Granma, Edición única Viernes 9 Diciembre, 2005:5.