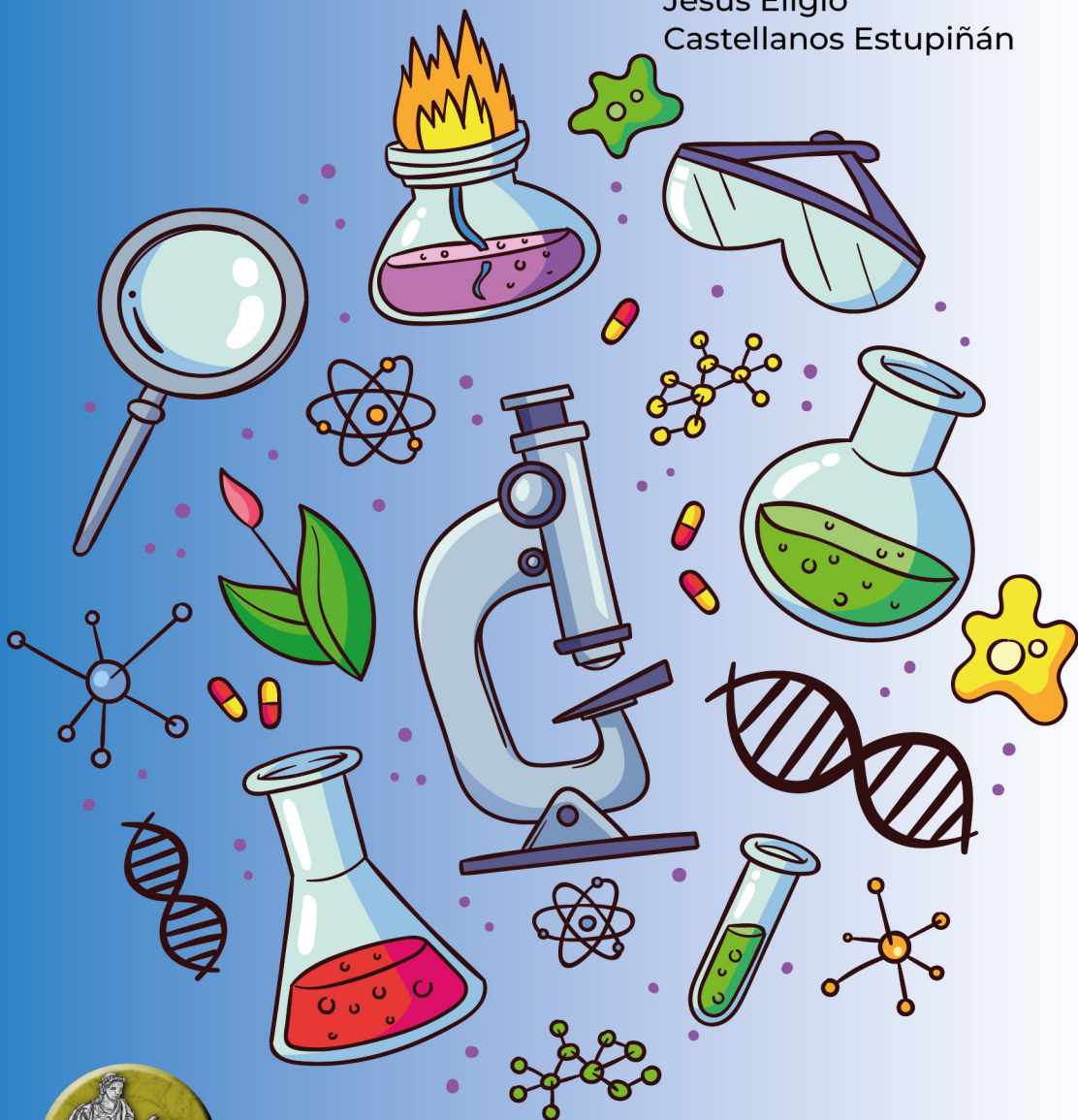


Ciencilla

Ciencia sencilla

Jesús Eligio
Castellanos Estupiñán



FUNDACIÓN EDICIONES CLÍO

Jesús Eligio Castellanos Estupiñán

Ciencilla

Ciencia sencilla

Fundación Ediciones Clío

Maracaibo – Venezuela 2024

Este libro es producto de investigación desarrollado por sus autores. Fue arbitrado bajo el sistema doble ciego por expertos.

Ciencilla: Ciencia sencilla.

Jesús Eligio Castellanos Estupiñán (autor).

@Ediciones Clío



Abril de 2024

Maracaibo, Venezuela

1ra edición

ISBN: 978-980-451-026-7

Depósito legal: ZU2024000118

Diseño de portada:

Diagramación:: Julio César García Delgado

Esta obra está bajo licencia: [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)



Las opiniones y criterios emitidos en el presente libro son exclusiva responsabilidad de los autores

Ciencilla: Ciencia sencilla / Jesús Eligio Castellanos Estupiñán (autor).

—1ra edición digital — Maracaibo (Venezuela) Fundación Ediciones Clío. 2024.

64p.; 22,8 cm

ISBN: 978-980-451-026-7

1. Ciencia, 2. Naturaleza, 3. Energía, 4. Fenómenos naturales

Fundación Ediciones Clío

La Fundación Ediciones Clío constituye una institución sin fines de lucro que procura la promoción de la Ciencia, la Cultura y la Formación Integral dirigida a grupos y colectivos de investigación. Nuestro principal objetivo es el de difundir contenido científico, humanístico, pedagógico y cultural con la intención de Fomentar el desarrollo académico, mediante la creación de espacios adecuados que faciliten la promoción y divulgación de nuestros textos en formato digital. La Fundación, muy especialmente se abocará a la vigilancia de la implementación de los beneficios sociales emanados de los entes públicos y privados, asimismo, podrá realizar cualquier tipo de consorciado, alianza, convenios y acuerdos con entes privados y públicos tanto de carácter local, municipal, regional e internacional.

Ciencilla: Ciencia sencilla tiene como objetivo introducir a los lectores en cuestiones científicas contemporáneas de manera sencilla, permitiéndoles comprender conceptos científicos y tecnológicos básicos que a menudo se reflejan en los medios de comunicación. El objetivo no es especializar a los lectores en un área particular, sino brindarles una comprensión simple de términos como ciencias ambientales, energía renovable, biotecnología y otros. El título “Ciencilla” es una contracción de “ciencia sencilla” para hacer accesibles los conceptos científicos al público de manera elemental, proporcionando al menos una comprensión básica de cada término..

Dr. Jorge Fymark Vidovic López

<https://orcid.org/0000-0001-8148-4403>

Director Editorial

<https://www.edicionesclio.com/>

Índice general

Ciencilla.....	9
Capítulo 0, Conceptos generales	11
Capítulo 1. Metrología popular	14
Capítulo 2. Generación de electricidad y fuentes de energía.....	23
Capítulo 3. Procesos de separación. Uso de membranas.....	31
Capítulo 4. Medio ambiente y contaminación.....	46
Capítulo 5. Biotecnología	55
Notas finales.....	60

Ciencilla

Los estudios científicos son sumamente complejos, para nada sencillos. Abordar cualquier rama de la ciencia implica enfrentarse a un mundo que debe ser estudiado a profundidad, dejando bien en claro cada una de sus aristas y tratando de abordar todos los aspectos relacionados, directa o indirectamente con el fenómeno estudiado.

Este libro pretende acercar a sus lectores a cuestiones de la ciencia contemporánea de una forma sencilla, que permita entender algunos fundamentos básicos y tópicos científico-tecnológicos y poder comentar acerca de los mismos, que a diario se reflejan en la prensa y otros medios informativos, incluyendo las redes sociales.

En el mundo actual se usan con frecuencia términos como medioambiente, energía renovable, biotecnología, ósmosis inversa y otros muchos, representativos del desarrollo actual y acelerado de la ciencia y la tecnología. No se pretende en ningún momento especializar en estas áreas de estudios a los lectores, pero sí, entregarles de una forma simple y amena estos conceptos de primera mano, para facilitar la comprensión y aumentar la posibilidad de conocerlos y hacer referencia a los mismos en las conversaciones comunes.

Por eso, el nombre “Ciencilla” como una contracción de la expresión “ciencia sencilla”, no para tratar de subestimar la complejidad,

sino para acercar los conceptos al público de una forma elemental, que al menos aporte una idea del alcance de cada término.

Capítulo 0

Conceptos generales

Introducción

Antes de pasar a estudiar cualquier área de la ciencia o la tecnología es necesario discutir y entender cuatro categorías de amplio espectro, comunes a todas ellas. Estas categorías son: Sistema, Propiedad, Estado y Proceso.

Sistema

Según el profesor y filósofo cubano Gaspar Jorge García Galló, sistema es un conjunto íntegro de elementos ligados estrechamente, que aparece como un todo único respecto a otro sistema. No existen en el universo objetos aislados unos de otros, todos están interconectados. Esto es lo que se llama sistemas y subsistemas: un conjunto de elementos diversos que poseen una estructura y cumplen determinada función.

Es fácil percatarse que lo que en un momento se considera sistema puede ser, en otro momento, parte de otro sistema que lo contiene. También es posible que uno de sus componentes sea considerado como sistema, de acuerdo a las características del estudio que se esté realizando.

Al elegir un sistema deben definirse adecuadamente sus **alrededores**, es decir, elementos fuera del sistema que interactúan con él. También deben especificarse los **límites** que separan al Sistema de los Alrededores. El límite, en una representación en un plano, puede representarse por una línea continua que envuelva el sistema y no tenga interrupciones en toda su trayectoria.

A partir de esos criterios, debe tenerse siempre presente que antes de comenzar un estudio, debe elegirse adecuadamente, sobre qué sistema se realiza.

Ejemplo: Para realizar el estudio del comportamiento de una provincia, debe tomarse la misma como sistema. Los límites serían los trazos que separan de forma envolvente y sin interrupción a esta provincia de los territorios o mares colindantes y los alrededores, cualquier componente que establezca una relación entre el sistema elegido y el resto del territorio. Si en el estudio se encuentra que existen dificultades con algún índice específico, como un central azucarero, esta fábrica se tomaría como un subsistema, es decir, un “nuevo sistema”, con sus límites y alrededores. Se demuestra, entonces, el carácter relativo de esta categoría.

Propiedad

Se considera propiedad cualquier característica del sistema que pueda medirse o calcularse de acuerdo a una relación de comportamiento. La clasificación más común de las propiedades es en *Extensivas* si su valor es aditivo, es decir, que dependen de la magnitud del sistema o *Intensivas* si su valor no es aditivo y no varía con la porción tomada para el análisis. Las propiedades intensivas son generalmente magnitudes relativas, o sea, que resultan de la división de dos propiedades.

Para el sistema tomado como ejemplo en el ejemplo anterior, una provincia, serían propiedades extensivas la población total, el número de fábricas de la región, la cantidad de centros de trabajo o de estudio, etc. Se consideran propiedades intensivas las relativas, como

son la relación mujer/hombre en la población, el porcentaje de habitantes de acuerdo a la edad, el porcentaje de acuerdo a las razas, etc. Para el caso del central azucarero pueden ser propiedades extensivas la cantidad de trabajadores, la producción total, etc. y como propiedades intensivas se pueden tomar algunas relaciones como la relación mujer/hombre entre los trabajadores, la relación entre los residuos y el producto principal, el porcentaje de eficiencia del funcionamiento de los equipos, etc.

Estado

Característica de un sistema, definido por un grupo fijo de propiedades intensivas. Esta cantidad de propiedades se denomina *Grados de Libertad* y por lo general cada investigador puede elegir cuales serían las variables de su interés. Se dice que un sistema se encuentra en Estado de Equilibrio, si las propiedades intensivas del mismo no varían con el tiempo ni con otras influencias a las que sea sometido.

Siguiendo el ejemplo establecido, para el caso de la provincia, podría variar la población total (propiedad extensiva), pero las relaciones como mujer/hombre debe permanecer inalterable y así el sistema mantendría su equilibrio.

Proceso

Cambio que opera un sistema entre dos estados de equilibrio. Se dice que el proceso es reversible si se realiza a través de estados de equilibrio, de lo contrario sería un proceso irreversible. Un proceso reversible se puede realizar en ambos sentidos siempre que no se dañen ni el sistema ni los alrededores.

Para el ejemplo del central azucarero es un proceso, la conversión de la materia prima en los productos para los que fue concebida la fábrica. También es un proceso el cambio de la relación residuo/producto. La tendencia lógica sería a disminuir este índice. En ambos casos se puede observar que existe un cambio entre dos estados de equilibrio.

Capítulo 1

Metrología popular

Un aspecto general, común a todas las ciencias, es el relacionado con las unidades de medida. Este conocimiento es una parte integrante de la ciencia de la metrología y debe quedar esclarecido por la importancia que tiene en cualquier marco que se aborde.

Todos usan, aun sin darse cuenta, términos de esta ciencia y no siempre se hace con la debida propiedad, producto de la confusión que se crea al abordar cuestiones, que, por muy usadas, no quiere decir que se dominen sus bases fundamentales y se apliquen sin cometer errores.

Metrología es una palabra que se deriva de dos expresiones griegas: “*metron*” que significa medida y “*logia*” que significa tratado, estudio o ciencia. Se define como la rama de la física que estudia las mediciones de las magnitudes. La metrología permite asegurar la comparabilidad y compatibilidad internacional de las mediciones y a partir de ahí se facilita el intercambio de los productos a escala internacional.

Una de las bases de la Metrología es el relacionado con las **Magnitudes físicas**.

Se conoce como **magnitud física** a un valor asociado a una propiedad o cualidad medible de un sistema, es decir, a la que se le pueden asignar distintos valores como resultado de una medición o una relación de medidas.

Las magnitudes físicas se miden usando un patrón que tenga bien definida esa magnitud, y tomando como unidad la cantidad de esa propiedad que posea el objeto patrón.

Entre las magnitudes físicas más usadas se encuentran la longitud, la masa, el peso y la Energía. Es conocido que muchas propiedades son relaciones entre otras propiedades. Este es el caso de la presión, la velocidad o la cantidad de sustancia. Estas magnitudes son derivadas y se relacionan con las fundamentales a través de ecuaciones físico-matemáticas.

Existe un número infinito de propiedades físicas. Estas que se mencionan son, posiblemente, las más usadas, pero hay muchas otras, incluso relacionadas con la consistencia, el color o el olor. Como consecuencia de lo dicho anteriormente un material puede ser pastoso o elástico, puede tener un color determinado y su olor puede ser agradable o no. Estos factores, más relacionados con la calidad, también pueden tener una representación numérica que permita una comparación entre ellos.

Otro concepto que es necesario conocer es el relacionado con las Dimensiones. La Dimensión es un concepto genérico y no es más que la relación que existe entre diferentes propiedades físicas, dada por una ecuación matemática determinada.

Para la aplicación y estudio de las magnitudes y las dimensiones se crean **los Sistemas de Magnitudes Físicas**. Un sistema se caracteriza por un número fijo de magnitudes físicas, tratando siempre de usar la menor cantidad posible de las mismas. Estas magnitudes reciben el nombre de Magnitudes Físicas Fundamentales o Básicas. Como es lógico, deben quedar claras también, las relaciones entre las magnitudes derivadas y las fundamentales.

Esto ha dado lugar a la existencia de una cantidad inmensa de **Sistemas de Magnitudes Físicas** donde siempre quedan definidas las mag-

nitudes fundamentales o básicas. Existen dos grandes sistemas de Magnitudes Físicas que son definidos como **Absoluto** y **Gravitacional**.

El Sistema de Magnitudes Físicas Absoluto define como propiedades básicas la masa, la longitud, el tiempo y la temperatura y el Gravitacional usa la fuerza en lugar de la masa y mantiene las otras tres propiedades. Estos son los sistemas más sencillos y se trata de manejarlos en la mayoría de los casos. Por una aparente comodidad algunos sectores científicos han creado sus propios sistemas, apareciendo así los Sistemas de Ingeniería y los Sistemas de Energía.

En los sistemas de ingeniería aparecen definidas como propiedades básicas la masa y la fuerza simultáneamente. Esta definición complica el uso de este sistema al aparecer como propiedades fundamentales dos magnitudes que se relacionan por una ley físico-matemática.

Existe un grupo de sistemas que proponen entre las magnitudes físicas fundamentales la Energía. Esto da lugar a la aparición de tres sistemas al combinar, entre las propiedades, los arreglos Energía-masa (absoluto), Energía-fuerza (gravitacional) y Energía-masa-fuerza (de ingeniería). La inclusión de la Energía como magnitud fundamental complica más aun el uso de dichos sistemas ya que en realidad existen relaciones físico-matemáticas entre las magnitudes definidas como fundamentales, es decir, la masa, la fuerza y la Energía.

Hay propiedades que son absolutas porque su valor se puede comparar directamente con cero. Entre ellas se encuentran el volumen, la presión, la masa, etc. Para dar el valor de algunas propiedades es necesario tomar un estado de referencia. Así sucede con la Energía cuyo valor absoluto nunca se puede conocer, solamente se miden diferencias entre dos estados en los que a uno de ellos se puede asignar el valor de cero. A este estado de valor cero de la propiedad se le denomina Estado de Referencia.

Como último aspecto técnico importante se definen las **unidades de medida** y los sistemas de unidades correspondientes. Las unidades de medida son las que viabilizan el valor de las magnitudes físicas.

Como es conocido popularmente una longitud puede ser expresada en metros, centímetros, pulgadas, pies, etc. Un peso puede ser expresado en Kilogramos, gramos, libras, etc.

Si se pregunta a una persona que significa que un cuerpo tenga 10 Kilogramos ¿a qué se refiere? ¿a la masa o al peso? La respuesta será totalmente ambigua, unos defenderán que el valor corresponde a la masa y otros lo asignarán a la fuerza.

Si a los que respondieron “masa” se les pregunta por el valor de su “peso” es posible que no concreten la respuesta adecuada y digan, por ejemplo, que pesan 60 Kilogramos. Al analizar ambas respuestas se llega a la conclusión que para esa persona, masa y peso se expresan en la misma unidad.

Igual sucede con la situación contraria, o sea, los que respondieron que los 10 Kilogramos representan peso no serían precisos al expresar ese valor y en muchas ocasiones no serían capaces de emitir una respuesta.

Ambas respuestas estarían bien si se hacen algunas consideraciones. Esta situación está estrechamente ligada al concepto de Sistema de Magnitudes Físicas que debe corresponderse con el Sistema de Unidades.

De ahí, se concluye que los sistemas de unidades se crean con el mismo principio que los sistemas de magnitudes físicas. Se consideran las dos categorías principales de Absoluto y Gravitacional, asociado ahora a las unidades de medida. Como es de suponer aparecen nuevas complicaciones asociadas en esta oportunidad a la definición de las propias unidades.

Existe una variante conocida como Unidades Inglesas donde se asocia la masa o el peso a la libra. Si el sistema es absoluto la libra representara la masa y si el sistema es gravitacional la libra representara la fuerza. En Sistema Inglés la longitud puede expresarse en vara, pie, pulgada, etc. El tiempo se expresa en segundos, minutos, horas, día, año y otras muchas unidades. La unidad de temperatura más común usada en este sistema es el grado Fahrenheit.

La otra variante más común es el Sistema Métrico o MKS (metro-Kilogramo-segundo). Si el sistema es gravitacional el Kilogramo representa fuerza y si el sistema es absoluto el Kilogramo representará masa. También en este sistema hay múltiplos y submúltiplos, que se manejan con mayor facilidad, pues corresponden a valores relacionados con la unidad, la decena, la centena, etc. Se puede hablar, entonces, de un sistema de unidades expresado en centímetros, gramos y segundo (cgs). En estos casos la unidad de temperatura más usada es el grado Celcius, conocido también como Centígrado.

Ya una vez asociadas las unidades a un sistema absoluto o gravitacional quedan por definir el valor de la unidad derivada masa o fuerza.

Si el Kilogramo representa masa ¿Cuál será la unidad de la fuerza?

Si el Kilogramo representa fuerza ¿Cuál será la unidad de la masa?

Para responder estas preguntas debe acudirse a la relación física entre la masa y la fuerza. Como consecuencia de la Segunda Ley de Newton aparece una relación entre estas propiedades.

Fuerza es el producto de la masa por la Aceleración ($\mathbf{F}=\mathbf{m}\cdot\mathbf{a}$).

Desde el punto de vista de las unidades en Sistema Absoluto: Unidad de Fuerza = Kilogramo * (metro/Segundo elevado al cuadrado). Esta unidad se denomina **Newton**. Desde el punto de vista de las unidades del Sistema Gravitacional: Unidad de masa = Kilogramo / (metro/Segundo elevado al cuadrado). Esta unidad se llama Unidad Técnica de Masa (**UTM**).

Todas estas confusiones se trataron de resolver creando el Sistema Internacional de Unidades (**SI**). Este nuevo sistema fue derivado del Sistema Métrico y reúne en sus definiciones todas las esferas de la ciencia y la tecnología.

El Sistema Internacional de Unidades se basa en dos tipos de magnitudes físicas.

Las siete que se toman como *unidades fundamentales* y de las que se derivan todas las demás. Son longitud, tiempo, masa, intensidad

de corriente eléctrica, temperatura, cantidad de sustancia e intensidad luminosa.

Las *unidades derivadas*, que son las restantes y que pueden ser expresadas con una combinación matemática de las anteriores.

El SI se instauró en 1960, en la XI Conferencia General de Pesas y Medidas, durante la cual inicialmente se reconocieron seis unidades físicas básicas: metro (m), kilogramo (kg), segundo (s), amperio (A), kelvin (K) y candela (cd). En 1971 se añadió la séptima unidad básica: el mol correspondiente a la magnitud de cantidad de sustancia.

La gran ventaja del Sistema Internacional se basa en que sus unidades se derivan de fenómenos físicos fundamentales. La única excepción es la unidad de la magnitud masa, el kilogramo, definida como «la masa del prototipo internacional del kilogramo», un cilindro de platino e iridio almacenado en una caja fuerte de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

Las unidades del SI constituyen referencia internacional de las indicaciones de los instrumentos de medición. Esto permite lograr equivalencia de las medidas realizadas con instrumentos similares, utilizados y calibrados en lugares distantes y, por lo tanto, asegurar el cumplimiento de las características de los productos que son objeto de transacciones en el comercio internacional.

Como se puede observar este sistema definió las unidades básicas y las complementarias, incluyendo la cantidad de sustancia como representante química de interés en cualquier medición.

Energía

En su libro “Dialéctica de la Naturaleza”, Federico Engels definió la Energía como expresión del movimiento de la materia. Esta definición, es posiblemente, la más abarcadora de todas las que se conocen, ya que siempre se trata de asociar a la energía a algún caso particular de la misma. La Energía se manifiesta en dos grandes grupos: la que se acumula en un sistema y puede considerarse como una propiedad del mismo y la energía en tránsito, es decir, la que puede pasar de

un sistema a otro. Estas formas de Energía no se consideran como propiedades del sistema sino como una relación entre sistemas interactuantes.

Las formas más comunes de Energía Acumulable son la cinética (asociada a la velocidad) y la potencial (asociada a una posición), ambas de corte mecánico y la Energía Interna, como producto del movimiento de las moléculas y átomos que componen el sistema en estudio.

Las formas más comunes de Energía en Tránsito son el Calor y el Trabajo.

El calor se transfiere por un efecto térmico, o sea, una diferencia de temperatura entre los sistemas interactuantes y el trabajo se transfiere por un efecto mecánico, es decir, el producto de una fuerza por el desplazamiento que provoca. En ciertos estudios, principalmente cuando se relacionan sistemas gaseosos, la diferencia mecánica entre los sistemas interactuantes se refiere a la diferencia entre las presiones de los mismos.

Los términos Calor y Temperatura se confunden con frecuencia. A la luz de lo que se ha discutido, el calor es una forma de energía en tránsito y la temperatura es una propiedad del sistema que evidencia el nivel de su contenido energético. Así se llega a la conclusión que son dos términos totalmente diferentes.

Unidades de temperatura

Es interesante conocer cómo se confeccionan las escalas de temperatura y como las mismas presentan sus inconsistencias. Para usarlas hay que tener en cuenta dos aspectos fundamentales. En primer lugar, el sistema de unidades usado (Ingles o Métrico) y en segundo lugar la relación entre el cero de la escala en cuestión y el cero absoluto.

Se define como “**cero absoluto**” de temperaturas, aquel valor donde el sistema analizado tiene un contenido energético cero. Comúnmente se consideran cuatro escalas de temperatura, dos con su

base en el cero absoluto (Kelvin y Rankine) y dos relativas a ese valor (Celsius y Fahrenheit). Las temperaturas relativas son las que a menudo se usan popularmente para hablar de fiebre, estado del tiempo, etc. Por esta razón son las más conocidas.

En época de verano, cuando en Cuba se habla de 35 grados, en Miami, con la misma temperatura, se habla de 95 sin especificar la unidad. En Cuba se usa la unidad Grados Celsius y en Miami, Grados Fahrenheit.

Para definir una escala de temperaturas, debe asignarse un valor, de forma arbitraria, a dos propiedades físicas fijas, o sea, dos posiciones del mismo sistema que sus características no cambien con el tiempo. En general se toman el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua y se les asignan un valor a estas propiedades, tomando en cuenta que el valor asignado al punto de ebullición debe ser mayor.

Escala	Kelvin(K)	Celsius(°C)	Rankine(R)	Fahren.(°F)
Cero absol.	0	-273	0	-460
Fusión	273	0	492	32
Ebullición	373	100	672	212

Se debe señalar que el espacio que ocupan 100 grados Celsius es ocupado por 180 grados Fahrenheit. Lo mismo sucede con las escalas Kelvin y Rankine. Una conclusión posible, aunque no serviría de mucho, es que cada persona puede confeccionar su propia escala de temperaturas.

Unidades de presión

Un caso bastante controvertido es el de las unidades de presión. Como se conoce, las dimensiones de la presión son las de fuerza dividida por área. En Sistema Internacional la unidad de presión es el Pascal (Pa), o sea, Newton dividido metro cuadrado.

Por comodidad la unidad de presión más usada ha sido la Atmósfera, es decir, la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la

superficie de la tierra. La equivalencia aproximada entre estas unidades es $1 \text{ atmósfera} = 10^5 \text{ Pa}$, lo que implica que es muy incómodo trabajar con el Pascal por lo pequeño de su magnitud. Por esa razón es muy común usar múltiplos del Pascal, como lo es el KiloPascal ($1 \text{ KPa} = 10^3 \text{ Pa}$) que se observa en los informes meteorológicos.

Debido a los métodos de medición de la presión, su valor se puede expresar en unidades de longitud asociadas al líquido que se use en el instrumento en cuestión, sea agua o mercurio. Una presión de una atmósfera equivale a 10,3 metros de agua y a 760 milímetros de mercurio (mmHg).

El valor de la presión se puede expresar en forma absoluta si la comparación es con el valor cero de la propiedad, pero también resulta práctico establecer la comparación con la presión atmosférica. En este caso esa presión relativa se conoce como **manométrica** si su valor es positivo (mayor que la atmosférica) o **vacío** si es negativo (menor).

Un parámetro de interés en el sector de la salud es la medición de la presión arterial, que es la que ejerce la sangre contra la pared de las arterias y que lleva implícito dos valores: la **presión sistólica** (cuando se contrae el corazón), el valor mayor y la **presión diastólica** (entre latidos), valor menor.

Por lo general esta presión se mide con un esfigmomanómetro y su valor se expresa en milímetros de mercurio (mmHg). Los valores normales de presión arterial oscilan entre 90/60 y 130/80. Cualquier valor fuera de ese rango debe considerarse un problema de funcionamiento del organismo.

Las cifras decimales

En Sistema Internacional las cifras se separan en bloques de tres dígitos partiendo de derecha a izquierda y usando la coma (,) y no el punto (.) decimal. La cifra “cuarenta mil trescientos cincuenta y cuatro con veinticinco centésimas” se escribiría así: 40 354,25. Sólo quedan exentos de esa regla los años, para los cuales se escribe un bloque de cuatro dígitos. Ejemplo: La Revolución Cubana triunfó en 1959.

Capítulo 2

Generación de electricidad y fuentes de energía

Para conocer los fundamentos de la generación de electricidad hay que remitirse a los métodos tradicionales basados en fuentes de energía fósil y en métodos más modernos apoyados en el uso de fuentes renovables de energía. Es necesario, entonces, conocer todos estos términos, partiendo del propio concepto de Energía definido en el tópico relacionado con la Metrología.

Principio de conservación de la energía

El Principio de Conservación de la Energía expresa que “la Energía ni se crea ni se destruye, solamente se transforma”. La expresión matemática del principio pone de manifiesto como se relacionan las diversas formas de manifestarse la Energía, sean acumulables o en tránsito. Debe tenerse presente que la Energía en tránsito (Calor y Trabajo) es la que establece la interrelación entre dos sistemas interactuantes y que, si se minimizan las posibles pérdidas, toda la Energía que sale de un sistema llega al otro.

Este intercambio se pone de manifiesto en las vías para la genera-

ción de electricidad a partir de diversas fuentes que son las responsables de acumular la Energía para liberarla en el momento preciso.

Generación de electricidad

La vía clásica para generar electricidad, es decir, convertir la Energía de la fuente en eléctrica es establecer un proceso cíclico compuesto en esencia por cuatro etapas. El elemento que sufre todos los cambios para viabilizar el transporte de la Energía es el agua, que se mueve por el interior de los equipos que conforman cada una de las etapas del ciclo.

Las etapas fundamentales del ciclo clásico son:

1. Extracción de la Energía acumulada en la fuente primaria (combustible) para vaporizar el agua a altas presiones. Este combustible puede ser sólido (carbón de piedra o vegetal, leña, bagazo, etc.), líquido (derivados del petróleo, alcohol, etc.) o gaseoso (también derivado de petróleo). El paso de la Energía es en forma de **Calor**.
2. Para la segunda etapa se usa una turbina o un sistema de ellas. La turbina es la encargada de transformar la alta Energía acumulada a presiones elevadas en el vapor de agua en **Trabajo**. El trabajo acciona los elementos móviles del generador eléctrico que cortan el campo magnético a la vez que se va transformando en electricidad.
3. El vapor de agua, que sale de la turbina a baja presión, es llevado a un sistema de condensadores que se encarga de pasar el agua al estado líquido a la baja presión a que se encuentra. También la forma energética es **Calor**.
4. Finalmente, un sistema de bombas eleva la presión del agua líquida a la vez que la transporta hacia los equipos de la primera etapa cerrando el ciclo. La Energía se transfiere al agua líquida en forma de **Trabajo**.

Como se puede observar se han mencionado dos equipos que tradicionalmente se han confundido en el ambiente popular. La **turbina** es la máquina que convierte la energía contenida en el vapor en

trabajo. La **bomba** es la encargada de impulsar el agua líquida hacia la etapa siguiente y como se puede imaginar su funcionamiento es totalmente opuesto al de la turbina. Como consecuencia, la bomba debe recibir una energía de una fuente externa, en forma de trabajo, para garantizar su operación.

Tradicionalmente las fuentes de energía han sido de tipo fósil, a saber, derivados del petróleo, gas natural y carbón de piedra. Estos compuestos se agotan al quemarse, en presencia de oxígeno, desprendiendo la energía que tienen acumulada y dando como resultado compuestos que representan óxidos de los elementos que componen el material, como son el Carbono, el Hidrógeno y en menor cantidad Azufre, Nitrógeno y Fósforo. Estos óxidos son arrojados a la atmósfera contaminando el ambiente (los de Azufre, Nitrógeno y Fósforo) y contribuyendo al efecto invernadero (Dióxido de Carbono).

En el mundo actual se estudia la posibilidad de disminuir el uso de combustibles fósiles y sustituirlos por otras fuentes de Energía con menos poder de contaminación. Es aquí donde aparecen las fuentes de Energía renovables, cuyo uso se expande cada vez más.

Energía renovable

Se conoce como **energía renovable** a la energía que se obtiene de fuentes naturales, que es prácticamente inagotable y que es capaz de regenerarse sin consumo de energía de otras fuentes. Las formas fundamentales de energías renovables son solar, hidráulica, biomasa, eólica, geotérmica y marina. A estas variantes energéticas se llama también limpias o verdes.

Energía solar

La energía que proviene directamente del sol, es una fuente de vida y es el origen de la mayoría de las demás formas energéticas en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad.

Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos, la energía lumínica puede transformarse en eléctrica. En las centrales térmicas solares se usa la energía térmica de los colectores solares para generar electricidad.

Las diferentes tecnologías fotovoltaicas se adaptan para sacar el máximo rendimiento posible de la energía que se recibe del sol.

Se trata de recoger la energía del sol a través de paneles solares y después transformarla en calor, el cual puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico y en centros industriales o de servicio. La obtención de agua caliente por esta vía puede ahorrar alrededor del 28 % del consumo de energía en las viviendas, comparado con el uso de equipos eléctricos.

Energía hidráulica

La energía potencial acumulada en los saltos de agua puede ser transformada en energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que mueven un generador eléctrico.

Uno de los recursos más importantes cuantitativamente en la estructura de las energías renovables es la procedente de las instalaciones hidroeléctricas; una fuente energética limpia, pero para la que se necesitan construir las necesarias infraestructuras que permitan aprovechar el potencial disponible con un costo nulo de combustible.

Biomasa

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono

y el agua de productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos.

La biomasa obtenida mediante estos procesos, almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica o eléctrica, liberando de nuevo el dióxido de carbono almacenado.

La biomasa se puede usar en una quema total, liberando toda la energía contenida en el material. También puede practicarse una quema intermedia, para obtener el carbón de origen vegetal, que es un combustible bastante usado sobretodo en actividades domésticas.

Energía eólica

La energía eólica es la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, mediante la utilización de la energía cinética generada por las corrientes de aire. Se obtiene mediante unas turbinas que convierten la energía cinética del viento en trabajo por medio de hélices, que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie de engranajes, a un generador eléctrico.

La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales.

Puede decirse que la energía eólica es una forma no directa de energía solar ya que las diferencias de temperaturas y presiones en la atmósfera, provocadas por la absorción de la radiación solar, son las que ponen al viento en movimiento.

Es una energía limpia y también la menos costosa de producir. De todas las fuentes renovables de energía, la eólica es la más extendida,

por esa razón se construyen parques eólicos para la producción de energía eléctrica.

Un parque eólico es la instalación integrada de un conjunto de aerogeneradores o molinos de viento, interconectados eléctricamente. Como tales, son máquinas rotativas que suelen tener varias aspas unidas a un eje. El elemento de captación o rotor que está unido a este eje, capta la energía del viento. El movimiento de las aspas o paletas, accionadas por el viento, activa un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de la rotación en energía eléctrica.

El gran beneficio medioambiental que proporciona el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica está dado, en primer lugar, por los niveles de emisiones gaseosas que se evitan, en comparación con los producidos en centrales térmicas. Por esa razón el uso de instalaciones eólicas contribuye a la estabilidad climática del planeta.

Energía geotérmica

La energía geotérmica es aquella que puede ser obtenida mediante el aprovechamiento del potencial que existe en el interior de la Tierra. Parte de la energía interna de la Tierra, con una temperatura cercana a 5 000 °C, llega a la corteza terrestre, con una temperatura considerablemente más baja. El caso más conocido de forma de salida de los compuestos con altos niveles de energía, a la superficie terrestre, son los volcanes.

En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, y, por tanto, servir para accionar turbinas eléctricas o para calentar.

Energía marina

La energía marina se refiere a la variante energética renovable producida por las olas del mar, las mareas, la salinidad y las diferencias de temperatura del océano.

El movimiento del agua en los océanos crea un vasto almacén de

energía cinética o energía del movimiento. El proceso de captación de la energía de las corrientes se basa en convertidores de energía cinética similares a los aerogeneradores empleando, en este caso, instalaciones submarinas para corrientes de agua.

También es posible aprovechar la energía térmica del mar, siempre que la diferencia de temperatura con la superficie sea mayor de 20°C.

Una variante en estudio es el aprovechamiento de la energía que se obtiene producto de la diferencia de salinidad de entre distintas porciones del mar.

Uso de las energías renovables en la generación eléctrica

Las formas de energía renovables se integran a la producción de electricidad de diversas formas. Algunas lo hacen sustituyendo la fuente energética de la primera etapa para vaporizar el agua y pasarla por las turbinas y otras moviendo directamente el generador de corriente eléctrica.

En el primer caso se pueden considerar la combustión de biomasa, el calentamiento con energía solar directa, la energía geotérmica y la del agua de mar a elevadas temperaturas.

En el segundo, las formas de energía renovables, tales como hidráulica, eólica o la de las corrientes marinas pueden usarse directamente para accionar los elementos rotatorios del electrogenerador.

Las fábricas de producción azucarera, a partir de caña de azúcar, constituyen en su conjunto un ciclo de generación eléctrica. Usan como fuentes energéticas el bagazo, desecho industrial y otros desechos de la cosecha, como la paja de la caña. La etapa de producción de electricidad está compuesta por una serie de turbogeneradores, conjunto de turbinas y generadores eléctricos. El equipamiento de extracción, concentración y separación del azúcar se convierte, a pesar de su complejidad, en la etapa de condensación de los vapores. Se considera que la fábrica está bien diseñada si el bagazo extraído de

los molinos es suficiente para generar la electricidad necesaria para mover todo el equipamiento, más una cantidad que se pueda incorporar a la red eléctrica nacional. Este es un ejemplo de instalación industrial limpia, es decir, que no genera contaminantes ambientales, constituidos por desechos industriales.

Capítulo 3

Procesos de separación. Uso de membranas

Introducción

Es frecuente escuchar hablar de técnicas para potabilizar el agua, incluso aguas residuales de diversas fuentes o el agua del mar, puede ser transformada en agua disponible para el consumo humano. Aquí entran en juego vocablos que se encuentran alejados del uso común como “ósmosis inversa” o “electrodiálisis”.

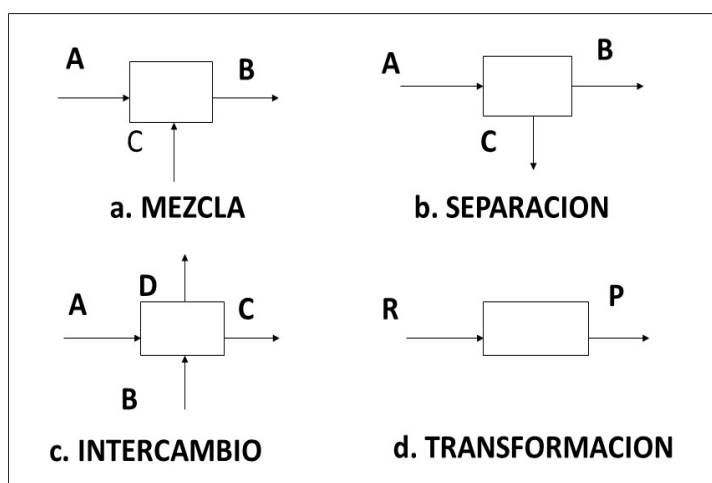
Para acercarnos a la comprensión de esos términos es recomendable adentrarnos un poco al funcionamiento de algunas instalaciones industriales y dar un ligero paso por las técnicas usadas en las fábricas que se dedican a estos menesteres.

Un proceso de la industria química se puede analizar desde un punto de vista simple, cuando se valora solamente una de las operaciones fundamentales. Estas operaciones fundamentales o básicas se pueden resumir en cuatro:

- **Separación:** Entra una corriente (**A**) y salen, al menos, dos de diferente composición (**B** y **C**).

- **Mezcla:** Entran, al menos dos corrientes (**A** y **C**) de composición diferente y sale una de composición única (**B**).
- **Intercambio:** Las corrientes se cruzan e intercambian algunos de sus componentes. Dos corrientes de entrada (**A** y **B**) y dos de salida (**C** y **D**).
- **Transformación:** Ocurre una reacción química entre los componentes de las corrientes de reaccionantes (**R**) y sale una corriente de producto (**P**).

En la figura puede observarse, a través de un esquema sencillo, como se manifiestan estas operaciones, sin entrar en detalles acerca de los mecanismos de ocurrencia.



Estas operaciones pueden ocurrir en equipos de alta complejidad o extremadamente sencillos desde el punto de vista constructivo, pero operaciones tales como la separación o la mezcla pueden realizarse en puntos de separación o mezclado sin que exista aditamento adicional alguno.

Un proceso industrial se constituye con la aplicación combinada de algunas o todas estas operaciones, a través de las relaciones de: consecutividad, derivación, paralelismo o cruce.

En estos casos es necesario añadir el análisis de toda una serie de operaciones de servicio como son el calentamiento o enfriamiento, la compresión y descompresión y los cambios de fase entre líquidos, sólidos y gases.

Cada una de las Operaciones Básicas o de Servicio tiene sus propias técnicas de análisis enmarcadas en los estudios de Operaciones Unitarias, si los cambios que ocurren son puramente físicos, o en los Procesos Unitarios si entran en juegos reacciones químicas. Operaciones como el mezclado, no son difíciles de realizar, teniendo, además, un consumo pequeño de energía, pero una separación es un proceso extremadamente complejo y su realización va siempre acompañada de un consumo considerable de energía.

Estrategia de los procesos de separación.

Todos los procesos industriales contienen como un aspecto fundamental de la tecnología, etapas de separación, con el objetivo fundamental de purificar materias primas o los productos intermedios o finales.

Para que ocurran estos procesos deben estar presentes, un equipo de separación, el cual es alimentado por una o varias corrientes de materiales y al menos dos corrientes de productos, a la salida, que difieran en su composición. Esto es, en consecuencia, la naturaleza fundamental de la separación. El efecto es causado por adición de un agente de separación, que toma la forma de otra corriente material o de energía.

En algunos casos, un equipo de separación recibe un alimento consistente en más de una fase y simplemente sirve para separar una de otra, por ejemplo, un filtro o una centrífuga sirven para separar fases sólidas y líquidas de un alimento que puede estar en forma de lodo. Estos procesos se denominan de separación mecánica. Existen otros procesos más complejos, como la evaporación, cuyo factor de separación es la ebullición, siendo este un fenómeno energético. Separaciones de orden molecular como la ultrafiltración o la ósmosis inversa son aún mucho más complejos.

Factores que influyen en la elección de un proceso de separación.

Los aspectos pertinentes a considerar en la selección de un proceso de separación varían ampliamente de un caso a otro. Hay numerosas normas de uso corriente que se pueden seguir para resolver un caso dado.

Posibilidad: Lo primero a tener en cuenta es que el proceso sea posible, es decir, debe estar potencialmente en condiciones de dar el resultado deseado. También la posibilidad estará determinada por la necesidad de aplicación de condiciones extremas del proceso, como muy altas o muy bajas temperaturas, presiones, voltajes, etc., y será más factible que en otros, que no requiera de tales condiciones.

Valor del producto: El valor económico del producto influye por sí solo en la elección de un proceso de separación. Hay sustancias y productos que valen más que otros y estos a su vez menos que otros y así sucesivamente. Para sustancias de alto valor habrá procesos que no se pueden usar para sustancias de más bajo valor. Para rebajar el valor del producto, lo más importante será seleccionar un proceso con un consumo de energía relativamente bajo, y el que posea un costo por kilogramo también bajo, sí se compara con otro proceso.

Deterioro del producto: La cuestión de preservar el producto es muy importante y a veces definitiva. Hay que cuidar que las condiciones a las que se realice el proceso no dañen el producto final.

Clases de procesos: Un elemento a tener en cuenta es la complejidad del proceso y el consumo energético asociado a los mismos.

Experiencia: La aplicación de un nuevo proceso de separación requiere una investigación y una experimentación a escala de laboratorio. La instalación de la primera unidad a gran escala para una cantidad comercial supone una incertidumbre en los diseñadores y en la operación de la planta, lo que hace dudar entre el proceso de separación nuevo o aquel que ha sido experimentado anteriormente.

Actualmente los procesos de separación por membranas (ósmosis inversa, nano, ultra y microfiltración) y la cromatografía a gran esca-

la parece estar pasando un rápido desarrollo como nuevos procesos para uso más general.

Procesos de Separación Mecánica

PROCESO	ALIMENTO	AGENTE	PRODUCTOS	PRINCIPIO
Sedimentación	Líquido + Sólido	Fuerza de Gravedad	Líquido + Sólido	Diferencia de densidad
Filtración	Líquido + Sólido	Presión y Medio Filtrante (MF)	Líquido + Sólido	Tamaño de partícula sólida mayor que poro de MF
Centrifugación	Líquido + Sólido	Fuerza Centrífuga	Líquido + Sólido	Diferencia de densidad. Tamaño de partícula > poro MF

Procesos de separación con auxilio de la energía

PROCESO	ALIMENTO	AGENTE	PRODUCTOS	PRINCIPIO
Evaporación	Solución diluida	Calor	Solución concentrada + Vapor.	Diferencia de volatilidad (P^0/T).
Secado	Sólido húmedo	Calor	Sólido + Vapor.	Evaporación del Líquido.
Extracción	Líquidos	Líquido inmiscible	Dos líquidos.	Diferencia de solubilidad.
Destilación	Líquido y/o Vapor	Calor	Líquido + Vapor.	Diferencia de volatilidad.
Cristalización	Solución (líquido)	Enfriamiento	Líquido + Sólido.	Diferente tendencia a cristalizar.

Las separaciones por medio de membranas se están volviendo cada vez más importantes en las industrias de proceso. En estas ope-

raciones, relativamente nuevas, la membrana actúa como una barrera semipermeable y la separación ocurre porque la membrana controla la cantidad de movimiento y el paso de varias moléculas entre dos fases líquidas, dos fases gaseosas o una fase líquida y una gaseosa.

Operaciones de separación con membranas

Membranas. Concepto. Características.

El término membrana, empleado en biofísica, biología y química, designa un sistema sólido o líquido, cuyo espesor es muy pequeño comparado con su superficie, y que separa dos fases macroscópicas (generalmente líquidas), verificando un control selectivo de la transferencia de masa y energía entre ellas. Hay dos formas según las cuales los diferentes componentes de las fases en contacto, pueden pasar a través de la membrana:

- Mediante disolución en una cara de la membrana y posterior liberación en la otra, con la consiguiente disolución en la correspondiente fase externa.
- Pasando a través de poros (llena de agua o de disolución) que forman parte de la estructura interna de la membrana.

Las propiedades de las membranas que influyen en este proceso son:

- Espesor.
- Solubilidad de las especies permeables en la membrana.
- Carga eléctrica sobre la superficie de la membrana, así como su signo y densidad.
- Ancho y tortuosidad de los poros y la carga eléctrica y movilidad de las partículas transportados a través de los poros.

Las membranas se pueden clasificar atendiendo a su naturaleza (sintética o natural), a su estructura (porosa y no porosa), a su aplicación (separación en fase gaseosa, separación en gas - líquido, separación líquido-líquido). Existen otros índices de clasificación como el que se toma en cuenta el mecanismo de acción.

Teniendo en cuenta el material de construcción, las membranas se clasifican en tres generaciones:

- La de **primera generación**, fabricadas en polímeros basados en ésteres de la celulosa.
- La de **segunda generación**, que están realizados en polímeros orgánicos de síntesis: polisulfuros, poliéster, poliamidas, polivinilos, etc.
- Las de **tercera generación**, formadas por materiales inorgánicos como plata, alúmina, óxidos de titanio y zirconio, soportados en estructuras de carbón, cerámica, etc.

Las membranas orgánicas (primera y segunda generación) son en su mayoría poliméricas, es decir están formadas por la repetición más o menos ordenadas de unidades denominadas monómeros que se enlazan químicamente de diversas formas. Estas membranas orgánicas pueden llegar a degradarse fácilmente dependiendo de su estructura y de las condiciones de operación. La degradación puede producirse por causas térmicas (dependiendo del punto de fusión del polímero, de la temperatura de transición, etc.), mecánicas (rotura de los enlaces más débiles) o degradación bioquímica o química (presencia de agentes corrosivos que dañan los componentes de que están fabricadas).

Los importantes avances realizados en los últimos años en materiales cerámicos han impulsado enormemente las membranas inorgánicas. Estas poseen superior resistencia térmica y química. Pueden distinguirse tres tipos fundamentales de membranas inorgánicas:

- Membranas cerámicas: Están formadas mediante la combinación de un metal (aluminio, titanio o zirconio) con un no-metal en forma de óxido.
- La membrana de vidrio es generalmente de óxido de silicio.
- Las membranas metálicas se obtienen mediante el proceso de sinterización con polvo de metal (tungsteno o molibdeno).

Otro modo de clasificar las membranas se refiere a su morfología. Este aspecto es fundamental ya que establece un mecanismo de se-

paración de la membrana lo que influye notablemente en el tipo de aplicación de la misma. La principal división que desde este punto de vista puede hacerse es:

1. Membranas simétricas.
2. Membranas asimétricas.

Las membranas simétricas presentan un perfil homogéneo independientemente de que la membrana sea porosa o no porosa, este tipo de membrana presenta unos espesores totales que varían entre 10 y 200 μm . El espesor de la membrana influye notablemente en la paso a través de la misma, por lo que es más recomendable que los espesores de la membrana se minimicen lo más posible (lógicamente sin perder el resto de sus características).

Las membranas asimétricas consisten en una capa o piel superior de pequeño espesor (entre 0,1 y 0,5 μm). Esta piel determina la selectividad de la membrana, es decir su grado de separación entre unos espesores y otros, así como la permeabilidad con la finalidad de aumentar su resistencia metálica. Esta piel se soporta en una capa mucho más gruesa (entre 50 y 150 μm) del mismo material pero mucho más poroso con la finalidad de que no ejerzan ningún efecto negativo sobre la permeabilidad.

A continuación se detallan algunos procesos de membranas:

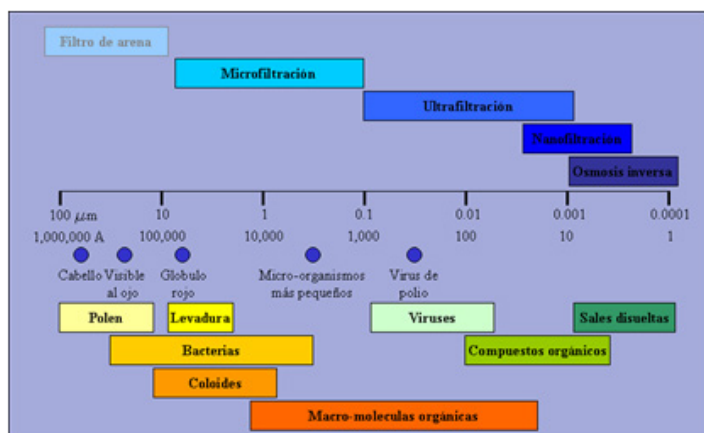
1. Permeación de un líquido o diálisis. En este caso los solutos pequeños de una fase líquida se difunden fácilmente debido a las diferencias de concentración a través de una membrana porosa, hacia la segunda fase líquida o gaseosa. El paso de las moléculas grandes a través de la membrana es más difícil. Este proceso de membrana se ha aplicado en separaciones de procesos químicos como en la purificación del ácido sulfúrico eliminando los sulfatos de níquel y cobre en solución. Este es el principio de purificación que se utiliza en los procesos de diálisis de riñón para purificar la sangre, en sustitución de ese órgano tan importante del cuerpo humano. Cuando los compuestos que impurifican el sustrato están cargados eléctricamente se hace necesario forzar una diferencia de fuerza electromotriz a través

de la membrana. Este el caso del procedimiento conocido como electrodiálisis. La electrodiálisis es de amplia aplicación en la decoloración de corrientes intermedias y finales de muchas industrias.

2. Osmosis inversa. Entre dos compartimentos, que contienen, uno, solución de soluto y disolvente y el otro, un disolvente puro, se coloca una membrana que impide el paso del soluto de bajo peso molecular. El disolvente se difunde hacia la solución por ósmosis, en función de igualar y equilibrar la concentración a ambos lados de la membrana. Esta separación es muy difícil de revertir debido a la alta presión entre los dos compartimentos. A esta gran diferencia de presión se le conoce como “presión osmótica”. En la ósmosis inversa se impone aplicar una diferencia de presión capaz de vencer la presión osmótica y de ocasionar que el flujo del disolvente se invierta. La Ósmosis inversa es de gran utilidad en la desalinización del agua de mar. Este proceso también se usa para separar otros compuestos de bajo peso molecular, como sales, azúcares y ácidos simples de un disolvente (generalmente agua). Esta técnica se usa para potabilizar agua y para decolorar corrientes en procedimientos de obtención de jugos de frutas y derivados como vinos y otros productos. Para impulsar el paso del fluido a través de la membrana se necesita una bomba que sea capaz de vencer estas altísimas presiones. Estas bombas difieren de las comunes, usadas en el impulso de líquidos (o compresores para gases) y son conocidas como “bombas de desplazamiento positivo”.

3. Ultra y microfiltración. En estos procesos se utiliza la presión para lograr una separación de moléculas mediante una membrana orgánica (polimérica) o inorgánica (cerámica o carbón) semipermeable. La membrana distingue los diferentes tamaños moleculares, formas o estructuras químicas y separa los solutos de peso molecular relativamente alto, como proteínas, polímeros, materiales coloidales como minerales, etc. La presión osmótica suele ser despreciable debido a los altos pesos moleculares. En los últimos años se usa un proceso que se ubica entre la ósmosis inversa y la ultrafiltración que separa las moléculas mucho más pequeñas y se conoce como nanofiltración.

Rango de umbrales de corte



La distribución de los poros de las membranas y su tamaño es conocida técnicamente como “umbral de corte”. La unidad más común para medir el tamaño de poro de una membrana es el micrómetro (μm). Un metro equivale a un millón de micrómetros. Para una mejor comprensión de los procesos auxiliados de membranas se presenta una figura donde se muestra la división de los procesos de acuerdo a su umbral de corte:

Aplicaciones industriales de los procesos de separación con membranas.

Su aplicación básica se relaciona con algunos de los siguientes elementos:

- Extracción y eliminación de partículas, para conseguir la purificación del disolvente.
- Concentración de las partículas en cantidades limitadas, para su identificación.
- La obtención de agua ultrapura es una aplicación muy importante de la microfiltración, tanto en la industria farmacéutica

como en la fabricación de semiconductores, en lo que cualquier impureza puede acarrear graves consecuencias en la producción obtenida.

- En los procesos de esterilización, que son necesarios en la fabricación de medicamentos, en la industria farmacéutica y en la fabricación de bebidas alcohólicas y pasteurización en frío de los productos que se elaboran.
- En el campo de la medicina y la biología se aplica en procesos de separación del plasma y de los glóbulos rojos de la sangre (plasma-foresis) también en la separación de micropartículas, bacterias, etc.
- En la recuperación de metales, en particular aquellas que se utilizan como catalizadores y concentración previa a etapas de evaporación o secado para ahorrar energía.
- En tratamiento con agua desde la potabilización, hasta su adecuación para uso industrial.
- Recuperación y reciclado de productos, ya sea por su alto valor o para evitar la contaminación en el medio ambiente.

Industria de la alimentación:

Es el campo en que la tecnología de membrana (microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa) ha encontrado las más diversas aplicaciones, alcanzando progresos realmente notables. Ejemplo de ello es:

- Vinos y Cervezas: La técnica de (OI, UF, MF) se emplean de forma muy diversas, en la industria del vino se pueden usar antes de la fermentación o después del tratamiento del producto para mejorar la calidad o para incrementar su grado alcohólico.
- En la industria láctea, para la separación de proteínas de lacto suero, preparación de la leche para la obtención de yogurt y otras etapas de concentración y en la obtención de derivados lácteos.

- En la industria azucarera de caña las membranas de UF y MF están siendo usadas para mejorar la calidad del jugo de azúcar después de la clarificación convencional. Este tratamiento tiene un mejoramiento indirecto de la calidad del azúcar: separación de más del 90 % de la turbulencia y alrededor del 50 % del color. Numerosos experimentos pilotos han confirmado estos resultados. Dos hipótesis pudieran explicar la disminución del color del azúcar: separación de los cuerpos precursores del color ó decrecimiento de la viscosidad de las masas cocidas debido a la eliminación de turbiedad. La aplicación industrial de la separación con membranas, no es aún una realidad en esta industria, aunque son muchos los investigadores que proponen soluciones en este sentido.

Otras separaciones no convencionales.

En épocas recientes se comienzan a usar efectos físicos y químicos que pueden servir de gran ayuda a procesos de separación ya consolidados o que por sí sólo pueden constituir procesos de separación. Entre estos efectos se encuentran los campos electrostático y magnético y el campo de ultrasonido. Se abundará en el uso de al menos los dos primeros.

Uso de Campo electrostático.

Para mayor comodidad de su estudio, las técnicas de separación de sustratos con alimentación de líquidos pueden clasificarse en cuatro grandes grupos, a saber: Electrodialisis, Reactor Electroquímico, Polarización Inducida y Electrofiltración.

Electrodialisis

La Electrodialisis es una operación que consiste en el transporte de partículas con carga eléctrica a través de una membrana como consecuencia de la aplicación de un campo electrostático. Si se utiliza una membrana no selectiva, se pueden separar electrolitos de no electrolitos y preparar así compuestos coloidales que no contengan compuestos de este tipo. Si la membrana es permeable a los iones de

un signo determinado, se puede llevar a cabo una concentración o dilución de una disolución de electrolitos. Si, además la membrana es más permeable a los aniones o cationes monovalentes que a los multivalentes, se puede llevar a cabo un fraccionamiento de electrolitos.

Reactor Electroquímico

Como definición elemental de reactor electroquímico se puede tomar la siguiente: “Sistema o dispositivo en el que se produce una transformación por reacción electroquímica en condiciones adecuadas”, añadiendo además, que aunque el uso de reactores electroquímicos se atribuye fundamentalmente a la recuperación de metales contenidos en soluciones electrolíticas diluidas, por ser su uso más conocido, estos equipos pueden ser además utilizados en la solución de toda una serie de problemas, tales como: la regeneración de celdas de reactivos usadas en electrosíntesis, la producción de hidrógeno y oxígeno a partir de soluciones acuosas alcalinas, el proceso de electrodiálisis y celdas de combustibles para generación de energía eléctrica. Otro uso del reactor electroquímico que se está reportando comúnmente, es su aplicación en la eliminación de compuestos cargados eléctricamente y que son nocivos al proceso en industrias tales como la alimenticia y la biotecnológica, lo que constituye una intensificación de las etapas de purificación en las mencionadas industrias.

Polarización Inducida

El efecto de la polarización inducida se consigue manteniendo un material con características de dieléctrico dentro de un condensador eléctrico por un tiempo determinado. Al ser sometido a este procedimiento, el dieléctrico se polariza manteniendo durante algún tiempo estas condiciones, las que le confieren propiedades de adsorbente de compuestos eléctricamente cargados. El efecto de la polarización inducida se ha manifestado en dos vertientes, una en el uso de dieléctricos ajenos a los procesos en los que se utiliza y la otra, en tratar de aprovechar como material dieléctrico un subproducto del propio proceso productivo.

Electrofiltración

La electrofiltración se define como la combinación de dos efectos ya analizados: la electrodiálisis y la polarización inducida, o sea, que en una misma instalación se aplica la desmineralización de los sustratos, utilizando membranas de intercambio iónico y entre estas se coloca un material con características dieléctricas capaz de polarizarse y retener en su superficie otros compuestos eléctricamente cargados, y que deben ser eliminados del medio que se está procesando. Los principios teóricos que sustentan la electrofiltración han sido ampliamente estudiados, determinándose así las mejores condiciones de aplicación. La mayor aplicación conocida hasta el momento es la intensificación de la etapa de purificación en la industria azucarera.

Uso de Campo Magnético

Son muchas las situaciones en que el Campo Magnético puede intensificar los procesos de separación, al ser utilizado como coadyuvante de los mismos o de forma independiente. Desde hace varias décadas se conoce el efecto del Campo Magnético sobre el agua que va a ser sometida a un proceso de evaporación en un Generador de Vapor o de la que se utiliza en los sistemas de acondicionamiento y enfriamiento, pero son limitados los estudios de cuáles son las propiedades que cambian en un sistema sometido a estos efectos. Al respecto se ha comprobado experimentalmente como un campo magnético externo actúa sobre las sustancias, proporcionando cambios en sus propiedades, entre las cuales se encuentran el punto de ebullición, la tensión superficial y la viscosidad. Estos resultados permiten aplicar el campo magnético, combinado con otros procesos de separación como la adsorción o la filtración.

En los procesos que involucran sólidos los estudios son más extensos y entre ellos los procesos de beneficio de minerales cuentan con equipos diseñados a estos efectos y de reconocida eficiencia. Entre las impurezas más comunes de los minerales se encuentran sustancias de origen ferroso o con características tales que las hacen

sensibles a un campo magnético. El equipo usado para la separación de estas partículas se diseña teniendo en cuenta tres mecanismos o zonas principales:

- Un mecanismo que lleva la alimentación a la zona de separación.
- Una **zona de separación** donde se ha establecido un campo magnético y está provista de una superficie colectora de las partículas a separar.
- Un mecanismo que retira los productos de la separación (concentrados, mixtos y rechazo).

Este desarrollo ha permitido extender a grandes niveles la aplicación de la separación magnética al beneficio de minerales.

Capítulo 4

Medio ambiente y contaminación

Uno de los grandes problemas que afecta la humanidad en la época actual, es la contaminación ambiental. El estudio de este fenómeno pasa por el conocimiento de una serie de términos propios de la ciencia que enfrenta esa problemática. Entre esos términos los fundamentales son: ecosistema, contaminación, contaminante y residuo. A la aclaración y discusión de los mismos va dedicado este tema.

Ecosistema

La vida humana se desarrolla en estrecha relación con la naturaleza y su funcionamiento afecta a todos por igual. El estudio de los ecosistemas, de su estructura y de su funcionamiento demuestra la profundidad de estas relaciones.

Se denomina ecosistema al nivel de organización de la naturaleza que interesa a la ecología. Los organismos viven en poblaciones que se estructuran en comunidades.

El concepto de ecosistema aún es más amplio que el de comunidad porque un ecosistema incluye, además de la comunidad, el am-

biente no vivo, con todas las características de clima, temperatura, sustancias químicas presentes, condiciones geológicas, etc.

El ecosistema estudia las relaciones que mantienen entre sí los seres vivos que componen la comunidad, pero también las relaciones con los factores no vivos.

En resumen, el ecosistema es la unidad de trabajo, estudio e investigación de la Ecología. El ecosistema se conoce también como Medio Ambiente o Entorno.

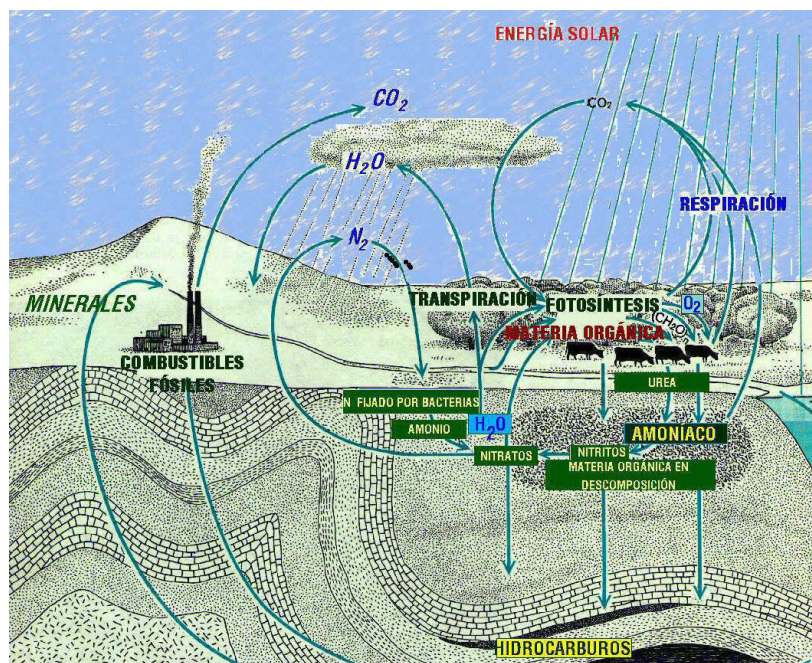
Funcionamiento del ecosistema

El funcionamiento de todos los ecosistemas es parecido. Todos necesitan una fuente de energía que, fluyendo a través de los distintos componentes que lo integran, mantiene la vida y moviliza el agua, los minerales y otros componentes físicos y químicos.

La fuente primera y principal de energía es el sol. En todos los ecosistemas existe, además, un movimiento continuo de los materiales. Los diferentes elementos químicos pasan del suelo, el agua o el aire a los organismos y de unos seres vivos a otros, hasta que vuelven, cerrándose el ciclo, al suelo o al agua o al aire. La energía fluye, también de forma cíclica, generando organización en el sistema.

El estudio se realiza tanto analizando el ciclo de cada elemento o compuesto, como de forma integrada. Estos ciclos fundamentales, conocidos como **Ciclos Biogeoquímicos** corresponden al agua, al carbono, al oxígeno, al nitrógeno y a la Energía.

Una visión integrada de los ciclos se ofrece en la siguiente gráfica:



En la misma se puede observar como los elementos mencionados y los compuestos que originan (Amonio, Nitratos, Nitritos, Urea, Hidrocarburos, etc.) se mueven de forma cíclica y el papel que juegan los fenómenos naturales (respiración, transpiración, fotosíntesis, descomposición de la materia orgánica, etc.) y los producidos por la actividad humana (procesos de extracción, fábricas, etc.).

Del propio gráfico puede observarse la importancia del papel que juega la energía sobre todo la proveniente del sol como acción motriz de todos los procesos.

Al estudiar los ecosistemas interesa más el conocimiento de las relaciones entre los elementos, que el cómo son estos elementos.

La función que cumplen en el flujo de energía y en el ciclo de los materiales es similar y es lo que interesa en ecología.

Como sistema complejo que es, cualquier variación en un componente del sistema repercutirá en todos los demás componentes. Por eso son tan importantes las relaciones que se establecen.

Contaminación

Los ecosistemas están sujetos a constantes estímulos “perturbadores”, tales como:

- Cambios climáticos
- Variaciones en la humedad
- Variación de la temperatura
- Radiación solar
- Los organismos que crecen y a su vez son devorados por otros
- Varían los índices de fertilidad
- Existen migraciones
- El suelo pierde o recibe nutrientes, etc.

Los ecosistemas presentan un cierto nivel de estabilidad, o sea, resisten las tensiones del medio, o se recuperan con rapidez de una perturbación.

En todos los ecosistemas intervienen un conjunto de factores opuestos que se conjugan para mantener un equilibrio dinámico, donde los organismos vivos juegan un papel fundamental.

A nivel del ecosistema existen, entre otros, subsistemas microbianos que regulan el almacenamiento y la liberación de nutrientes y subsistemas del tipo depredador-presa que controlan las poblaciones.

Se ha observado que mientras mayor sea la biomasa presente y su diversidad, mayor es su nivel de estabilidad frente a diferentes perturbaciones.

Se define como *contaminación* cualquier desequilibrio que se provoque en un ecosistema. Para mayor comodidad se estudian de forma separada la contaminación en el suelo, el agua y la atmósfera. Independiente del enfoque del estudio lo más importante es estudiar la contaminación de forma integrada.

A partir de ese criterio, se define como *Contaminante* todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, ra-

diación, vibración, ruido, actividad social, etc. cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, que pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

La huella que deja la contaminación sobre el entorno se conoce como *Impacto Ambiental*.

Una de las mayores expectativas actuales de la humanidad respecto a la contaminación lo constituye lo que se ha dado en llamar el Desarrollo Sustentable, que puede ser visto como el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.

Clasificación de los contaminantes

Para su estudio los contaminantes se clasifican en dos grandes grupos:

- **Primarios:** aquellos que se emiten directamente al medio debido a procesos naturales o antropogénicos, es decir debido a la actividad del hombre.
- **Secundarios:** Se generan a partir de reacciones químicas que algunos contaminantes primarios sufren en el medio que los contiene.

El aire, el agua y el suelo, constituyen los medios donde se vierten los residuos generados por el hombre en su actividad doméstica e industrial. Dichos residuos participan en los complejos procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el medio natural, sufriendo transformaciones y, en muchos casos, alterando el funcionamiento de los ecosistemas. A su vez, los contaminantes pueden afectar la salud humana penetrando al organismo, a través de las vías respiratorias, del sistema digestivo, o de la piel.

Desde el punto de vista tecnológico los contaminantes se pueden clasificar según su estado físico de agregación en residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Estos residuos se generan en todos los ámbitos de la actividad humana.

Residuos Sólidos

Los residuos sólidos se generan tanto en la actividad doméstica como industrial o de servicios, y constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad industrial moderna.

Los residuos sólidos de origen doméstico constituyen uno de los principales problemas ambientales de las grandes ciudades. La tasa diaria de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) está en el rango 0,5-1,5 kg/habitante, dependiendo del nivel de desarrollo económico y del grado de urbanización. En general, a mayor nivel económico y mayor urbanización, se tiende a generar una mayor cantidad de RSU por habitantes.

Los residuos sólidos de origen industrial (RSI), pueden generarse a partir de diferentes fuentes, que reflejarán directamente la naturaleza de los materiales utilizados y de los productos derivados del procesamiento. Entre estos contaminantes se pueden destacar:

- Cenizas y escorias de los sistemas de combustión para generación de vapor de procesos.
- Sólidos secundarios generados por los sistemas de tratamiento de efluentes.
- Insumos químicos gastados no reutilizables.
- Envases y otros contenedores.
- Residuos de las operaciones de mantenimiento.
- Materias primas no utilizables por incompatibilidad con el proceso.
- Productos y materiales intermedios fuera de especificación.
- Residuos de actividades de construcción, generados durante la construcción e instalación de nuevas facilidades.

La tasa de generación de RSI varía ampliamente según el tipo de actividad, con valores típicos en el rango 0,01-0,1 (ton RSI/ton producto). En las últimas décadas, se ha puesto mucho énfasis en la gestión racional de los residuos sólidos, ya que se puede lograr una significativa reducción de los volúmenes generados. Una adecuada gestión de producción puede ayudar a minimizar las pérdidas debidas a materias primas y productos finales fuera de especificación. Por otra parte, la recuperación de recursos potenciales durante el proceso de manufactura es una opción factible en muchas actividades industriales, sin que para ello se requieran grandes montos de inversión.

Uno de los residuos sólidos de mayor permanencia en el ambiente son los restos de tubos de pantalla de televisión y otros equipos que los poseen como computadoras y equipos médicos. También se consideran entre los residuos sólidos más peligrosos, por las características de la carga que poseen, los desechos de hospital y otros centros de salud.

Residuos Líquidos

El agua es uno de los principales compuestos que aparecen en los procesos tanto naturales como industriales. Es un poderoso solvente, y como tal, un vehículo de transferencia de una amplísima gama de compuestos solubles.

Se conoce que las propiedades termodinámicas del agua la transforman en un excelente agente térmico para transportar energía de una parte a otra del proceso.

El uso doméstico e industrial del agua incrementa la generación de residuos líquidos, cuya composición y volumen dependen del tipo de uso, de la naturaleza de los procesos, del nivel tecnológico, de los materiales utilizados y de la gestión de producción.

Los residuos líquidos de origen doméstico están constituidos principalmente por las aguas generadas en las actividades de lavado (ropa, utensilios, alimentos, personas) y las aguas sanitarias (fecales).

La tasa de generación diaria de residuos líquidos domésticos está en el rango 0,1 a 0,4 m³/persona.

Los residuos líquidos de origen industrial (RIL) incluyen:

- Aguas de enfriamiento
- Aguas de procesos
- Aguas de lavado de equipos
- Aguas servidas

Estos residuos líquidos constituyen un enorme volumen y los efluentes de una planta de tamaño mediano pueden equivaler en volumen a los generados por una gran ciudad. Por ejemplo, una planta de celulosa con capacidad de producción es de 1 000 ton pulpa/día y que consume 70 m³ agua/ton pulpa, genera descargas equivalentes a una ciudad de alrededor de 300 000 habitantes. La composición de las aguas residuales industriales es altamente dependiente del tipo de procesos y de la naturaleza de los materiales utilizados.

Residuos Gaseosos

La contaminación atmosférica reviste gran importancia, debido a su enorme impacto directo sobre la salud humana. Cada persona adulta respira 15-28 m³/día de aire y posee una superficie alveolar en sus pulmones de alrededor de 65 m².

La mayoría de los contaminantes presentes en el aire puede encontrar fácilmente su camino hacia la sangre debido a que la transferencia de materia a través de la pared de los capilares pulmonares es muy poco selectiva. Los contaminantes atmosféricos más comunes incluyen: materiales particulados, aerosoles, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, ozono, oxidantes fotoquímicos, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ruido, radiaciones, etc.

Las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en Fuentes Fijas y Fuente Móviles.

Las Fuentes Fijas son aquellas que operan en un punto fijo, es decir, el foco de emisión no se desplaza en forma autónoma en el tiem-

po (chimeneas industriales y domésticas, calderas, hornos, etc.). Estas fuentes fijas pueden ser Puntuales si generan emisiones gaseosas en forma más o menos continua, a través de una chimenea o punto de descarga concentrado, con flujos significativos (mayores de 1 000 m³/día) o Difusas si generan emisiones en bajas cantidades, distribuidas espacialmente (purgas de gases a través de válvulas de alivio).

Las Fuentes Móviles pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes en su trayectoria (equipos de transporte terrestre, acuática o aérea). La mayor parte de los sistemas de transporte actual, obtienen su energía por medio de la combustión de diversos productos, lo que origina diferentes compuestos que son emitidos a la atmósfera.

Los motores de combustión interna, constituyen una de las principales fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos, tales como monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas en suspensión, plomo y derivados. La proporción en que se emiten estos contaminantes depende de una serie de factores, entre ellos el tipo de motor, combustible usado, y estado de mantenimiento del vehículo.

La energía, sobre todo en la forma de calor y algunos tipos de radiaciones, constituye una considerable fuente de contaminación al ser mal usada o despilfarrada en las actividades domésticas e industriales. El uso irracional de la energía puede alterar la temperatura y otras propiedades del entorno y llevarlas a valores fuera de los permisibles o establecidos creando impactos de fatales resultados.

Una mención especial para dos contaminantes de extrema importancia en la atmósfera. Primero, el ruido provocado por el funcionamiento de instalaciones fabriles o como resultado de otras esferas de la actividad humana. Finalmente, el efecto, sobre el cuerpo humano y el entorno de distintos tipos de radiaciones provocado por ondas mecánicas o eléctricas producidas por diversas fuentes.

Capítulo 5

Biotecnología

A continuación, se ofrecen algunas definiciones que tratan de describir de cierta manera el concepto de **biotecnología**:

1. Aplicación de principios científicos a procesos, donde agentes biológicos transforman un material en un producto útil.
2. Uso integrado de la Bioquímica, la Microbiología y las otras especialidades para aprovechar las propiedades y posibilidades de los microorganismos y de los cultivos celulares.
3. Uso de organismos vivos o de sustancias obtenidas de ellos para hacer productos de valor para el hombre.

Elementos comunes en las definiciones:

- Presencia del elemento vivo o agente biológico.
- Transformación de un material o sustrato en producto.
- Vínculo entre las Ciencias Químicas o Biológicas y las Ingenierías.
- Los productos obtenidos o servicios poseen valor para el hombre.

- Los procesos son factibles económicamente.

Proceso biotecnológico

En cualquier proceso biotecnológico los agentes biológicos o microorganismos actúan sobre un sustrato para alcanzar un producto deseado. Aparecen tres conceptos de suma importancia: el *agente biológico*, el *sustrato* y el *producto*.

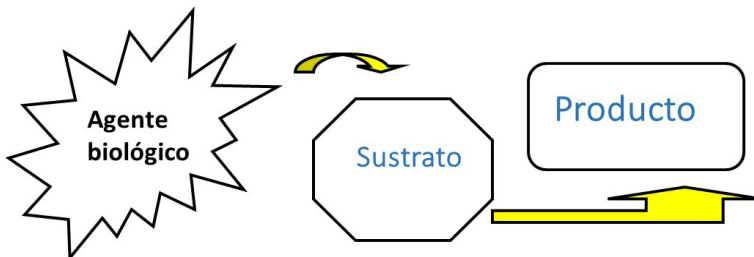
Sustrato: Producto de bajo costo o proveniente de una fuente de desecho (orgánico o inorgánico), capaz de ser transformado por la acción de los elementos vivos en un producto final de utilidad.

Agente biológico: Lo que caracteriza el proceso biotecnológico es la acción de agentes vivos (microorganismos) para lograr la transformación deseada.

Producto: Es el resultado del desarrollo de un proceso biotecnológico. Debe ser útil al hombre y fácil de producir. Puede ser un tratamiento mediante el cual se logre un servicio determinado tal como:

- Purificación de agua
- Reutilización o eliminación de residuos industriales, agrícolas o humanos.
- Obtención de productos alimenticios, farmacéuticos, o de aplicación a otros procesos industriales.

La utilidad de un producto incluye la factibilidad económica de su producción.



Proceso: Transformación, conversión o modificación de un sustrato por acción específica de los agentes biológicos o sus extractos.

Se identifican tres niveles de acuerdo a su magnitud:

- *Escala de laboratorio*: estudios primarios para comprobar teorías y ajustar procedimientos.
- *Escala piloto*: Aumento de complejidad en la experimentación que permite establecer procedimientos y características de funcionamientos de equipos y diseño de equipos y procesos a escalas mayores.
- *Escala industrial*: diseño de plantas de gran tamaño y estudios de funcionamiento para ajustar las condiciones definitivas de la operación.

Uno de los procesos biotecnológicos más conocidos en Cuba es la producción de alcohol etílico. Los sustratos más usados son desechos o subproductos de la industria azucarera tales como la miel final, rica en azúcares y otros compuestos orgánicos.

Cuando los microorganismos, principalmente la levadura *Sacharomises cerevisiae* (conocida también como levadura del pan), actúa sobre algunos azúcares, los convierte en alcohol etílico a través de dos reacciones fundamentales, una para el crecimiento del microorganismo al alimentarse de azúcar en presencia de aire y otra, en ausencia de aire, para la conversión propiamente.

Evolucion de la biotecnología

Los procesos biotecnológicos son conocidos desde tiempos inmemoriales. Para su estudio se han clasificado en generaciones, atendiendo a las complejidades de cada una de las etapas por las que ha transitado.

Primera generación

Se considera a partir de siglo 600 AC y su objetivo se dedicó a la obtención de productos con el auxilio de elementos vivos mediante el mecanismo fermentativo.

Los productos son de gran demanda popular como el pan, el vino, la cerveza, el vinagre, el queso y el yogurt.

Segunda generación

El comienzo de esta etapa se considera desde 1953 con la obtención de productos de incuestionable valor como los antibióticos, vacunas naturales, vitaminas y alcohol industrial.

Tercera generación

Se cuenta como inicio de la misma la década de los '80 del siglo XX. Los avances fundamentales están basados en la secuenciación del ADN. Abre paso a la Ingeniería Enzimológica. Son representativos productos como la Insulina humana, los anticuerpos monoclonales y los Interferones.

Cuarta generación

Ya en los finales del siglo XX se integran las Ciencias de la Información con la Biología y surge la Bioinformática. En este período se acelera el descifrado del Genoma Humano.

Sectores de mayor influencia

Sector farmacéutico

Áreas relacionadas con las enfermedades infecciosas, enfermedades crónicas y tratamientos preventivos. La investigación se ha orientado hacia la obtención de nuevos productos, métodos de diagnóstico y tratamientos.

Sector agrícola y alimentario

La acción investigativa se ha dirigido fundamentalmente a la obtención de nuevos productos, la búsqueda de pesticidas, obtención de biofertilizantes y la evaluación de vías para incrementar la resistencia a las enfermedades de las plantaciones.

Sector químico

Se ha orientado en dos líneas de trabajo como son la obtención de productos químicos que intervengan en procesos biológicos para

eliminar toxinas y residuos y el desarrollo de biosensores para monitorear la salud (colesterol y otros índices), la contaminación (agua, aire y suelo) y evaluar la calidad de los procesos industriales.

Sector ambiental

Se han creado equipos y se han fundamentado protocolos para el monitoreo de la contaminación ambiental y la descontaminación del medio ambiente entre los que se destacan:

- Detección de residuos de herbicidas, insecticidas, bencenos, compuestos policlorados, etc.
- Detección de contaminantes microbianos en alimentos.
- Detección de enfermedades mediante anticuerpos monoclonales.
- Desarrollo de procesos biológicos donde los organismos vivos transforman desechos, como la lombricultura.

Sector energético

Se ha trabajado en distintos frentes, donde se destacan:

- Mejora de parámetros de calidad en petróleo y derivados (eliminación de azufre, nitratos, cadenas pesadas, etc.)
- Desarrollo de fuentes energéticas alternativas (bioetanol, biodiesel, biohidrógeno)
- Obtención de biomasa para la generación de electricidad y otras formas energéticas en la industria.
- Obtención de metano a partir de biomasa. Se trata del conocido proceso de obtención de biogás.

Notas finales

Por más de cuarenta años impartí clases en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, en Cuba. El contacto con estudiantes, profesores, profesionales de diversas ramas, obreros, pueblo en general me ha hecho reflexionar respecto a la comunicación que debe existir entre las personas de diferentes procedencias, categorías ocupacionales, nivel de conocimientos, en el aspecto referido a las ciencias y tecnologías en sentido general.

Traté de abordar de forma amena y asequible a cualquier profesión, la complejidad de eventos y procedimientos de forma que sea posible estudiar, analizar, discutir o abordar elementos fundamentales del desarrollo actual.

Busqué formas de lenguaje coloquial que permitan acercarse al conocimiento de materias tales como la Biotecnología, el medioambiente y la contaminación, la generación de electricidad a partir de métodos clásicos y modernos usando como fuentes energéticas combustibles tradicionales o los conocidos como “renovables”, la purificación de aguas para su potabilización o de jugos y bebidas alcohólicas para la obtención de un producto más puro usando modernas técnicas de separación con membranas.

Espero haberlo logrado. Si es así, me siento satisfecho.

FUNDACIÓN EDICIONES CLÍO

Ciencilla: *Ciencia sencilla* tiene como objetivo introducir a los lectores en cuestiones científicas contemporáneas de manera sencilla, permitiéndoles comprender conceptos científicos y tecnológicos básicos que a menudo se reflejan en los medios de comunicación. El objetivo no es especializar a los lectores en un área particular, sino brindarles una comprensión simple de términos como ciencias ambientales, energía renovable, biotecnología y otros. El título “Ciencilla” es una contracción de “ciencia sencilla” para hacer accesibles los conceptos científicos al público de manera elemental, proporcionando al menos una comprensión básica de cada término..

Jesús Eligio Castellanos Estupiñán

Ingeniero Químico (1972). Doctor en Ciencias Técnicas (1990). Ha colaborado con universidades de la antigua URSS, Nicaragua, España, México, Venezuela y Ecuador. Jubilado de Profesor Titular y Consultante en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, en Cuba (2014). Tiene cinco libros de su especialidad publicados. En 2022, la Editorial Feijóo publicó su novela testimonial *Pichón de Ingeniero*, presentada en la Feria del Libro del 2023 en Santa Clara. En 2024 la Editorial Feijóo publicó su novela testimonial *Atravesado* presentada en la 32 Feria del Libro en Santa Clara. En 2024 Laia Editora (Argentina) publicó su libro de prosa reflexiva *Cubanía sin fronteras*.

