

ENERGÍA PARA LA VIDA

Tomo I Ciencias Naturales



4 to
AÑO

ENERGÍA PARA LA VIDA

Tomos I Ciencias Naturales

4^{to}
AÑO



COLECCIÓN BICENTENARIO

Hugo Chávez Frías
Comandante Supremo de la Revolución Bolivariana

Nicolás Maduro Moros
Presidente de la República Bolivariana de Venezuela

Corrección, Diseño y Diagramación
EQUIPO EDITORIAL
COLECCIÓN BICENTENARIO

Coordinación de la Serie Ciencias Naturales
José Azuaje

Autoras y autores

Aurora Lacueva
Carlos Buitrago
Carmen Hidalgo
Ini Ojeda
Dalia Diez
Francisco Rivero
Gloria Guilarte
Hilda Herrera
José Azuaje Camperos
Juan Linares
Luisa Gajardo
Miguel Ríos
María Maite Andrés
Romel Rodríguez
Russys Romero
Yusmeny Chirino

Lecturas Adicionales

Adriana Marchena
Lisbehet Dubravka Torcatty
Lilia Rodríguez
Juan Linares
Francisco Rivero

Asesora General de la Serie Ciencias Naturales
Aurora Lacueva Teruel

Ilustración

Arturo José Goitía
César Ponte Egui
Darwin Yáñez Rodríguez
Eduardo Arias Contreras
Gilberto Abad Vivas
Julio Marcano Marini
José Samuel González
José Alberto Lostalé
Leidi Vásquez Liendo
Leonardo Lupi Durre
Luis Eduardo Lupi
Nicolás Espitia Castillo
Victor Manuel Silva



República Bolivariana de Venezuela
© **Ministerio del Poder Popular para la Educación**

Tercera edición: Abril, 2014
Convenio y Coedición Interministerial
Ministerio del Poder Popular para la Cultura
Fundación Editorial El perro y la rana / Editorial Escuela

ISBN: 978-980-218-333-3
Depósito Legal: If51620123701318
Tiraje: 400.000 ejemplares

Mensaje a las y los estudiantes

Este libro de la Serie de Ciencias Naturales de la Colección Bicentenario ha sido pensado para que te acompañe en tus estudios de 4^{to} año de Educación Media. En él encontrarás el desarrollo, en forma integrada, de contenidos curriculares y procesos didácticos de tres áreas del saber más especializado: Biología, Química y Física. Muchos temas están asociados al uso responsable de los recursos energéticos y de la biodiversidad, y por eso lo hemos llamado *Energía para la vida*.

La obra pretende dar un aporte a tu formación integral y ciudadana en aspectos relacionados con el ambiente y la salud integral, el uso de la ciencia para comprender la realidad y desarrollar una mejor calidad de vida. La interculturalidad, el lenguaje, las tecnologías de la información y comunicación, la soberanía y defensa integral de la nación, los derechos humanos y la cultura para la paz, el trabajo liberador, entre otros conocimientos y valores indispensables para la vida en comunidad. Esperamos que sea una contribución para que puedas juzgar críticamente qué es lo prioritario, lo justo y lo ecológicamente sustentable para todas y todos.

Con la intención de que la obra se acompañe con el ritmo de tu proceso educativo, se han estructurado treintiséis (36) lecturas organizadas en tres secciones. Cada lectura constituye una unidad de saberes teórico-prácticos, referidos a un tema de Ciencias Naturales, presentada con sentido crítico y reflexivo.

La primera sección consta de tres (3) lecturas introductorias de contenidos y procesos integradores, en las cuales se aborda una introducción a la investigación en Ciencias Naturales y sus métodos de aplicación; el agua como temática de Ciencias de la Tierra integra las tres áreas del saber especializado y, en una tercera lectura, se describe el Sistema Eléctrico Nacional como sistema de producción social orientador de posibles proyectos de investigación.

La segunda sección incluye veintiséis (26) lecturas de contenidos y procesos en las áreas del saber mencionadas. Un grupo tiene énfasis en Biología y aborda temas sobre el origen de la vida y las condiciones en que ésta apareció y se desarrolló, así como una descripción de la biodiversidad con la que contamos en este tiempo. Las lecturas con énfasis en Química tratan aspectos sobre la estructura de la materia, las reacciones químicas, la energía de la materia y las disoluciones. El conjunto de lecturas con énfasis en Física atiende tópicos relacionados con movimiento, las interacciones la energía térmica y el estudio de fluidos.

En el desarrollo de los contenidos hemos tratado de presentar procesos como conceptualización, construcción teórica, investigación, creación, innovación y contextualización socio-crítica. También encontrarás en cada lectura algunas de las siguientes actividades:



Las **AICI** requieren la aplicación de los contenidos presentados, así como de procesos de investigación. Te permitirán integrar conocimientos y explorar de, manera ingeniosa, el mundo científico. Pretendemos potenciar tu curiosidad, motivarte para que indagues, innoves, crees, y con ello aprendas sobre nuevos ámbitos de las Ciencias Naturales.

Algunas **AICI** te plantean problemas en situaciones vivenciales que pueden ser abordados en ambientes naturales o en ambientes controlados de laboratorio, las mismas presentan orientaciones para ayudarte en su desarrollo. En esta categoría están incluidas actividades que invitan a la realización de diversos tipos de proyectos.

Otras **AICI** serán realizadas en ambientes informáticos mediante simulaciones interactivas. Estas son una representación de fenómenos, construidas con modelos de la ciencia, porque son una aproximación a lo que sucede en la realidad.

Las **APC** están diseñadas de modo que puedas aplicar los aprendizajes en proyectos al servicio de problemas de tu comunidad. Con las mismas podrás fomentar tu compromiso social, y realizar un aporte real. Además, es posible que para ello se requiera la participación de miembros de la comunidad con experiencia y conocimientos en el tema de que se trate.

Las **ARP** requieren de la aplicación de contenidos y procesos en el abordaje de una situación problemática sin necesidad de un contacto real con el fenómeno. Un problema es una situación en la cual tenemos preguntas acerca de algo y conocemos algunas condiciones de la situación. Para resolverlo, organizarás y ejecutarás un plan que después evaluarás.

Las **AE** te plantean nuevas elaboraciones relacionadas con los contenidos desarrollados, con el fin de clarificar y reafirmar lo aprendido. En su mayoría son situaciones que no podrás resolver sólo con la memorización de ideas; para ello tendrás que poner en acción tu pensamiento reflexivo y creador.

La tercera y última sección del libro contiene seis (6) lecturas distribuidas en los dos tomos, sobre desarrollos tecnológicos, procesos sociales y culturales, y sobre venezolanas y venezolanos que han realizado contribuciones en el campo de la ciencia y la tecnología de nuestro país. Ellos son una muestra de cómo el ingenio y la dedicación contribuyen al fortalecimiento de las actividades sociales, científicas y tecnológicas en Venezuela. Esperamos que sean de tu interés y te motiven a buscar temas similares, ampliando tu cultura científica con una visión humanista.

Este libro se presenta en dos tomos, cuya distribución de lecturas es la siguiente:

Tomo	Introducción integradora	Énfasis en Biología	Énfasis en Química	Énfasis en Física	Algo más...
I	1, 2, 3	4, 5, 6, 7	8, 9, 10,11	12, 13, 14,15	1, 2, 3
II	-----	16, 17, 18 y 19	20, 21, 22, 23 y 24	25, 26, 27, 28 y 29	4, 5 y 6

Cuida este libro pensando que pertenece a quienes lo necesiten, ya que te permite a ti y a otras y otros continuar con la aventura de conocer más sobre el maravilloso mundo de las Ciencias Naturales, para que explores, valores y protejas a la madre naturaleza como el único hogar común de la vida en el planeta. Nuestro deber, como humanidad, debe ser convertirlo en un lugar para la igualdad, la justicia y la solidaridad.

Mensaje a las profesoras, los profesores y las familias

Este libro, titulado *Energía para la vida*, forma parte de la Serie de Ciencias Naturales de la Colección Bicentenario. Constituye un material didáctico de referencia para el proceso educativo de las y los jóvenes de 4^{to} año de Educación Media, que hemos realizado pensando en la necesidad de actualizar el currículo en esta área.

El enfoque didáctico que se plantea, promueve la integración de los contenidos de tres áreas del saber especializado: Biología, Química y Física, a través de los procesos didácticos de conceptualización, construcción teórica, investigación, creación, innovación y contextualización socio-crítica. Además, está orientado por el humanismo científico, desde una perspectiva de pedagogía crítica liberadora, y se contextualiza en la realidad socioambiental.

La obra consta de treintiséis (36) lecturas que se han organizado en tres secciones, las cuales pensamos pueden acompañar el proceso didáctico escolar. Todos los temas son referentes curriculares para la creación, participación y evaluación de diversos proyectos: de aprendizaje, educativos integrales comunitarios, de desarrollo endógeno o de unidades de clase, entre otras estrategias de planificación escolar. Se presenta en dos tomos, cuya distribución de lecturas es la siguiente:

Tomo	Introducción integradora	Énfasis en Biología	Énfasis en Química	Énfasis en Física	Algo más...
I	1, 2, 3	4, 5, 6, 7	8, 9, 10,11	12, 13, 14,15	1, 2, 3
II	-----	16, 17, 18 y 19	20, 21, 22, 23 y 24	25, 26, 27, 28 y 29	4, 5 y 6

La primera sección consta de tres (3) lecturas introductorias que consideran temas integradores y de referencia vinculados a las tres áreas del saber, tales como: los procesos de investigación afines a las áreas de las Ciencias Naturales, el agua como contenido integrador de las Ciencias Naturales y el Sistema Eléctrico Nacional como sistema de producción social orientador de la realización de posibles proyectos de investigación. Les sugerimos para el trabajo didáctico con estas lecturas al inicio del año escolar y volver a ellas cada vez que surja la necesidad de utilizar su contenido.

La segunda sección contiene veintiséis (26) lecturas en las que se integran procesos didácticos acordes a cada disciplina y a su estudio en este nivel. Nuestra intención es que estas lecturas sirvan de referencia para la realización de diversos proyectos integradores de aprendizaje, en la línea de una didáctica centrada en procesos de conceptualización, construcción teórica, investigación, creación e innovación y contextualización socio-crítica.

Cada lectura está escrita en forma conversacional a fin de capturar mejor la atención de las y los jóvenes. Las mismas presentan una introducción y un desarrollo del tema, donde se conceptualizan las ideas científicas, tomando como referencia aspectos de la cotidianidad, de la historia de la ciencia, el lenguaje natural, entre otros. Así, promueven la construcción de conceptos, definiciones, teorías o modelos explicativos de algunos fenómenos que servirán para mejorar el proceso de abstracción y desarrollo del lenguaje de las Ciencias Naturales.

Además, la comprensión de las ideas de las Ciencias Naturales en el ámbito escolar se potencia con su puesta en acción mediante los procesos ya mencionados, que pueden ser desarrollados a través de actividades de resolución de problemas, demostrativos, experimentales, de campo y/o virtuales. Su realización intenta la integración teórico-práctica.

Por otra parte, se plantean actividades de participación comunitaria que motivan la realización de proyectos, donde los saberes de las ciencias se problematizan en el ámbito sociocomunitario, y se utilizan para contribuir con la solución de problemas prioritarios para el bien común de todas y todos.

También se incluyen actividades de autoevaluación, que servirán para continuar con la comprensión de los temas en estudio. Durante su ejecución, sus orientaciones serán importantes para las y los estudiantes.

Las actividades están destacadas en las lecturas con los íconos siguientes:



La tercera, y última sección, presenta seis (6) lecturas adicionales, tres en cada tomo. Estas complementan, integran y a la vez fomentan la reflexión crítica, que permiten a las y los jóvenes acercarse y saber más acerca de los aportes de venezolanos, y venezolanas en el ámbito de la ciencia y la tecnología popular, y aproximarse a sus valiosas experiencias comunitarias.

El libro pretende dar un aporte a la formación integral y ciudadana de las y los estudiantes, en aspectos relacionados con el ambiente y la salud integral, el uso de la ciencia para comprender la realidad mejorando la calidad de vida. La interculturalidad, el lenguaje, las tecnologías de la información y comunicación, la soberanía y defensa integral de la nación, los derechos humanos y la cultura para la paz, el trabajo liberador, entre otros conocimientos y valores indispensables para la vida en comunidad, a fin de que impulsen una comprensión de la realidad natural, así como modos de interactuar con ella, respetarla y preservarla para las generaciones futuras.

Como profesoras y profesores, les invitamos a usar este material didáctico de referencia y a estimular a sus estudiantes a leerlo y a realizar las actividades sugeridas. Porque estamos convencidas y convencidos de que será de gran ayuda en la tarea de promover una educación en Ciencias Naturales para ejercer la ciudadanía, con un enfoque humanístico, crítico y liberador inspirado en los principios de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley Orgánica de Educación y demás documentos rectores de la educación venezolana.

Índice

1. Aprender a investigar en Ciencias Naturales.....10

- ¿Qué hacemos cuando investigamos en Ciencias Naturales y Tecnología?
- ¿Cómo pasar de la situación problemática al problema de investigación en las Ciencias Naturales?
- ¿Cómo organizamos un plan de acción?
- ¿Qué hacemos con los datos recolectados?
- ¿Cómo culminamos la investigación?
- ¿Qué y cómo evaluamos el trabajo?

2. Rescatemos nuestra cultura del agua.....26

- La cultura del agua: el agua en la historia de la sociedad
- Algunos saberes para recordar
- Conocer nuestras cuencas hidrográficas
- Los desequilibrios en el proceso de recuperación del agua
- **Saberes prácticos acerca del agua que consumimos**
- Biodiversidad en ambientes de agua dulce
- **Actividades de Autoevaluación**

3. De las fuentes de energía a la electricidad.....46

- Pequeña historia del sistema eléctrico en Venezuela
- Principales generadores de energía eléctrica en Venezuela
- ¡La energía siempre se está transformando!
- El vapor de agua y las termoeléctricas
- Emprendiendo alternativas energéticas
- Del sistema generador de energía eléctrica hasta nuestro hogar
- ¿Cuánta energía eléctrica consumimos?
- Uso industrial, comercial y oficial
- La energía también se puede utilizar de manera responsable
- **Estima la factura de tu hogar**

4. ¿Cuándo y cómo surgió la vida?.....66

- Características de la vida
- ¿Qué es finalmente la vida?
- Desarrollo histórico de las teorías que explican el origen de la vida
- El genio y el ingenio de Louis Pasteur
- ¿Qué se logró finalmente?
- **¡Hagamos pares!**
- ¿Quién tuvo la razón?
- **¿Biogénesis o generación espontánea?**
- **Entrevista imaginaria con...**
- **Actividades de Autoevaluación**

5. ¿Cómo era el ambiente donde apareció la vida?.....82

- Formación de la Tierra
- Poderosas fuentes de energía en la Tierra primitiva
- Cómo una atmósfera tóxica pudo favorecer la aparición de vida
- Síntesis de los compuestos orgánicos. La Teoría Quimiosintética de Aleksandr I. Oparin
- El aparato de Stanley Miller: un mini-ambiente de hace 4 mil millones de años
- **Las moléculas de Miller**
- Precursores de la vida: los coacervados de Oparin
- ¿Estaban tan equivocados los seguidores de la Generación Espontánea?
- **Nuestros propios coacervados**
- **Actividades de Autoevaluación**
- **Historia de las ideas acerca del origen de la vida: Hagamos un mural**
- **Tu pintura sobre la Tierra primitiva**

6. La vida en la Tierra en sus primeros pasos.....96

- Hipótesis sobre el origen de las formas precelulares
- ¿El gran paso lo dio el ARN?
- La importancia de las membranas
- Células vivas: hipótesis heterótrofa vs. hipótesis autótrofa
- Explosión de vida
- Aparecen los eucariotas
- El agua como medio apropiado para la vida
- ¡La vida ha tardado mucho tiempo!
- “Museo de la vida”
- “Todos somos uno”
- **Actividades de Autoevaluación**

7. La diversidad de la vida en nuestro planeta.....110

- ¿Cuál es el origen de la biodiversidad?
- Venezuela, un país megadiverso
- **Las bases de la Venezuela megadiversa**
- Nuestra biodiversidad está asociada a las variadas regiones
- ¿Cómo le damos nombre y organizamos a la variedad de seres vivos de la Tierra?
- Para entender los sistemas de clasificación de la biodiversidad hay que buscar en la historia
- **La importancia de los nombres científicos**
- Bases de la clasificación moderna
- Clasificación de los seres vivos: dominios y reinos
- Los reinos del dominio Eukarya
- **Conociendo la biodiversidad en un compostero**
- Nuestro más valioso pero menos apreciado recurso

8. “Hablemos en el mismo idioma: el lenguaje de la Química”.....132

- Nomenclatura de compuestos inorgánicos
- Historia del nombre de los elementos químicos
- Importancia de los elementos químicos para los seres vivos.
- Nomenclatura de compuestos químicos inorgánicos
- **El lenguaje de la química en los alimentos**

9. Relaciones justamente medidas. Estequiometría.....150

- Contando partículas
- Porcentaje de un elemento en un compuesto
- **Estudiando porcentajes**
- Fórmulas químicas para un compuesto desconocido
- **Descubriendo fórmulas**
- Ecuaciones químicas. Reactivo limitante
- **Disminuyamos los gases de invernadero**
- **Midamos granos sin contarlos**
- “La naturaleza química: una relación sumamente honesta”
- **Actividades de Autoevaluación**

10. Las disoluciones en nuestras vidas.....164

- ¿Qué es una mezcla y una disolución?
- Expresando la concentración
- Disoluciones y reacciones químicas Propiedades de las disoluciones
- **Cómo neutralizamos un ácido?**
- **Actividades de Investigación, Creación e Innovación**
- **Actividades de Investigación, Creación e Innovación**
- Disoluciones esenciales para la vida
- **Actividades de Autoevaluación**

11. Las reacciones químicas y su rapidez.....184

- Rapidez de las reacciones químicas
- **El peróxido de hidrógeno y la decoloración del cabello**
- Factores que afectan la rapidez de las reacciones
- Energía necesaria para que se lleve a cabo una reacción
- **¿Cuán rápido reacciona?**
- **Apurando la reacción**
- ¿Por qué es importante el estudio la rapidez de las reacciones químicas y los factores que influyen en ella?
- **Actividades de Autoevaluación**

12. Descubriendo el movimiento200

- Las ciencias del movimiento
- ¿Respecto a qué nos movemos?
- Caminos diferentes con un mismo destino
- La velocidad en cada instante y en cada intervalo de tiempo
- La variación de la velocidad: la aceleración
- Algunos casos particulares del movimiento
- **¡El descenso de una roca!**
- Factores que Intervienen en la Caída de los Cuerpos
- **Movimiento de una burbuja**
- **¡Midiendo la aceleración de gravedad!**
- **Actividades de Autoevaluación**

13. También podemos movernos en el plano.....222

- Movimiento parabólico
- **¡Dónde pone el ojo...pone la flecha!**
- ¿Qué tan alto y tan lejos puede volar?
- **Construyamos un sistema de lanzamiento.**
- **Un peñero relativista**
- Lanzamiento de proyectiles de trayectoria semiparabólica
- **¿Quién llega más rápido el proyectil o el cuerpo en caída libre?**
- **Actividades de Autoevaluación**

14. Movimientos e interacciones.....242

- Leyes del Movimiento de Newton
- Aplicaciones de las leyes del movimiento de Newton
- **Actividades de Resolución de Problemas**
- Midiendo el coeficiente de roce entre dos superficies
- La ciencia del movimiento
- **Actividades de Autoevaluación**
- **Actividades de Participación Comunitaria**

15. Interacciones y movimientos periódicos.....268

- Interacciones para hacer girar un cuerpo
- **La Luna cae a la Tierra**
- Interacciones para hacer oscilar a un cuerpo
- **Actividades de Investigación, Creación e Innovación**
- **Actividades de Resolución de Problemas**
- **Actividades de Investigación, Creación e Innovación**
- Vivir girando
- **Actividades de Autoevaluación**

Algo más para saber sobre Ciencia y Tecnología.....280

- Ciencia y tecnología popular como esperanza para las personas con artritis
- Una entrevista a un noble y humilde innovador venezolano, Manuel Ángel Gonzales Sponga
- Lya Ímber: un ejemplo a seguir



Como te habrás dado cuenta, en diferentes áreas y actividades humanas la investigación resulta necesaria. Ahora bien, en las Ciencias Naturales y en la Tecnología resulta imprescindible; los modelos que se construyen con ideas para explicar los fenómenos de la naturaleza hay que contrastarlos con ella mediante procesos investigativos.

Como seguramente sabes, investigar no es sólo buscar información y resumirla, aunque en muchas ocasiones usamos este término para referirnos a tal tarea. Tampoco es seguir paso a paso un conjunto de indicaciones dadas o señaladas por otros.

Por el contrario, investigar implica poner en práctica conocimientos teórico-prácticos para plantearse preguntas, construir modelos e hipótesis y planificar acciones creativas que permiten alcanzar resultados propios. Además, el proceso de investigación y los resultados alcanzados son socializados con el fin de someterlos a la crítica constructiva, para seguir avanzando. Por muy especializada que nos parezca la investigación, su fin último está relacionado con la solución de problemas reales.

De igual forma, en el contexto del liceo, las actividades investigativas relacionadas con las Ciencias Naturales y la Tecnología implican un proceso semejante al descrito antes. En esta lectura continuaremos trabajando sobre ello, enfatizando lo relacionado con un tipo muy importante de actividad.

¿Qué hacemos cuando investigamos en Ciencias Naturales y Tecnología?

El ser humano es curioso por naturaleza, quiere comprender, explicar o transformar su realidad. Desde la perspectiva de las Ciencias Naturales y la Tecnología, el punto de partida de la investigación es una necesidad de saber sobre algún aspecto de la naturaleza o acerca de cómo y por qué ocurre un fenómeno en ella, también puede ser el resolver un problema tecnosocial.

Estas inquietudes son las que nos permiten plantearnos el **problema de investigación** cuyo abordaje ameritará realizar diversas tareas, entre las cuales tenemos que:



Figura 1.1. Tareas del proceso investigativo

En el proceso investigativo se *piensa, reflexiona y actúa*; y a la inversa, se *actúa, piensa y reflexiona*. Quiere decir que todo el tiempo ocurre una relación bidireccional entre ideas y acciones, teoría y práctica.

Un aspecto importante al realizar estas actividades en el liceo es que las y los estudiantes tienen una participación protagónica y decisoria; por lo tanto, proponen, escogen, planifican, realizan, evalúan y comparten. Significa entonces que no hay una receta, un camino único para abordar los problemas de investigación. Si bien hay tareas comunes, la secuencia que se establece y su desarrollo específico dependerán del problema, de las condiciones, la experiencia y las ideas del que investiga, entre otros factores.



Figura 1.2.

Así, investigar desde una perspectiva científica en el contexto del liceo tiene que resultar un acto creador, en el sentido de crear los medios y la organización para responder las preguntas que nos hacemos acerca de la realidad. Esto no significa que todo lo que vamos a hacer lo tenemos que crear, hay prácticas investigativas ya desarrolladas que podemos aprender.

En la figura representamos las acciones que generalmente se llevan a cabo en una investigación. Es una representación en V del proceso de investigación. Algunas tareas generales y comunes a desarrollar, todas interrelacionadas y dirigidas según la visión de los investigadores, son: todas interrelacionadas y dirigidas según la visión de los investigadores, son: identificar problema y plantearse preguntas (centro); contextualización del problema mediante ideas y conocimientos (izquierda); diseño del evento y ensayos (ápice), análisis de datos y elaboración de conclusiones, reflexiones y valoraciones (derecha).

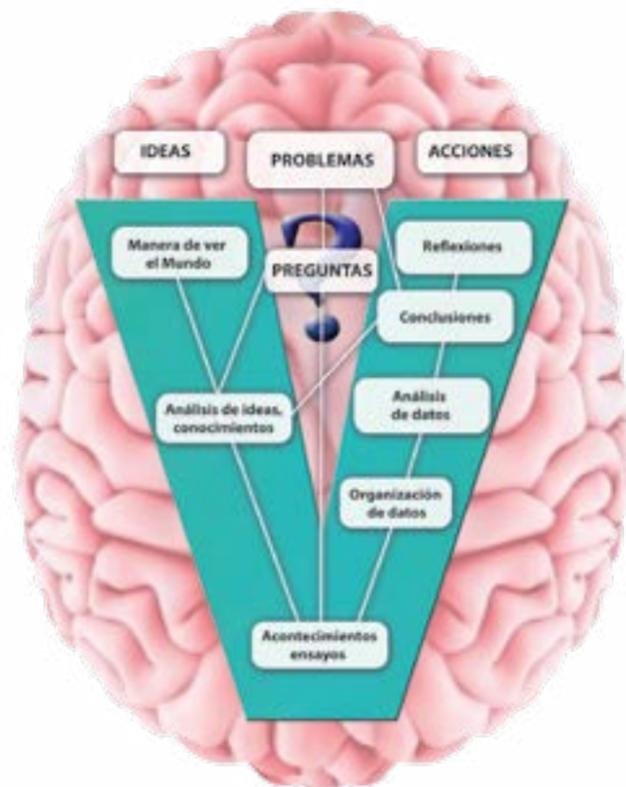


Figura 1.3.

El proceso de investigación hay que planificarlo, por lo que al plan lo denominaremos **proyecto de investigación científica escolar**. Veamos qué contiene este proyecto:

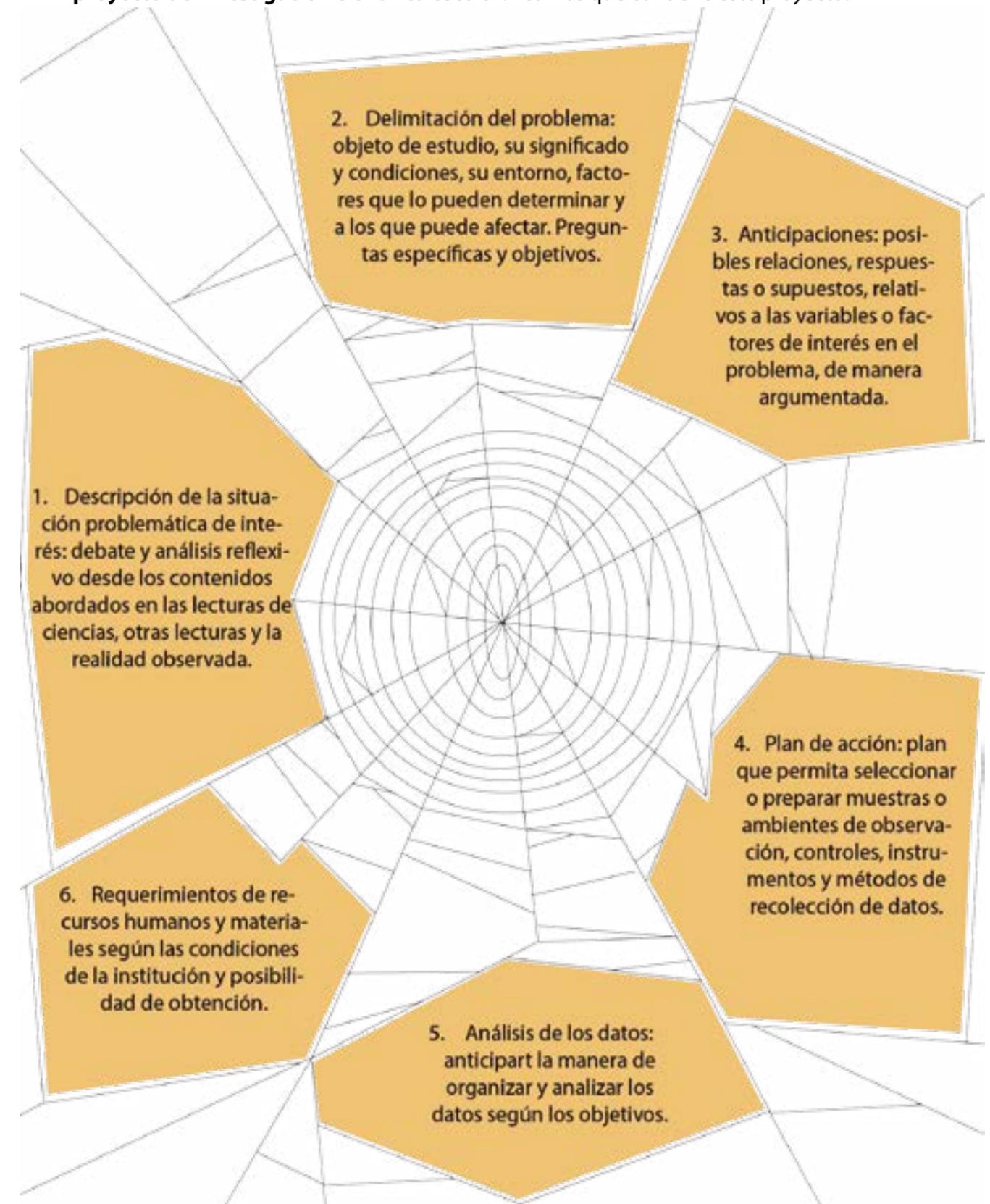


Figura 1.4.

Este proyecto es socializado para mejorarlo y tiene que ser considerado como una guía flexible. Una vez decidido qué y cómo llevar a cabo la investigación, al culminar el proceso y los resultados también tenemos que comunicarlos, por lo general esto se hace en forma escrita, como una especie de reporte, en el que incluimos algunos elementos del proyecto como los numerales: 1, 2, 3 y 4, y agregamos otros dos nuevos que se generan al ejecutar la investigación, como:

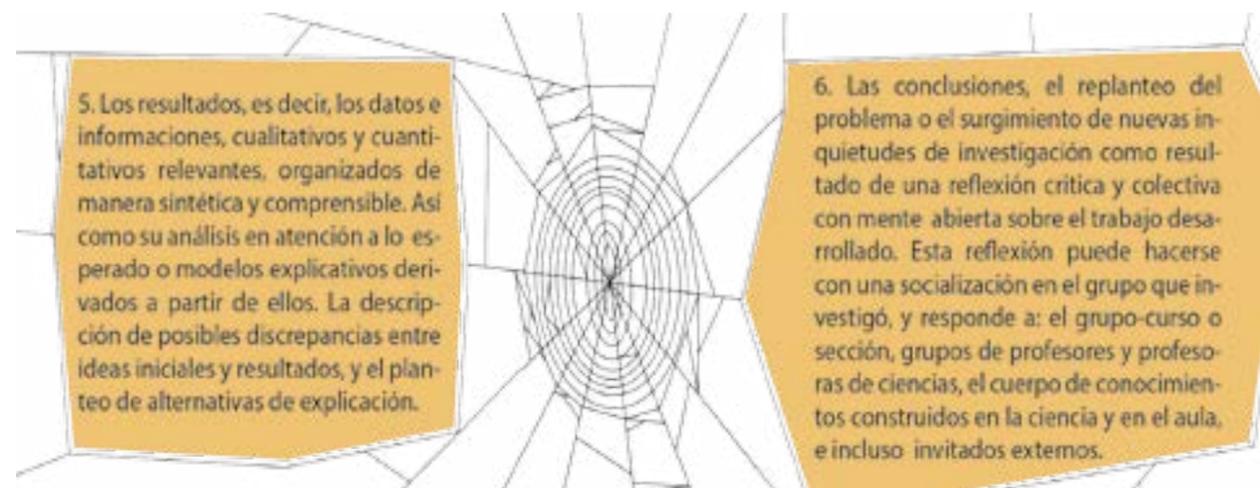


Figura 1.5.

En toda investigación es importante justificar el problema, es decir, reflexionar en cuanto a cuestiones como: ¿qué trascendencia puede tener para el colectivo: estudiantes, escuela, comunidad o sociedad? ¿Quiénes en particular se pueden beneficiar de manera directa o indirecta? ¿Permitirá resolver algún problema práctico? ¿Qué vacío de conocimiento puede completar? ¿Qué nuevas ideas, modelos, recomendaciones, aprendizajes esperamos que se generen (sobre todo en el caso de los estudios escolares)? Algunas de estas y otras razones pueden justificar el trabajo a desarrollar.

A continuación, discutiremos con más detalle lo relativo al planteamiento del problema de investigación desde la perspectiva de las Ciencias Naturales, en el contexto del liceo.



Figura 1.6.

¿Cómo pasar de la situación problemática al problema de investigación en las Ciencias Naturales?

Como dijimos, las investigaciones en Ciencias Naturales buscan resolver una necesidad de producir nuevos conocimientos o evaluar su aplicación en función de solucionar un problema concreto social. Estas inquietudes constituyen lo que denominamos el problema de investigación. En el ámbito de la Educación Media, hablaremos de **problemas escolares de investigación científica**. Abordar estos problemas les permitirá básicamente **aprender a investigar, a hacer ciencia y aprender sobre ciencia**.

¿Cualquier problema es un problema escolar de investigación científica? Ciertamente que no. Si la inquietud se resuelve mediante una búsqueda de información en algún libro, revista, la red de internet o consultar un especialista, no podemos considerarlo problema de investigación. En cambio, si la respuesta o solución no es tan obvia y tenemos que abocarnos a diseñar un proceso que nos permita construirla, diríamos que se trata de una investigación escolar.

¿De dónde surge la inquietud investigativa? Algunas fuentes de inspiración pueden ser: el trabajo escolar con cada contenido de ciencia, las lecturas de este libro, la lectura de investigaciones relacionadas con estos temas, conversaciones con otros grupos o investigadores, observaciones de fenómenos que pensamos se relacionan con los temas de ciencia que estamos estudiando. Estas potenciales situaciones problemáticas es importante expresarlas y socializarlas. Un ejemplo puede ser: **Nuestra ciudad y la contaminación**.



Figura 1.7.

¿Qué hacer para delimitar la situación problemática seleccionada? Un aspecto primordial es identificar los elementos esenciales de la situación, y pensarlos en términos de conceptos y relaciones desde la perspectiva de las ciencias naturales, así les asociamos significados, ideas o modelos que nos permitan replantear el problema. Es conveniente emplear la formulación del problema de manera interrogativa y con oraciones sencillas.

Siguiendo con el ejemplo, notamos que con las lecturas realizadas en Ciencias Naturales podemos identificar conceptos como: ambiente, factores bióticos y abióticos, comunidad y población, funciones de relación de los seres vivos, atmósfera, aire, hidrosfera, agua, mezclas, elementos y compuestos, presión, temperatura, luz, sonido... y sus interrelaciones. Estos significados nos permitirán formular preguntas más precisas, por ejemplo:

- ¿Cómo es la calidad del aire (o del agua, la iluminación, el sonido...) que tenemos en la ciudad?
- ¿La iluminación nocturna de la ciudad es la adecuada para los seres vivos que integran la comunidad?
- ¿Afecta la contaminación del aire a las variables atmosféricas que determinan el clima?
- ¿Cómo varía el punto de ebullición del agua con la altura de la ciudad cuando hay contaminación de la atmósfera?

Por otra parte, la delimitación también se refiere a aspectos más pragmáticos, tales como el espacio físico o geográfico, el tiempo disponible, la cantidad de personas para el trabajo, los recursos y condiciones que tenemos, la experticia requerida y la factibilidad de alcanzarla.

De esta forma, podremos formular preguntas de investigación factibles de ser desarrolladas. Por ejemplo:

- ¿Cómo es la composición del aire en nuestra comunidad en horas de la mañana, mediodía y noche durante una semana y en qué proporción están presentes esos componentes? ¿Está el aire dentro de los rangos aceptables para la población?
- ¿Cómo cambia la temperatura a la cual hierve el agua cuando disminuimos la presión externa en una atmósfera contaminada "provocada" en el laboratorio?
- ¿Cómo se afecta el proceso de fotosíntesis (o respiración) en plantas verdes con atmósfera contaminada "provocada" en el laboratorio?

Una vez delimitado el problema, derivamos los objetivos a alcanzar con el estudio y podemos formular posibles soluciones, hipótesis, predicciones, metas esperadas, entre otros. Ello dependerá de cuál es la intención principal: describir, explicar, predecir el comportamiento de una parte de la realidad o resolver un problema real mediante la aplicación de conocimientos de la ciencia. Estamos ahora preparados para diseñar un plan de acción que nos permita encontrar estas respuestas.



Para saber más...

En los años 1890 Wilhelm Roentgen y colaboradores encontraron una misteriosa radiación que penetraba en los objetos opacos a la luz visible. Identificaron la fuente emisora para construir un aparato y así estudiar sus propiedades. Estamos hablando de los Rayos X, ampliamente usados en la actualidad.

¿Cómo organizamos un plan de acción?

El **plan de acción** para abordar el problema no tiene una metodología única. En algunos casos es necesaria y factible la ejecución de experimentos; pero en otros, o no podemos realizar experimentos por razones éticas o prácticas, o lo que requerimos son formas de observación más o menos integrales.

En consecuencia, tenemos que diseñar y crear un plan de acción en atención a las preguntas y objetivos, y a los materiales y equipos disponibles. Para ello nos hacemos preguntas como: ¿qué podemos hacer para responder la pregunta? ¿Cómo hacerlo? ¿Con qué podemos hacerlo? La búsqueda de respuesta no se hace siguiendo una receta única.

En esta sección tan sólo daremos algunas orientaciones para actividades que suelen ser frecuentes en las investigaciones escolares referidas a Ciencias Naturales y Tecnología.

Identificación de las variables. Los fenómenos naturales son complejos; en ellos encontramos muchas propiedades cambiantes cuyas variaciones resulta difícil estudiar en su totalidad. Por esta razón solo se seleccionan para estudiarlas a algunas variables que determinen el problema de investigación, mientras otras no, aunque los referentes y modelos teóricos o experimentales señalen que ellas intervienen en el fenómeno estudiado. En una investigación estas variables las tratamos de controlar o eliminar en los ensayos y experimentos.

Por tanto, **identificar las variables** es seleccionar cuáles propiedades que determinan el problema son las que vamos a estudiar. Por lo general, interesa conocer cómo algunas propiedades se afectan entre sí; puede ocurrir que una o más propiedades cambien y al hacerlo afecten a otras. Por ejemplo, la presión, la humedad, la temperatura, entre otras, sufren cambios debido a otras variables como la altura, la latitud, entre otras. A su vez, los cambios ocurridos en las variables atmosféricas afectan a otras variables como volumen de los cuerpos, velocidad de las masas de aire, crecimiento de los seres vivos, y muchas otras.



Figura 1.8.

En problemas que plantean la contrastación de alguna hipótesis, que establece una cierta dependencia entre variables o que permite predecir algún comportamiento, planificamos experimentos. En estos casos podemos distinguir al menos una variable independiente (VI) y una variable dependiente (VD) de los cambios ocurridos en la anterior. Ante la pregunta: ¿cómo cambia la temperatura a la cual hierve el agua cuando disminuimos la presión externa?, las variables de interés son dos: la VD, la temperatura de evaporación, y una VI, la presión externa.

Observación de las variables. El saber qué variables queremos estudiar nos lleva a tomar decisiones en relación con la observación de sus variaciones, sean cualitativas o cuantitativas, o con la manera de controlarlas o eliminarlas. Al respecto te sugerimos revisar las lecturas 12 y 10 de los libros de primer y segundo año de la Serie Ciencias Naturales respectivamente.

Existen diversos instrumentos contruidos para medir las diversas variables en Ciencias Naturales y así expresar magnitudes (puedes ver el Sistema Internacional de Unidades para que las conozcas). Su selección dependerá de los recursos disponibles y de la estimación que hagamos de los valores a medir en la investigación a realizar, cuando ello sea posible. En cualquier caso, tenemos que conocer su precisión y alcance, aprender a operarlos y conocer su principio de medición, todo ello nos permitirá alcanzar mediciones con confianza. También están los instrumentos que nos permiten tener observaciones descriptivas, como el microscopio, la lupa estereoscópica, el telescopio, entre otros.

Técnicas frecuentes. Cuando abordamos **problemas relativos a seres vivos** en la escala humana, lo que solemos denominar macroscópico, encontramos tareas como: recolección de muestras, preparación de muestras para observar en microscopio, preparación de cultivos de microorganismos, entre otras. Cada una de ellas requiere de un protocolo que ha sido acordado por las investigadoras y los investigadores como apropiado, el cual garantizará la obtención de información confiable. A veces extendemos nuestros sentidos mediante equipos como el microscopio.

Por tal razón, si el plan incluye tareas de este tipo, necesitamos aprender su técnica. En las lecturas de este libro encontrarás algunas de ellas.

En **problemas que se refieren a compuestos** químicos que queremos identificar o preparar, igual que en el caso anterior, es necesario conocer los procedimientos para no alterarlos (filtrar, destilar, cristalizar...). También debemos saber cómo es el manejo del mechero, de la pipeta, la bureta, los cilindros graduados, entre otros materiales y equipos..



Figura 1.9.

La **réplica de un fenómeno bajo ciertas condiciones establecidas en un modelo teórico** tomado como referente, requiere crear un ambiente con la mayor aproximación posible a dichas condiciones. Esta proximidad entre el modelo y lo construido, en ocasiones, puede ser cuantificada, con lo cual tendríamos un valor que nos señala el porcentaje de error o desviación dentro del cual estarán los resultados. En esta actividad no podemos tener un protocolo, ya que cada caso es diferente. Por ello en el reporte final es muy importante describir cómo y con qué realizamos el montaje, para que otras personas puedan replicarlo.

¿Qué hacemos con los datos recolectados?

Una vez realizado el trabajo de campo (descripción, experimento, aplicación ...), tenemos un conjunto de datos (cualitativos y cuantitativos) que corresponden a las variables en estudio y a algunas circunstancias no previstas. Estos datos tienen que estar ordenados.

Formas de organización de datos. La herramienta más común para hacer visibles los datos son las tablas. Seguramente que en tus clases de Ciencias Naturales las has utilizado; ellas están conformadas por columnas y filas. En cada columna, solemos colocar una variable; en su primera celda escribimos el nombre de la variable, su símbolo, las unidades de medición y el error de las medidas (cuando este valor es factible y es igual para todas las medidas); en las celdas que siguen registramos los diferentes valores obtenidos. En consecuencia, tendremos tantas columnas como variables tengamos.

En el ejemplo del estudio de la temperatura de evaporación (VD) según la presión externa (VI) para cada condición de aire contaminado (VI'), una posible tabla es la siguiente:

P - Presión externa (atm) ±10%	Te1 -Temperatura de evaporación (aire contaminado 1) (° C) ± (0, 5 °C)	Te2 -Temperatura de evaporación (aire contaminado 2) (° C) ± (0, 5 °C)
XXX	YYY	ZZZ

Nota que en la primera fila están identificadas las variables medidas. Fíjate que hay dos columnas de temperatura de evaporación, cada una corresponde a una condición de aire contaminado, recuerda que ésta es otra de las variables independientes en ese estudio. A partir de la segunda fila tenemos las medidas, además, los datos de cada fila están asociados entre sí, de esta forma en cada fila podemos leer que:

Para el valor de presión XXX, obtuvimos el valor de temperatura YYY con la condición 1 del aire, y el valor de temperatura ZZZ para la condición 2 del aire.

Transformaciones de los datos. En ocasiones, las medidas directas son empleadas para determinar otras variables de interés, mediante el uso de expresiones matemáticas que las relacionan. Por ejemplo, en un estudio medimos la masa (m) de los objetos, y necesitamos el peso (P), por lo que convertimos la medida directa m con la relación $P = m \cdot g$, donde g es la aceleración de gravedad. Así, al lado de la columna de masa colocamos otra columna con los valores de peso. En los casos donde tenemos una magnitud, además de los cálculos numéricos, operamos con las unidades de medida para obtener la unidad derivada y, además, establecemos el error de la nueva magnitud.

m - Masa (kg) \pm 5%	P - Peso (N) \pm 5%

En otros casos, las transformaciones de los datos se hacen con herramientas estadísticas, como el cálculo de moda, mediana, promedio, desviaciones... En general, la decisión sobre qué transmutaciones hacer de las medidas directas está en función de la pregunta, los referentes y los procedimientos de medición que hemos realizado.

Representaciones gráficas de los datos. En muchos trabajos de investigación, la información que tenemos en tablas la representamos con gráficas; esto permite hacer los resultados más comunicables, además permite visualizar mejor las regularidades o patrones en el fenómeno. Dentro de una diversidad de gráficos posibles, tenemos los que muestran la distribución de valores por categorías (áreas, barras, columnas, anillos...) y los que permiten dar cuenta de la relación entre dos o tres variables sobre los cuales leerás a continuación.

Gráficos de relaciones entre dos variables. En el caso de medidas de variables asociadas (VI, VD), se prefieren los gráficos bidimensionales, por lo general empleamos sistemas de coordenadas cartesianas, X-Y, para representar los pares de datos. Con el fin de que la representación sea útil para el análisis de la relación funcional, es importante tomar en cuenta algunas consideraciones:

- *Selección de las variables a representar e identificación de su rol* en el experimento.
- *Ubicación de las variables en un sistema de coordenadas:* el eje X representará la variable independiente y el eje Y, la variable dependiente.
- *Selección de las escalas.* Escogemos una escala apropiada para el *rango de medidas* de cada variable y el *espacio* disponible para su representación. Podemos construir el gráfico en una hoja blanca, pero es mejor usar papel milimetrado. Las escalas en cada eje pueden ser distintas; la longitud ocupada por el rango de valores en cada eje debe ser parecida, para que *el espacio ocupado por el grupo de puntos en el plano que representan a los pares de datos, sea más o menos cuadrado*. Este criterio permite visualizar mejor la dependencia entre las variables. Para cada eje escribimos la equivalencia entre una longitud en la recta y los valores representados (gráfico 1.1).

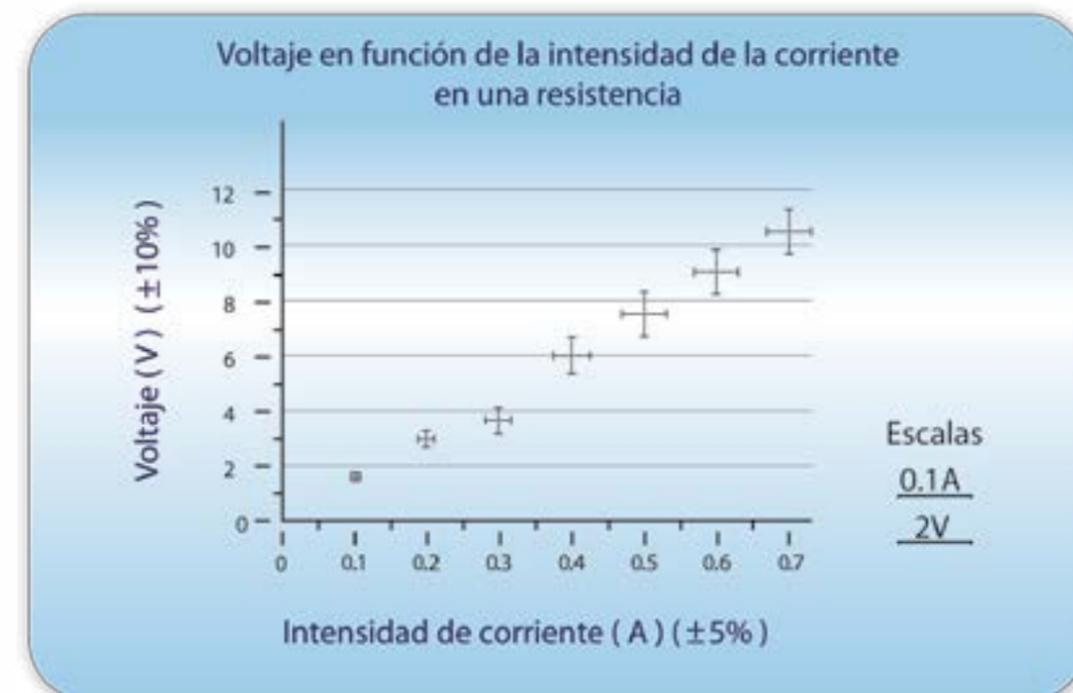


Gráfico 1.1. Representación de datos en una gráfica bidimensional (sistema de coordenadas cartesianas).

• *Ubicación de pares de datos en el plano.* Primero identificamos cada valor en su respectivo eje según su escala. Luego desde estos valores seguimos líneas perpendiculares (no muy marcadas o sin marcarlas se siguen las direcciones de las líneas en el papel milimetrado). El punto de intersección de las dos perpendiculares representa el par de datos particular. Este punto se marca en el papel suavemente.

• *Representación de errores.* Cada punto del plano representa un par de datos, donde cada uno tiene una incerteza (error). Cuando hemos determinado el error de cada medida, la representamos con un segmento (vertical u horizontal, según la variable) cuyo centro es el punto del plano. Esto va a determinar una región en el plano que nos dice que si medimos de nuevo, podemos obtener un par de datos dentro de esa región (gráfico 1.1)

Por lo general, las barras de error horizontal y vertical son de diferente longitud en cada punto. También ocurre que la incerteza es muy pequeña para la escala seleccionada y no podemos dibujarla, lo cual no significa que la medida sea exacta, sólo que no se puede representar gráficamente. En todo caso, los errores y su origen (instrumental, procedimental o estadístico) tienen que estar expresados en la descripción de los resultados y en las tablas de datos.

• *Identificación de la gráfica.* Toda gráfica tiene que ser nominada, por lo menos, con: título descriptivo, símbolo o nombre de la variable con la unidad de medida y el error en cada eje, escalas empleadas, leyendas y notas explicativas de aspectos relevantes del ensayo y necesarios para comprender el fenómeno representado.

Recuerda que éstas son tan sólo algunas orientaciones, al igual que con el plan de acción no hay una única manera de organizar, transformar y representar los datos; estas tareas implican decisiones a tomar en el grupo, lo importante es encontrar una adecuada manera de presentar los resultados con las condiciones establecidas. Cada investigación es una experiencia nueva, disfrútala.

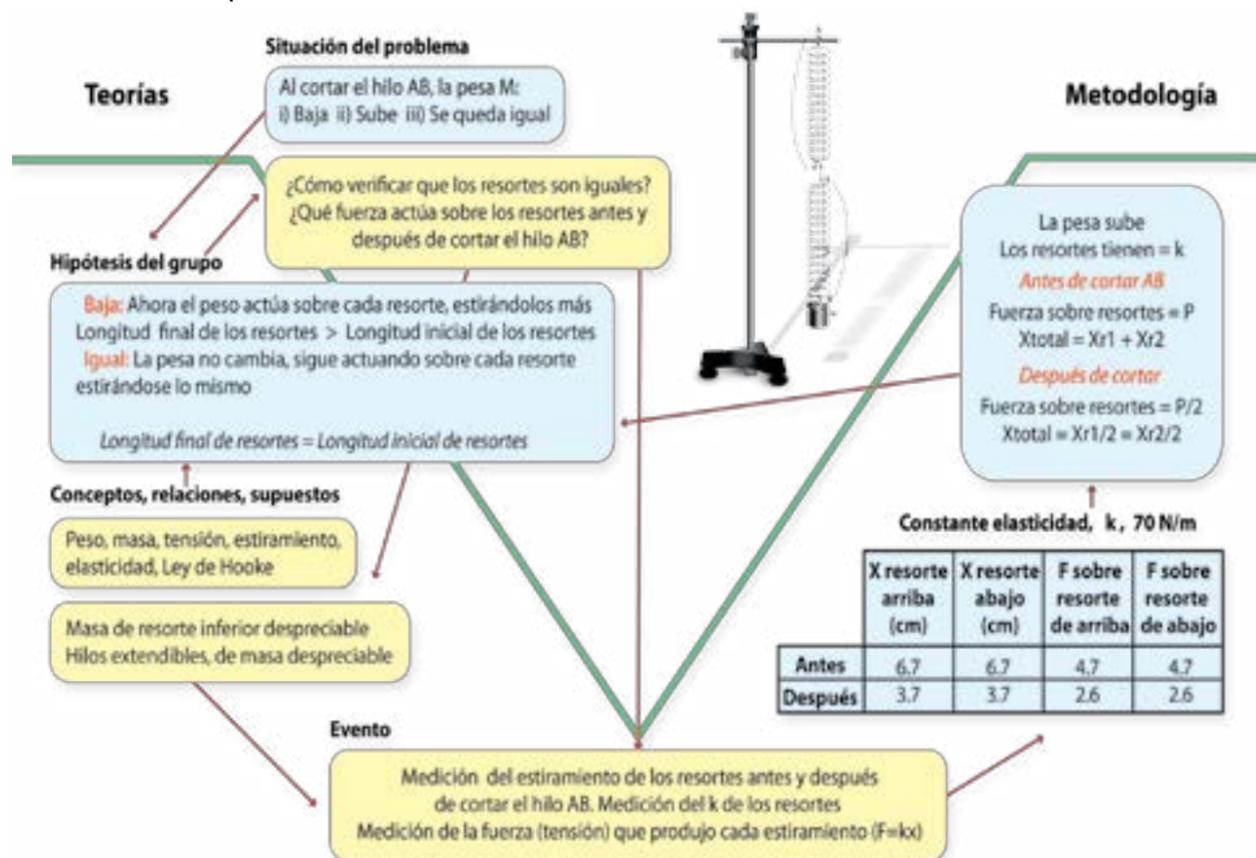


Figura 1.10. Síntesis de un estudio realizado para establecer qué combinación de resortes (paralelo o serie) es más eficiente para colgar objetos.

¿Cómo culminamos la investigación?

Después de asegurarnos de haber ejecutado el trabajo de investigación bien, tenemos que transformar esos resultados en los productos esperados. Los datos tienen que ser analizados de manera crítica y reflexiva, con mente abierta; hay que estar dispuesto a aceptar los resultados, aun cuando no sean los esperados. También tenemos que argumentarlos y plantear ideas, modelos, explicaciones, soluciones ingeniosas que permitan dar respuestas o proponer nuevas preguntas sobre el tema según lo obtenido.

En esta etapa podemos utilizar herramientas matemáticas y estadísticas que nos ayuden a sintetizar los datos, pero lo más importante es que de esos datos y transformaciones podamos construir significados. Por lo tanto, son nuestras ideas individuales y sobre todo las colectivas que surgen del debate entre los miembros del grupo de investigación y con otros, las que van a permitir producir unos buenos resultados. Que no es lo mismo que resultados verdaderos, ya que siempre tendremos una duda razonable respecto de ellos y de las nuevas ideas producidas.

Para producir conclusiones con valor, tenemos que mirar nuestras preguntas, objetivos, lo que esperábamos y las razones por las cuales decidimos hacer la investigación. Aun cuando la descripción del proceso de investigación pudiera parecer que es un trabajo lineal, realmente no es así, en muchas etapas tenemos que revisar lo anterior, o volver a momentos iniciales para replantear las preguntas. El trabajo de investigación es recursivo.

Una vez culminado el trabajo es de gran importancia su divulgación, no para promocionarse, sino para poder someter a la crítica constructiva todo el trabajo y para poder contrastar con los demás los hallazgos, ya que los productos de la investigación son un bien común.

Diversos mecanismos pueden utilizarse para su socialización: informe escrito, presentación oral, cartelera... En el contexto del liceo podemos emplear otros métodos más creativos como: dramatización, periódicos, revistas o boletines científicos, ferias, jornadas... Estamos seguros de que se les ocurrirán maneras novedosas para la divulgación.



Figura 1.11. Jóvenes liceístas socializando los resultados de sus investigaciones.
Fuente: <http://www.asovacoriente.org.ve/wp-content/uploads/2011/05/Festiva-Juvenil-4.jpg>

¿Cómo evaluamos un trabajo de investigación?

Como expresa el título de esta lectura, las actividades escolares de investigación en Ciencias Naturales tienen una primordial función: que aprendas. Dado que investigar es una actividad creadora, son numerosos los aprendizajes que adquirimos con estas experiencias (conocimientos de ciencia y sobre ciencia, y otras áreas, interacciones sociales, comunicación, técnicas y procedimientos...). En consecuencia, los métodos como exámenes, tareas, entre otros, no dan cuenta de los logros. Es necesario reflexionar en el grupo acerca de lo que aprendimos con la investigación, y por supuesto, lo que no logramos aprender y ¿por qué?

En cuanto a las tareas y subtareas de un proyecto escolar de investigación científica, pueden utilizar una hoja de registro para la auto y coevaluación de la calidad alcanzada en su ejecución. En el cuadro siguiente tienes un modelo de planilla donde se especifican, por cada etapa, las posibles tareas (rubros) realizadas; esta lista la pueden ajustar de acuerdo con el trabajo particular y las metas de aprendizaje trazadas. En la tercera columna hay un espacio por cada rubro para describir los aspectos positivos y los que pueden ser mejorados; en relación con estos últimos, conversen en el grupo y con su profesor o profesora acerca de cómo pueden desarrollar la próxima investigación para que resulte mejor.



Figura 1.12. Feria de Ciencias en Monagas, 2008.

Fuente: http://bp1.blogger.com/_tll8BPi45oM/SlyP7XEyuBI/AAAAAAAAAI8./39Qr2HbmTg0/s1600/Un+d%C3%ADa+con+la+ciencia.jpg

Criterios para la evaluación de reportes de actividades experimentales. Adaptado de Andrés, Maite (2009).

Etapa	Posibles rubros a evaluar	Aspectos positivos y superables
Planteo del problema	Conceptos clave.	
	Relaciones clave.	
	Soluciones teóricas al problema.	
	Implicaciones para el experimento.	
	Preguntas y/o hipótesis derivadas del AC.	
Plan de acción	Objetivos.	
	Descripción del diseño realizado.	
	Montaje, diagrama.	
	Variables a medir, variables a controlar según supuestos del modelo.	
	Materiales.	
Organización de datos/ Transformación de datos	Proceso de medición de medidas directas, descripción del cómo.	
	Descripción de instrumentos y procesos de medición de las variables.	
	Forma de organizar datos. Unidades, identificación, errores y cifras significativas.	
	Descripción del qué se hará con los datos.	
Análisis	Cálculos de medidas indirectas, propagación de errores, unidades.	
	Representaciones gráficas para el caso de relaciones.	
	Significado de los resultados: interpreta los gráficos, posibles modelos descriptivos y matemáticos derivados.	
	Comparación datos-modelo.	
Conclusiones	Relación que mejor representa el comportamiento del fenómeno. Construcción de modelos, patrones.	
	Replanteamiento del modelo.	
	Cruce entre: objetivos, hipótesis, modelos, preguntas y resultados.	
	Valoración del proceso y los resultados. Recomendación derivada.	
	Implicaciones sociales.	
	Nuevas preguntas.	



Entre el agua y las personas existe un fuerte vínculo. Construimos nuestras viviendas en torno al agua; nos aseamos con ella; estudiamos y trabajamos gracias al agua; nuestra economía, salud, alimentación y recreación están basadas en el agua; dependen de ella todos los productos que consumimos, pues el agua resulta indispensable para su composición, producción, transporte y comercialización. Sin lugar a dudas, toda nuestra vida se configura alrededor del agua.

Si te pedimos que pienses por un momento en todos los beneficios y servicios que obtenemos de este líquido maravilloso, en la manera como nos relacionamos con él y como lo usamos, qué contestarías a la pregunta: ¿nuestra relación con el agua es recíproca y solidaria?

A pesar de que nuestra vida sería inconcebible sin el agua, el interés y aprecio hacia ella se han ido debilitando y su presencia en nuestras vidas se ha hecho invisible. Lamentablemente, muchos de nuestros hábitos se caracterizan por el intenso derroche y el consumo indiscriminado, lo cual conduce a su escasez. A pesar de esta amenaza, muchas veces se desaprovecha y se malgasta. ¿Por qué la valoramos tan poco? ¿Cómo valorar algo que la mayoría de nosotros obtenemos con tan sólo abrir un grifo, sin reparar cómo llega hasta allí? Pareciera que con el agua ocurre como con muchas otras cosas que, por estar siempre presentes, las ignoramos hasta que dejamos de tenerlas.

En esta lectura vamos a presentar nuestros conocimientos acerca del agua para avanzar hacia unas mejores actuaciones individuales y colectivas relacionadas con su uso y para desarrollar sentimientos de amor, valoración y respeto hacia los ambientes acuáticos, sentimientos que se fundamenten en el conocimiento aportado por los saberes populares y por la comunidad científica.

La cultura del agua: el agua en la historia de la sociedad

Seguramente hay un reservorio natural de agua en el lugar donde vives o muy cerca de allí. Podría ser un río, un caño, un lago o una laguna, quizás sea una quebrada o cañada, e incluso puede tratarse del mar, si vives en la costa. Éste no es un hecho casual, porque generalmente los asentamientos humanos, así como la fundación de pueblos y ciudades, se hacen tomando en cuenta la disponibilidad de agua para la subsistencia de la población y para garantizar su utilización en las actividades domésticas y productivas de los grupos humanos que viven en esos centros poblados.

Esto ha sido así desde los mismos orígenes de la historia de la humanidad. Los primeros grupos humanos, que tenían hábitos nómadas y vivían de la caza, la pesca y la recolección, siempre se desplazaban por los territorios tomando en cuenta la posibilidad de acceder al agua fácilmente. Más tarde, mientras se iban desarrollando hábitos más sedentarios como el cultivo y el pastoreo, aquellas comunidades elegían para su asentamiento lugares con fuentes de abastecimiento de agua, a fin de satisfacer sus necesidades emergentes de riego para sus siembras y dar de beber a los animales de cría.

La mayoría de las grandes civilizaciones se fueron desarrollando en torno a un reservorio natural de agua por ser esto un factor clave, no sólo para el abastecimiento de agua dulce, también para el desarrollo de la agricultura, el transporte, el comercio, la industria e incluso para la defensa y protección de eventuales enemigos.



Figura 2.1. Imagen de comunidad indígena warao (Pueblo de Agua) donde se aprecian sus viviendas construidas sobre los caños del delta del río Orinoco y un grupo familiar desplazándose en su canoa.

Existe una estrecha relación entre el conocimiento que los pueblos fueron acumulando sobre el acceso, manejo y conservación del agua y su propio desarrollo material. Cada comunidad, pueblo, nación o civilización ha generado una serie de respuestas determinadas por el papel que le atribuye al agua en sus creencias, mitos, historias, hábitos, normas y pautas de comportamiento, objetos materiales, obras de arquitectura, prácticas sociales, estrategias comunitarias, entre otras experiencias y conocimientos —seleccionados social e históricamente— que se transmiten de generación en generación.

Los pueblos originarios americanos, andinos y caribeños, nos han transmitido a sus descendientes que el agua es mucho más que un simple recurso material, es un recurso vivo integrador, proveedor de vida y de animación del universo, puente entre la naturaleza y la sociedad.

A este legado o herencia se le conoce como **Cultura del Agua** que viene a ser la relación que establece cada pueblo con el agua. De este modo, la cultura del agua resume **lo que se conoce del agua, lo que se hace con el agua, en el agua y por el agua**. Al estar conscientes de esta cultura, se comprende al agua como un patrimonio común de la humanidad que exige un manejo conforme a los principios de solidaridad, cooperación mutua, equidad, inclusión universal al acceso y corresponsabilidad. El uso responsable del agua depende de que la sociedad sea consciente de que éste, al que estamos acostumbrados, el que parece que nunca va a faltar, es un recurso vivo, insustituible, escaso, valioso, frágil y limitado.

Para saber más...

El logo del Laboratorio Nacional de Hidráulica está inspirado en las formas gráficas originarias de Venezuela y de Nuestra América indígena. Representa el ciclo del agua y evoca al mismo tiempo un caimán y si se rota 90° una figura humana. Este organismo brinda el apoyo técnico para el aprovechamiento racional del recurso agua en el territorio nacional.



Algunos saberes para recordar

Seguramente recuerdas que aunque el agua es el componente del ambiente más ampliamente distribuido en la superficie de la Tierra, únicamente 2,52% es agua dulce y 97,48% es salada. Además, es bueno recordar que aproximadamente dos terceras partes del agua dulce se encuentran en estado sólido en los glaciares y las nieves de las altas montañas, las banquisas y las zonas polares; por lo tanto, no está disponible para el consumo humano y el de otros seres vivos. De allí se desprende el hecho de que **el agua es un recurso escaso**.

Aunque solemos ver la precipitación, la evaporación, la escorrentía y la infiltración como eventos aislados e independientes unos de otros, a lo largo de esta Serie de Ciencias Naturales hemos ido discutiendo sobre la extraordinaria capacidad que tiene el agua para moverse en el ambiente y para renovarse a través del conjunto de procesos encadenados e interdependientes que se agrupan en el modelo conocido como el ciclo hidrológico. Cuando estudiamos este modelo, tuvimos la oportunidad de apreciar que resume los diferentes procesos a través de los cuales el agua va cambiando de estado físico y de ubicación entre las geosferas terrestres. Así, concluimos que la existencia de estos procesos ha permitido la renovación permanente del agua originaria del planeta. De esta manera conceptualizamos al agua como un **recurso renovable**.

La precipitación es quizás el proceso más relevante del ciclo hidrológico, por ser el más evidente para las personas. También lo es porque asegura la disponibilidad de agua dulce para los ecosistemas, ya que los lagos, ríos y acuíferos se recargan y renuevan, tanto con las lluvias como con la escorrentía superficial que se produce luego de ellas. No obstante, esta capacidad de renovación del agua se halla limitada si se supera la cantidad que se extrae de las fuentes en comparación con los volúmenes que se reponen naturalmente. Por esto hoy en día es rigurosamente cierto que **el agua es un recurso renovable y a la vez finito**, lo cual quiere decir que se puede agotar si el consumo, la captación y la extracción superan su capacidad de renovación y circulación natural.



Figura 2.2. Para buena parte de la población urbana, las lluvias generalmente representan un inconveniente en la realización de sus actividades habituales, perdiendo de vista su valor en la recuperación del agua para usos doméstico, agrícola, forestal e industrial.

Por otra parte, en las diferentes zonas del mundo hay desigualdades en la disponibilidad de agua y amplias variaciones en su régimen de precipitación. Comprender la importancia que tienen las lluvias para la recuperación de las fuentes naturales del agua, nos debe permitir comprender también por qué ha sido una preocupación constante de la humanidad el conocer los mecanismos que las desencadenan, la veneración que en algunas culturas existe por el agua y las lluvias; y el desarrollo científico y tecnológico dirigido a su estudio, pronóstico, medición e incluso su control, en ambientes que sufren el flagelo de la sequía o donde las lluvias ocasionan desastres por su intensidad.

La población mundial ha ido creciendo y el consumo de agua por persona ha ido aumentando también; en consecuencia, el porcentaje objeto de captura se ha disparado a niveles sin precedentes. Si la cantidad de agua originaria del planeta no ha variado en los últimos 2 millones de años, que es el tiempo en que la especie humana ha permanecido en él, y si se consideran las variaciones espaciales y temporales de la disponibilidad del agua, se puede decir que la cantidad existente para todos los usos está comenzando a escasear y ello nos coloca ante una severa crisis de la disponibilidad del agua.

Según la UNESCO, en su informe *Agua para la vida, agua para todos*, publicado en 2003, los seres humanos anualmente extraemos un 8% del total de agua dulce renovable y nos apropiamos del 54% de las aguas superficiales y de escorrentía, al capturarlas en embalses, otras formas de almacenamiento y plantas de tratamiento. Por esto cada vez se afirma con mayor sustento que los seres humanos se han convertido en un agente nuevo y decisivo en el funcionamiento del ciclo hidrológico. Por ello **el agua es un recurso frágil y sensible a la influencia humana**.

En la tabla 2.1 hemos organizado un conjunto de datos proporcionados por UNICEF y la OMS, acerca del consumo de agua por habitante en diferentes zonas geográficas del planeta para el año 2010.

Tabla 2.1. Consumo anual (en m³) y diario (en l) de agua por habitante para diferentes áreas geográficas y cobertura poblacional de servicios de agua potable.

Fuente: Adaptado de UNICEF y OMS (2012) *Progress on Drinking Water & Sanitation Update 2012*. [Documento en línea]
 Disponible: http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789280646320_eng.pdf

Área geográfica	Consumo		Cobertura poblacional (%)
	m ³ /hab. año	l/hab.día	
América del Norte	1.874	5.134	100
Europa	1.290	3.534	96
Oceanía	887	2.430	54
Asia	529	1.449	89
América Latina y el Caribe	485	1.329	94
África	250	685	76,5
Media Mundial	657	1.800	89

Para saber más...

Existen métodos para “el sembrado de nubes” en los que se dispersan compuestos químicos, como sales de plata, sobrevolando la atmósfera. Así se provocan artificialmente las lluvias. Este procedimiento se usa en varios países con problemas de sequía. No obstante, estos métodos parecen tener baja efectividad por la variabilidad de las condiciones atmosféricas. Además, son muy controversiales desde el punto de vista ético, por la intervención humana ante un proceso natural.

Al analizar estos datos se puede observar que 89% de la población mundial tiene acceso al servicio de agua potable. Observa que la tasa de cobertura es diferente para cada continente. ¿Cuáles tienen mayor cobertura? ¿Cuáles tienen menor cobertura? ¿A qué atribuyes estas diferencias? Observa los montos de consumo anual y diario por habitante para los diferentes continentes. ¿Podríamos concluir que estos datos nos hablan de patrones diferenciados de consumo del agua? ¿Habría alguna asociación entre el consumo de agua y el desarrollo industrial y agrícola de las regiones? ¿Qué calidad de agua consumirá el 11% de población mundial que no recibe servicios de agua potable?

Para responder estas preguntas, no debemos olvidar que **el agua es una de las sustancias más activas de la naturaleza** y dicha actividad se ve reflejada en la capacidad para mezclarse o para combinarse con los compuestos que forman parte del medio donde ella se encuentre.



Figura 2.3. Descarga de aguas servidas hacia las fuentes naturales de agua.

Las aguas de muchos ríos, lagos y acuíferos se hallan contaminadas porque contienen sustancias que perjudican a la salud y, por lo tanto, no es posible utilizarlas para el consumo humano. Sus aguas se contaminan por los residuos que arrojan fábricas e industrias; por hidrocarburos derramados accidentalmente; por el arrastre de agroquímicos que se usan en los cultivos; por los residuos que llegan por las cloacas y también por los desechos de todo tipo que se arrojan a los cuerpos de agua. Se estima que 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras.

Aunque los datos sobre la contaminación son difíciles de determinar, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1.500 km³. La comunidad científica ha establecido que 1 litro de aguas residuales contamina 8 litros de agua dulce y que la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12.000 km³. Bien vale la pena recordar que el volumen estimado de agua dulce en el planeta es de 10.500.000 km³. Si esta tendencia continúa o se incrementa, la situación de la escasez y el deterioro de la calidad de este recurso indispensable para la vida se agravará con el paso del tiempo. Por esta razón el agua tiene un papel estratégico para las naciones, porque al no poseer agua en las cantidades suficientes y con la calidad necesaria, éstas pueden ver comprometido su desarrollo y su población puede ser vulnerable a los efectos de estar expuesta al consumo de agua contaminada.

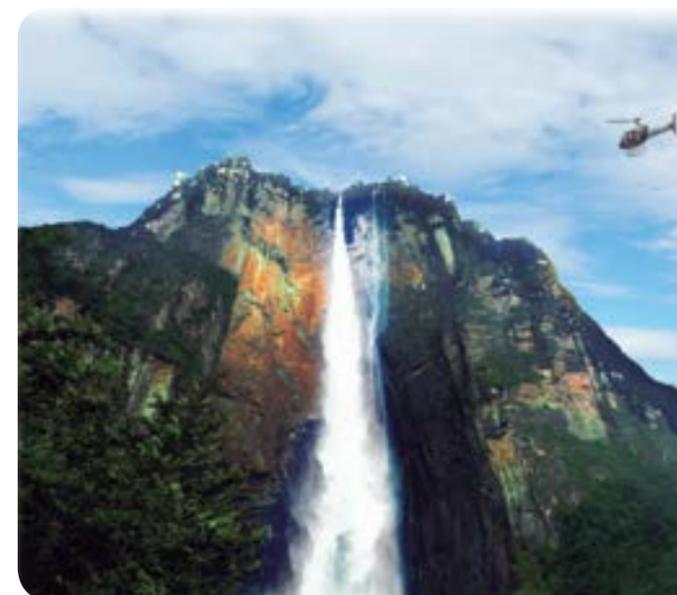


Figura 2.4. Cuenca del río Caroní con su salto Kerepacupai Vená.

Con todas estas cuestiones que hemos recordado y discutido hasta aquí, no debemos tener dudas de que el agua es un componente del ambiente imprescindible, pero altamente vulnerable a la influencia de las actividades humanas. En la medida en que se perciba como un bien de consumo inagotable que obtenemos sin reparar de dónde viene y cómo llega a nuestras manos, corremos el riesgo de provocar su derroche y deterioro. Para evitarlo, una de las primeras acciones que debemos emprender es conocer de dónde viene el agua que consumimos. ¿Sabes cuál es la fuente natural que proporciona el agua que se consume en tu comunidad?

Conocer nuestras cuencas hidrográficas

Una **cuenca hidrográfica** es un espacio geográfico que va a estar definido por el sentido en el que drenan naturalmente las aguas de los ríos, arroyos, humedales y quebradas, e incluso en el que fluyen las aguas de las lluvias cuando se escurren superficialmente hacia un curso común. Por tanto, la cuenca es un área territorial delimitada por una línea divisoria (o también llamada parteaguas) que separa a las aguas que convergen hacia el cauce principal que las captura y las contiguas que van en direcciones distintas. La divisoria de las aguas representa los límites o linderos de la cuenca hidrográfica en cuestión. Observa la figura 2.5 donde se ilustra un modelo de una cuenca hidrográfica.



Figura 2.5. Modelo de cuenca hidrográfica.

En la figura, la divisoria de aguas está definida por la orografía o relieve de la cuenca. El agua corre desde las cumbres montañosas y las colinas, hacia las llanuras y valles centrales por donde circula el río principal que la conduce hacia su desembocadura, pudiendo ser ésta otro río, un lago o el mar. La divisoria está "aguas arriba" y el cauce receptor está "aguas abajo". Para el estudio de las cuencas se suelen determinar algunos parámetros geomorfológicos tales como el perímetro de la cuenca (km), el área o superficie (km²), la cantidad, longitud y caudal de los cursos de agua, la topografía y sus formas del relieve, entre otros.

Pero ¿cuál es la importancia de conocer las cuencas hidrográficas de nuestra localidad? Las cuencas recogen el agua que necesitamos y mantienen el equilibrio entre los seres vivos y el ambiente. Si las protegemos, mantenemos sus cauces, sus humedales y la cobertura vegetal; se reducen las amenazas de erosión, inundaciones o de sequías extremas, y se garantiza la continuidad del ciclo hidrológico. Dependiendo de su pendiente e inclinación, las podemos aprovechar para la generación de energía hidroeléctrica.

Además, y quizás esta particularidad es la menos obvia y la de mayor significación, es que la cuenca hidrográfica es un sistema de interacciones entre los componentes biológicos, físicos, sociales, económicos y culturales del ambiente, en el que se entretajan una serie de relaciones de interdependencia basadas en el agua. En efecto, las cuencas brindan una serie de funciones ecológicas. Todas y todos vivimos en una cuenca hidrográfica, allí estudiamos, trabajamos y realizamos todas nuestras actividades. Conocer nuestras cuencas hidrográficas contribuye a enriquecer nuestra cultura del agua. ¿Sabes cuáles son las cuencas hidrográficas de nuestro país?

La Ley de Aguas de 2007 estableció 16 regiones hidrográficas en las que se divide el territorio venezolano. En cada una de estas regiones existen cuencas de diversos tamaños y extensión que se integran en ella. En la figura 2.6 se ilustra el mapa del territorio de la República con sus diferentes regiones hidrográficas.



Figura 2.6. Regiones hidrográficas de Venezuela.
Fuente: Ley de Aguas. (2007). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.595, enero 2, 2007.

Las regiones hidrográficas venezolanas con sus cuencas son las siguientes:

- 1.- Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela:** incluye las cuencas de los ríos Carraipia, Paraguachón, Limón, Palmar, Apón, Santa Ana, Catatumbo, Escalante, Chama, Motatán, Machanga y Chiquito.
- 2.- Falconiana:** cuencas hidrográficas de los ríos Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare y Capatárida.
- 3.- Centro-Occidental:** cuencas hidrográficas de los ríos Tocuyo, Aroa, Yaracuy y los que drenan hacia el litoral del estado Carabobo.
- 4.- Lago de Valencia:** cuencas hidrográficas de los ríos Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales y Las Minas.
- 5.- Central:** cuencas hidrográficas de los ríos Tuy, Guapo, Cúpira, Capaya y las que drenan hacia el litoral de los estados Vargas, Miranda y Aragua.
- 6.- Centro-Oriental:** cuencas hidrográficas de los ríos Unare, Zuata, Pao, Aragua, Manapire, Aracay, Cabrutica, Aribi y Caris.
- 7.- Oriental:** cuencas hidrográficas de los ríos Neverí, Carinicua, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan, y las que drenan el litoral de los estados Sucre y Nueva Esparta.
- 8.- Llanos Centrales:** cuencas hidrográficas de los ríos Guárico, Guariquito y Tiznados.
- 9.- Llanos Centro Occidentales:** cuencas hidrográficas del río Portuguesa.
- 10.- Alto Apure:** cuencas hidrográficas de los ríos Uribante, Masparro, Sarare, Santo Domingo, Paguey, Suripá y Alto Apure hasta la desembocadura del río Sarare.
- 11.- Bajo Apure:** cuencas hidrográficas de los ríos Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Meta, Matiyure y Caño Guaritico.
- 12.- Amazonas:** cuencas hidrográficas del Alto Orinoco que comprenden los ríos Orinoco, Brazo Casiquiare, Ventuari, Ocamo, Sipapo, Cunucunuma, Atabapo y Guainía.
- 13.- Caura:** cuencas hidrográficas de los ríos Caura, Suapure, Cuchivero y Aro.
- 14.- Caroní:** cuencas hidrográficas del río Caroní.
- 15.- Cuyuní:** cuencas hidrográficas de los ríos Cuyuní, Yuruari y Yuruani.
- 16.- Delta:** cuenca hidrográfica del Bajo Orinoco y cuencas de los ríos Morichal Largo, Uracoa, Mánamo y Macareo.

¿En cuál de estas regiones vives y cuál cuenca hidrográfica provee el agua que consumes? Cada cuenca hidrográfica es única porque tiene características propias y es dinámica porque en ella se establecen relaciones entre el suelo, el aire, las plantas, los animales y demás recursos naturales con el agua. También en ese espacio dinámico y único se desarrollan una serie de actividades humanas que se encuentran hermanadas por el vínculo del agua que la cuenca provee. Por esto, conocer la cuenca hidrográfica donde vivimos es el primer paso para su conservación y protección, porque nos permite revelar la diversidad de relaciones que en ella tienen lugar. Precisar esa red de relaciones nos facilitará una comprensión más global del mundo que nos rodea y las amenazas que se ciernen sobre su delicado equilibrio.

Los desequilibrios en el proceso de recuperación del agua

Como ya hemos visto, el ciclo del agua viene produciéndose en forma natural desde la aparición de esta sustancia sobre la superficie de la Tierra. Sin embargo, a medida que la historia de la humanidad ha ido avanzando y las actividades humanas se expanden, cada vez son más numerosas las amenazas que obstaculizan la sucesión de los procesos que lo integran y, en consecuencia, se crean desequilibrios que ponen en peligro la capacidad de renovación del agua.

Una cuenca hidrográfica estable posee un adecuado **balance hídrico**, es decir, el agua que sale hacia la atmósfera por evaporación y transpiración se recupera nuevamente a través de la precipitación, la infiltración y la escorrentía superficial y subterránea. Por tanto, una cuenca en equilibrio es aquella en la que sus montos de agua entrante por precipitación se equiparan con los montos almacenados en ella y con las cantidades salientes por evapotranspiración. Esta característica está basada en la **Ley de Conservación de la Materia**.

El balance hídrico es semejante al balance que se acostumbra hacer a una cuenta bancaria: se toma en consideración la entrada o ingresos, representada por la precipitación; la salida o egresos, representada por la evapotranspiración, y el restante que viene a ser la capacidad de ahorro o almacenamiento. En este caso, la determinación del balance hídrico es un método que sirve para estudiar las cuencas e incluso áreas de mayor o menor tamaño, y puede analizarse en períodos de tiempo anual, mensual o diario.

Al calcular el balance hídrico es posible determinar cuándo hay exceso o déficit de agua en el área y cuándo los acuíferos y demás depósitos hídricos se están recargando. En el Gráfico 2.1 te presentamos un ejemplo de balance hídrico simplificado, correspondiente a la estación de Caripe para el año 2010.

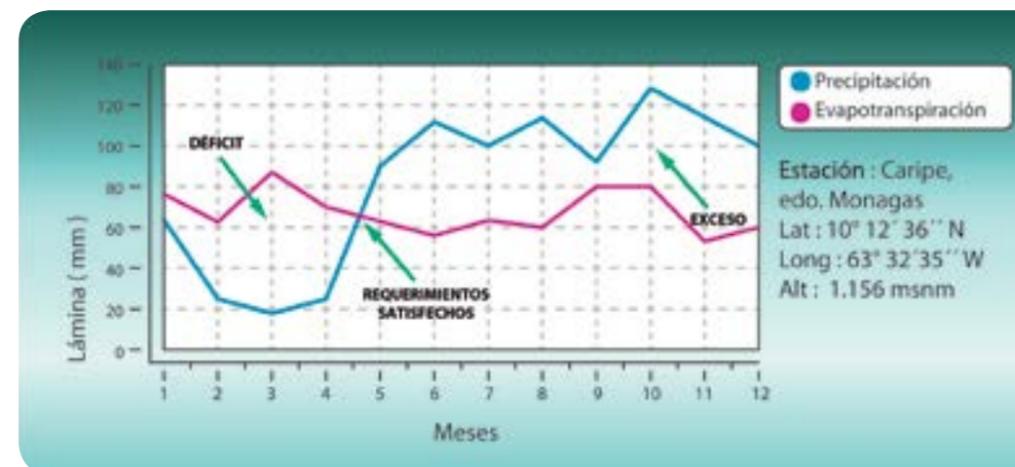


Grafico 2.1. Balance Hídrico Simplificado. Caripe, edo. Monagas (año 2010).
(Adaptado de Red Agrometeorológica del INIA).

En este gráfico puedes observar el comportamiento de las variables precipitación y evapotranspiración de la estación seleccionada. Observa la tendencia de la precipitación en los primeros cuatro meses del año y lo que ocurre en los restantes meses. Observa también la curva roja de la evapotranspiración a lo largo del año. Fíjate que en unos casos la curva de precipitación está por encima de la de evapotranspiración y en otros casos ocurre lo contrario.

El almacenamiento se produce cuando los montos de la precipitación superan a los de evapotranspiración en la zona de la gráfica indicada con la flecha de exceso. ¿Puedes identificar a qué meses corresponde esta temporada? Por otra parte, cuando la evapotranspiración supera a la precipitación útil, la humedad se extrae del suelo y de los seres vivos. Esta condición está representada en la zona de la gráfica indicada con la palabra déficit. Cuando las curvas de precipitación y de evapotranspiración se cortan entre sí, se señala que los requerimientos de agua se encuentran satisfechos.

Las informaciones que nos suministra el estudio del balance hídrico de un área son de gran utilidad para tomar decisiones a la hora de realizar actividades agrícolas y forestales; recuperar los niveles de almacenamiento en pozos, tapones y represas; poner en práctica medidas de consumo racionado cuando hay déficit, entre otras decisiones que deben basarse en hechos medibles y comprobables para que sean certeras.

Al mismo tiempo, desconocer el balance hídrico de un área y la dinámica propia de una cuenca determinada puede conducir a problemas ambientales muy severos que impidan el almacenamiento y la disponibilidad de agua en las épocas de déficit; problemas de contaminación y pérdida de recursos, si por ejemplo se fertilizan los campos en épocas de alta precipitación, y por tanto de almacenamiento, los fertilizantes serían "lavados" por la escorrentía y se infiltrarían o acumularían en los acuíferos u otros cuerpos de agua superficiales, lo que generará su deterioro. Por esto los hidrólogos tienen una expresión muy utilizada: "lo que se haga aguas arriba, repercute aguas abajo". ¿Comprendes el sentido de esta expresión? ¿Se te ocurre algún ejemplo para explicarla?

Como te puedes dar cuenta, analizar el tema de los recursos hídricos, y en general de los recursos naturales, desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica como unidad de análisis, resulta de gran ayuda para la comprensión integral de las múltiples relaciones que se producen en el ambiente.

Continuando con las eventuales amenazas al proceso de recuperación de las aguas, resulta necesario estudiar la contaminación y el agotamiento del agua dulce que ocasionan daños irreparables y tienen una fatal secuela para la vida. En la figura 2.7 hemos representado algunas de las formas en las que la contaminación de las aguas se puede producir en una cuenca o cualquier otra área. Observa que la causa de la alteración del equilibrio está asociada a actividades humanas.



Figura 2.7. Amenazas al proceso de recuperación del agua y enemigos de la calidad del agua dulce.

Como puedes apreciar la contaminación del agua se puede generar por algunas de estas vías:



Éstas y otras amenazas provocan que las propiedades físicas y químicas del agua de la naturaleza se alteren y se incorporen sustancias indeseables y organismos patógenos que perjudican la salud y el equilibrio de los ecosistemas, y vulneran su biodiversidad.

Si se contamina y degrada aguas arriba se estará ocasionando impacto aguas abajo. Por eso el análisis cuantitativo y cualitativo de las propiedades físicas y químicas de este componente es una acción que se ha ido perfeccionando, tecnicando y haciéndose más frecuente en el monitoreo de la calidad de las aguas de las cuencas hidrográficas como parte de su gestión integral y participativa.

¿Podemos participar en el control de calidad de las aguas? Te invitamos a aprender cómo hacerlo con las actividades de investigación, creación e innovación (AICI) que te proponemos llevar a cabo.

Para saber más...

Las excretas pueden transformarse en abonos para los cultivos. En varios países asiáticos se realizan campañas de reconversión de excretas de animales de granja en abonos, usando tecnologías amigables con el ambiente. El uso de estos abonos reduce la utilización de fertilizantes químicos.



Saberes prácticos acerca del agua que consumimos

Vamos a realizar algunas experiencias que nos van a permitir aplicar conocimientos científicos para conocer nuestro consumo de agua potable, nuestros patrones de uso y nuestra cuenca hidrográfica.

Experiencia 1. Calculemos cuánta agua se consume en nuestro hogar

Durante una semana vamos a estimar el consumo de agua de las personas que integran nuestro núcleo familiar, para determinar el promedio del consumo por persona.

¿Qué necesitarán?

- Libreta de notas. Si es posible, pueden utilizar una hoja de cálculo para organizar y procesar la información.
- Tabla de equivalencias de consumo.

¿Cómo lo harán?

- Escojan la semana para observar y anotar todas las actividades en las que se consuma agua potable en su casa. Háganlo también el sábado y el domingo.

- Preparen una tabla para anotar las actividades, quién las realiza y cualquier otra observación relacionada con la forma como se realizan. Por ejemplo: cepillado de dientes/mi hermana XX/ deja el grifo abierto mientras se cepilla.
- Si hay actividades que son para el beneficio colectivo como fregar platos, limpiar pisos o lavar la ropa, no es necesario indicar quién las realiza, la estimación del consumo se hará de acuerdo con el número de personas.
- Una vez anotadas todas las actividades usa la tabla de equivalencias que te suministramos a continuación. Si hay alguna actividad que se realiza en tu casa que no aparezca en la tabla, debes estimar la cantidad utilizada.
- Suma las cantidades diarias de agua consumida y compáralas. ¿Son semejantes los consumos independientemente del día de la semana o hay días en los que se consume más?
- Promedia los consumos diarios y determina el consumo por persona por día. Para ello divide el promedio total diario entre el número de personas que conforman tu familia.
- Compara los resultados obtenidos con la tabla 1 de esta lectura. ¿Su consumo es igual, está por encima o por debajo del indicado en la tabla para nuestra región de América Latina y el Caribe?
- Grafica los resultados obtenidos por persona y por día. Suma las cantidades por persona para el día que se tuvo un mayor consumo. Si todos los días el consumo fue semejante, selecciona cualquiera de ellos. ¿Hay algún miembro de tu núcleo familiar que tenga un consumo superior al del resto? ¿Qué medidas se deberían tomar para disminuir su consumo?
- Si lo desean, pueden buscar en la red de internet y visitar diferentes sitios donde se encuentran disponibles calculadoras para determinar el consumo de agua.

Actividad	Cantidad de agua que se consume (en litros)	Actividad	Cantidad de agua que se consume (en litros)
Lavado de manos	3,5	Barrer patios y aceras con manguera	32
Ducha	30	Regar el jardín	240
Lavado de dientes	3,5	Lavado del carro con manguera	32
Baño en bañera	150	Grifo que gotea	46
Bajar el WC	19	Lavar los platos (por persona)	10
Lavar la ropa en lavadora	70	Cocinar (por persona)	1
Limpia la casa (por día)	15	Beber agua (por persona)	0.5

Actividad 2. ¡A la búsqueda de fugas de agua!

En esta actividad nos dedicaremos a identificar posibles pérdidas de agua potable en nuestra casa.

¿Qué necesitarán?

- Un recipiente graduado para medidas de volumen. Puede ser una jarra de medidas.
- Colorante vegetal.
- Acceso al medidor de agua de su vivienda si lo tienen (opcional).

¿Cómo lo harán?

- Acudan a cada uno de los grifos, llaves y duchas instalados en su vivienda. Observen si gotean mientras están cerrados: si gotean, midan la cantidad de agua que cae en un lapso de 30 segundos. Calculen: ¿cuánta agua se pierde en esta fuga en un día, semana, mes y año?, ¿qué habría que hacer para eliminarla?
- Abran cada chorro y observen si se escapa el agua por la llave o por alguna otra parte que no sea el grifo. ¿Detectan alguna fuga? ¿Qué habría que hacer para eliminarla?
- Ahora observen los inodoros de la casa. Miren en la taza si hay agua circulando. Coloquen unas gotas de colorante vegetal en el tanque. Cuiden que nadie baje el inodoro por un rato. Observen si el agua de la taza está coloreada. ¿Detectan alguna fuga? ¿Qué habría que hacer para eliminarla?
- Ahora asegúrense de que los miembros de la familia no usen el agua por unos minutos y que todos los grifos y sistemas que requieran agua estén cerrados. Vayan al medidor de agua y observen el contador de consumo. ¿Está registrando consumo? Para saberlo deben observar si los números de la ventanilla están moviéndose. Si lo hacen, algo está consumiendo agua. Si no detectaron alguna fuga en los pasos anteriores, debe haber una fuga oculta en el sistema de tuberías de su casa. ¿Qué habría que hacer para ubicarla y eliminarla?
- Si desean comprobar la rigurosidad y exactitud de sus cálculos al usar la tabla de equivalencias y disponen de un medidor de agua en su casa, pueden también tomar la lectura al inicio y al final de cada día, calcular el consumo diario sobre la base de estos datos y compararlo con el cálculo hecho por ustedes. Estimen el posible porcentaje de error de sus cálculos usando la tabla de equivalencias. Si la diferencia entre la lectura del medidor y sus cálculos es demasiado grande, averigüen la fuente del error o diferencia.

El mantenimiento permanente de las tuberías de aguas blancas y de las instalaciones sanitarias garantiza el uso adecuado del agua que llega a nuestros hogares. Conviértete en promotora o promotor del proyecto familiar para tomar medidas que eliminen las fugas detectadas. Esta actividad la puedes realizar en las instalaciones sanitarias de tu liceo y en cualquier otro lugar que sea de tu interés.

Experiencia 2.- Delimitar nuestra cuenca hidrográfica para conocerla

Vamos a identificar la cuenca hidrográfica donde vivimos para determinar algunas de sus características.

¿Qué necesitas?

- Un mapa de tu localidad. Preferiblemente un mapa topográfico.
- Papel para calcar. Puede ser papel de seda blanco.
- 1 creyón rojo y 1 color azul.

¿Qué harás?

- Transfiere al papel de copia la sección del mapa que corresponde a tu comunidad.
- Identifica la red de drenaje: localiza el río o cauce principal y los cursos de agua tributarios o afluentes que llevan agua al río principal. Averigua sus nombres y reconoce su ubicación y el sentido hacia donde fluyen para asegurarte de que efectivamente forman parte de la cuenca. Píntalos de color azul y contabiliza el número de cursos de agua que bañan la cuenca.
- Localiza las zonas altas para delimitar la cuenca. Si tu mapa tiene curvas de nivel, guíate por ellas para hacerlo.
- Traza la divisoria de aguas en color rojo, tomando en cuenta el relieve y los puntos de mayor altura. Determina la longitud de la divisoria que viene a ser el perímetro de la cuenca. Recuerda que el mapa está hecho a escala y que debes realizar las equivalencias correspondientes para transformar las longitudes medidas en el papel (en cm) a longitudes reales (en km).
- Determina el área o superficie surcada por las aguas de la cuenca en km². También para esto necesitas utilizar la escala del mapa.
- Ubica los centros poblados que forman parte de la cuenca hidrográfica. ¿Cuántos centros poblados se sirven de las aguas de la cuenca? ¿Cuántas personas la habitan?
- Identifica posibles amenazas para la conservación de la cuenca: deforestación, construcción de viviendas, riesgos de erosión, contaminación por actividades agrícolas, industriales o domésticas, entre otras. ¿A cuál región hidrográfica de Venezuela pertenece tu cuenca?

¿De qué otra forma lo puedes hacer?

Si tienes acceso a la red de internet, hay una forma de hacer esta actividad ingresando al Geoportal del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

En el vínculo <http://www.igvsb.gob.ve/> selecciona la opción del geoportal Simón Bolívar y allí puedes obtener la cartografía de tu localidad y seleccionar las capas de la cartografía básica que necesitamos, como por ejemplo: centros poblados, cuerpos de agua, curvas de nivel e hidrografía.

Determinar los parámetros que necesitamos, utilizando esta herramienta, es una experiencia fascinante. Te invitamos a hacerlo.



Figura 2.8. Vista del territorio venezolano que brinda el Geoportal IGVSB. En esta vista se han seleccionado las capas de cuerpos de agua e hidrografía, el territorio se aprecia azul por la densidad de cursos y cuerpos de agua presentes.

Experiencia 3. Estudiemos la calidad del agua

Realizaremos varios análisis de calidad para aguas de diferente procedencia, a través de la determinación de sus propiedades físico-químicas y de la presencia de indicadores biológicos. Será un estudio modesto de diferentes muestras de agua para compararlas entre sí.

¿Qué necesitan?

- Muestras de agua recogidas en ríos, quebradas, de lluvia o cualquier otra fuente natural que tengan al alcance en una salida al campo.
- Muestras de agua de grifo, tanques de almacenamiento e incluso agua mineral de las que se expenden envasadas.
- Muestra de agua de un florero que tenga por lo menos 4 días de preparación. También puede ser agua de una pecera o estanque si tienes acceso a uno.
- Termómetro.
- Papel para determinar pH o indicador de pH disponible en el laboratorio. También es posible que tu profesora o profesor seleccione otro método para la determinación de pH, bien sea usando un potenciómetro (peachímetro) o por métodos de titulación.
- Kit de varillas de prueba, de papel reactivo o de pruebas visuales para determinación de parámetros químicos en agua como test: nitratos, nitritos, cloro, calcio, amonio, fosfatos, dureza, entre otros, si están disponibles en tu liceo.
- También es posible que tu profesora o profesor seleccione métodos para determinación de estos u otros parámetros con los materiales y reactivos disponibles en la institución educativa. Se recomienda realizar análisis cualitativos y cuantitativos por precipitación, titulación, método Mohr, entre otros.
- Microscopio, portaobjetos y cubreobjetos.

¿Cómo lo harán?

- Recolectarán las muestras de agua siguiendo las indicaciones de su profesora o profesor. Una vez captada el agua debe identificarse, cerrar los recipientes contenedores.

- Para el análisis físico determinarán las siguientes propiedades: olor, color, temperatura y turbidez. Se recomienda determinarlas en el mismo momento en que se recolecta el agua en la fuente de captura, siguiendo para su determinación el método sugerido por su profesora o profesor y los patrones incluidos en las tablas que se suministran más adelante.
- Para el análisis químico cualitativo y cuantitativo, se determinará el pH y la presencia de los parámetros químicos que seleccionen junto a su profesora o profesor siguiendo los procedimientos acordes a los materiales y reactivos disponibles. Éstos pueden ser: salinidad, dureza, alcalinidad, cloruros, nitratos, nitritos, cloro, calcio, amonio, fosfatos, entre otros.
- Para el análisis microbiológico, se observarán en el microscopio preparaciones en fresco de las muestras de agua sometidas a estudio.
- Identifiquen los microorganismos presentes, usando la lámina de biodiversidad en ambientes de agua dulce que se presenta más adelante. Si detectan la presencia de microorganismos no incluidos allí, su profesora o profesor les orientará para realizar la identificación en otras fuentes. Busquen información de los organismos observados: clasificación, tipo, hábitat, entre otros. ¿Encontraron algas, bacterias o protozoarios?
- Una vez concluido el trabajo, organicen los resultados físicos, químicos y biológicos, analíenlos y compárenlos con las normas establecidas por los organismos encargados de determinar los parámetros aceptables para la calidad del agua potable. Pueden consultar las normas COVENIN-SENCAMER o los estándares guías de la OMS para el agua potable y comparar con los resultados obtenidos. ¿Hay diferencias significativas en algunos de los parámetros y los datos determinados en sus muestras?

OLOR	DIAGNÓSTICO
Inodora	Aguas limpias
Fecal, heces u orines	Vertido de aguas residuales domésticas
Huevos podridos	Presencia de sulfuros
Combustible	Vertidos de hidrocarburos en actividades humanas
Cloro	Agua tratada para consumo humano
Medicinal	Presencia de vertidos químicos
Cenagoso	Fango en exceso, aguas estancadas o afectadas por lluvias recientes

COLOR	DIAGNÓSTICO
Incolora	Aguas limpias
Pardo - rojiza	Presencia de materia orgánica o afectadas por lluvias recientes
Verde claro	Aguas de ambientes calcáreos
Verde oscuro	Elevada presencia de algas y fitoplacton. Puede ser evidencia de eutrofización.
Gris - negruzco	Presencia de aguas residuales domésticas

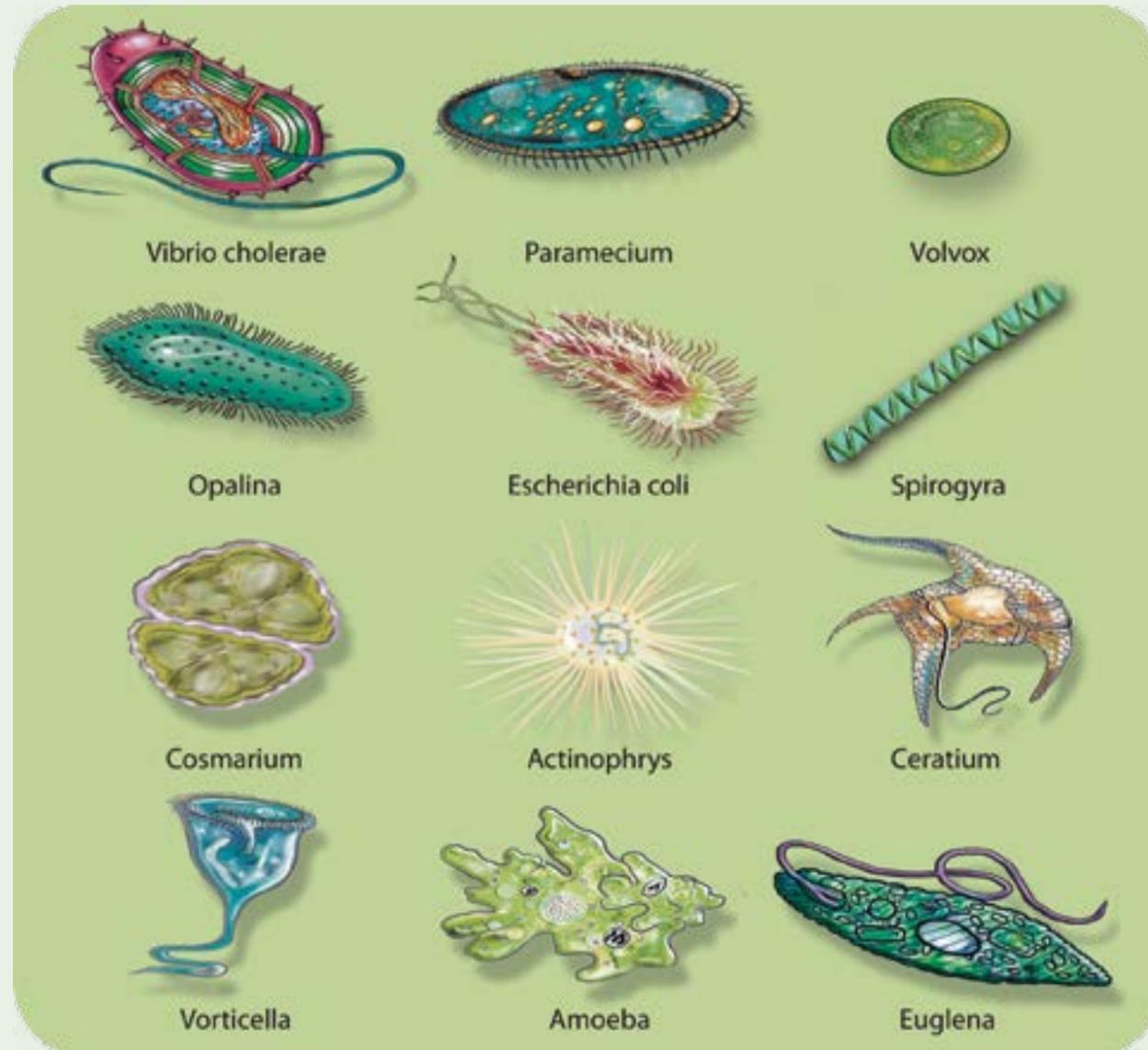
TEMPERATURA	DIAGNÓSTICO
9°C a 15°C	Óptima
16°C a 24°C	Alta. Favorece la proliferación de microorganismos
25°C a 34°C	Excesiva. Probable contaminación térmica
35°C o superior	Daños ecológico por vertidos a alta temperatura

TURBIDEZ	DIAGNÓSTICO
Transparente	Agua limpia, apta para la vida y consumo
Traslúcida	Aguas con materiales en suspensión apta para la vida no para el consumo
Opaca	Con materiales en suspensión coloidal y abundantes algas
Turbia	Con excesiva cantidad de sólidos en suspensión y exceso de algas, posible contaminación o lluvias recientes.

pH	DIAGNÓSTICO
Menor de 5 pH muy ácido	Agua ácida siendo la fuente de contaminación gases disueltos en la atmósfera por efecto de humo de chimeneas, automotores y vertidos industriales. No es posible la vida acuática.
Entre 6 y 7 ligeramente ácido	Aguas aptas para la vida. Posible contacto con terrenos arenosos
Entre 7,5 y 8,5 ligeramente básico	Aguas aptas para la vida. Posible contacto con terrenos calizos
Mayor de 9 pH básico o alcalino	Aguas no aptas para la vida. Posible contaminación por vertidos domésticos, agrícolas o industriales.

Biodiversidad en ambientes de agua dulce

Las aguas constituyen el hábitat natural de una gran cantidad de microorganismos. La calidad y cantidad de microorganismos van acompañando las características físicas y químicas, ya que cuando hay temperaturas moderadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica.



La biodiversidad de un agua natural indica la poca probabilidad de que la misma se encuentre contaminada. Sin embargo, el agua potable debe ser tratada para eliminar los elementos biológicos, para evitar la trasmisión oral de patógenos que puedan causar afectaciones a la salud humana.

Algunos microorganismos pueden provenir de vertidos cloacales y/o industriales, e incluso del arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia.



Actividades de autoevaluación

1.- Entre los proyectos del Plan Nacional de Gestión Integral de Aguas se encuentran los de recuperación y saneamiento de las cuencas hidrográficas de los ríos Guaire, Tuy, Turbio y los lagos de Valencia y Maracaibo. ¿Qué beneficios nos traerá el desarrollo de estos proyectos?

2.- Preparen un cine foro con la proyección del video *Historia del agua embotellada* (2010) con Annie Leonard, del Proyecto La Historia de las Cosas, que se puede obtener gratuitamente en la web. Analicen con los asistentes los aspectos culturales asociados al negocio del agua envasada para el consumo humano y establezcan las diferencias entre la cultura del agua propuesta en esta lectura y otras prácticas contrarias. ¿Tiene sentido que el agua tenga marca? ¿Cuán veraces son muchos mensajes publicitarios en propagandas y etiquetas de este producto?

3.- Tomando en cuenta los procedimientos sugeridos en los libros de esta Serie de Ciencias Naturales, desarrollen proyectos de aprendizaje comunitario y de investigación en ciencia, relacionados con el tema del agua, que se articulen con el Proyecto Escolar Integral Comunitario (PEIC). A continuación les colocamos algunos ejemplos del tipo de problemas que pueden abordarse en ellos. Recuerda que es a través de los objetivos y del alcance del proyecto como mejor podrás precisar si se trata de un proyecto comunitario o uno de investigación en ciencia.

Tipo de proyecto	Algunos ejemplos
Comunitario	Protejamos los ríos de sustancias dañinas: fabricación de jabón a partir de aceite usado en nuestras cocinas.
Investigación en ciencia	Estudio comparativo de las aguas de los bebederos del plantel.
Comunitario	Recarguemos nuestros acuíferos: cruzada de reforestación de nuestras cuencas.
Investigación en ciencia	Concentración de iones hidrógeno en lluvias acaecidas en medio urbano con alta densidad de tránsito automotor.
Comunitario	Campaña de educación comunitaria y sensibilización ambiental: "Los desagües no son basureros".
Investigación en ciencia	Investigación sobre la correlación entre las condiciones de almacenamiento de las aguas que se comercializan en envases plásticos y la proliferación de microorganismos en su contenido.



Pensemos en las acciones que realizamos a diario que dependen del consumo de la electricidad. Con simplemente mover un interruptor, tenemos luz en los ambientes de nuestras casas, encendemos la televisión, la computadora, la licuadora, entre otros.

Al salir de nuestros hogares, también encontramos consumo permanente de electricidad, por ejemplo, la iluminación de las calles, semáforos, industrias, hospitales; y en algunas ciudades grandes de nuestro país, tenemos medios de transporte que dependen de la electricidad, como el metro, el ferrocarril y el trolebús.

El desarrollo de las actividades diarias está estrechamente vinculado con el consumo de energía eléctrica obtenida a partir del aprovechamiento de otras formas de energía, como la cinética y potencial, presentes en el agua de algunos ríos, o la térmica, que se obtiene cuando algunos combustibles se someten a altas temperaturas.

La energía eléctrica que utilizamos recorre largos caminos y procesos de transformación, desde los sistemas que la generan hasta las redes que la distribuyen a nuestras casas, calles y demás lugares, para sus diversos usos. Entonces, ¿qué sistemas de generación de electricidad se activan cuando prendemos alguno de nuestros aparatos eléctricos? ¿Cómo se transmite esa electricidad? ¿Cuánto cuesta generar esta energía eléctrica?

Éstas son algunas de las preguntas que te invitamos a reflexionar y que podrás contestar a lo largo de esta lectura. Comenzaremos con un recuento histórico sobre la electricidad en nuestro país, analizaremos en detalle los procesos de transformación y transmisión de la energía eléctrica y reflexionaremos sobre su uso responsable y su vinculación con algunos recursos naturales como el agua, sobre los altos costos que significa generarla y, en algunas ocasiones, los daños que se pueden ocasionar al ambiente como consecuencia de su generación.

Pequeña historia del sistema eléctrico en Venezuela

Las primeras manifestaciones eléctricas que el ser humano ha identificado desde la antigüedad están relacionadas con eventos naturales como los rayos, o el comportamiento de ciertos materiales frotados con el ámbar. Sin embargo, no fue sino hasta el siglo XVIII cuando comenzaron a surgir estudios más profundos sobre la electricidad y sus posibles aplicaciones. Entre los descubrimientos y sus investigadores e inventores, encontramos que, en 1752, Benjamín Franklin estudió la naturaleza del rayo y creó el pararrayos, a través de su trabajo experimental. Para el año 1800, Alejandro Volta logró establecer un flujo eléctrico entre un conjunto de discos alternados de materiales conductores, como el cobre y el zinc, separados por un conductor húmedo. Es decir, diseñó la primera batería, a la que luego se llamó pila voltaica. Con este aparato su creador logró establecer una corriente eléctrica.



Figura 3.1. Pila de Volta, producida en 1800, principio de las pilas actuales.

A partir de estos hallazgos, investigadores como Oersted en 1819, Biot y Savart en 1820, formalizaron en relaciones matemáticas las dependencias que existían entre la electricidad y el magnetismo, después de haber comprobado cómo influía el paso de una corriente eléctrica sobre una brújula. Alrededor de 1830 Michael Faraday evidenció, a través de sus experimentos, la inducción de una corriente eléctrica a partir de otra, y representó los campos magnéticos a través de las líneas de fuerza y la noción de campo. Años más tarde, y basado en los trabajos de Faraday, James Maxwell relacionó matemáticamente los campos eléctricos con los campos magnéticos, y formuló las ecuaciones del electromagnetismo que hoy llevan su nombre; con ellas se encuentra que la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas y de la luz son iguales, concluyendo que la luz también tenía que ser un fenómeno electromagnético.

Con el paso del tiempo, y gracias a la consolidación de la teoría electromagnética, surgieron avances tecnológicos como el telégrafo creado por Morse (1835), el teléfono inventado por Graham Bell (1869) y la primera lámpara eléctrica diseñada por Edison (1881).

Mientras tanto en nuestro país, el sistema de iluminación evolucionaba lentamente desde el candil de aceite de coco al farol de gas. Una de las primeras inclusiones tecnológicas derivadas del electromagnetismo que se estableció en Venezuela ocurrió durante la presidencia de José Tadeo Monagas en 1856, con la primera línea telegráfica entre Caracas y La Guaira. En 1875, Guzmán Blanco nacionalizó este dispositivo de telecomunicación, extendiéndolo por todo el país. En 1882, la revista caraqueña *El Cojo Ilustrado* publicó un artículo cuyo titular era "La Luz Eléctrica es la Luz del Porvenir".

El presidente Guzmán Blanco también inició el proyecto de red urbana de teléfonos para Caracas (1883). Ese mismo año, en conmemoración del centenario del natalicio del Libertador, se instalaron algunas redes eléctricas en el Teatro Municipal y en los alrededores del Capitolio, en el lugar donde estuvo el Palacio de Justicia.

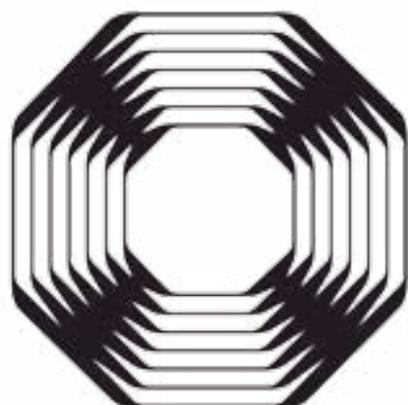
En 1888, llegó el alumbrado público a Maracaibo, siendo la primera ciudad del país con un completo sistema de iluminación. En 1895, se iluminaron las calles de Valencia; dos años más tarde las de Caracas y, en 1910, las de Puerto Cabello y Ciudad Bolívar. Barquisimeto brilla en 1914. Poco a poco, las otras ciudades de nuestro país se fueron iluminando con energía eléctrica.



Figura 3.2. Foto extraída del libro Caruachi Central Hidroeléctrica. Biblioteca de CORPOELEC.

El sistema de generación de electricidad para estas ciudades consistía en calderas de vapor abastecidas por carbón o leña. Para ese momento, algunos empresarios venezolanos consolidaron la primera compañía de servicio de electricidad llamada The Maracaibo Electric Light, funcionó en la ciudad de Maracaibo; esta empresa más tarde se llamó Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN).

Pocos años antes, en 1891 en Alemania, se logró transmitir energía eléctrica a larga distancia con bajas pérdidas energéticas. El ingeniero Zuloaga conoció estos avances y proyectó la idea de un alumbrado eléctrico para Caracas, inspirado en un sistema hidroeléctrico que aprovecharía las caídas de agua del río Guaire. En 1895, fundó la empresa La Electricidad de Caracas (ELECAR) e inició la construcción de la primera planta generadora de electricidad ubicada en el sector El Encantado en Petare.



**C.A. La Electricidad
de Caracas** SACA-SACA

Las plantas eléctricas también comenzaron a extender sus servicios rápidamente hacia las principales poblaciones del país. En 1895, el ingeniero Carlos Lares lleva el sistema de energía eléctrica a la ciudad de Mérida. Así, para inicios del siglo XX, se comenzaron a sustituir los antiguos tranvías de vapor por tranvías eléctricos.

Prontamente, se fueron extendiendo hacia las principales poblaciones del país las plantas generadoras de electricidad. Sin embargo, no se tenía un adecuado control y supervisión gubernamental sobre el funcionamiento de las compañías, principalmente privadas, que prestaban este servicio, esto ocasionaba que la generación y transmisión de energía eléctrica tuvieran diferencias de tipo técnico. Por ejemplo en Caracas, el suministro eléctrico era de 24 horas, mientras que algunas poblaciones sólo contaban con 4 a 10 horas diarias de electricidad.

En 1947, se creó la Corporación Venezolana de Fomento (CVF), que, entre otras funciones, buscaba diseñar un sistema integral de producción, transmisión y distribución de energía eléctrica en Venezuela.

En 1959, se promovió la construcción de termoeléctricas e hidroeléctricas, y se logró interconectar las centrales La Mariposa y La Cabrera, ubicadas en el estado Miranda.

Durante los años 1959 a 1968, se revisó el plan nacional de electricidad. Para dar inicio a la construcción de obras y equipamiento de algunas estructuras de suministro eléctrico, se concretaron algunos convenios entre empresas del Estado como la Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (Cadafe), la empresa de Electrificación del Caroní C.A. (Edelca) y la empresa privada Electricidad de Caracas (Elecar).

En este mismo período, se inició la construcción de la central hidroeléctrica Simón Bolívar, en la cuenca del río Caroní, Guri, estado Bolívar; convirtiéndose en una de las obras más importantes del país y de Suramérica. Esta central junto a otras obras del mismo tipo como la Hidroeléctrica José Antonio Páez, en Mérida; la Ruiz Pineda, en Táchira; y la Rodríguez Domínguez, en Portuguesa, generarían el 59% de la electricidad de consumo nacional.

Actualmente, nuestro país en búsqueda de alternativas energéticas, desarrolla el Proyecto Parque Eólico, en la región falconiana de Paraguaná, para aprovechar, como recurso natural para la generación de energía eléctrica, el característico y constante viento de esta región. Este parque eólico está ubicado en Amuay y Los Taques, y ya su primera fase está en marcha.

Actualmente, los proyectos energéticos en el país buscan alcanzar los mayores beneficios para las comunidades, con el menor impacto ambiental, y aprovechar, al máximo, los recursos naturales que tenemos en nuestra geografía. El propósito es disminuir el consumo del combustible fósil y, al mismo tiempo, diversificar las fuentes primarias de energía eléctrica.

En la línea de tiempo que se muestra a continuación, verás algunos resultados científicos y tecnológicos de investigaciones realizadas por la humanidad, desde finales del siglo XVIII hasta el siglo XXI, así como los avances y progresos que al respecto se sucedían en el país.

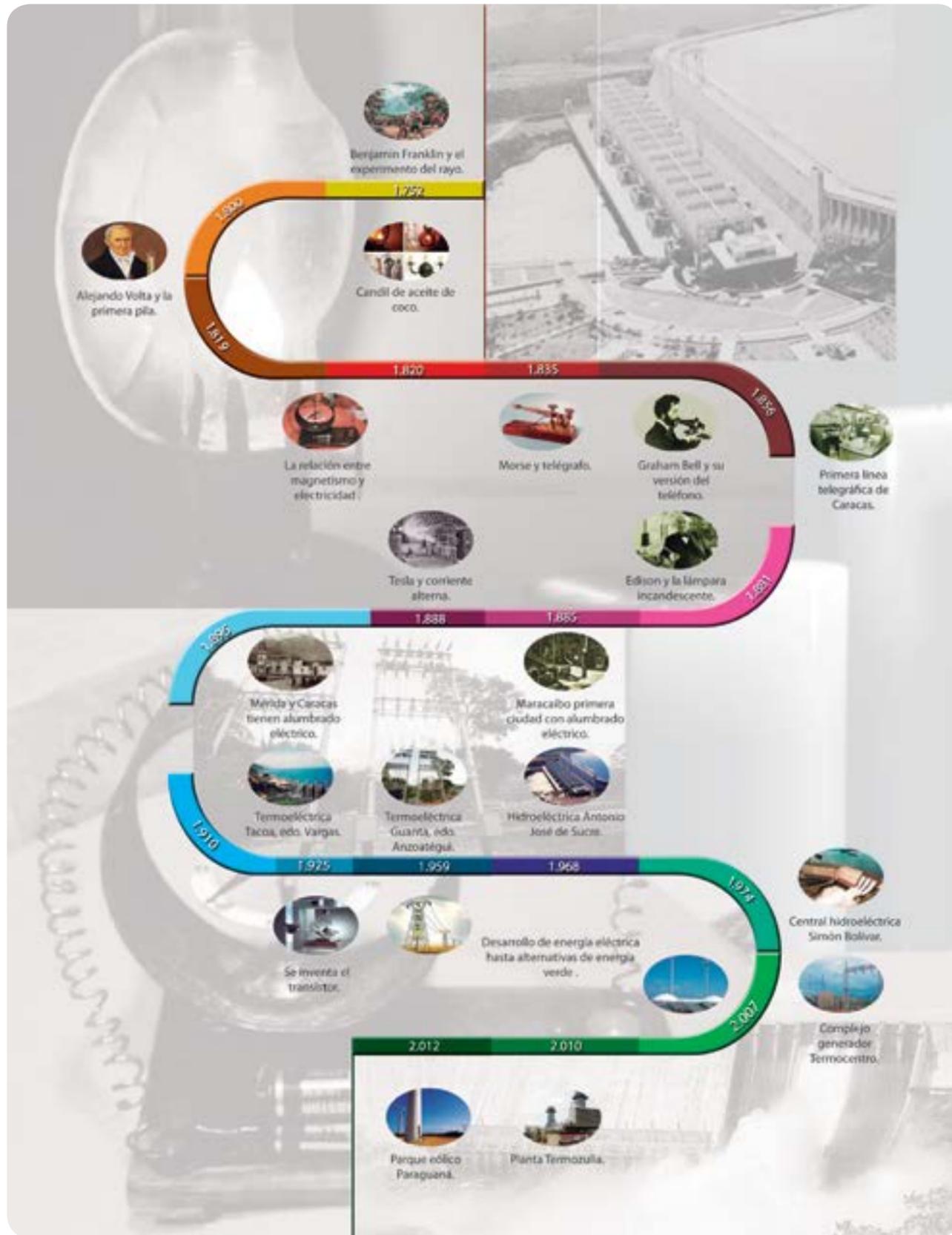


Figura 3.3. Línea de tiempo sobre los avances científicos y tecnológicos en cuanto al electromagnetismo y la electricidad en el mundo, y los desarrollos en Venezuela (1752-presente).

Principales generadores de energía eléctrica en Venezuela

La principal fuente de energía en nuestro país y, en general, para la mayoría de los países del mundo es el petróleo y sus diferentes derivados. Como sabes, muchas de las actividades que realizamos son posibles gracias al uso de combustibles fósiles. Sin embargo, hemos desestimado la importancia de reflexionar sobre el consumo de este medio energético, no sólo por ser un recurso no renovable, sino por el impacto contaminante que tiene sólo con su transporte.

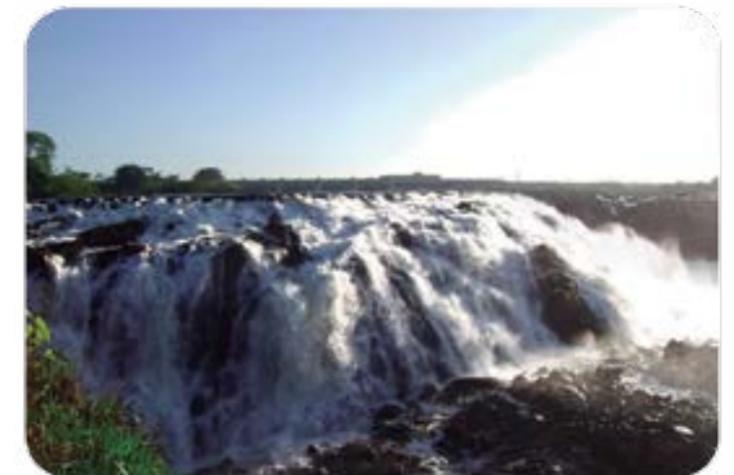
Del mismo modo ocurre con la electricidad, que resulta una necesidad para la humanidad tan cotidiana que olvidamos reflexionar sobre la magnitud de los procesos que intervienen en su generación, y en el cuidado que debemos hacer de los recursos naturales empleados como fuente primaria de los diversos sistemas que generan energía eléctrica.

Así tenemos que las centrales hidroeléctricas aprovechan de los ríos la energía de su movimiento para generar electricidad. Las centrales termoeléctricas queman derivados del petróleo, carbón o gas, para aprovechar la energía térmica. Las centrales eólicas aprovechan las velocidades del viento y su permanencia en el año para convertir esta energía cinética. Así ocurre con todos los procesos energéticos que derivan en energía eléctrica.

En nuestro país tenemos principalmente centrales hidroeléctricas y termoeléctricas que nos suministran a nivel nacional toda la electricidad. Aunque, estamos diversificando los proyectos energéticos para aliviar la demanda que tienen las centrales más grandes, con el menor impacto ambiental posible y aprovechando los recursos naturales de nuestra geografía eficientemente.

El agua y las centrales hidroeléctricas

Venezuela es un país rico en cuencas hidrológicas, en ríos caudalosos, abundantes en minerales y en vida. Nosotros, como población que hacemos vida en este territorio, hemos sacado provecho de estas realidades, por ejemplo, utilizando los ríos como medios de navegación y también generando energía a partir de estas características naturales.



Como recordarás, el estudio de las relaciones entre la electricidad y el magnetismo se fue convirtiendo en tecnología, que facilitó el trabajo de la humanidad, y favoreció el desarrollo industrial de los pueblos. Poco a poco, estas grandes creaciones llegaron a nuestro país, y las incorporamos en nuestros procesos de crecimiento.

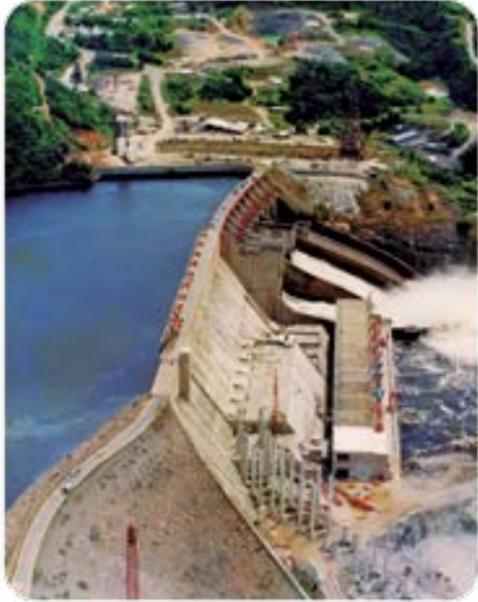


Figura 3.4. Toma área de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar en 1977.

Así, para la década de los años 60 y 70, se plantearon grandes proyectos de generación de energía eléctrica. Se construyeron centrales hidroeléctricas en diferentes sectores de nuestra geografía, que han permitido obtener de la energía cinética de sus ríos la generación de la electricidad para gran parte de nuestro territorio.

De la cuenca del Caroní (figura 3.5) que ocupa una superficie de 92.712 km², se aprovecha su caudal estimado en 4.817 m³/seg para grandes centrales hidroeléctricas: la Simón Bolívar ubicada en Guri, Manuel Piar en Tocoma, Francisco de Miranda en Caruachi y Antonio José de Sucre en Macagua. Estas centrales generan, en conjunto, 16.136 MW de potencia.



Figura 3.5. Cuenca del Caroní y los embalses producidos.

¿Todos los ríos permiten generar electricidad?

Para contestar esta pregunta, debemos relacionar la importancia del caudal de los ríos y la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentran los embalses. El principio de conservación de la energía nos permite vincular parámetros geográficos como los citados con la energía potencial, la cinética y la eléctrica.

El estudio de este principio, para el caso del embalse o laguna de Guri, por ejemplo, debemos hacerlo desde las características geográficas y climáticas que definen a este sector en particular. El embalse de Guri es el resultado de la afluencia de las aguas de los ríos Paragua y Caroní, que juntos aportan el gran volumen de agua que es almacenado en la laguna. Estos ríos deben sus abundantes caudales a las precipitaciones anuales que reciben en sus cabeceras en el período de mayo a enero, estimadas en 3.091,6 mm. En estos meses, los niveles del embalse son altos y, en ocasiones, se tienen que abrir las compuertas de la represa para aliviar el embalse. Este almacenamiento de agua sirve de reserva para los meses de sequía.

Otra característica geográfica importante es el desnivel topográfico del Caroní, es decir, la altura que hay entre un plano de terreno y otro. Y esto nos lleva a la siguiente clasificación:

- Alto y medio Caroní con un área promedio de 41.941 km² y un desnivel entre 2800 y 270 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se considera desde la confluencia del río Kukenán y Yuruaní a 182 km del nacimiento del río Kukenán.
- Bajo Caroní con un área promedio de 13.160 km² y un desnivel entre 270 y 6 msnm. Y se considera desde la confluencia del río Paragua hasta la desembocadura en el río Orinoco.

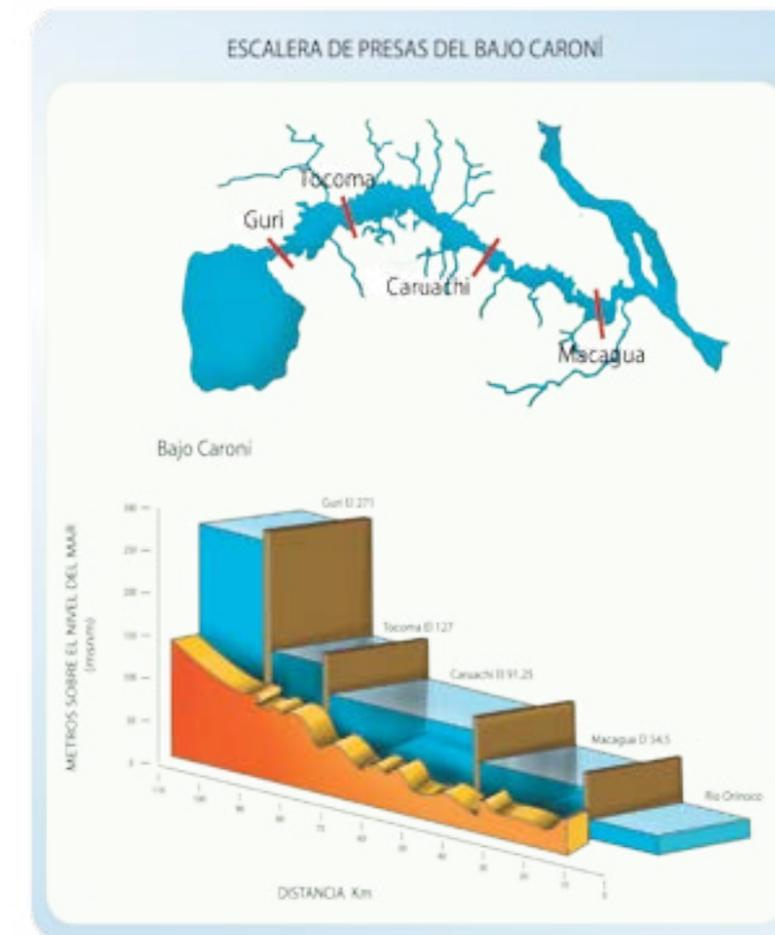


Figura 3.6. Ubicación de las represas alimentadas con el Caroní, según su altura sobre el nivel de mar.

Aprovechando estas realidades geográficas se construyeron las represas hidroeléctricas en cada desnivel topográfico, para que la energía potencial gravitatoria que tienen estas grandes masas de agua se convierta en energía cinética, es decir, la energía asociada a la velocidad que este fluido adquiere a medida que cae.

En la figura 3.6, podrás comparar la altura sobre el nivel del mar en la que se encuentran cada una de estas centrales.

¡La energía siempre se está transformando!

Te fijaste que la cantidad de electricidad que se puede generar a partir del agua tiene una estrecha vinculación con las condiciones climáticas y meteorológicas del ambiente, como por ejemplo, la cantidad de lluvia. Ahora bien, la cantidad de energía que es capaz de garantizar la compañía de electricidad del Estado a la población, a pesar de las condiciones de la más inclemente sequía, es lo que se llama **energía firme**. Para nuestro país, la compañía responsable de ello es la CVG Edelca.

Para poder estimar esta cantidad de energía firme, Edelca tiene acceso a datos que se han recolectado desde hace 53 años, como son: la cantidad de mm de agua que ha llovido por año, el gasto promedio anual estimado, gasto mínimo promedio anual, entre otros. Así tenemos que por ejemplo la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar estima una producción garantizada de electricidad de 39.400 gigavatios hora (GWh) al año, Macagua genera 13.200 GWh al año, y Caruachi se estima en 11.350 GWh al año. Nota que se trata de energía garantizada, es decir, de energía firme, y que en estos cálculos se consideran hasta tres períodos consecutivos de sequía.

El vapor de agua y las termoeléctricas

Del mismo modo que el agua es el recurso natural que se aprovecha para generar electricidad, algunos derivados del petróleo, el gas y el carbón se utilizan en nuestras centrales termoeléctricas para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada mediante el calor (energía térmica) al quemar el combustible. Estas centrales están constituidas por sistemas mecánicos que, de modo general, resultan en el mismo principio de la central hidroeléctrica.

Sin embargo, dependiendo de la quema del combustible fósil, este medio de generación de electricidad puede resultar un factor negativo para el ambiente, por la cantidad de dióxido de carbono que puede emitir. Si es gas, la liberación de gases contaminantes es menor.

Como se observa en la figura 3.7, los dos primeros procesos de energía que se establecen son el de energía química y térmica. La central termoeléctrica consta de calderas que en su interior están forradas por tuberías por las cuales circula agua líquida. En la caldera ocurre la combustión del combustible fósil con el aire, generando llamas que calientan el agua de las tuberías antes mencionadas. Al circular por estas tuberías, el agua líquida va aumentando su temperatura, transformándose en vapor de agua, al mismo tiempo que los gases de la combustión son expulsados hacia el exterior por las chimeneas.

El vapor de agua es conducido hasta un sistema mecánico, compuesto por turbinas y las hace girar a 3.600 revoluciones por minuto. Las turbinas activan los generadores eléctricos y se produce la electricidad. El vapor es reutilizado, pasando previamente por un sistema de enfriamiento, que lo convierte nuevamente en el agua líquida que llegará a las tuberías de las calderas.

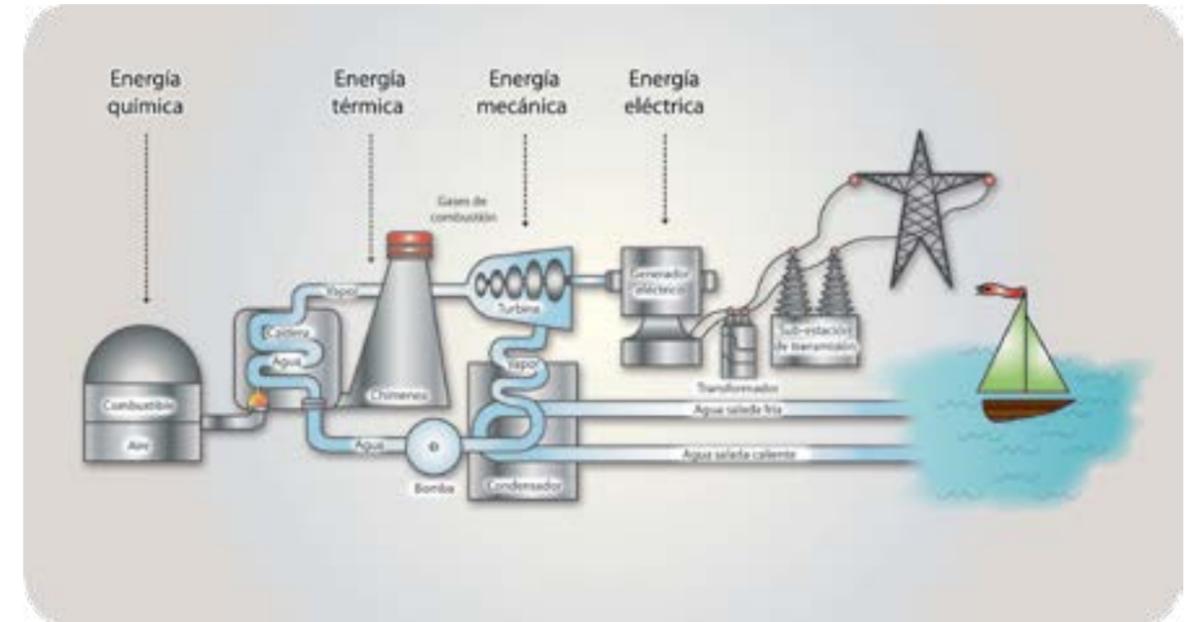


Figura 3.7. Esquema de procesos energéticos al generar electricidad a partir de combustibles fósiles.

Actualmente, se encuentran funcionando, a lo largo del territorio nacional, por parte de CORPOELEC, cuatro plantas termoeléctricas: Josefa Camejo (Falcón), Complejo Termoeléctrico General Rafael Urdaneta (Termozulia I y II) (Zulia), Argimiro Gabaldón (Lara), Planta Centro (Carabobo). Y en ejecución se encuentran siete proyectos más. También está de Elecar la planta Josefa Joaquina Sánchez.

Emprendiendo alternativas energéticas

Al reconocer tanta abundancia de combustibles fósiles y agua en nuestro país, podríamos preguntarnos, ¿por qué buscar sistemas alternativos de energía? La reflexión de esta pregunta está, principalmente, asociada a la necesidad de emprender proyectos que se orienten en la sustentabilidad energética, es decir, hacer uso de aquellas energías cuyas fuentes sean renovables, y que con una tecnología apropiada se pueda producir limpiamente, disminuyendo la agresión al ambiente y que, además, se pueda garantizar a las generaciones futuras.

Como sabes, los sistemas energéticos dependientes de la quema de petróleo o sus derivados producen altísimos niveles de contaminación, pues se liberan al ambiente grandes cantidades de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2). Por ejemplo, se estima que mantener encendido durante 10 horas un bombillo de 100 W equivale a 1kg de CO_2 expulsado al ambiente en la generación de la energía eléctrica.

Atendiendo a esta realidad, y buscando desarrollar proyectos más ecológicos y favorables a nuestras comunidades, se han evaluado las condiciones climáticas y meteorológicas de algunas zonas de nuestro territorio como la Guajira y la península de Paraguaná, para “plantar” los primeros parques eólicos.

Analicemos una ventaja de esta alternativa energética: un aerogenerador puede producir por día la misma cantidad de electricidad que al quemar 3,5 toneladas de carbón, pero evita que se liberen al ambiente cerca de 4.109 kg de CO₂.

La construcción de un parque eólico en la Guajira venezolana en el occidente del país y el parque eólico en Paraguaná proyectan producir hasta 10.000 megavatios de energía. Con el apoyo y la consolidación de acuerdos con países como Argentina, podremos llegar a producir hasta 40.000 megavatios.



Figura 3.8. Parque eólico de La Guajira.

Del sistema generador de energía eléctrica hasta nuestro hogar

El proceso de generación de electricidad consta de cuatro procesos:

- La generación de electricidad propiamente dicha.
- La transmisión de la electricidad.
- La distribución.
- La comercialización.

Tomemos como ejemplo una central hidroeléctrica para explicar estos procesos.

Al mismo tiempo que las diversas estructuras de concreto se levantan, se preparan todas las piezas electromecánicas, principalmente turbinas, generadores, transformadores y demás equipos técnicos que compondrán las unidades generadoras de electricidad.

Las turbinas son equipos que se fabrican a la medida y en función de factores como el caudal y el nivel del embalse para lograr el máximo aprovechamiento del potencial hidroeléctrico de un río. En combinación con los generadores y transformadores, se tiene el mecanismo electromecánico que eleva el voltaje de electricidad producido.

Por ejemplo, en Guri y Macagua I y II, las turbinas que se usan son del tipo Francis, pues operan idealmente para caídas de agua intermedias. Así, el agua en movimiento, como se ilustra en la figura 3.9, cae sobre las turbinas que están unidas a unos ejes alternadores, transmitiendo su potencia al generador. En éste se encuentra inserto un rotor, es decir, es un gran electroimán, construido en forma de rueda de acero y que posee imanes, que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Así, la electricidad generada pasa a las unidades de transformación, donde se amplifica el voltaje de acuerdo con las necesidades de transmisión.

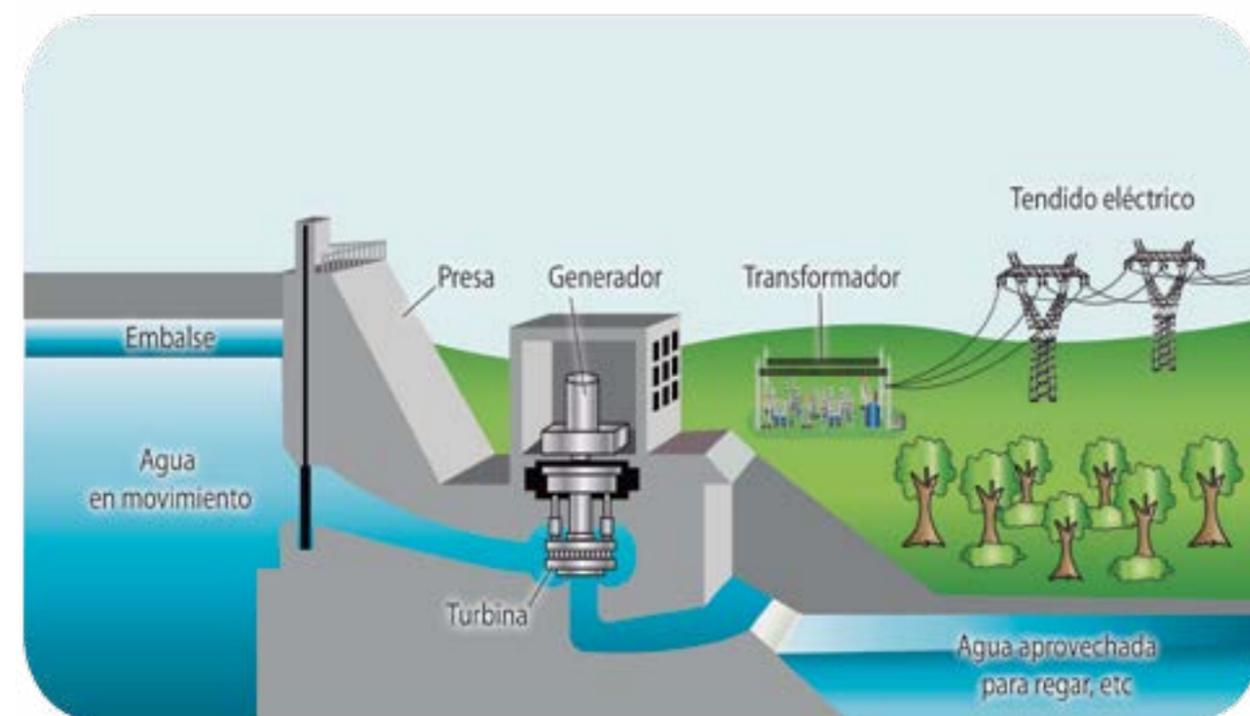


Figura 3.9. Mecanismo de transformación de energía potencial gravitatoria del agua en electricidad.

Como la electricidad son electrones en constante movimiento, éstos son transportados hasta unos lugares llamados **subestaciones elevadoras**, para disminuir las pérdidas de potencia producidas por las grandes distancias que tiene que recorrer la electricidad a lo largo de los cables conductores, desde los centros de generación hasta los usuarios. Estas subestaciones elevan el voltaje (también llamado tensión) de la corriente.

De allí son transportadas por las torres de alta tensión; llevan este nombre, porque la electricidad que es amplificada en las subestaciones es de alto voltaje, por ejemplo: 765 kV, 400 kV y 230 kV. Recuerda que el voltaje empleado en los hogares es más o menos de 120 V.

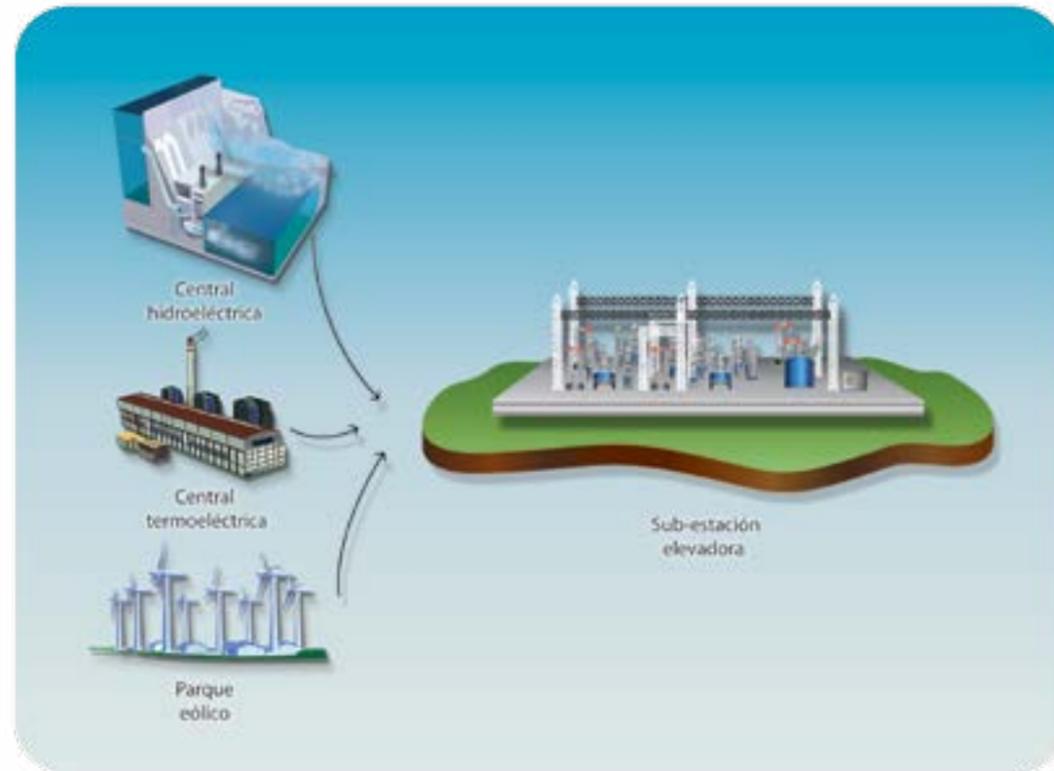


Figura 3.10. Recorrido de la electricidad desde la central a la subestación ampliadora.

En los largos recorridos de la electricidad, las líneas de transmisión son las grandes autopistas por donde viaja, constituidas por los cables conductores, las torres o postes que los sostienen, y los aisladores, que se usan para aislar a la torre y evitar cortocircuitos.

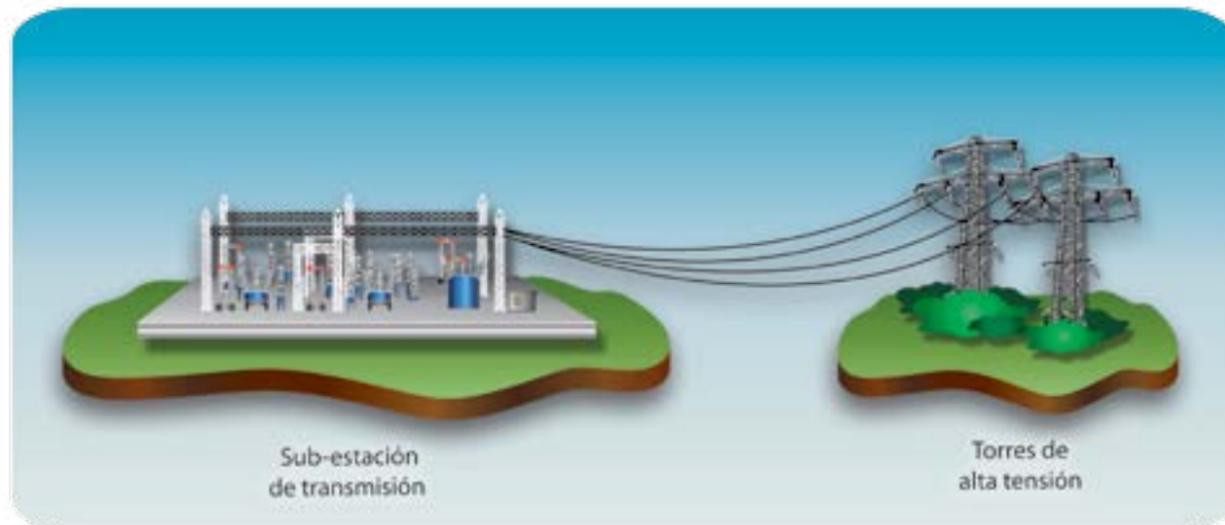


Figura 3.11. Trasmisión de la electricidad.

La electricidad en sus diferentes niveles de tensión llega a otras subestaciones que empalman con el sistema que distribuye a los usuarios. Estas **subestaciones de trasmisión** buscan mantener constantes los niveles de tensión, pues es importante considerar las pérdidas de potencia que se tienen por el calentamiento de los cables conductores, o por fallas en la medición de energía, entre otros. Para ello, se instalan elementos de protección.

Finalmente, se llega a las **subestaciones de distribución**, ubicadas cerca de los centros poblados, industrias y otros usuarios, ya que en estas plantas la electricidad de alta tensión es transformada a los valores aptos para el consumo: se disminuyen los valores de tensión y se aumenta la corriente eléctrica. ¿Has visto alguna subestación cerca de tu comunidad? Averigua de qué tipo es.

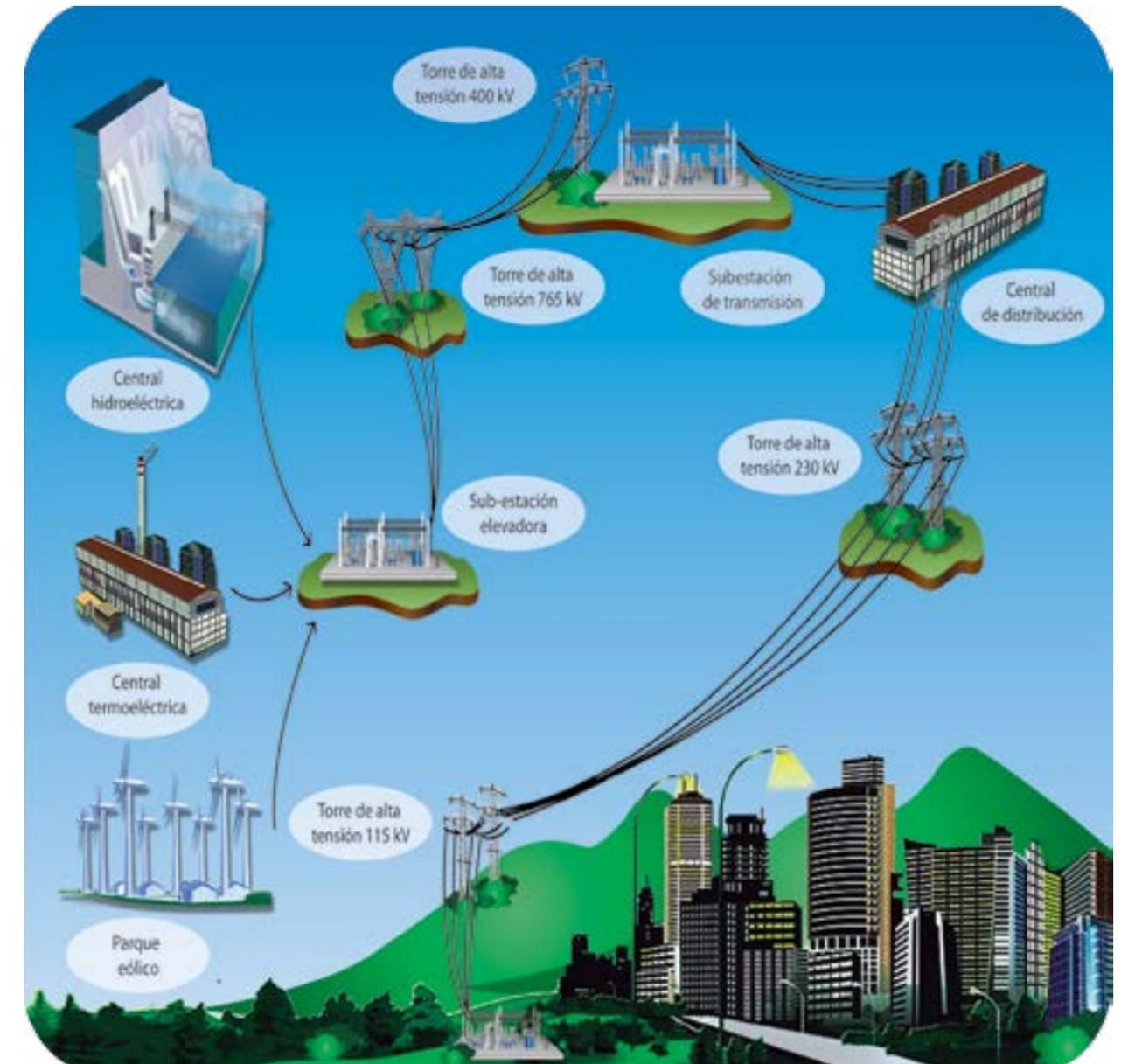


Figura 3.12. Conjunto de procesos para que la electricidad llegue a nuestros hogares.

En el siguiente esquema, se muestra el sistema de transmisión desde Macagua II, en el estado Bolívar, el cual abastece a las poblaciones ubicadas a lo largo del recorrido hasta la frontera con Brasil. Observa cómo los valores de tensión de la electricidad van disminuyendo al pasar de una subestación a otra, y se transforman en los valores adecuados para el consumo de las usuarias y usuarios.



Figura 3.13. Una de las líneas de transmisión de la electricidad de Macagua II y la variación de la tensión a lo largo del camino en las subestaciones.

¿Cuánta energía eléctrica consumimos?

Como ya vimos, el usar nuestros recursos de manera irresponsable produce impacto ambiental. Por ello, resulta importante impulsar los cambios culturales necesarios en nuestra población sobre el uso eficiente y consciente de la electricidad. A continuación verás información para el uso racional y eficiente de la energía eléctrica, analizada según sus usos.

Uso residencial

En nuestros hogares, encontramos cualquier cantidad de artefactos electrodomésticos: nevera, licuadora, microondas, televisión, computadora, plancha, entre muchos otros. Cada uno de ellos tiene un consumo establecido de acuerdo con su tecnología y especificaciones técnicas (Potencia).

Al conectar algún artefacto eléctrico, estamos consumiendo potencia eléctrica por hora, y en consecuencia, estamos utilizando recursos naturales de nuestro país en su generación.

Si prestas atención en tu casa, es probable que veas estos artefactos y la misma iluminación conectados de manera permanente, sin obtener beneficio de ellos. De ser así, estarían haciendo un uso indebido del recurso natural que se requirió para generar esa energía consumida en tu hogar. Sea agua, viento, gas o cualquier otro recurso, estarían desaprovechándolo.

La compañía venezolana que se encarga de desarrollar, proporcionar y garantizar un servicio de electricidad permanente, es la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC). En el uso residencial es importante conocer los bienes de consumo eléctrico, saber la potencia por hora que consumen y seguir las recomendaciones acerca de cómo usarlos eficientemente, puede ello garantizar el gasto justo y necesario de energía eléctrica.



Figura 3.14. Consumo promedio por hora en un hogar según el equipo eléctrico. Fuente: <http://www.corpoelec.gov.ve/>

Uso industrial, comercial y oficial

Las industrias, oficinas, centros comerciales y locales son escenarios de trabajo que requieren permanentemente, durante largas jornadas diarias, la conexión de sistemas eléctricos como aires acondicionados, equipos de computación, iluminación; todos ellos consumen altos niveles de electricidad (potencia alta), por lo que es importante el diseño de un plan de consumo eficiente, así como promover una inversión para mantener los equipos e instalaciones en óptimas condiciones y para renovarlos por equipos de tecnologías más ecológicas.

En el esquema que mostraremos a continuación, verás la cantidad de energía eléctrica que demandaban por día las principales regiones de nuestro país (año 2010).

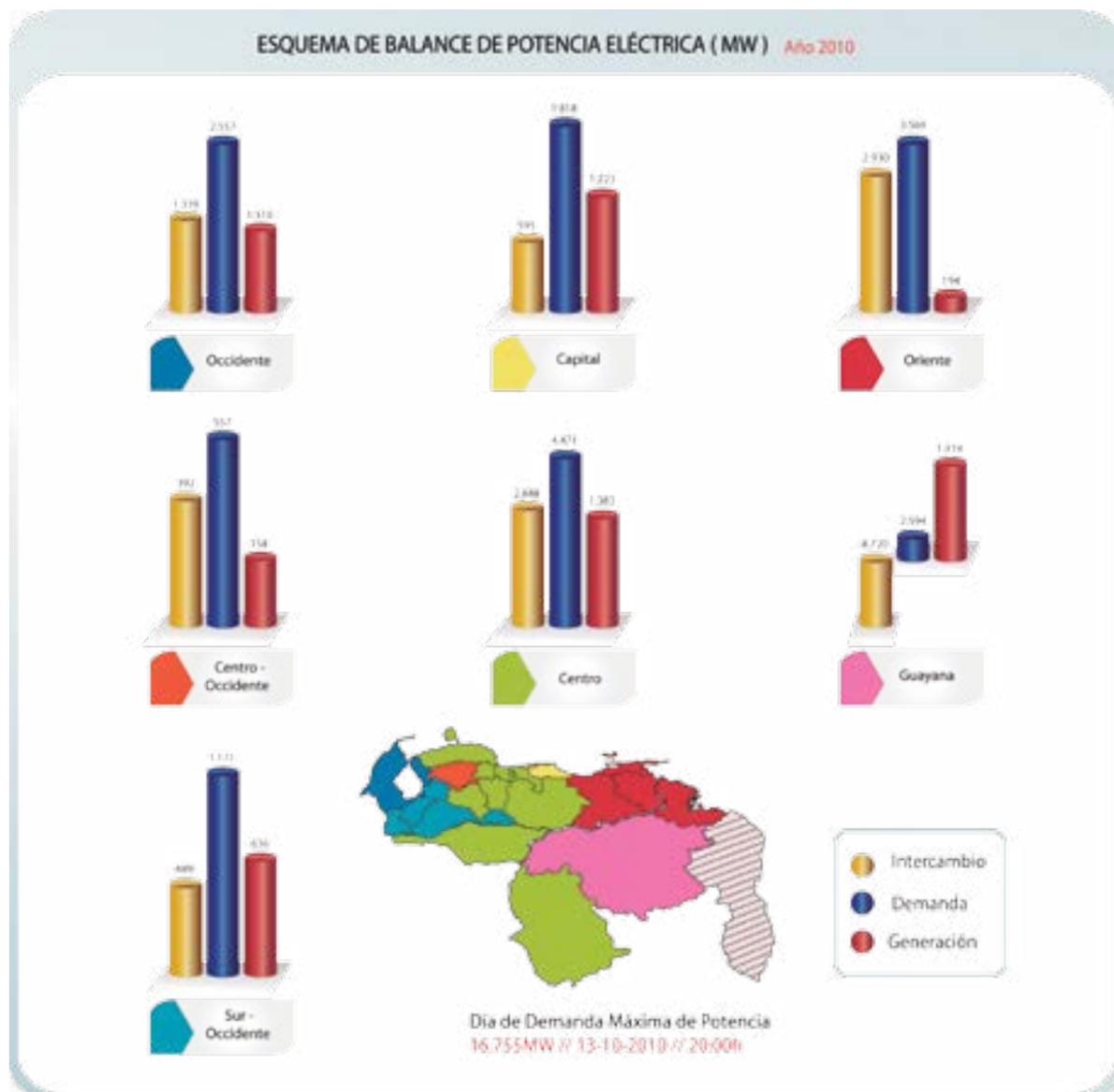


Figura 3.15. Demanda eléctrica por regiones en el año 2010.
Fuente: Anuario estadístico 2010, CORPOELEC.

La energía también se puede utilizar de manera responsable

A lo largo de la lectura, hemos trabajado el concepto de potencia y de las unidades de medida de esta magnitud física, como lo son megavatios (MW), gigavatios (GW), y el concepto de potencia – hora que se mide en unidades de vatios-hora y sus múltiplos, lo que corresponde a una medida de energía.

La potencia eléctrica, en el contexto de la energía eléctrica, se refiere a la energía por unidad de tiempo que consumimos. Y esto es lo que mide la compañía de electricidad, CORPOELEC, para calcular la factura de electricidad. A continuación te presentamos una pequeña relación matemática entre el kW-h y el joule (J):

$$1kW h = 1kW \cdot \frac{1.000w}{1kW} \cdot \frac{1J/s}{1W} \cdot \frac{3.600seg}{1h} \cdot 1h = 3.6 \times 10^6 J$$

Si tomamos los datos de la figura 3.13, veremos que, por ejemplo, una nevera estándar consume 480 W de potencia. En una hora de conexión, la energía que consume es de:

$$\text{Energía} = (0,480 kW) \cdot (1 \text{ hora}) = 0,480 \text{ kW-h.}$$

Cuando revisamos la factura de electricidad enviada por CORPOELEC, vemos el consumo mensual general, sin especificaciones por cada uno de los artefactos que tenemos en casa, discriminación que la compañía de electricidad no puede hacer.

Sin embargo, esta empresa ha realizado una estimación sobre el consumo de energía eléctrica residencial, tomando en cuenta los electrodomésticos más comunes, esta distribución de energía la puedes ver en la figura 3.16.

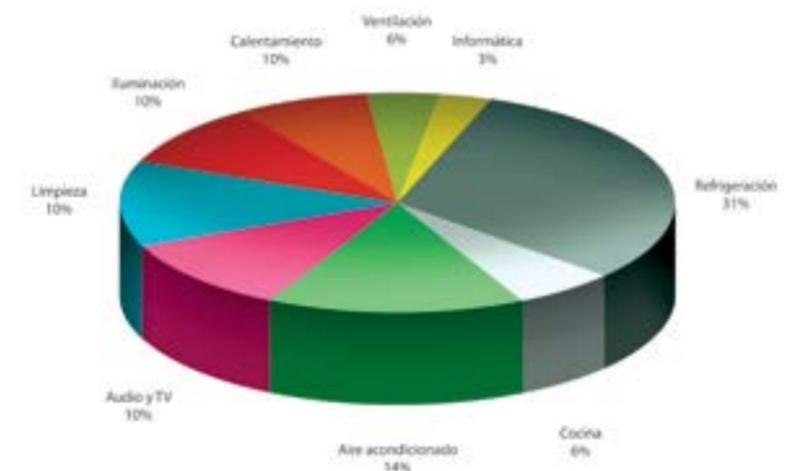


Figura 3.16.
Fuente: <http://www.corpoelec.gob.ve/sites/default/files/AhorroE>



Estima la factura de tu hogar

Vas a hacer un estimado de la cuenta de electricidad que llegará este mes a tu casa. Para ello, elabora una lista de todos los artefactos eléctricos de tu casa, ¿cuál es la potencia que consume cada uno? Recuerda que la unidad de potencia es kW.

Registra durante varios días, ¿cuánto tiempo permanece conectado cada artefacto durante el día? (Anota esta medida en horas). Calcula el tiempo promedio diario de uso de cada equipo.

Determina, ¿cuánta energía (potencia por hora) consume cada artefacto por día? Así podrás saber el consumo general diario.

A este valor lo multiplicamos por el valor en bolívares, y tendrás el costo por día; si aproximamos un mes a 30 días, tendrás una estimación de la facturación de electricidad de tu hogar. Esto es un estimado, ya que el precio en Bs. de cada kW-h varía según rangos, revisa la factura de tu casa para que lo veas en detalle.

¿Qué puedes decir de este valor de potencia eléctrica consumida en tu hogar?

Durante el tiempo en que estaba cada equipo conectado, ¿quién y cómo se estaba beneficiando en tu familia? ¿Será posible reducir el consumo en tu hogar?

Si dejasen sólo conectados aquellos equipos cuando los van a necesitar, ¿cuál sería el nuevo valor de la potencia eléctrica que consumirían? ¿Cuánta electricidad ahorrarían? ¿Cuánto disminuiría el costo de la electricidad en tu hogar, de mantener esta gestión de ahorro?

A continuación te presentamos una factura de CORPOELEC, en la que encontrarás los detalles de electricidad y los cargos por consumo, así como el comportamiento del consumo por mes, reflejado en un diagrama de barras. Analiza el de tu hogar.

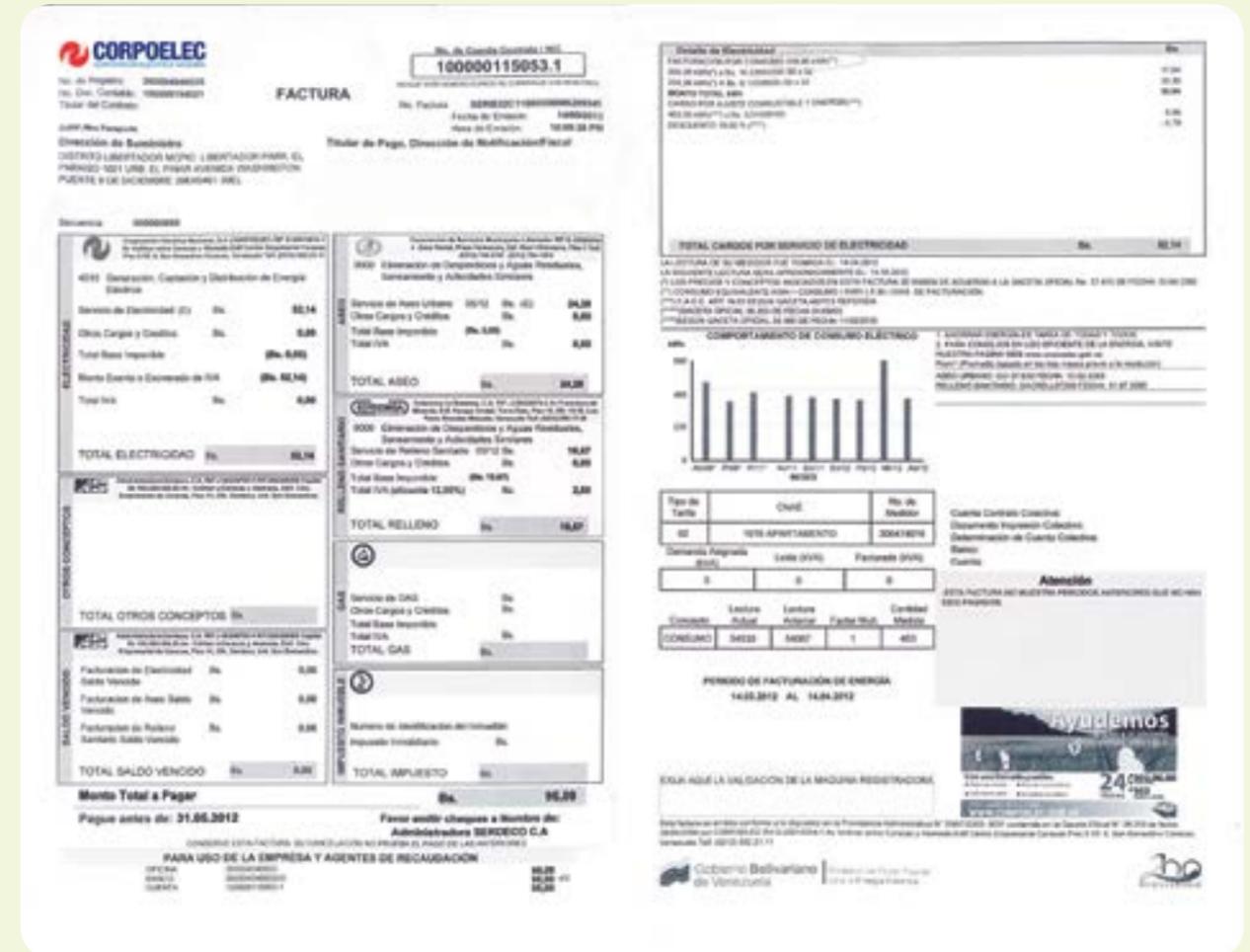


Figura 3.17. Facturación del consumo eléctrico.





Si miras a tu alrededor, la vida bulle por doquier en infinidad de formas, colores y tamaños. En el agua, en el suelo, flotando en el aire, en regiones inhóspitas como los fondos oceánicos –a miles de metros de profundidad y bajo presiones aplastantes–, en las hirvientes aguas de los géiseres y en oscuras y silentes cavernas, en los desiertos de ardientes arenas, en montañas frías, en los casquetes polares y por debajo de ellos, en todos esos lugares, la vida resplandece. La diversidad biológica es asombrosa. Desde tiempos antiguos la vida y sus distintas manifestaciones han sido objeto de culto y de admiración. Pero para la ciencia uno de los principales retos ha sido explicar su origen. ¿Cómo y cuándo apareció la vida? Bastante difícil resulta saber los detalles de un evento que ocurrió en épocas muy lejanas, pero cada vez se cuenta con más y mejor información, aunque quizás jamás se sepa con exactitud la respuesta.

El problema del origen de la vida es uno de los más interesantes, pero también de los más difíciles de afrontar. No obstante, la ciencia moderna se permite actualmente proponer una hipótesis aceptable, y llegar hasta este punto no ha sido nada fácil, como podrás ver en las siguientes páginas. Así como un detective reconstruye los hechos de un crimen basado en la evidencia, aunque no haya sido testigo ocular de éste, y puede, no obstante, describir de manera clara cómo ocurrió el delito; así la ciencia ha tratado de reconstruir los hechos que llevaron al surgimiento de la vida.

Para comprender este proceso, es necesario no sólo conocer las ideas que han tenido los científicos a lo largo de las distintas épocas, sino también apreciar sobre qué evidencias fundamentaron tales ideas. Adentrémonos en estas interesantes propuestas y hasta en las disputas que sostuvieron los científicos y filósofos que intentaron responder a esta interrogante: ¿cómo apareció la vida?

Características de la vida

La **Biología** es la ciencia que estudia la vida. Nos ayudamos con esta ciencia para comprender cómo somos los seres que poblamos el planeta Tierra. Si te fijas en un inquieto mono, en un araguaney (nuestro árbol nacional), en una pulga, en una impresionante ballena o en los diminutos protozoarios que pueblan una gotita de agua, todos tienen un elemento en común: están vivos. Entonces, la vida te puede servir para distinguir a la materia inerte de la materia viva, ¿no? Muy bien, pero ¿y de qué está hecha la vida? ¿Serán los mismos componentes los que forman a un loro y a un trozo de roca? Quizás... Veamos.

Pese a ser tan variados y diversos los seres vivos, para ti es muy fácil reconocer que un pájaro está vivo, mientras que no lo está un trozo de ladrillo. Eso se debe a que los seres vivientes comparten ciertas características generales:

- **Organización química compleja:** a pesar de ser tan diferentes y variados, los seres vivientes están constituidos a nivel molecular por los mismos elementos químicos que conforman al resto de las sustancias y cuerpos del universo. Elementos como carbono, nitrógeno, oxígeno, hierro... No obstante, la proporción y la manera en que se agregan estos elementos en los seres vivos es muy diferente. Desde los microbios hasta las ballenas, todos los sistemas vivos se componen de cuatro grandes tipos de moléculas, llamadas biomoléculas, a saber: proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, las cuales difieren en sus enlaces y en su estructura y en las funciones que tienen en los seres vivos. Estas biomoléculas están compuestas por los mismos tipos de átomos y enlaces químicos que aparecen en la materia inerte y obedecen a las leyes fundamentales de la química. Lo que las hace exclusivas es su organización estructural compleja.



Figura 4.1. a) Una molécula inorgánica, el CO_2 , y b) una molécula orgánica de ácido linoleico, un lípido.

• **Organización jerárquica:** la materia viva presenta un elevado grado de organización que le es particular y que le permite claramente diferenciarse de la materia inerte. Todos los seres vivos están conformados por células. Algunos, como las bacterias, están constituidos por una sola célula, y se denominan unicelulares, mientras otros están formados por muchas células y se denominan pluricelulares. Se observa, pues, una escala ascendente de complejidad y jerarquía: átomos, moléculas, macromoléculas, células, tejidos, órganos, sistemas de órganos, individuos, poblaciones, comunidades y ecosistemas. Cada nivel se organiza sobre el inmediato inferior. A menudo, cada nivel presenta características que emergen como consecuencia de la organización misma y no de la suma de las estructuras independientes que lo conforman. Es lo que conocemos como propiedades emergentes. Por ejemplo, los patrones de organización social de las abejas aparecen en el nivel poblacional y es imposible deducir dicho comportamiento social a partir de las propiedades individuales de las abejas.

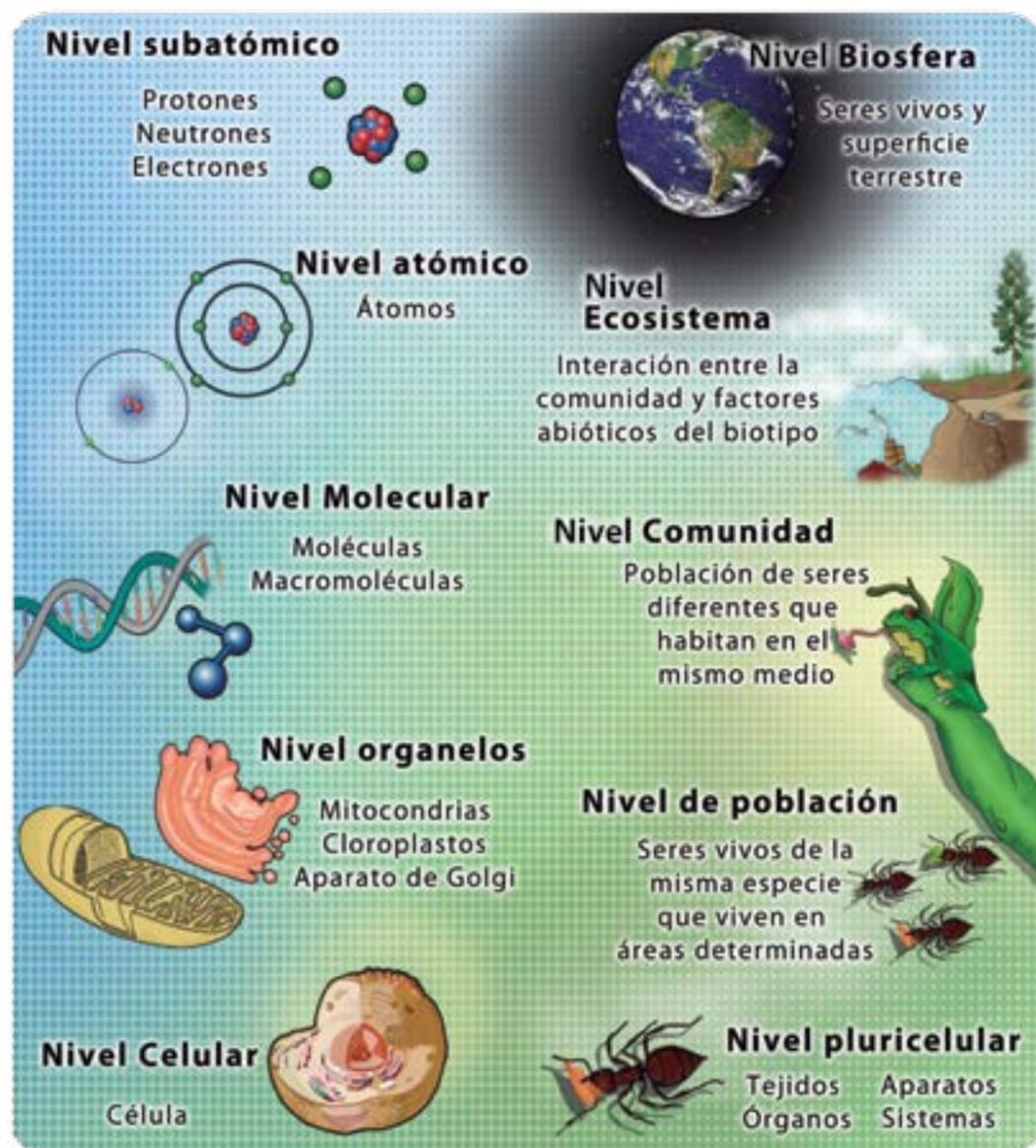


Figura 4.2. Niveles de organización jerárquica de la vida.

• **Ciclo de vida:** todos los seres vivos tienen un ciclo de vida, es decir, nacen, crecen, se desarrollan, se reproducen y mueren. El crecimiento involucra el aumento del tamaño de las células individuales y el aumento en el número de éstas. Algunos organismos crecen durante toda su existencia, como muchos árboles. El desarrollo implica la transformación o los cambios que ocurren a lo largo de la vida de un individuo. Por ejemplo, algunos insectos pasan por la etapa de huevo, varios estadios larvales (dependiendo de la especie), pupa y adulto.

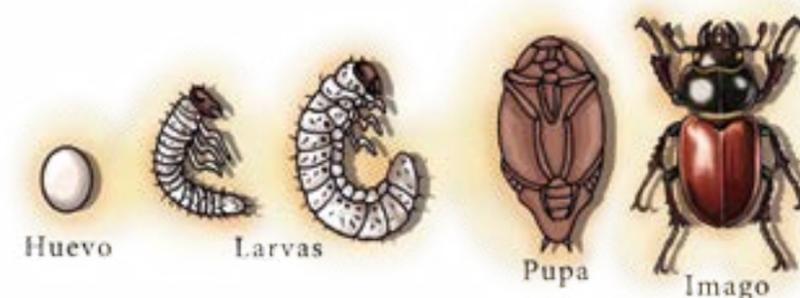


Figura 4.3. Ciclo de vida de un escarabajo común.

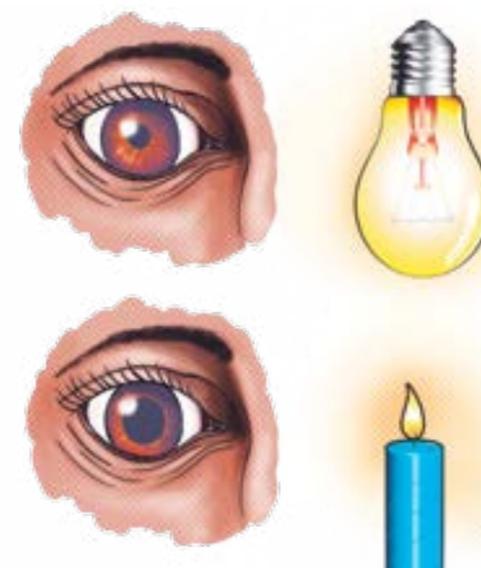


Figura 4.4. La pupila responde ante los cambios de luz.

• **Irritabilidad:** los organismos vivos reaccionan ante los estímulos ambientales, como luz, cambios en la temperatura, sonido o cualquier otro cambio químico o físico. Los estímulos inducen alguna forma de respuesta en los seres vivos. Así, por ejemplo, los organismos más simples como una bacteria o un protozoo responden en su totalidad al estímulo. Los paramecios, protozoarios ciliados que habitan en las aguas dulces estancadas, ante una luz intensa se retiran, prefiriendo las áreas sombreadas. Los organismos más complejos presentan, en cambio, especialización en sus tejidos para responder a ciertos estímulos; por ejemplo, las retinas de los ojos responden a los estímulos luminosos, o los quimiorreceptores de la lengua responden a sabores. Las respuestas de los seres vivos ante los estímulos tienen directa conexión con la vida de relación y la supervivencia.

• **Reproducción:** los organismos vivos se reproducen, por lo que ésta es la característica más omnipresente de todas. Los sistemas vivos no surgen espontáneamente, sino que sólo pueden surgir de la vida precedente a través de un proceso de reproducción. Así, cada forma viviente dará origen a otras semejantes. La reproducción puede ser sexual o asexual. La reproducción implica un aumento en el número de organismos.



Figura 4.5. Tucán joven y su madre.

- **Genoma:** en los seres vivos, la información hereditaria se almacena en el ADN. El ADN es una molécula conformada por subunidades denominadas nucleótidos. Éstos a su vez están constituidos por un fosfato, un azúcar (desoxirribosa) y una de las cuatro bases nitrogenadas: adenina, citosina, guanina o timina. Justamente, la secuencia de las bases de los nucleótidos representan un código que se traduce en el orden de los aminoácidos en las proteínas. La correspondencia entre la secuencia de nucleótidos y la secuencia de aminoácidos en las proteínas de cada ser vivo es lo que se conoce como código genético. En algunos seres vivos unicelulares el ARN sustituye al ADN como depositario de la información hereditaria.

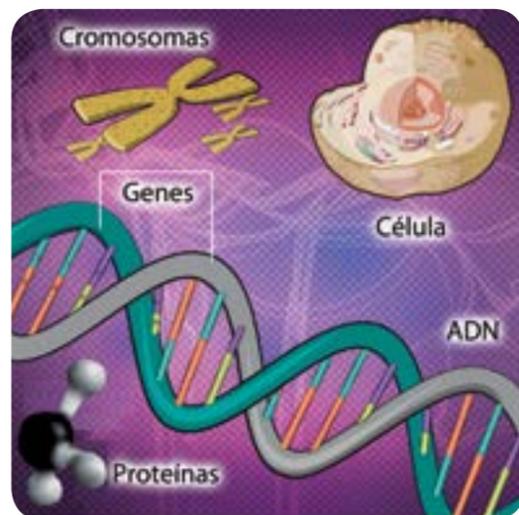


Figura 4.6. La información hereditaria se almacena en el ADN.

- **Metabolismo:** los sistemas vivos se automantienen, obteniendo nutrientes del entorno. Estos nutrientes se degradan para obtener energía y ciertos compuestos que se emplean en la construcción del ser vivo. Estos procesos químicos, en conjunto, se denominan metabolismo e implican la interacción de reacciones destructivas o catabolismo, como la digestión y la respiración, y las constructivas o anabolismo, como la síntesis de compuestos.

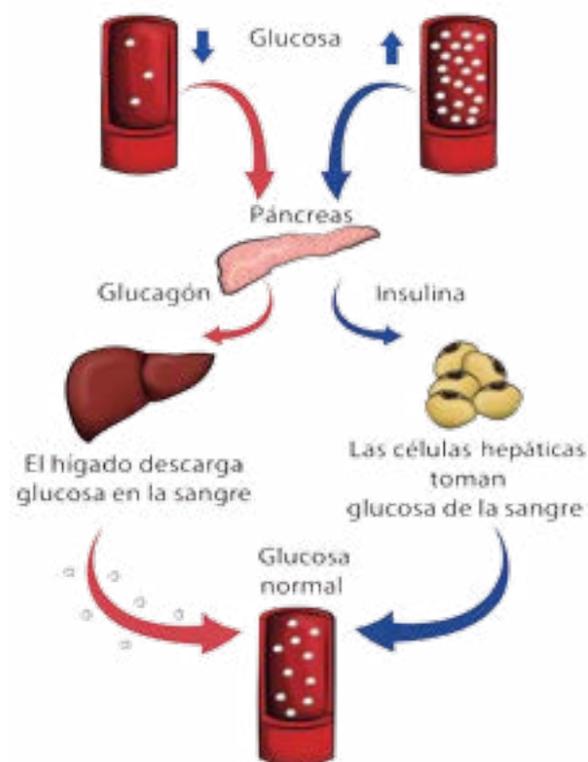


Figura 4.7. El control del nivel de azúcar en la sangre es un mecanismo homeostático.

- **Homeostasis:** los organismos vivos son capaces de autorregularse y mantener condiciones internas más o menos constantes, frente a las variaciones que ocurren en el ambiente. La termorregulación o regulación de la temperatura corporal en las aves y mamíferos, por ejemplo, es uno de los ejemplos mejor estudiados de mecanismos homeostáticos que presentan los seres vivos.

- **Evolución:** los organismos vivos evolucionan en el tiempo. Esto significa que pueden acumular variaciones que les permiten adaptarse favorablemente a un ambiente y transmitir a su descendencia esas cualidades. Dichas variaciones son las que pueden marcar una diferencia ante un cambio en el ambiente, es decir, que pueden tener un carácter adaptativo, permitiendo que la vida no desaparezca.

¿Qué es finalmente la vida?

La vida es una forma particular de organización de la materia. Es una cualidad que distingue a la materia inerte de la materia viva y se caracteriza porque el ser vivo es organizado, complejo, se autorregula, se reproduce y evoluciona, además de interactuar constantemente con el medio que lo rodea.

Haremos ahora un recorrido por las ideas que intentaron explicar este fenómeno y los personajes que las propusieron.



Figura 4.8. El caballo actual es el producto de una larga evolución desde una pequeña especie de cuadrúpedo ya desaparecida.

Desarrollo histórico de las teorías que explican el origen de la vida

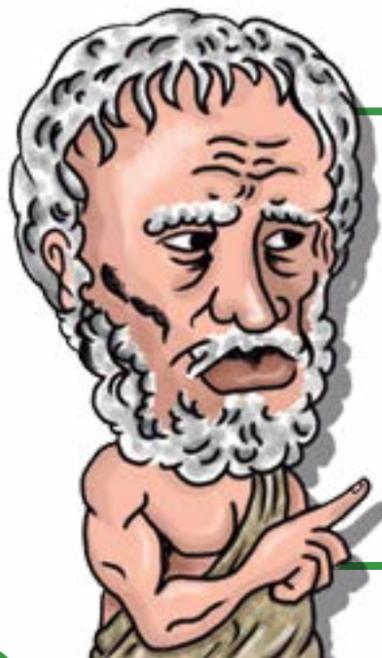
Los seres humanos han intentado explicar el origen de la vida desde tiempos inmemoriales. En las grandes civilizaciones de la antigüedad prevalecieron las ideas que le atribuían al origen de la vida un carácter divino, por lo que muchas de las propuestas en este sentido se reducían a disputas y polémicas de carácter religioso.



Figura 4.9. La creación de Adán de Miguel Ángel, fresco en el techo de la Capilla Sixtina.

El Creacionismo es un sistema de creencias que propone que el universo, la Tierra y todas las especies conocidas hasta ahora fueron creadas durante un breve período de actividad divina por un ser inteligente todopoderoso o Dios y que estas especies se han mantenido sin cambios hasta nuestros días. En la actualidad, esta creencia sigue siendo aceptada por muchas religiones.

La Hipótesis de la Generación Espontánea de la Vida fue otra de las ideas que prevaleció hasta finales del siglo XVIII e inicios del XIX. Esta creencia tuvo sus orígenes en el Mundo Antiguo, en Grecia. Cabe destacar que **Aristóteles** (384-322 a.d.n.e.), un gran naturalista y filósofo griego, creía que algunas especies de peces, insectos y aves podían generarse espontáneamente, a partir de materiales inertes o no vivos. Leamos algunas de las afirmaciones que escribió acerca de estas ideas en su obra *Historia Animalium*.



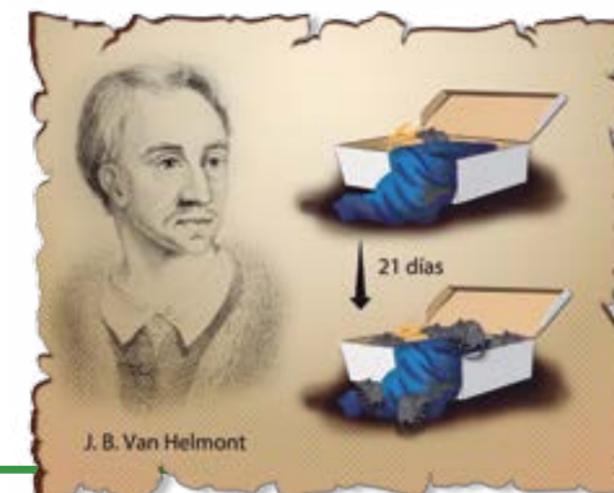
“La gran mayoría de los peces se desarrolla en huevos, pero hay otros que se forman del barro y de la arena. Un depósito de agua, cerca de Cnidos, se secó hasta el fondo; después se llenó nuevamente con agua de lluvia. Entonces se vio que el charco contenía muchos peces pequeños, que eran del tipo del múgil. De estos hechos se deduce que algunos peces vienen espontáneamente a la existencia sin haberse derivado de huevos y de copulación. Lo mismo ocurrió con las anguilas. Es evidente que éstas también se forman a partir del fango húmedo”.

¿Cómo explicarías estos hechos a la luz de los conocimientos modernos? Aunque estas creencias se basaron en observaciones poco cuidadosas y nos resultan hoy hasta risibles, tuvieron un profundo impacto en el progreso de la Biología.

Para Aristóteles, debía combinarse el “principio pasivo” (la materia) con el “principio activo” (la forma), el cual se entendía como la capacidad para formar algo vivo y que se suponía presente en el aire. Al combinarse ambos, surgió la vida.

Aristóteles era reconocido como autoridad en los tiempos clásicos. Durante toda la Edad Media sus escritos fueron estudiados por los árabes, y durante el Renacimiento los estudiosos occidentales copiaron de los árabes los escritos de Aristóteles. Por esta razón, sus ideas prevalecieron durante mucho tiempo.

También otros científicos defendían estas ideas. Jean Baptista van Helmont (1579-1644), un físico, alquimista, médico y filósofo de origen flamenco, propuso una ingeniosa receta para crear ratones, basada en la generación espontánea. Lee a continuación este párrafo de un libro suyo, donde describe paso a paso cómo obtener ratones en 21 días:



“Tómese una camisa sucia, sudada de varios días. Póngase la camisa en una caja conjuntamente con unas espigas de trigo maduro. Llévase la caja a un lugar oscuro y quieto, sin mucha circulación de aire y espere 21 días. Al cabo de este tiempo habrá conseguido ratones. El principio pasivo está en la camisa y el trigo y el principio activo en el sudor humano y en el aire”.

¿Cómo explicarías estos hechos a la luz de los conocimientos modernos?

Si algunos científicos contemporáneos de van Helmont dudaban de su famosa receta, no dudaban en cambio de que otros organismos aparecían espontáneamente a partir de materia orgánica descompuesta o en proceso de putrefacción. Éste era el caso de los “gusanos” que se observan en los restos cadavéricos en descomposición. Hasta bien entrado el siglo XVII, se creía fehacientemente que estos gusanos surgían en las carnes en descomposición como resultado de la generación espontánea.

Francisco Redi (1626-1697), médico y poeta italiano, se opuso, sin embargo, a estas ideas. Valerosamente, se atrevió a poner a prueba esta afirmación y diseñó en 1668 un experimento sencillo, como el que se muestra en la figura. Tomó frascos de vidrio y puso en su interior distintos tipos de carnes: de anguila, de pescado y de res, formando dos series. En una de las series, los frascos se dejaron destapados, mientras que los de la otra serie fueron cubiertos con malla de gasa.

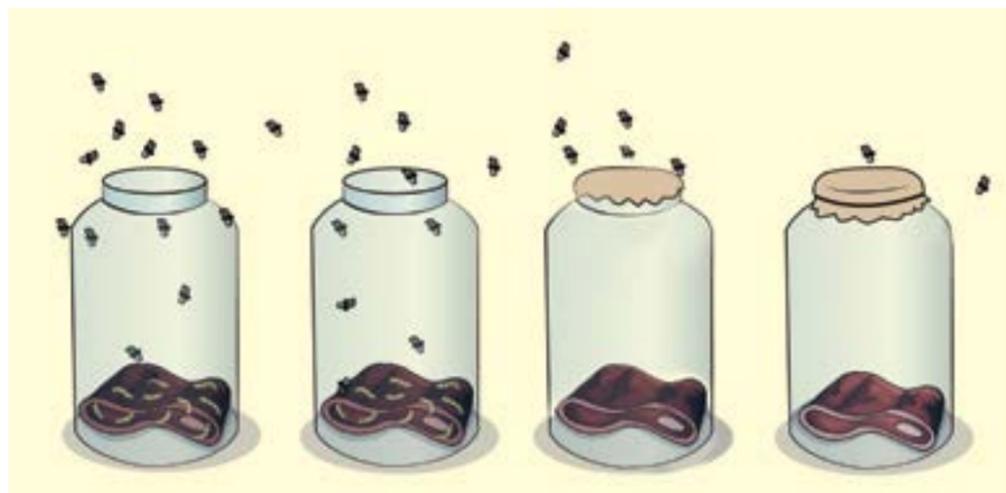


Figura 4.10. Experimento de Francisco Redi.

Redi observó que las moscas acudían a las dos series de frascos por igual, pero los gusanos sólo aparecían en la serie cuyos frascos estaban destapados. Además, observó que los gusanos iban consumiendo todos los restos de carne rápidamente y al final quedaban quietos, como aletargados, y tomaban una forma oval.

Con cuidado sacó algunos de aquellos gusanos endurecidos y los puso en un frasco aparte cubierto de papel, observando que de ellos salían, días más tarde, sendas moscas. Redi concluyó que:

“Habiendo considerado los hechos anteriores empecé a pensar que las larvas eran los renuevos de las moscas y no derivados de la descomposición de la carne. La hipótesis me pareció plausible, porque antes de la aparición de las larvas siempre encontré sobre la carne moscas adultas idénticas a las que surgían de los gusanos endurecidos (pupas). Ninguna larva o mosca nueva apareció en aquellos frascos que mantuve cerrados con gasa, aunque la carne se descompuso, emitiendo un olor nauseabundo hasta casi secarse y tornarse en un delgado despojo maloliente”.

De esta forma, Redi asestaba un duro golpe a la hipótesis de la generación espontánea. Estableció así la idea de la **Biogénesis**, que sostiene que la vida procede de vida preexistente. Muchos estudiosos de la época aceptaron sus resultados, pero sólo si éstos se usaban para explicar la aparición de organismos macroscópicos. Cabe destacar que ya para ese momento se habían inventado los primeros microscopios y el holandés Anton van Leeuwenhoek había descubierto la vida microscópica. Por esta razón, los resultados del experimento de Redi, desde el punto de vista de los seguidores de la generación espontánea, no eran extensibles a los microbios. Se pensaba aún que éstos surgían espontáneamente.

Para saber más...

Francisco Redi fue el primero en probar su hipótesis con métodos experimentales. De hecho, lanzó su frase icónica: “La creencia es vana sin la confirmación del experimento”, que se considera el primer hito en el surgimiento de la Biología moderna.



Como puedes apreciar, la disputa entre los seguidores de la generación espontánea y los de la biogénesis seguía dando de qué hablar en el mundo científico, sobre todo cuando se descubrió que haciendo simples infusiones de paja y dejándolas al aire libre, éstas se colmaban de microorganismos en pocos días. Los primeros decían que los principios pasivo (el caldo) y activo (el aire) al combinarse generaban los microbios, mientras que los segundos opinaban que en la paja y en el aire debían existir esporas de los microbios. Algunas esporas eran lo suficientemente resistentes al calor y no morían, y las que flotaban en el aire, al caer en el caldo se desarrollaban rápidamente.

Aunque la explicación de estos últimos resultaba un poco extraña en esa época, tenían, sin embargo, una gran ventaja... ¿no adivinas cuál es? ¡Podía ser probada experimentalmente! Y fue precisamente lo que hizo Louis Joblot (1645-1723) en 1711. Hirvió paja durante media hora. Puso luego cantidades iguales de la infusión aún caliente en dos frascos idénticos. Dejó uno abierto y el otro tapado con pergamino. Él pensaba que los microbios procedían de las esporas, pues era del bando biogenista. En efecto, a los pocos días la infusión en el frasco destapado estaba turbia, y estaba íntegra la del frasco tapado. Pero si le retiraba el sello, de igual modo se ponía turbia y pletórica de microbios en breve tiempo.

Pareciera que estos experimentos eran suficientes para poner fin a tanta disputa, pero no... aún faltaba mucho por recorrer.

La polémica entre Needham y Spallanzani comenzó en 1745 cuando el primero de estos personajes, un sacerdote, médico y biólogo inglés, John Turberville Needham (1713-1781), hirvió caldo de carne y lo colocó en un matraz de vidrio y lo tapó con corcho. Luego de varios días el caldo estaba poblado de microorganismos. Y daba el mismo resultado si el caldo era de semillas, de paja, de trigo o de calabazas. Como podrás imaginar, estos resultados fueron aplaudidos fervientemente por los seguidores de la Generación Espontánea.



Figura 4.11. Experimentos de John T. Needham a favor de la generación espontánea.

Las comunicaciones en aquella época no eran tan expeditas como ahora. Por ello, fue sólo años más tarde cuando otro sacerdote, biólogo y médico, esta vez italiano, Lázaro Spallanzani (1729-1799), rechazó las conclusiones de Needham y en 1769 realizó el experimento de aquél, pero con ciertas variaciones: hirvió el caldo de carne por tiempo más prolongado, más de una hora. Lo vertió aún hirviendo en matraces de vidrio: unos fueron tapados con corcho, como lo hacía Needham, y los otros los selló al fuego. Los microorganismos aparecieron rápidamente en los matraces tapados con corcho, pero no en los que estaban sellados herméticamente.

Pero Needham, al enterarse de estos resultados, los refutó diciendo que al sellar los matraces de forma hermética, Spallanzani había impedido que el principio vital o activo del aire se pusiera en contacto con el principio pasivo del caldo y que de esa manera había impedido la generación espontánea de los microbios.

Spallanzani se apresuró a destapar los matraces sellados y que hasta ese momento estaban libres de microbios. ¿Qué crees que pasó? Efectivamente, en pocos días se pusieron turbios y pululaban los microorganismos en ellos.

- Claro, las esporas que flotan en el aire cayeron dentro y se desarrollaron en él, dijo Spallanzani.
- No, el principio vital del aire se ha combinado con el principio pasivo del caldo y ha ocurrido el milagro de la vida, refutó Needham.

Qué encarnizada disputa. ¡Los biogenistas diciendo que el aire era fuente de contaminación de los caldos y los abiogenistas que era necesario para la generación espontánea de la vida! La controversia entre estos grupos duró casi 200 años.

El genio y el ingenio de Louis Pasteur

En 1864, y no en la cómoda privacidad de su laboratorio, sino frente a la Comisión de la Academia Francesa, Pasteur, quien estaba a favor de la Biogénesis y, por otra parte, F. A. Pouchet (1800-1872), quien representaba a la fracción abiogenista, dejaron claras sus reglas y se pusieron manos a la obra, cada cual a demostrar sin equívocos su teoría. ¿Imaginas a los seguidores de la Generación Espontánea? Seguramente murmuraban entre sí y no creían posible que los microbios se reprodujeran, que tuvieran hijos.

Louis Pasteur (1822-1895) era un biólogo y químico de origen francés. En ese momento era ya reconocido por varios importantes trabajos en isomería óptica y por el desarrollo del método de pasteurización, el cual todavía utilizamos. Sin amilanarse, Pasteur diseñó un experimento sorprendentemente ingenioso y sencillo.



Figura 4.12. Louis Pasteur y sus matraces con cuello de cisne.

¿No decían los abiogenistas que el aire era necesario para que se generara vida? Pues en su experimento, Pasteur, luego de haber llenado los recipientes con caldos nutritivos, llevó los cuellos de los matraces al fuego, donde los ablandó y alargó, para curvarlos en forma de cuello de cisne. Posteriormente procedió a hervir los caldos por una hora como lo hizo Spallanzani. Después los dejó en reposo.



Figura 4.13. Experimento de Louis Pasteur, con el cual destruyó definitivamente la hipótesis de la generación espontánea.

Pasteur observó que las esporas, mohos y todas las partículas que flotaban en el aire quedaban depositadas en la curvatura del cuello de cisne y, aunque el aire entraba y hacía contacto con el caldo, éste nunca se contaminó. La curvatura del tubo era suficiente para retener el polvo y las esporas. Con ello el caldo se mantenía estéril indefinidamente.

Para saber más...

Muchos de los matraces de Louis Pasteur reposan hoy en día en el Instituto Pasteur, de París, y todavía permanecen inalterados y estériles, luego de más de 150 años.

El día de la demostración, Pasteur llevó muchos matraces relucientes ante la Comisión de la Academia Francesa. Por su parte, Pouchet estaba tan sorprendido, que se negó a mostrar sus experimentos. Pasteur rompió algunos de los cuellos de cisne de sus matraces y dejó que entrara el aire contaminado. A otros matraces tan sólo los inclinó, para que el caldo bañara las paredes del cuello de cisne, regresándolo luego a la posición normal.

Al cabo de tres días de observación, los caldos de estos últimos matraces estaban turbios y rebosantes de microbios. Así, la Comisión decidió a favor de Pasteur, quedando claramente demostrado que toda vida procede de vida preexistente. Sin duda, Pasteur obtuvo una nueva y resonante victoria.

¿Qué se logró finalmente?

Los estudiosos y científicos de la época, ante la demoledora aclaratoria de Pasteur, avivaron sus debates acerca de cómo y cuándo apareció la vida en la Tierra. Los trabajos de Pasteur revelaron que un organismo sólo puede existir a partir de otro preexistente. Entonces, si no surgió la vida por generación espontánea, ¿cómo lo hizo?, ¿lograron estos experimentos demostrar el origen de la vida?

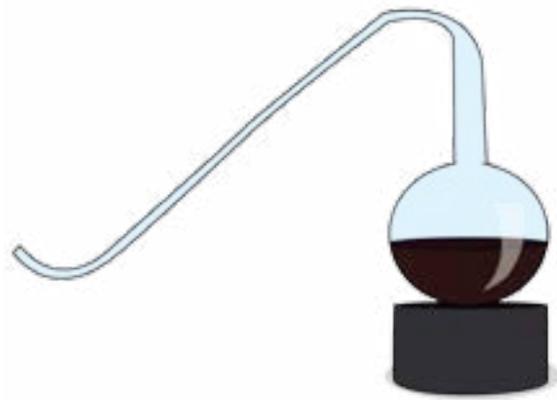


Figura 4.14. Modelo de matraz con cuello de cisne, de los experimentos de Pasteur, como los que se exhiben en el Instituto Pasteur de París, Francia. El caldo se mantiene estéril hasta hoy.

El siglo XIX fue pródigo en acontecimientos que aclararon las ideas erróneas de la generación espontánea, pero que también contribuyeron a armar el escenario de los tempranos años del siglo XX, cuando se explora de nuevo el tema y surgen hipótesis más acertadas acerca del origen de la vida.

Si nos remontamos en un ejercicio mental hasta el primer organismo vivo, ¿cuándo apareció?, ¿cómo ocurrió? En las próximas páginas retrocederemos en el tiempo hasta la época en que se formó la Tierra y asistiremos a los poderosos procesos que dieron lugar al mundo en que vivimos. Ello será la partida para comprender los fenómenos que dieron origen al surgimiento de la vida.



Figura 4.15. La Tierra vista desde el espacio.



¡Hagamos pares!

Mira las proposiciones de la columna B, que contienen algunos aportes de los científicos de acuerdo a sus posiciones con respecto al origen de la vida e intenta hacer pares con sus nombres correspondientes. Sólo debes trazar una línea recta o diagonal que una la proposición con el nombre que le corresponda. Consulta en la lectura tus dudas. Éxito en tu tarea.

Columna A	Columna B
Francisco Redi	Representaba a los abiogenistas frente a la Comisión de la Academia Francesa.
Louis Pasteur	Diseñó una receta para obtener ratones en 21 días.
Jean Baptista van Helmont	Intentó demostrar la generación espontánea de los microbios con sus trabajos con caldos nutritivos.
John Needham	Demostró cabalmente la biogénesis con sus matraces con cuello de cisne.
Louis Joblot	Intentó demostrar la biogénesis de los microbios en infusiones con paja.
F. A. Pouchet	Realizó experimentos para demostrar la biogénesis de los gusanos en las carnes.

¿Quién tuvo la razón?

Los seguidores de la generación espontánea pensaban que la vida podía surgir a partir de materia inerte. En la actualidad sabemos que la vida surge sólo de vida preexistente, es decir, un gatito surge como consecuencia del acto reproductivo de los padres, que a su vez vinieron al mundo gracias al acto reproductivo de los suyos, y así sucesivamente.

Por otra parte, los seguidores de la biogénesis, aunque acertados en sus ideas, las cuales estaban experimentalmente demostradas, no podían explicar cómo surgió el primer ser vivo, del mismo modo que los abiogenistas no podían explicar cómo se organizaban los materiales abióticos para originar la vida. ¿Quién tuvo finalmente razón? ¿Estaban todos equivocados? ¿O todos tenían parte de la verdad?



¿Biogénesis o generación espontánea? Microorganismos en un cultivo

Prepara de manera rápida y sencilla un cultivo de microorganismos y razona a partir de él sobre la teoría de la biogénesis.

¿Qué necesitas?

- Hojas de pasto seco.
- Unos granos de arroz cocido.
- Agua mineral.
- Un frasco de boca ancha.
- Microscopio óptico.
- Gotero.
- Cubre y portaobjetos.



¿Cómo lo harás?

Introduce unas cuantas hojas de pasto seco en un frasco de boca ancha. Cubre con agua mineral la paja y agrega dos o tres granos de arroz cocido. Deja el frasco destapado en un lugar fresco y sombreado durante varios días.

¿Qué observas?

¿Qué cambios observas en el sistema con el paso de los días? Anota los aspectos relacionados con el color, olor, turbidez, etc.

Observación microscópica

- Justo al terminar de montar el cultivo, toma una gota del mismo, ponla en un portaobjetos, tapa con un cubreobjetos y obsérvala con el microscopio. Utiliza aumento de 10X.
- Dibuja en tu cuaderno lo observado.
- Posteriormente, toma una gota del cultivo de microorganismos maduro (con más de 8 días de montado) usando el gotero. Colócala en el portaobjetos limpio y cubre con la laminilla cubreobjetos. Llévala al microscopio y observa con aumento de 10X.
- Dibuja en tu cuaderno lo observado.

¿Cómo lo interpretas?

- ¿Qué cambios observaste con el microscopio?
- ¿Cómo los puedes explicar? Razona tu respuesta.



Entrevista imaginaria con...

Por equipos, escojan cada uno a un personaje de la historia presentada en esta lectura. Indaguen un poco más sobre él y lo que realizó. También obtengan más datos sobre su contexto y su época. Preparen las preguntas y respuestas para una "entrevista imaginaria". Uno de ustedes será el personaje y los demás del equipo serán los periodistas, en cada caso. Las respuestas deben reflejar lo que de verdad pensaba el investigador en cuestión.



Actividades de autoevaluación

1) Completa el siguiente cuadro, rellenando la información que falta.

Hipótesis	Postulado	Científicos representantes
Generación Espontánea	La vida surge a partir de la materia inerte, al combinarse el principio vital o activo con el principio pasivo (la forma). El principio activo es una capacidad para algo y se asocia al aire.	
	Sistema de creencias que sostiene que el Universo, la Tierra y toda la vida en el planeta fueron creados por un ser todopoderoso o Dios.	Ideas aceptadas por muchas religiones en el mundo y que prevalecen hasta hoy.
Biogénesis		Francisco Redi Louis Joblot Lázaro Spallanzani Louis Pasteur

2) Razona los siguientes cuestionamientos:

- ¿Qué objeciones o críticas se le hacen a la hipótesis de la generación espontánea?
- ¿Qué puntos fuertes tenía la hipótesis de la generación espontánea?
- ¿Qué demostraban realmente los experimentos de Redi, Spallanzani y Pasteur?
- ¿Cuáles fueron los nuevos cuestionamientos que se plantearon los científicos, luego de echarse por tierra la generación espontánea?

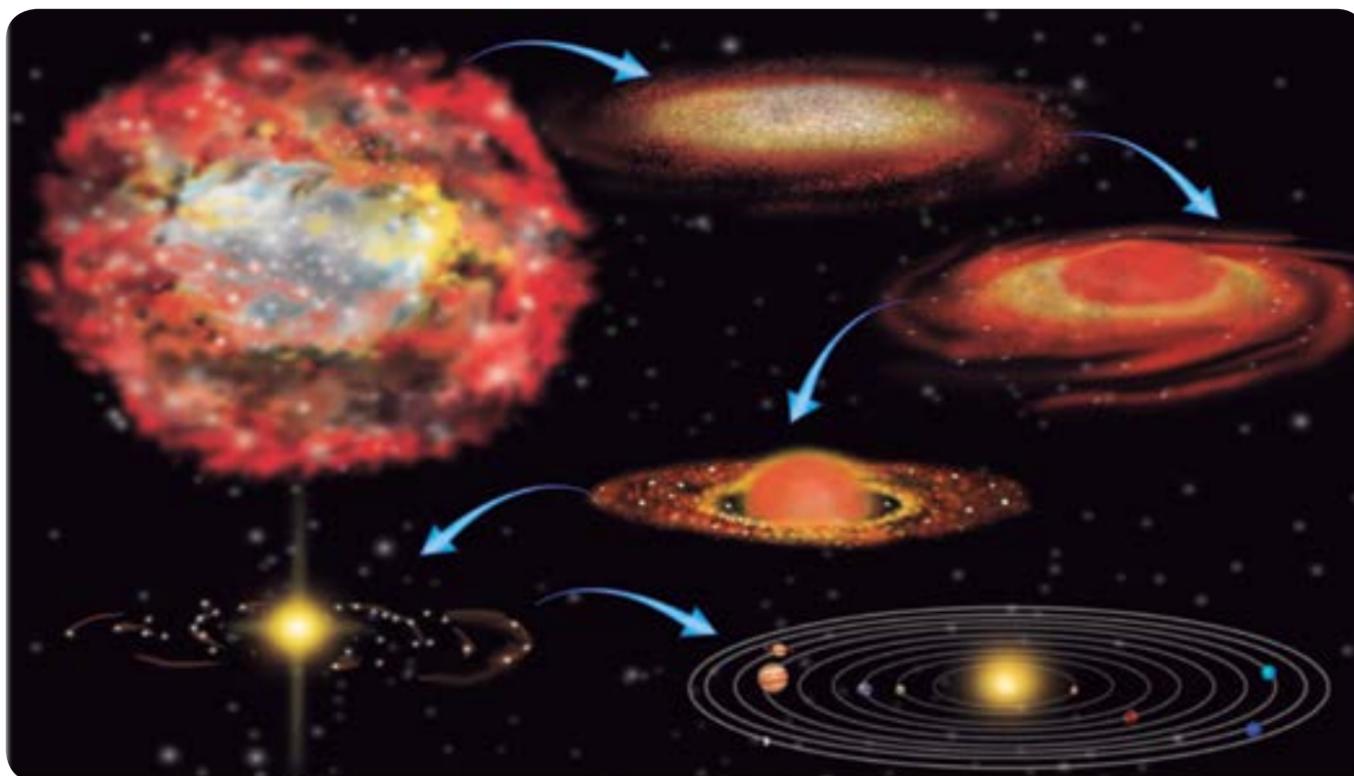
3) ¿Cuáles aspectos en los trabajos de Francisco Redi los hacen tan importantes para la Biología?

4) A veces, las personas ven que han salido manchas de moho en la ropa y dicen "No es nada, es la humedad". ¿Estás de acuerdo con esa afirmación? ¿Por qué?

5) Enumera algunas características de la materia viva.

6) Intenta definir "vida" con tus propias palabras.

¿CÓMO ERA EL AMBIENTE DONDE APARECIÓ LA VIDA?



La destrucción por parte de Louis Pasteur de las ideas acerca de la Generación Espontánea de la vida, unida a otros hitos históricos de gran importancia como la síntesis de materia orgánica en el laboratorio, tal como hizo Wöhler al obtener urea en 1828, así como las ideas evolucionistas propuestas por Darwin, fueron decisivas para abrir nuevas incógnitas en torno al problema del origen de la vida y para la búsqueda de evidencias que le dieran respuesta.

¿Has jugado con tacos de armar? Todas las piezas no son iguales. Algunas son cuadradas, otras alargadas, unas redondas y otras rectangulares. Uniendo pequeñas piezas vas dando forma a una puerta, a una ventana, a un techo. Luego unes todas las pequeñas partes y haces una casa o un camión. Más o menos de la misma manera se construyó la materia viva. La vida en la Tierra surgió como consecuencia de la evolución molecular. ¿Cómo es posible esto? Se ha pensado que el concepto de evolución debe ser más general y no iniciarse con el primer ser vivo. Esto significa que debió haber ocurrido una evolución abiótica primeramente: una evolución de las moléculas inorgánicas.

Para comprender esto debemos abordar una máquina del tiempo y retroceder hasta hace unos 3.800 millones de años, cuando nuestro planeta recién se formaba; e intentar reconstruir, con base en evidencia científica comprobable, la cadena de eventos que dieron lugar a la aparición de los primeros organismos vivos. ¿Te embarcas en esta interesante aventura?

Formación de la Tierra

¿Cómo te imaginas la Tierra primitiva? ¿Con feroces dinosaurios, disputándose algún trozo de carne? ¿O con intrincadas selvas de helechos gigantes? Pues ni lo uno ni lo otro se corresponde con la Tierra en sus inicios. Aunque nunca se tenga la certeza de cómo ocurrieron los acontecimientos que dieron lugar a la vida, hay evidencias científicas que nos brindan algunos indicios.

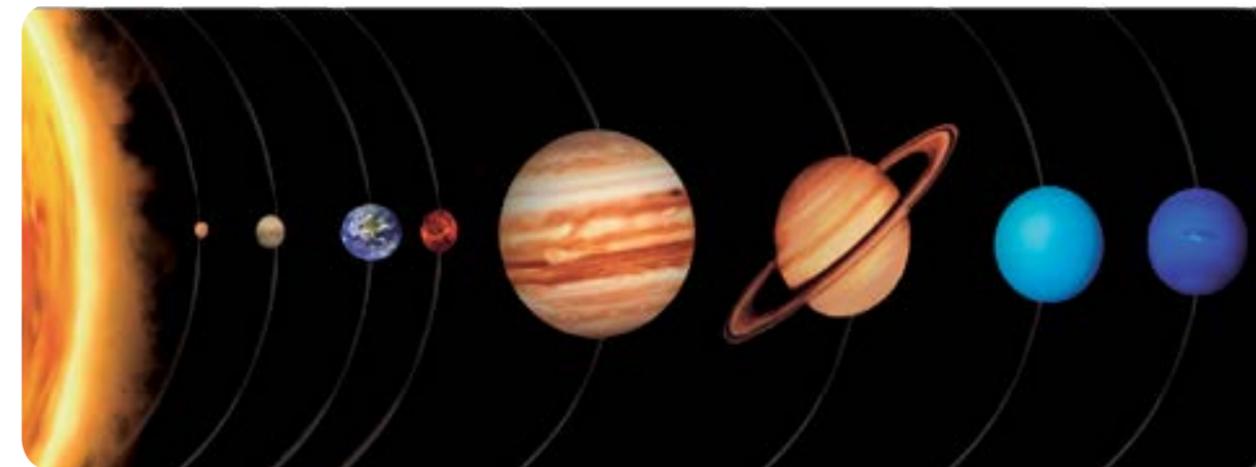


Figura 5.1. Nuestro Sistema Solar está formado por 8 planetas. El tercero desde el Sol, es la Tierra.

La versión moderna de la teoría de Laplace propone que el Sol y los planetas del Sistema Solar se formaron a partir de una nebulosa en rotación que se enfrió, colapsando después, para condensarse en anillos que luego dieron lugar a los planetas. En el centro, que rotaba más lentamente, se formó el Sol. Debido a su masa, los primitivos átomos de hidrógeno se fusionaban dando origen al helio y otros elementos, liberando gran cantidad de luz. En la actualidad, las observaciones de estrellas jóvenes muestran que éstas se encuentran rodeadas por densos discos de polvo.

Pequeñas porciones en el borde exterior de la nube, que giraba más rápidamente, se condensaron formando cientos de pequeños cuerpos sólidos que se movían alrededor del Sol, siguiendo órbitas erráticas. La fuerza gravitatoria hacía que algunos chocaran entre sí, haciéndose más masivos, mientras que la energía producida en el choque hacía que se calentaran a una temperatura capaz de mantener los materiales fundidos. A medida que disminuyó el número de estos pequeños cuerpos, los choques disminuyeron también, quedando unos pocos grandes cuerpos girando alrededor del Sol, que llamamos planetas. El tercero de ellos, contando desde el Sol, es la Tierra.



Figura 5.2. Formación de la Tierra.

Al principio, la Tierra era una gran masa incandescente de material rocoso fundido. Los materiales más pesados como el hierro y el níquel se hundieron hasta el fondo, mientras que los más ligeros, como el silicio y el aluminio, se quedaron más cerca de la superficie. Los elementos gaseosos quedaron atrapados por la fuerza de gravedad. Lentamente, la temperatura comenzó a bajar en la superficie, por lo que el vapor de agua pudo condensarse y formar nubes. Las incessantes lluvias ayudaron a enfriar la superficie, que era un hervidero de magma fluyendo por todas partes. En este tiempo, nuestra Tierra era más parecida a un infierno, envuelto en una atmósfera irrespirable compuesta principalmente de dióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua. Pero eso no fue todo. Un protoplaneta colisionó aparatosamente con la Tierra, y de la marejada de materiales que se desprendió de ella y que quedó atrapada en su órbita, nació la Luna.

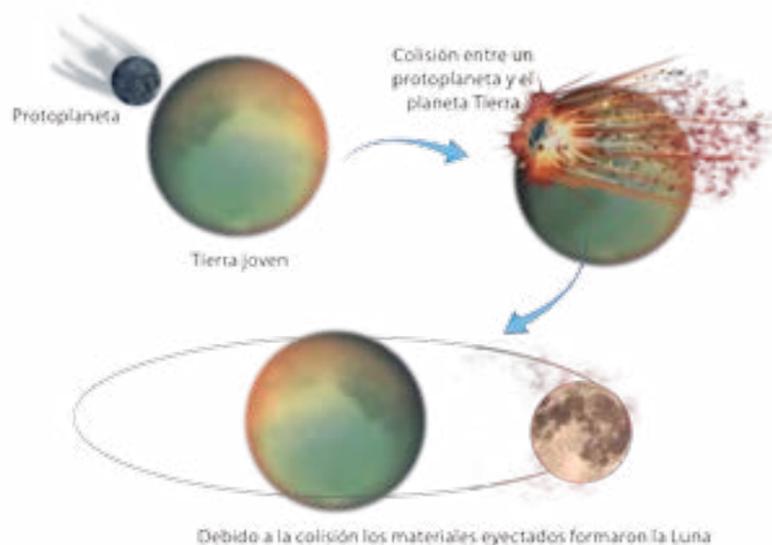


Figura 5.3. Formación de la Luna.

Las tormentas ocurrían sin cesar, estimuladas por la rápida rotación del planeta, pero poco a poco se fue haciendo más lento el giro y las temperaturas continuaron bajando. El agua líquida fue ocupando los espacios bajos de la superficie terrestre, formándose los primeros mares y océanos, pero aún estaban desiertos, sin vida. Además, la Luna estaba mucho más cerca que ahora, lo que originaba mareas intensas que lavaban la superficie. Al alejarse la Luna, se frenó el giro del planeta.

Se cree que la Tierra tiene unos 4.600 millones de años, según las dataciones hechas por fechado radiométrico. Los geólogos estiman que, al menos durante los primeros 1.000 millones de años, el ambiente en el planeta era sumamente hostil. No había vida en él. Las presiones del magma en el interior hacían emerger islas y volcanes que escupían fuego, lava y gases. Desde el espacio caían miríadas de meteoritos que aportaban elementos y compuestos al joven planeta. El agua disolvía los minerales y, poco a poco, se fue convirtiendo en lo que los biólogos modernos llaman el "caldo primordial", una sopa rica en sustancias que reaccionaban constantemente entre sí. ¿Pero, qué formas de energía en aquella época posibilitaban las reacciones químicas?

Para saber más...

La teoría de la Panspermia sostenía que la vida en la Tierra pudo haber tenido un origen extraterrestre. Fue propuesta por Arrhenius en 1908. Por mucho tiempo generó duros debates, pero a la luz de los últimos hallazgos se considera que la vida se originó en la Tierra, aunque con colaboración de "partes químicas" de origen extraterrestre.



Poderosas fuentes de energía en la Tierra primitiva

La Tierra primitiva era un lugar con alta energía. En primer lugar estaba la luz de la radiación solar, que también aportaba energía térmica. También había intenso vulcanismo, tormentas eléctricas, y todo ello bajo un baño permanente de meteoritos que bombardeaban la superficie, liberando grandes cantidades de energía al impactar. Los rayos ultravioleta, por otra parte, penetraban libremente nuestra atmósfera, ya que prácticamente no existía el oxígeno libre y, por tanto, no había capa de ozono. Estos rayos serían letales para la vida moderna. En aquella convulsionada Tierra, la energía se manifestaba en diferentes formas y de manera constante. Los vestigios de vida más antiguos que se han descubierto datan de hace 3.800 millones de años. Esto significa que nuestra Tierra necesitó al menos unos 800 millones de años para que se iniciara la vida en ella.



Figura 5.4. Posible aspecto de la Tierra primitiva. La Luna estaba mucho más cercana a nuestro planeta.

Cómo una atmósfera tóxica pudo favorecer la aparición de vida

La atmósfera en la Tierra primitiva era sumamente tóxica. Estaba compuesta de dióxido de carbono, hidrógeno, amoníaco, metano y vapor de agua. Era una atmósfera reductora ya que, al ser muy pobre en oxígeno libre, no era favorable para la combustión ni para la respiración aeróbica. Contenía mucho hidrógeno combinado con otros elementos. El oxígeno libre en la atmósfera, por tratarse de un elemento muy reactivo, de haber estado presente habría oxidado rápidamente cualquier molécula orgánica. El helio y el neón y gran parte del hidrógeno, por ser muy ligeros, escaparon al espacio.

¿Y qué hay del agua? Se sabe que bajo mucha presión, los átomos de hidrógeno y oxígeno forman agua. Durante mucho tiempo se pensó que bajo las grandes presiones de la Tierra en sus orígenes se formó el agua y que ésta fue expelida en forma de vapor hacia la atmósfera. Se creía que, mientras el planeta estuvo muy caliente, el agua se mantuvo en estado gaseoso. Y que al enfriarse comenzó a condensarse y a caer en forma de lluvia, llenando los lugares bajos.

No obstante, los estudios realizados por la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de EE. UU.) al enviar sondas espaciales para interceptar cometas y asteroides en las cercanías de la Tierra, han demostrado que también en estos cuerpos espaciales hay agua sólida (hielo), por lo que ahora se acepta que parte del agua que hay en nuestra Tierra llegó también del espacio exterior.

¡Ahora sí, la mesa está servida! Las condiciones están dadas para que aparezca la vida. Veremos a continuación cómo pudo haber sido.

Síntesis de los compuestos orgánicos.

La Teoría Quimiosintética de Aleksandr I. Oparin

Durante la década de 1920, el bioquímico soviético de origen ruso Aleksandr Ivanovich Oparin y el biólogo inglés J. B. S. Haldane propusieron de manera independiente una teoría para explicar el origen de la vida. Plantearon que bajo las condiciones inusuales que prevalecían en la Tierra primitiva y bajo las formas de energía existentes, ocurrieron miles y miles de reacciones químicas, que daban lugar a compuestos cada vez más complejos.



Figura 5.5. Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980).

Estas reacciones eran espontáneas y constantes. Así como en la actualidad el oxígeno atmosférico reacciona espontáneamente con los metales, oxidándolos, en aquella época las moléculas presentes reaccionaban originando compuestos más complejos, que a su vez reaccionaban con otros. Algunos de esos átomos y compuestos llegaron procedentes del espacio exterior, en los meteoritos, incluso compuestos orgánicos como purinas y pirimidinas (constituyentes de los ácidos nucleicos) y también aminoácidos (bloques constitutivos básicos de las proteínas), como los hallados en el interior de un meteorito caído en Australia en 1969.

Estas sustancias eran arrastradas a los mares junto con los minerales que eran lavados por el agua de lluvia. Con el tiempo, aparecieron sustancias cada vez más complejas, es decir, de alta masa molecular. En el agua también ocurrían reacciones, sobre todo en la superficie, donde penetraban con mayor poder los rayos solares. Oparin pensó que en los mares poco profundos y en los lodos arcillosos se fueron acumulando estas moléculas. Las arcillas resultan interesantes porque actualmente se sabe que captan monómeros orgánicos y, al contener iones de zinc y hierro, pueden actuar como catalizadores.

El aparato de Stanley Miller: un mini-ambiente de hace 4 mil millones de años

En 1953, Stanley Miller, un estudiante de la Universidad de Chicago, puso a prueba las ideas de su profesor Harold Urey, seguidor de la teoría de Oparin. Si sus suposiciones eran correctas, se podía predecir que se obtendrían compuestos orgánicos si los gases de la atmósfera primitiva se exponían a fuentes de alta energía. Para ello elaboró un tubo de vidrio cerrado, que después de extraerle el aire, llenó con una mezcla de amoníaco, metano, hidrógeno y vapor de agua. Expuso la mezcla a una fuente de luz ultravioleta (UV) y a fuertes descargas eléctricas. Lo dejó funcionar 8 días.

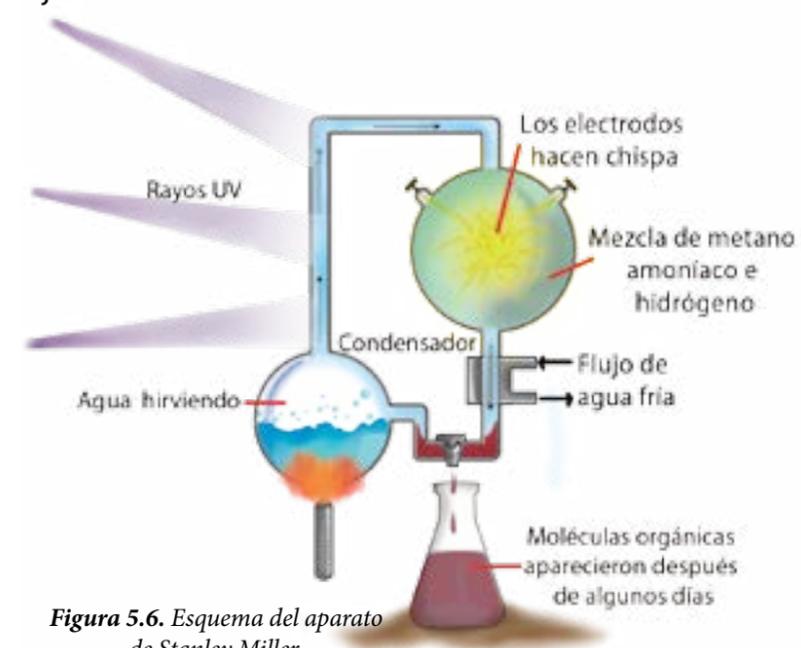


Figura 5.6. Esquema del aparato de Stanley Miller.

Al cabo de ese tiempo, analizó el líquido rojizo que se acumuló en el tubo en U y encontró aminoácidos y una variedad de otras moléculas orgánicas simples. El líquido que circulaba era originalmente incoloro. El cambio de color era un claro indicador de los cambios químicos que estaban ocurriendo en el interior del aparato. Si esto ocurrió dentro de un tubo en tan solo 8 días, ¿te imaginas todo lo que ocurrió en la Tierra en 800 millones de años?

Este aparato reproducía las condiciones pensadas por Oparin y Haldane. El agua que hervía representaba los mares y océanos; las chispas eléctricas, los relámpagos; los rayos UV, las radiaciones procedentes del Sol y del espacio; y la mezcla de gases, a la atmósfera primitiva. El calor que hacía hervir el agua representaba el calor volcánico. Por ello, la contribución de Miller al esclarecimiento del problema del origen de la vida fue muy importante.



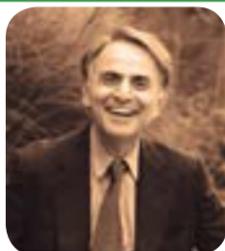
En 1956, Sydney W. Fox, de la Universidad de Florida, aplicando mil grados de temperatura y mezclando algunos aminoácidos sobre un trozo de lava volcánica por períodos variables, logró obtener dipéptidos y péptidos de cadenas largas, llamados protenoides porque no existen en los sistemas vivos.



En 1959, Juan Oro, bioquímico español de la Universidad de Houston, consiguió la síntesis artificial de la adenina, que obtuvo de una mezcla de ácido cianhídrico y amoníaco en agua; agregando más tarde a la mezcla formaldehído obtuvo los azúcares ribosa y desoxirribosa, también componentes de los ácidos nucleicos.



En 1961, Melvin Calvin, en lugar de utilizar las chispas eléctricas que usó Miller, usó electrones acelerados contra la mezcla de gases. Logró obtener azúcares, ácidos grasos y aminoácidos.



En 1965, Carl Sagan, siguiendo el mismo procedimiento de Miller, demostró que con los rayos solares se podía inducir la formación de ATP (adenosín trifosfato), la molécula transportadora de energía en los seres vivos.

Tan pronto se dieron a conocer estos resultados, otros científicos en otros lugares del mundo reprodujeron el experimento con variaciones en el tiempo de exposición a los rayos UV o en las fuentes de energía y en los componentes gaseosos introducidos en el tubo y sus concentraciones, obteniéndose igualmente gran variedad de moléculas orgánicas, entre ellas trece de los veinte aminoácidos que conforman las proteínas en los seres vivos, ATP y bases nitrogenadas. En el cuadro tienes a los más significativos.

Todos los trabajos posteriores al hallazgo de Stanley Miller y Harold Urey, como puedes ver, confirmaron que era posible bajo esas fuentes de energía obtener moléculas orgánicas, presentes en todos los seres vivos. Sin embargo, no se ha podido pasar de las moléculas pequeñas: no se han obtenido proteínas, ni ácidos nucleicos autorreplicantes. ¡Todo es más difícil de lo que se pensó luego del éxito de Miller!

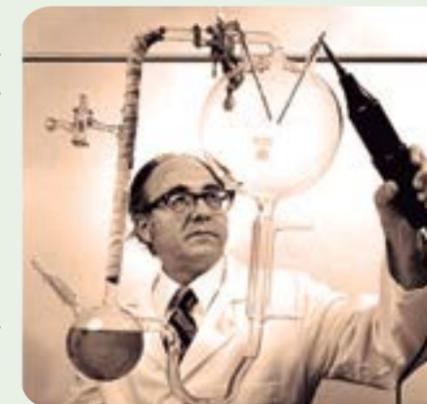


Las moléculas de Miller

Construyendo modelos moleculares tridimensionales, pueden visualizar y comprender mejor las investigaciones que estamos presentando y lo que significan.

¿Qué necesitan?

- Plastilina de diferentes colores, palillos o palitos.
- Libros o ciberpáginas donde se muestre la estructura de los diferentes aminoácidos.



Stanley Miller, años después de su investigación pionera.

¿Cómo lo harán?

Trabajen en pares. Comiencen elaborando los modelos de las moléculas sencillas que se piensa abundaban en la atmósfera de la Tierra primitiva y con las que Miller realizó su experiencia: hidrógeno, metano, amoníaco y agua. Cada tipo de átomo debe ser de un color diferente. En lo posible, usen el código universal: carbono debe ser negro o gris; hidrógeno ha de ser blanco; oxígeno, rojo; y nitrógeno, azul.

Elijan un aminoácido. Cada par de estudiantes debe escoger uno distinto. Construyan su modelo, de acuerdo a la información que obtengan sobre su estructura. Pero usen sólo los átomos presentes en las moléculas de las sustancias sencillas del inicio. ¿Hay aminoácidos que no se pueden construir a partir de los átomos de las moléculas sencillas (simples) estudiadas?

¿Cómo lo pueden interpretar?

- En grupos de 6 (tres parejas), comparen sus moléculas de aminoácidos diferentes. ¿En qué se parecen? ¿En qué no son iguales? Compartan sus conclusiones con el resto de la clase.
- ¿Cómo se piensa que en la Tierra primitiva, a partir de las sencillas moléculas de H_2 , CH_4 , NH_3 y H_2O , se llegaron a sintetizar moléculas complejas como las de sus modelos? Averigüen cómo se unen los aminoácidos en cadenas para formar proteínas. ¿Se ha logrado replicar esto en el laboratorio como en el caso de los aminoácidos? ¿Qué hace falta para que la reacción se dé, además de aminoácidos?

Precursores de la vida: los coacervados de Oparin

Coacervado es el nombre con el que Oparin denominó a las esferas protobiontes o precursoras de la vida obtenidas en condiciones de laboratorio en 1938, como resultado de la organización espontánea de membranas lipídicas en ausencia de vida. Estas membranas aislaban a "gotas" ricas en moléculas orgánicas que exhibían algunas de las características propias de los sistemas vivos.

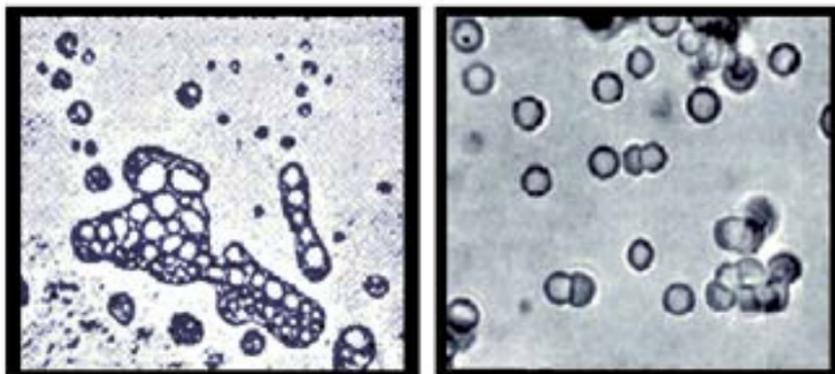


Figura 5.7. A la izquierda, coacervados de Oparin. A la derecha, las microsferas de Sidney Fox.

Al disolver en agua proteínas, tales como la goma arábiga, Oparin observó que se formaban membranas rudimentarias y aparecían en el medio estas gotas o coacervados, observables al microscopio. Las membranas se formaban cuando una capa de agua rodeaba a un grupo de moléculas de proteínas. Pero más aún, estas membranas podían seleccionar algunas sustancias presentes en el medio y aumentar de tamaño (crecimiento). En algún punto se fragmentaban o dividían, dando origen a nuevas gotas coacervadas (reproducción). Además, el ambiente químico interno de los coacervados es distinto del ambiente externo e incluso presentan alguna actividad catalítica en su interior (metabolismo). ¡Esto significa que agregados de moléculas complejas no vivas pudieron haberse organizado para dar origen a células vivas!

Sidney Fox, en 1972, realizó experimentos para verificar si era posible que los aminoácidos obtenidos por Miller y Urey (y en sus propios experimentos de 1956) fueran capaces de organizarse y formar proteínas. Al disolver en una solución ligeramente salina los protenoides obtenidos en sus experiencias, se formaron en gran cantidad lo que él llamó microsferas, las cuales mostraron que estaban rodeadas por una estructura doble muy similar a las membranas de fosfolípidos que envuelven las células modernas. Incluso, fue más allá en su intento de explicar la formación de protobiontes, sugiriendo que este mismo proceso pudo darse en zonas volcánicas activas o en los alrededores de las fumarolas y géiseres, donde el agua caliente era expelida a la superficie, y en donde podían sintetizarse protenoides. Si posteriormente estos lugares se enfriaban por la lluvia, podrían formarse microsferas y, al contar con alguna actividad catalítica, pudieron haber sintetizado otras moléculas orgánicas en su interior.

Aunque estos trabajos muestran que bajo ciertas condiciones fisicoquímicas se pueden formar sistemas aislados no vivos, ni los coacervados de Oparin ni las microsferas de Fox explicaban la evolución de los protobiontes, pues no argumentaban nada en favor de la organización del material genético.

¿Estaban tan equivocados los seguidores de la Generación Espontánea?

Si todas aquellas reacciones químicas entre los compuestos inorgánicos de la Tierra primitiva ocurrieron espontáneamente y dieron origen a compuestos más complejos, y si éstos pudieron en algún punto alcanzar un grado de organización tan elevado que les permitió evolucionar hacia moléculas orgánicas, que pudieron replicarse y organizarse conformando los primeros protobiontes, ¿crees que sería justo decir que los seguidores de la teoría de la Generación Espontánea estaban tan errados en sus apreciaciones?

¿Y qué papel jugó el agua presente en nuestro planeta en todo este proceso? ¿Habríamos obtenido los mismos resultados si no hubiese agua en el planeta? ¿Por qué?



Figura 5.8. De los primeros protobiontes surgió la vida en su enorme variedad, tal como la que se plasma en esta selva del pintor venezolano Feliciano Carvallo (1920-2012).
Fuente: Artesanosdevenezuela.blogspot.com

Está claro que aquellas estructuras protobiontes, sugeridas por Oparin y luego por Fox, aún tenían el reto de llegar a ser autosuficientes, dinámicas y capaces de generar a otras semejantes, ya que en sí mismas no exhibían todas las características propias de la vida. Pero aun así, el surgimiento de esta clase de sistemas significó un paso gigantesco en la organización de la materia, es decir, en la evolución molecular hacia el surgimiento de las primeras células vivas.



Nuestros propios coacervados

Algunas proteínas solubles en agua, tal como lo demostró Oparin, tienden a organizarse formando unidades complejas y bien definidas, semejantes a gotas, a las que él llamó coacervados, los cuales pueden manifestar algunas características propias de los sistemas vivos, como la organización, el crecimiento y el metabolismo. Siguiendo sencillas instrucciones, podrás reproducirlas en el laboratorio.

¿Qué necesitas?

- Agitador.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Papel pH.
- Solución de gelatina al 5%.
- Solución de HCl al 1%.
- Agua oxigenada.
- Azul de metileno.
- Microscopio óptico.
- Goma arábica.
- Gotero.
- Vaso de precipitados de 100 ml.
- Tubos de ensayo.
- Gradillas.
- Levadura liofilizada.
- Pipeta.

¿Cómo lo harás y cómo lo puedes interpretar?

- 1.- Prepara la disolución de gelatina al 5% y de goma arábica al 5%.
- 2.- En un tubo de ensayo mezcla 5 ml de disolución de gelatina al 5% y 3 ml de disolución de goma arábica. Mide ambas cantidades con la pipeta de 10 ml. Mide el pH con una tira de papel pH y anota el resultado.
- 3.- Coloca una gota de la mezcla en el portaobjetos. Tiñe con una gota de azul de metileno. Observa en el microscopio con aumentos de 10X y 40X. ¿Qué observas? Dibújalo en tu cuaderno.
- 4.- Prepara una solución de levadura en 50 ml de agua. Toma una gota y colócala en el portaobjetos. Cúbrela con el cubreobjetos y llévala al microscopio con aumentos de 10X y 40X. Dibuja en tu cuaderno lo observado. ¿En qué se parecen estos organismos vivos a los coacervados? ¿En qué son diferentes? Explica.
- 5.- Agrega 2 gotas de disolución de HCl al 1% al tubo de ensayo con la mezcla de proteínas solubles. Observa si cambia el aspecto de la solución. Mide nuevamente el pH. Anota el resultado. Toma una gota y colócala en el portaobjetos. Cúbrela con el cubreobjetos y llévala al microscopio con aumento de 10X y 40X. ¿Qué observas? Es útil que lo dibujes en tu cuaderno. Compara con los dibujos anteriores. ¿Puedes explicar tus resultados?

Otras reflexiones

1. ¿Qué propiedades tiene la molécula de agua que interviene en la organización de los coacervados?
2. ¿Qué diferencias y semejanzas encuentras entre los agregados moleculares (coacervados) y las células vivas?



Historia de las ideas acerca del origen de la vida: Hagamos un mural

¿Qué necesitas?

Papel bond, marcadores de colores, recuadros de cartulina de diferentes colores, pega, cinta adhesiva, tijeras, etc.



1. Extraigan todas las ideas acerca del origen de la vida y los personajes que las propusieron. Pueden añadir personajes no incluidos en esta lectura.
2. Indaguen acerca de los personajes y elaboren pequeñas biografías.
3. Les sugerimos que sobre un recuadro de color coloquen el nombre de la idea, hipótesis o teoría, y en otro, de diferente color, un párrafo donde se describan los postulados más resaltantes.
4. Las ideas o hipótesis deben estar ordenadas cronológicamente. Pueden colocar las fechas aproximadas cuando surgieron.
5. Utilicen imágenes para que asocien los personajes a sus ideas.

6. Ordenen posteriormente todas las ideas sobre papel bond del color de su preferencia y peguen todos los recuadros y figuras. Coloreen con tizas de colores alrededor.
7. Pueden guiarse con el modelo que se anexa, pero deben ser creativos e introducir todas las variantes e información que deseen para contextualizar las ideas o hipótesis. Recuerden que las ideas o hipótesis han tenido críticas y también aciertos. Y también algunas de ellas cuentan con evidencia científica que las apoyan.
8. Una vez terminado su mural, colóquenlo en un lugar visible de su salón o escuela. De esta manera, todos los miembros de la comunidad educativa podrán refrescar ideas, aclarar dudas y reforzar conocimientos. ¡Pongan manos a la obra!



Tu pintura sobre la Tierra primitiva

Si te gusta dibujar o pintar, puedes crear tu propia versión de un paisaje de la Tierra durante sus primeros años, o de cualquier otro asunto relacionado con el origen de la vida. Oriéntate viendo en la red de internet imágenes realizadas por otros ilustradores e ilustradoras. Consulta de nuevo lo que se explica en la lectura sobre estos temas. Después, se pueden exponer las obras realizadas en algún pasillo del liceo, con una breve explicación al lado de cada una escrita por su autora o autor.



Vida más allá de la Tierra

¿Estamos solos? ¿Hay vida en otros lugares del Universo, en especial, vida inteligente? Los OVNI y los marcianos no tienen fundamento científico, pero el Universo es muy grande y resulta difícil creer que somos los únicos. La Exobiología o Astrobiología se ocupa de estudiar la posibilidad de vida extraterrestre. Estudiantes o equipos interesados pueden repartirse el abordaje de diversas facetas de este gran tema. Algunas posibilidades: búsqueda de pruebas de vida en el Sistema Solar, estudios de las formas de vida más extremas en la Tierra (los "extremófilos"), investigaciones sobre planetas fuera del Sistema Solar, proyectos para detectar posibles mensajes de vida inteligente en otros ámbitos del Universo, indagar sobre quienes a lo largo del tiempo han planteado que hay vida en otras partes o que la vida en la Tierra llegó de afuera (Panspermia), analizar películas sobre vida extraterrestre (¿tienen base científica o son pura fantasía?), analizar cuentos o novelas que aborden el tema, entre otras alternativas.



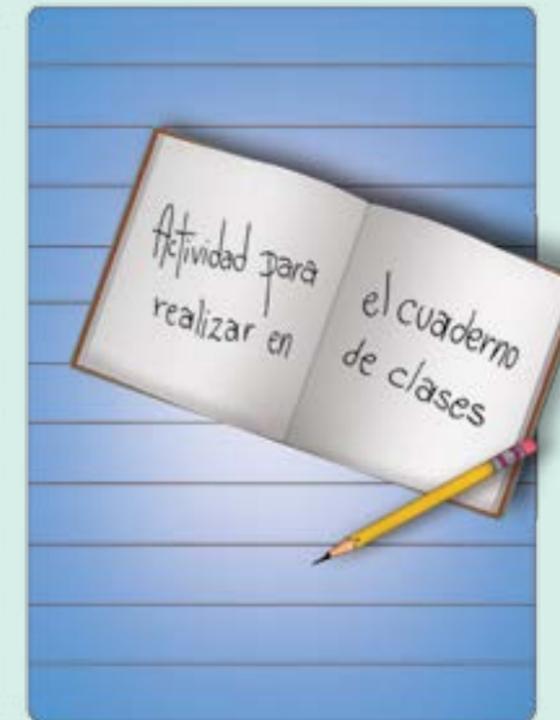
El radiotelescopio de Arecibo, en Puerto Rico, dedica una pequeña parte de su tiempo al estudio de posibles señales de vida extraterrestre.



Actividades de autoevaluación

1. Del lado izquierdo hay una lista de eventos relacionados con el proceso de evolución prebiótica. Organiza los eventos en el orden que realmente les corresponde en las casillas del lado derecho.

Primeras células vivas
Formación del Sol
Formación del sistema solar
Formación del caldo primordial
Formación de los mares y océanos
Formación de la Tierra
Formación de la Luna
Formación de la atmósfera
Evolución de las moléculas complejas
Aparición del ADN
Aparición de los protobiontes
Aparición de las moléculas autorreplicantes

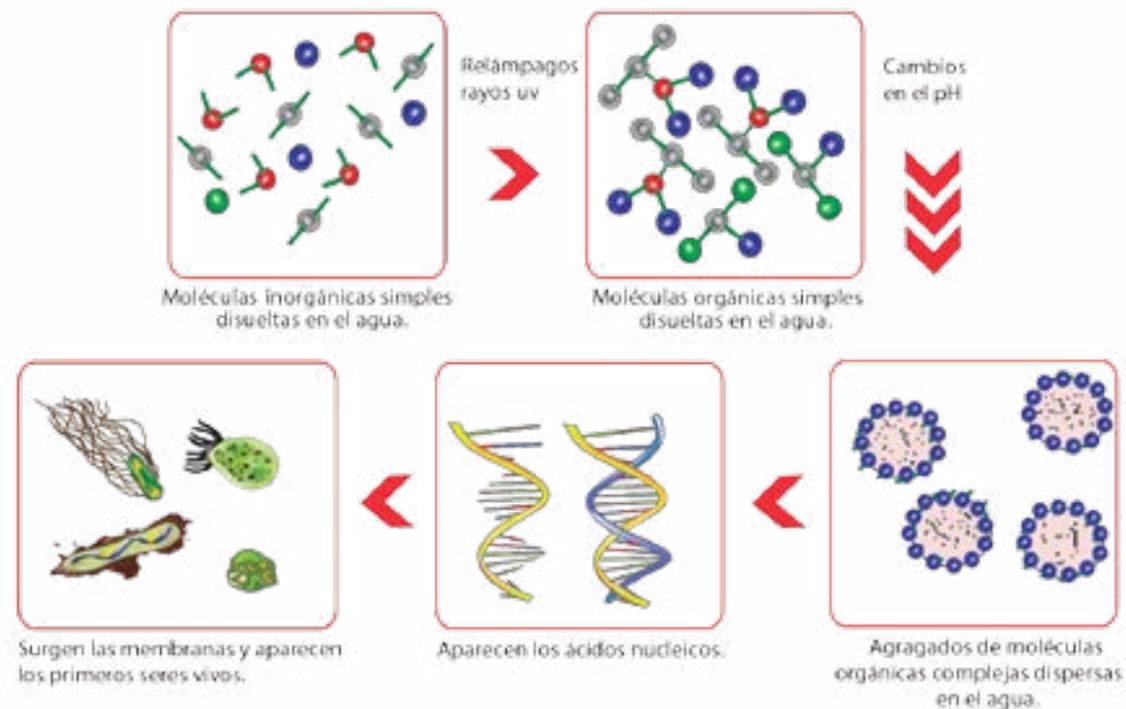


2. Reflexiona sobre lo siguiente:

- ¿Por qué los organismos que actualmente pueblan la Tierra no podrían vivir en las condiciones de la Tierra primitiva?
- ¿Por qué la vida no pudo aparecer en un ambiente rico en oxígeno?
- ¿Qué evidencia científica apoya la idea de que el ARN debió ser el primer ácido nucleico en aparecer?

En la Tierra de hoy está claro que la vida no surge en forma espontánea, sino de vida ya existente. Pero entonces ¿cómo empezó todo? La teoría de Oparin-Haldane da una primera respuesta: sugiere que sí lo hicieron sus componentes básicos, bajo las condiciones de la Tierra primitiva. Posteriormente, Miller y otros científicos han comprobado que muy probablemente, bajo aquellas condiciones, esta respuesta es posible. Moléculas orgánicas simples se concentraron y diversificaron gracias a miles y miles de reacciones mediadas por las abundantes formas de energía disponibles en aquella época, en las charcas poco profundas de los litorales y en las cercanías de áreas volcánicas. En aquellos ricos caldos primordiales, algunas moléculas pudieron aislarse del resto del sistema coloidal en forma de gotas coacervadas o microsferas, pudiendo incorporar otras sustancias desde el medio y conservando alguna actividad catalítica en su interior. Fue Fox quien creyó poco probable que estos procesos hubiesen ocurrido en los mares y océanos por estar allí los materiales muy diluidos. Él postuló que, en cambio, debieron ocurrir en aguas poco profundas y en la superficie de ciertos minerales, como micas y arcillas.

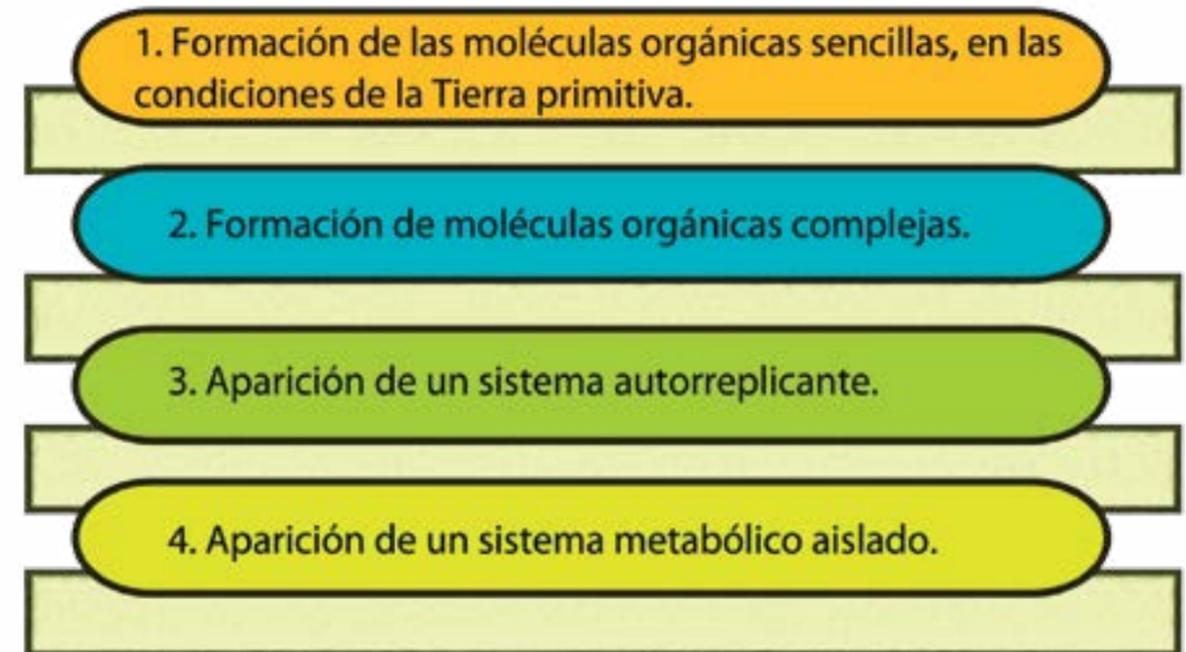
El salto para pasar de simples gotas a las primeras células bacterianas vivas debió implicar que aquellas gotas o microsferas pudieran alcanzar un nivel de organización suficiente como para exhibir características que son propias de los sistemas vivientes, convirtiéndose en sistemas abiertos. ¿Cómo pudieron surgir moléculas orgánicas autorreplicantes? ¿Cómo pudieron autorreplicarse en ausencia de enzimas? ¿Y qué suerte corrieron los primeros seres vivos? ¿Tendrá el agua propiedades que facilitaron la aparición de la vida?



Hipótesis sobre el origen de las formas precelulares

De acuerdo con la hipótesis propuesta por Oparin-Haldane, en las condiciones de la Tierra primitiva y en presencia de las fuentes de energía presentes en aquellos momentos, las pequeñas moléculas de los gases que conformaban la atmósfera primitiva, como vapor de agua, metano y amoníaco (H_2O , CH_4 y NH_3) reaccionaron entre sí para formar moléculas orgánicas muy sencillas, como aminoácidos (monómeros de las proteínas) y nucleótidos (monómeros de los ácidos nucleicos). Como sabemos, un monómero es una molécula que si se une a otras similares forma cierta molécula grande. Durante un largo período, el agua de las zonas bajas de los mares y océanos se convirtió entonces en una especie de caldo nutritivo, que ha sido llamado "caldo primordial", donde moléculas inorgánicas y orgánicas no sólo se concentraban junto a miles de partículas en suspensiones coloidales, sino que reaccionaban químicamente entre sí para originar moléculas cada vez más complejas.

La sola existencia de moléculas orgánicas no era suficiente para construir un ser vivo rudimentario. Era necesario ascender un nivel más arriba, para que esas moléculas orgánicas fuesen ensambladas en estructuras semejantes a las de las células naturales. Se cree que las primeras formas de vida aparecieron gradualmente, como resultado de la organización de esas moléculas en el caldo primordial, al surgir algunas tan complejas que fueron capaces de replicarse a sí mismas. Pero en un medio tan competitivo como los caldos primordiales, era muy importante que cada sistema se aislara de los otros, gracias a una membrana. Este proceso puede resumirse en cuatro fases:



¿El gran paso lo dio el ARN?

Los sistemas membranosos (coacervados o microesferas) todavía no eran seres vivos. Era necesario que adquirieran la capacidad de segregar porciones de sí mismos y con sus mismas características, es decir, de reproducirse. Pero para ello se requería una molécula que pudiera replicarse a sí misma y que almacenara información: un material genético. Pero no había proteínas ni tampoco el material genético que las codifica en ese momento. Esto planteaba un problema semejante al del huevo y la gallina, pues la síntesis de ARN y proteínas requiere ADN y la síntesis de ADN, requiere proteínas (enzimas). ¿Quién fue primero, las proteínas o los ácidos nucleicos?

Para responder a tales interrogantes se ha planteado la hipótesis del **Mundo de ARN**. Se cree que la evolución de las moléculas autorreplicantes se inició hace unos cuatro mil millones de años y que la primera molécula orgánica capaz de replicarse a sí misma fue el ARN (ácido ribonucleico). Hoy se sabe que los ARN poseen forma tridimensional, como las proteínas y, por tanto, pueden actuar como catalizadores o enzimas. De hecho, los ARN catalíticos se llaman "ribozimas" y se encuentran en los ribosomas, que son complejos de macromoléculas encargados de sintetizar proteínas en las células, tanto de eucariotas, como de procariontes y de virus.

Algunos científicos creen que en el caldo primordial los segmentos de ARN se replicaban a sí mismos, pero era necesario que estuvieran cerca de otros, que pudieran actuar catalizando la síntesis de los primeros. Esto también se ha comprobado experimentalmente. Si se colocan trozos cortos de ARN en un tubo de ensayo, no sólo se replican a sí mismos, sino que son capaces de unirse y formar segmentos más largos (polinucleótidos). Se sabe además que las ribozimas catalizan reacciones de aminoácidos en los ribosomas.

Leslie Orgel (1927-2007), del Instituto Salk de California, EE. UU., logró junto con sus colaboradores la síntesis espontánea del ARN en las condiciones de los caldos primordiales, sin mediación de enzimas. Logró retazos de ARN de más de 40 nucleótidos, cortísimos, si se los compara con los millones que contiene un gen humano.

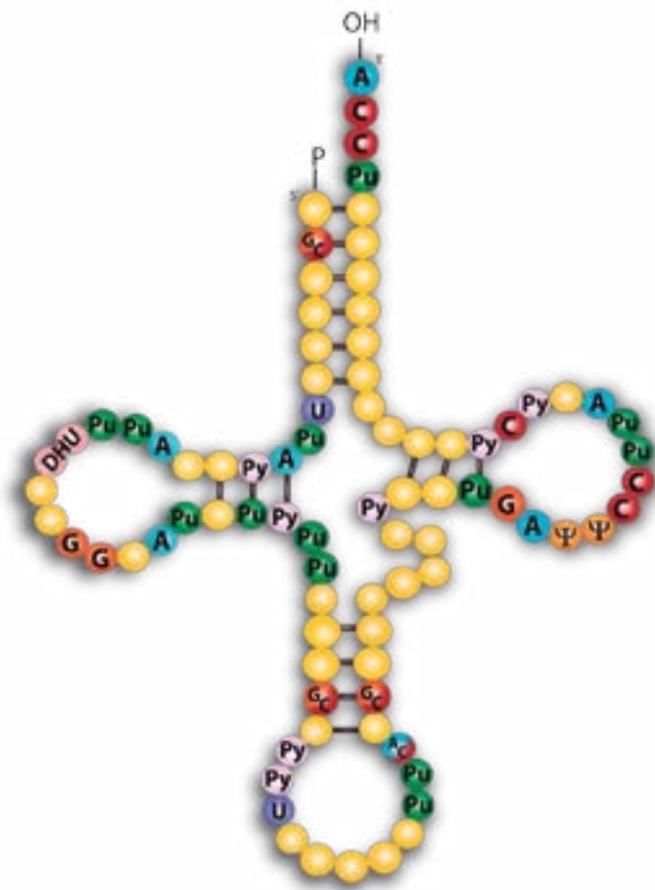


Figura 6.1. El ARN de transferencia (ARNt) es una molécula no lineal.

En el marco de la hipótesis Mundo de ARN, algunos científicos han sugerido que el ADN pudo surgir a partir de una posterior evolución de los ARN, debido a que es mucho más estable desde el punto de vista químico. Es posible que muchos de los primeros ADN se degradaran rápidamente por la acción de los rayos UV procedentes del Sol o mutaran, dañando irremediablemente los sistemas en los cuales se encontraban. Pero como algunas membranas eran más eficientes que otras, los que estuvieron protegidos por membranas eficaces se estabilizaron lo suficiente como para almacenar información hereditaria y transmitirla a sus descendientes, surgiendo entonces el primer ser vivo que dio paso a los procariontes. Las bacterias fueron por tanto, y durante un muy largo período, los únicos habitantes de la Tierra.

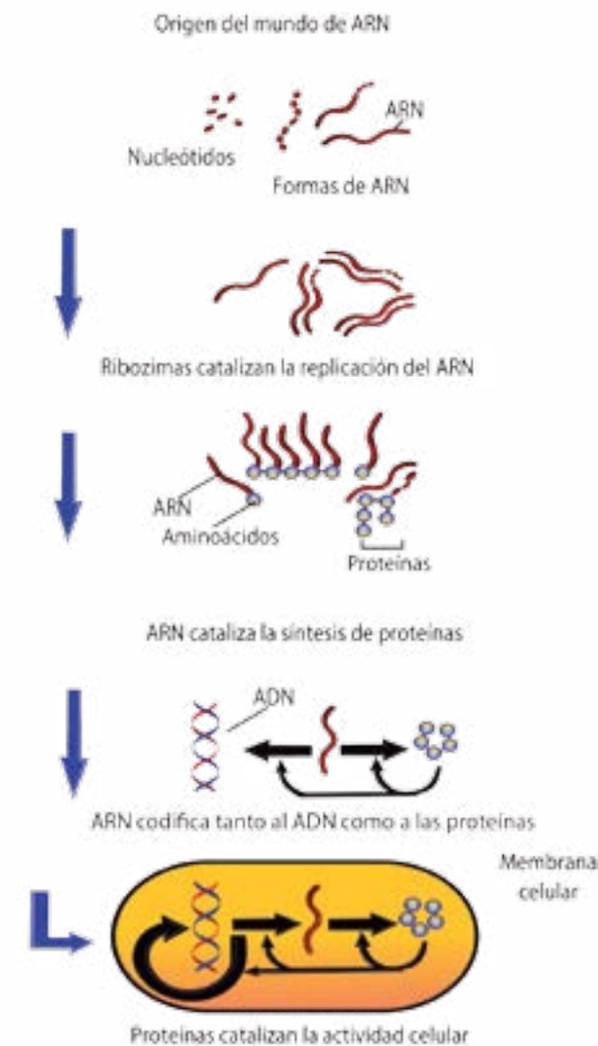


Figura 6.2. Aparición y evolución de los ácidos nucleicos, según la hipótesis del Mundo de ARN.

No obstante, la hipótesis del Mundo de ARN tiene también muchos detractores. Para que se formara el primer ARN autorreplicante, debieron haber surgido antes azúcar ribosa, fosfatos y las cuatro bases nitrogenadas del ARN. Es poco probable, sostienen algunos científicos, que en las condiciones prebióticas surgieran estos compuestos, particularmente la ribosa. Además, señalan que las ribozimas apenas realizan unas pocas funciones de las miles que pueden realizar las enzimas proteicas y el modelo no explica cómo se produjo el paso desde los ARN autorreplicantes primitivos hasta los intrincados procesos de procesamiento de información genética en las células actuales.

El científico de origen argentino Gustavo Caetano-Anollés (de la Universidad de Illinois, EE. UU.) es uno de los que se opone a la teoría Mundo de ARN. Él piensa que las proteínas y el ARN evolucionaron al mismo tiempo, en interacción. Sus estudios parecen demostrar una antigüedad similar de ambos. ¡La ciencia es dinámica!

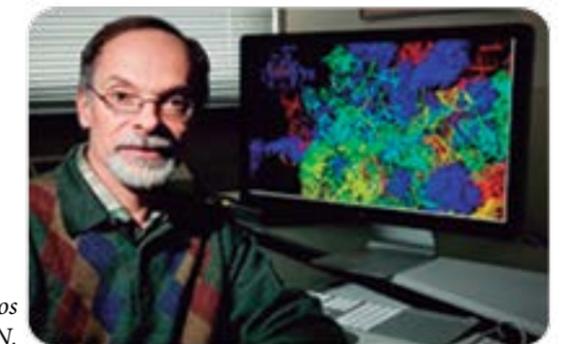


Figura 6.3. Gustavo Caetano - Anollés. Uno de los detractores de la teoría del mundo de ARN.

La importancia de las membranas

Las membranas constituyen un límite de especiales características físico-químicas, que separa el medio interno y el medio externo en las células. Y en las formas precelulares de las primeras épocas de la Tierra, esto tenía gran relevancia, ya que no todas las moléculas disueltas en soluciones acuosas tienden a formar membranas. En un coacervado, por ejemplo, la membrana primitiva que se forma no es químicamente diferente a ninguna de las moléculas presentes, pero sí lo es su organización, que presenta características propias.

El estudio de los coacervados ha demostrado la importancia de aislar el medio interno de éstos dentro de una membrana que permita un intercambio de sustancias a través de ella. Estos procesos de intercambio, conocidos hoy como "transporte de sustancias", pueden ser pasivos como la ósmosis y la difusión, lo que significa que ocurren en función de un gradiente de concentración, es decir, que las sustancias van de donde están más concentradas a donde están menos concentradas. O también pueden ser activos, haciéndose entonces necesario el gasto de energía de la célula viva para forzar el paso de una sustancia en contra del gradiente, lo que implica una mayor complejidad en la membrana. La formación de membranas ha sido crucial en el viaje hacia las formas vivas.

En la Tierra primitiva, es razonablemente posible que algunas proteínas, carbohidratos o grasas presentes en pequeños charcos pudieran haber dado origen a las primeras membranas. Se pudieron haber organizado espontáneamente, como una estructura envolvente, alrededor de una gota coacervada rica en compuestos orgánicos.

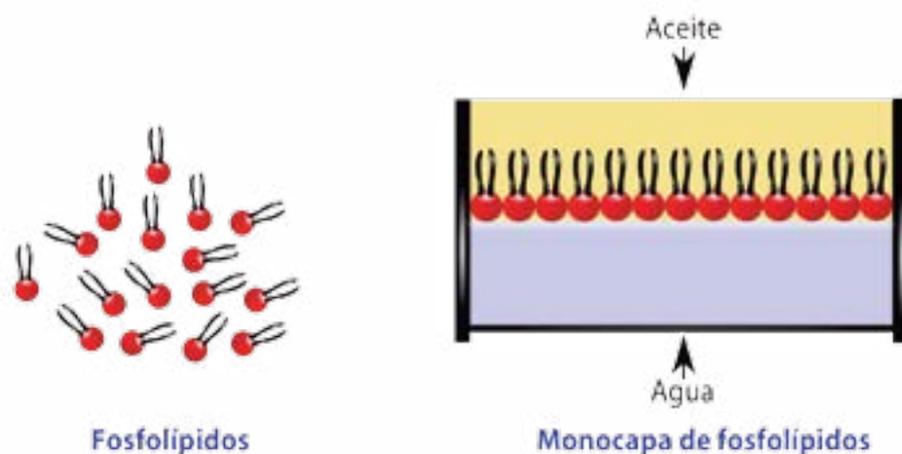


Figura 6.4. Hay moléculas que, por su estructura química, tienen un extremo afín al agua y otro afín a las grasas. Los fosfolípidos son un ejemplo de ellas. Estas moléculas, si se ubican en una interfase aceite - agua, forman espontáneamente una monocapa o capa de una molécula de grosor entre ambos medios.

La evidencia actual demuestra que muchas proteínas se precipitan en forma de gránulos sólidos o como fibras con cierta complejidad dentro de soluciones. Además, las mezclas de proteínas o de complejos de proteínas-grasas pueden formar capas en la superficie de una solución, y lo mismo ocurre con algunos polisacáridos como la celulosa. Las membranas se pueden formar espontáneamente, siempre que haya dos fases de distinta naturaleza física, como por ejemplo, cuando hay grasas y proteínas presentes. ¿Has visto formarse la "nata" sobre la leche caliente o sobre el café con leche? Ahí tienes un ejemplo cotidiano de ello. Como quiera que sea, algunas membranas pudieron ser más apropiadas que otras para favorecer el paso de sustancias hacia el interior de la gota coacervada o microesfera. Las más eficientes facilitaron una mayor organización y complejidad interna.

Cuando segmentos de ARN ancestrales quedaron encerrados en membranas, pudieron aprovechar la acción catalítica de otros ARN en exclusiva dentro de ese minúsculo ambiente interno, lo que no ocurría si estaban libres en la sopa primordial. Pues en una mezcla de ARN autorreplicantes, un ARN capaz de producir una proteína útil eventualmente compartiría esta proteína con otros ARN competidores, lo cual no era muy ventajoso. Se satisfizo así con las membranas la necesidad de mantener una alta concentración de proteínas junto a los ARN autorreplicantes.

Células vivas: hipótesis heterótrofa vs. hipótesis autótrofa

Aunque no se ha precisado con exactitud cómo ocurrió el paso de los protobiontes a células vivas, sí se han logrado establecer algunos hechos válidos en la cadena de eventos que condujo a la aparición de la vida. Por supuesto, los primeros organismos vivos eran muy sencillos. Mucho más que las células más simples de hoy en día, conocidas como micoplasmas.

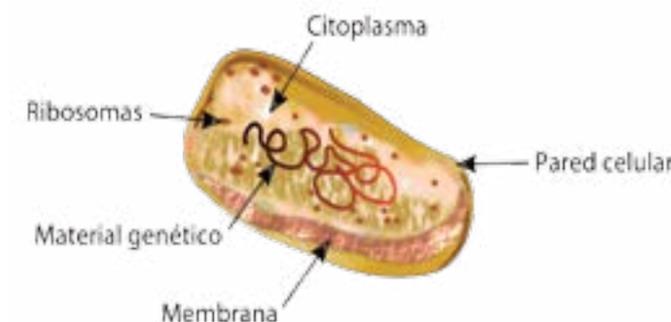


Figura 6.5. Estructura de un procarionta simple.

Las células procariontas más simples (procariontas: sin núcleo definido) se cree que surgieron hace unos 3.500 millones de años. Tanto en Australia como en Sudáfrica se han encontrado microfósiles que datan de esas fechas. También los estromatolitos, rocas en forma de columnas formadas por capas muy delgadas de restos de células procariontas, generalmente cianobacterias, son otra prueba fósil de la existencia de las primeras células.

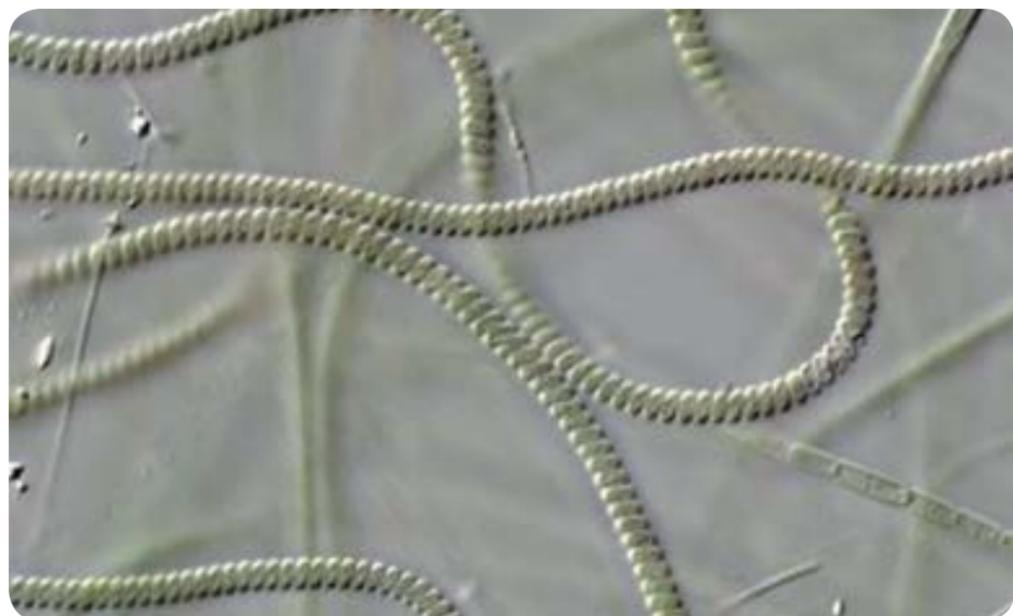
Como quiera que sea, estas primeras células debieron tomar sus nutrientes del medio circundante, del cual obtenían todo lo que requerían, sin necesidad de sintetizarlo. Era una vida bastante simple. Recuerda que estaban habitando en los caldos primordiales, ricos en moléculas complejas, como aminoácidos, azúcares, nucleótidos, etc. Su energía probablemente la obtenían por fermentación, que es un proceso anaerobio, es decir, que no requiere oxígeno. Ten en cuenta que habitaban un mundo sin presencia de oxígeno molecular.



Figura 6.6. Estromatolitos de Shark Bay, en Australia.

Los científicos concuerdan entonces en que estos primeros organismos eran unicelulares procariotas heterótrofos anaerobios. Es lo que plantea la **Hipótesis Heterótrofa**. Por otro lado, algunos científicos han sugerido que los primeros organismos pudieron haber aprovechado la energía solar para almacenarla en forma de energía química, como corresponde a los organismos autótrofos (**Hipótesis Autótrofa**). Pero no se ha aceptado esta hipótesis, por cuanto para realizar tan complejo procedimiento se requiere de pigmentos y estructuras más especializadas, que es poco probable que se hubieran formado tan inmediatamente.

Una explicación más aceptada es que al disminuir los nutrientes por el consumo de los seres vivos, muchos organismos perecieron, y entre los sobrevivientes estuvieron aquéllos que habían sufrido mutaciones que les permitían obtener energía de la luz solar. Al no depender de las sustancias nutritivas presentes en el ambiente, estuvieron selectivamente favorecidos. Es muy probable que los primeros autótrofos hayan empleado la energía luminosa para romper moléculas ricas en hidrógeno, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), que abundaba en aquella atmósfera. Actualmente, existen bacterias que utilizan todavía este compuesto como fuente de hidrógeno para la fotosíntesis.



*Figura 6.7. Vista microscópica de unas bellas cianobacterias actuales.
Foto: David J. Patterson*

Más adelante, las cianobacterias fueron los primeros seres autótrofos en romper moléculas de agua para obtener hidrógeno. Como el agua era abundante, al igual que la provisión de luz, estos organismos se multiplicaron con profusión. Y sucede que en el proceso de romper moléculas de agua se libera oxígeno molecular (O_2), que en un principio comenzó a oxidar rápidamente compuestos tanto en el agua como en los suelos emergidos. Por ello tardó bastante en acumularse en la atmósfera, pero finalmente empezó a hacerlo. Y, por ser más pesado, este gas quedaba atrapado en la atmósfera terrestre en vez de escapar hacia regiones superiores. ¿Te imaginas las transformaciones dramáticas que estaban por venir a nuestro cambiante planeta en esta cadena de eventos?

Explosión de vida

Antes de que aparecieran los organismos autótrofos, las cantidades de O_2 en la atmósfera terrestre eran casi despreciables. Luego, cuando estos organismos se estabilizaron y diversificaron comenzó el largo proceso de acumulación del gas. Esto no fue tan agradable para muchos de los organismos que habitaban la Tierra en aquel entonces, todos unicelulares, pues gran parte de ellos fueron dañados por el oxígeno y desaparecieron. Nuevamente, los mejor adaptados pudieron perdurar. Poco a poco, la atmósfera pasó de ser reductora a ser oxidante y ello forzó la evolución por otros caminos. Algunos anaerobios sobrevivieron en ambientes sin oxígeno, como lodos, cuevas o fuentes termales; otros evolucionaron para aprovecharlo, usándolo como comburente para romper moléculas ricas en energía como los azúcares, y almacenar tal energía en forma de ATP. Este proceso energético resultó ser más eficiente que el fermentativo. Así, los organismos aerobios fueron más competitivos.

Pero hubo otros beneficios. El oxígeno molecular reaccionaba en la atmósfera gracias a las incesantes tormentas eléctricas, formándose así la capa de ozono (O_3) que, como un escudo, protege a la Tierra de los letales rayos ultravioleta. De esta forma y casi simultáneamente, al quedar fuera del escenario estas perniciosas radiaciones y restringirse así su efecto mutágeno, hubo literalmente una explosión de vida.



Figura 6.8. Los organismos autótrofos marcaron un hito en la historia de la vida al transformar la atmósfera terrestre de reductora a oxidante.

Los registros fósiles muestran que hubo un momento, hace como 2.400 millones de años, en que se produjo una gran oxidación a escala global, lo que confirma que en ese tiempo el oxígeno libre ya era abundante y este evento se conoce en el ámbito geológico como Evento de gran oxidación (GOE, por sus siglas en inglés). Significó un suceso dramático en la historia de la Tierra y que preparó el escenario para la formación de vida más compleja.

La coexistencia de organismos autótrofos y heterótrofos permitió que se estableciera un equilibrio entre el O_2 y el CO_2 , es decir, entre respiración aeróbica y fotosíntesis. Los organismos autótrofos emplearon el CO_2 como fuente de carbono para sintetizar compuestos orgánicos en la fotosíntesis. Sin la respiración aeróbica, este gas habría desaparecido del planeta en poco tiempo, al combinarse así con otros compuestos. Pero la complementariedad entre ambos procesos permite el ciclo del carbono, pues los organismos aeróbicos lo retornan al ambiente en forma de CO_2 como consecuencia de la respiración. En la actualidad una vasta proporción de la biodiversidad es aeróbica.

Aparecen los eucariotas

Finalmente, aparecieron los organismos eucariotas (con núcleo y otros organelos), como consecuencia de relaciones mutualistas entre organismos heterótrofos y autótrofos. Sí, las células más complejas de los eucariotas como nosotros, con su núcleo, mitocondrias y (en el caso de los autótrofos) cloroplastos, no son sino el resultado de simbiosis entre diversos seres unicelulares. Así lo propuso en 1966 la estadounidense Lynn Margulis en su **Teoría Endosimbiótica**. Durante años, sus ideas sufrieron fuerte oposición y rechazo, pero las pruebas se acumularon y hoy la Teoría Endosimbiótica es ampliamente aceptada.

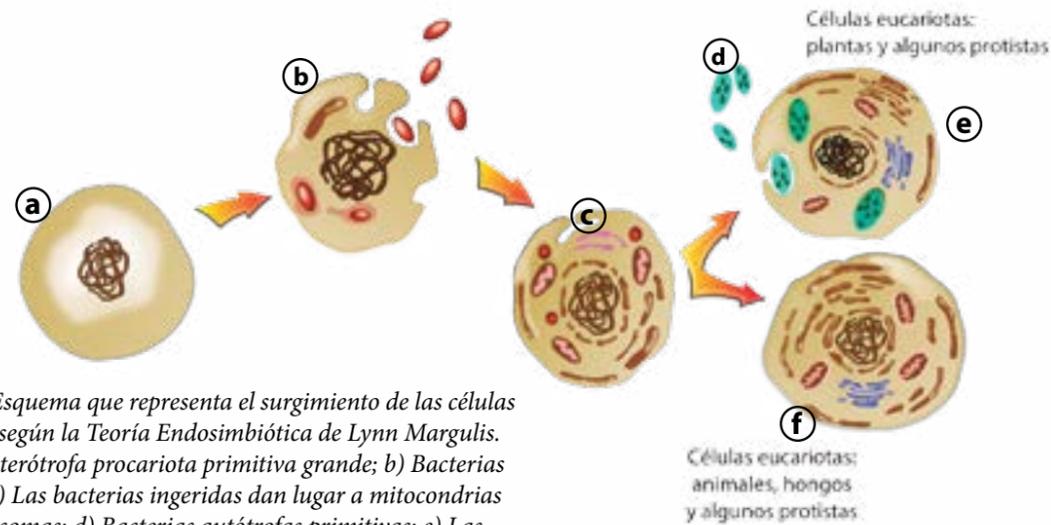


Figura 6.9. Esquema que representa el surgimiento de las células eucariotas, según la Teoría Endosimbiótica de Lynn Margulis. a) Célula heterótrofa procariota primitiva grande; b) Bacterias aeróbicas; c) Las bacterias ingeridas dan lugar a mitocondrias y a peroxisomas; d) Bacterias autótrofas primitivas; e) Las bacterias autótrofas ingeridas dan lugar a cloroplastos.

Esta teoría sostiene que hace unos 2.100 millones de años, de acuerdo a registros paleontológicos, algunos organismos heterótrofos englobaron (por fagocitosis) a organismos aeróbicos más pequeños, que quedaron atrapados en su interior. Ahí eran atacados por enzimas que los degradaban rápidamente, pero en algún momento se estableció una relación mutualista entre ambos tipos de células: el heterótrofo le brindaba humedad y protección al aeróbico y éste le brindaba energía a su hospedador.



Figura 6.10. La tenaz Lynn Margulis (1938-2011) defendió su teoría frente al rechazo de muchos.

De manera similar, organismos unicelulares grandes englobaron a organismos unicelulares autótrofos más pequeños, que se convirtieron en sus "fábricas de compuestos orgánicos: azúcares", es decir, en cloroplastos.

En la actualidad, la principal evidencia que sustenta la teoría es el hecho de que tanto las mitocondrias como los cloroplastos que existen dentro de las células eucariotas tienen su propio ADN y ribosomas, y presentan doble membrana. Se cree que la segunda es consecuencia de la invaginación de la membrana de la célula de mayor tamaño o huésped. Por otra parte, muchas especies actuales tienen relaciones de este tipo, tal es el caso de algas que viven dentro de células coralinas y bacterias que viven en el intestino de rumiantes.

El agua como medio apropiado para la vida

La vida apareció en el agua, en los mares poco profundos. El agua fue entonces el medio ideal para el surgimiento de la vida, pero ¿por qué? El agua tiene ciertas propiedades que contribuyeron en el proceso de evolución prebiótica. Veamos.

- **Solvente universal:** el agua es el material que más sustancias químicas disuelve, debido a su capacidad para establecer puentes de hidrógeno con otras sustancias. Las moléculas de agua son polares, tienen un lado positivo y otro negativo, y esto favorece la disolución. Esta polaridad es la que contribuye a la organización de las moléculas orgánicas complejas y de las membranas rudimentarias, y a la formación de coacervados.

- **Fuerzas de adhesión y cohesión:** los puentes de hidrógeno hacen que el agua sea casi incompresible (no se puede comprimir) y que se una a muchos otros materiales. Estas fuerzas hacen posible el fenómeno de capilaridad, que le permite al agua ascender por tubos de diámetro muy pequeño. La capilaridad permite que el agua pueda ascender dentro de los tubos del floema hasta las hojas más altas de un gran árbol.

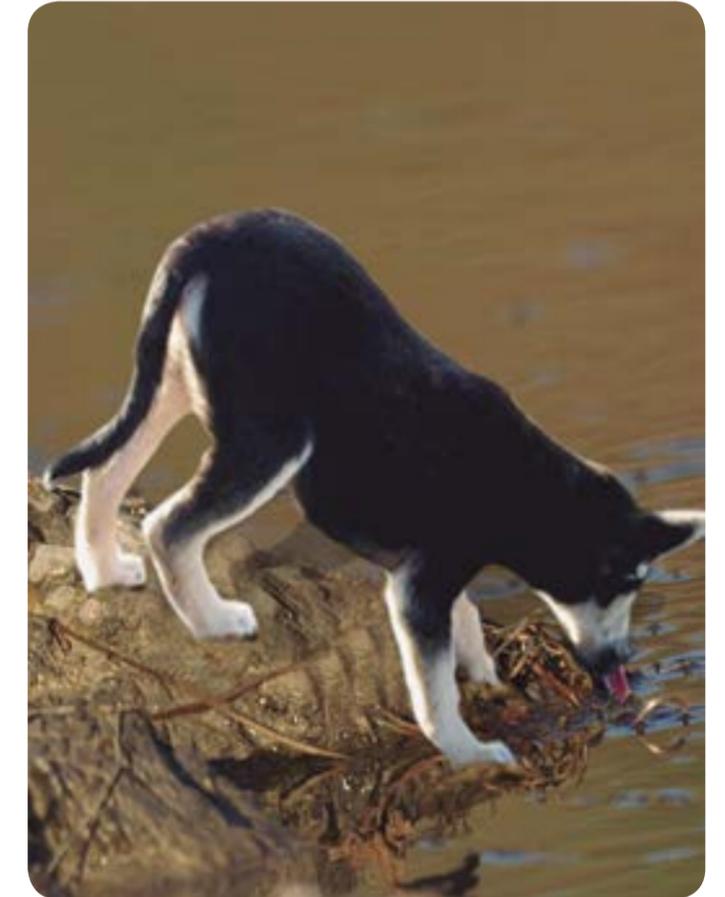


Figura 6.11. El agua es necesaria para la vida.

- **Elevado calor específico:** el agua gana calor fácilmente, pero lo pierde con lentitud. Esto protege a las moléculas orgánicas de los cambios bruscos de temperatura.

- **Elevada constante dieléctrica:** que hace del agua un medio ideal para disolver iones, por sus moléculas polares.

- **Elevado calor de vaporización:** se requieren 540 calorías para evaporar un gramo de agua. Es decir, es alta la energía necesaria para romper los puentes de hidrógeno y permitir el desprendimiento del agua como gas.

- **pH neutro:** el agua tiene pH neutro. Esto significa que el agua posee iones H⁺ y OH⁻, lo cual es muy importante en la formación de gradientes de concentración y en las reacciones químicas que ocurren en las células vivas.

¡La vida ha tardado mucho tiempo!

La ciencia moderna ha podido presentar una hipótesis bastante aceptable de cómo pudo haber surgido la vida en el planeta. Es aceptable porque muchas de las ideas han sido demostradas experimentalmente, o hay algún registro fósil que las comprueba.

Todos los organismos vivos compartimos las mismas biomoléculas básicas porque compartimos el mismo origen. Todos somos uno. Procedemos de aquel primer organismo vivo. Y una vez puesto en marcha este fantástico y admirable fenómeno que llamamos vida, se hizo indetenible y autosuficiente y se diversificó en las variadas formas como la conocemos hoy en día.

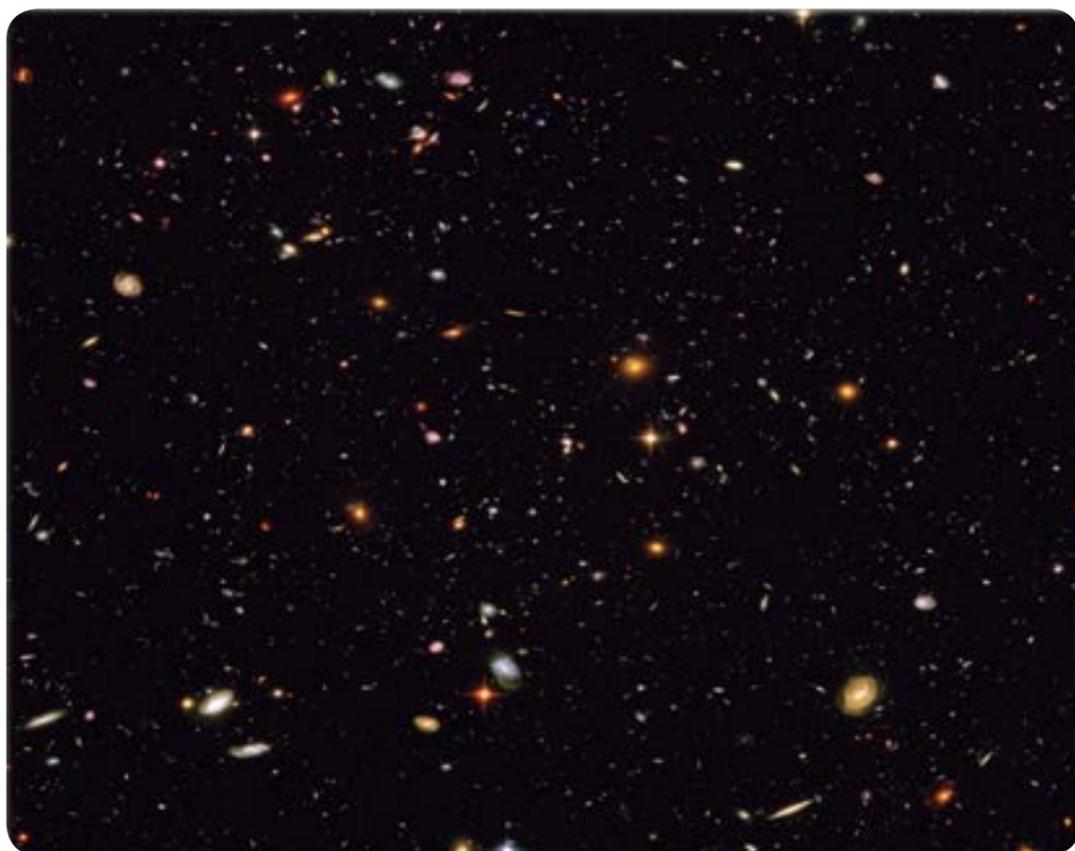


Figura 6.12. Hasta ahora, no conocemos de la existencia de vida en otros lugares de nuestro universo. Imagen del telescopio espacial Hubble.

Fuente: NASA. ESA. R. Windhorst (Universidad del estado de Arizona) y H. Yan (Spitzer Science Center, Caltech).

Hasta ahora, nuestro planeta es el único conocido que tiene vida comprobada. Aunque en otros planetas lejanos, de sistemas estelares diferentes al nuestro, existen al parecer condiciones propicias para la vida, por lo que no podemos descartar que exista allí también. Debido a las inimaginables distancias, el único mensajero que nos trae información de ellos es la luz: los patrones espectrográficos de los elementos que componen a otros cuerpos distantes apenas nos informan de qué están hechos, de la composición de sus atmósferas y de la presencia de agua, pero no de si efectivamente tienen alguna forma de vida.

Lo cierto es que la manifestación de la vida es tan admirable desde el punto de vista biológico tanto en una bacteria, como en un árbol o en un ser humano. Por ello debemos protegerla y conservarla y, además, la vida de todos garantiza nuestra existencia. Porque todos somos uno.



*La luz traía un vuelo de paloma
sobre las tierras y las aguas;
venía del Oriente a nuestras manos
la luz, paloma de oro.
Entonces, apretado como un libro de enigmas,
el universo hablaba,
y era el suyo un idioma de animales y flores
resplandecientes.*

Leopoldo Marechal (1900-1970).
Gravitación de cielo (fragmento).



Museo de la vida

¿Qué necesitas?

Cartón, papel, papel bond, cartulinas de colores, revistas, pega, tijera, marcadores, plastilinas, etc.

¿Como lo harán?

Los estudiantes trabajarán en equipo (todo el curso o inter cursos) para armar un museo, donde habrá exhibiciones relacionadas con la vida.

¿Cómo surgió la vida?: aquí habrá exhibiciones relativas a las ideas e hipótesis que a lo largo del tiempo han intentado explicar el origen de la vida en la Tierra.

Diversidad biológica: en esta sección habrá muestras de la rica diversidad biológica del planeta, con énfasis en su origen evolutivo.

Vida amenazada: aquí se expondrán algunas especies amenazadas así como las causas de la disminución en su número; igualmente, se incluirán proyectos de rescate y/o protección de especies (con ideas propias de los estudiantes).

Humanos, ¿ángeles o demonios?: esta sección mostrará al ser humano como amigo del ambiente y la biodiversidad (aspectos positivos: tecnologías no contaminantes, reciclaje, protección de fauna y flora, etc.), y como enemigo (aspectos negativos: contaminación, sobreexplotación, deforestación, etc.).

- Las muestras de la exhibición estarán conformadas por trabajos libres: carteles, maquetas, pinturas, muestras fotográficas, especímenes conservados, etc.
- La organización del Museo de la Vida será coordinada y supervisada por el docente del área de Biología de los cursos de 4^{to} año.
- Los estudiantes tendrán la oportunidad de ser creativos y de elegir los proyectos que mejor se ajusten a sus necesidades e intereses particulares.



Todos somos uno

Con esta frase, Todos somos uno, quisimos expresar la unidad de las diversas formas de vida, su origen común y su inevitable interrelación, que nos debe llevar a respetarlas y cuidarlas en sus diversas manifestaciones.

Primera parte. ¿Cómo se manifiesta nuestra frase en su comunidad vecinal o liceísta? ¿Son ustedes uno con la vida a su alrededor? Pueden desarrollar un proyecto sobre este asunto, con subproyectos por equipo. Realicen observaciones y discusiones iniciales. Decidan qué aspecto o asunto va a investigar cada equipo. Planifiquen su subproyecto: objetivos, actividades, recursos y cronograma serían secciones básicas del plan. Recojan datos gracias a observaciones, cuestionarios, entrevistas... De ser posible, tomen fotografías. Organicen los datos obtenidos e interpreten sus resultados. ¿Qué aspectos positivos encontraron en relación al asunto estudiado por su equipo? ¿Qué aspectos negativos existen? Compartan sus resultados con el resto de la clase.

Segunda parte. ¿Podrían ustedes contribuir a mejorar la situación? Quizás puedan unirse a iniciativas ya existentes: diversas organizaciones desarrollan programas a favor de la naturaleza. Incorporarse a alguno de ellos resulta más efectivo que actuar aisladamente. También es posible que entre todo el liceo se organicen para poner en práctica alguna acción a su alcance. Algunas posibilidades: protección de áreas de nidación de aves o tortugas, seguimiento de migraciones, reforestación, cuidado de árboles cercanos, rescate de parques, limpieza de playas, recolección de semillas, siembra de jardines didácticos, campañas educativas...

Sería importante dar a conocer sus investigaciones y sus acciones a través de algún medio de comunicación comunitario: radio, carteleras, blogs, etc. Eso ya es una contribución, pues informa y educa.

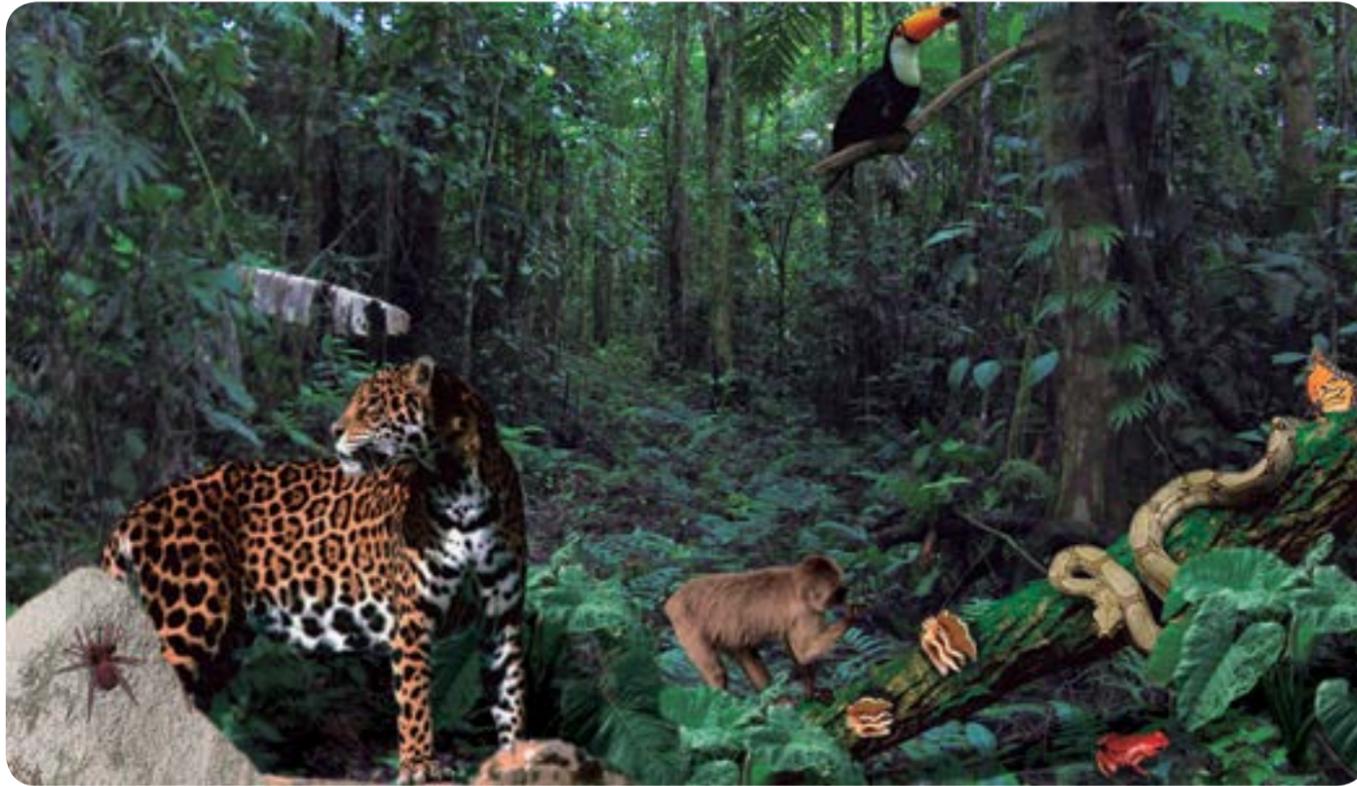


Actividades de autoevaluación

Responde en tu cuaderno las siguientes interrogantes. Luego, compara tu respuesta con las de tus compañeras y compañeros de curso. Discutan sus ideas.

- 1• ¿Qué evidencias apoyan la existencia del ARN como el primer posible material genético?
- 2• ¿Cómo la evolución de la respiración aerobia posibilitó el desarrollo de organismos más complejos?
- 3• ¿Qué otro acontecimiento acompañó este proceso de explosión de vida y por qué?
- 4• ¿Por qué los primeros organismos no pudieron haber sido autótrofos? Explica.
- 5• La acumulación de oxígeno molecular en la atmósfera terrestre significó una verdadera revolución evolutiva. ¿Puedes explicar por qué?
- 6• ¿Qué importancia han tenido los registros fósiles en la comprensión del origen de la vida?
- 7• Las mitocondrias son un organelo importante que está presente en las células de tu cuerpo y en las de los demás seres eucariotas. Allí se realiza la respiración celular, que genera energía para tu vida. ¿Cómo fue que las primeras células eucariotas, hace miles de millones de años, desarrollaron esta útil estructura? ¿Qué dice al respecto la teoría más aceptada hoy?





Si pensamos en la inmensa variedad de formas de vida que existen o han existido en la Tierra, así como en los ambientes tan diferentes donde la vida se desarrolla, podríamos decir que la diversidad biológica es extraordinaria. Esa variedad de seres que existe en nuestro planeta se denomina **biodiversidad**. La evolución de los seres vivos, que ha ocurrido durante miles de millones de años, ha dado como resultado muchas y muy diferentes formas particulares de vida en compleja y ajustada relación con el ambiente al cual pertenecen. Al hablar de la biodiversidad no sólo podemos contemplar la extensa variedad de especies, sino también las muy distintas poblaciones y comunidades que ellas constituyen, así como los diferentes ecosistemas y paisajes donde se desarrollan, incluso el material genético. Tú misma o tú mismo eres testigo de algunos de ellos.

En lecturas previas has podido conocer cómo la principal causa de las variaciones en una población determinada tiene su origen en procesos celulares internos de cada individuo, es decir, en los cambios en su información genética. Ésta se encuentra en el ADN, de los seres cuyas células tienen núcleo diferenciado (eucariotas), y de los seres con células sin núcleo diferenciado (procariotas).

En la presente lectura tendrás la oportunidad de estudiar acerca de la biodiversidad, especialmente en relación con Venezuela como un país megadiverso. También considerarás la importancia que tiene para la comunicación entre los científicos contar con un lenguaje que les permita referirse con propiedad y pleno entendimiento a la profusión de seres vivos que pueblan el planeta.

¿Cuál es el origen de la biodiversidad?

El origen de la biodiversidad es doble, por una parte es el producto de la evolución biológica que genera diferentes formas de vida, pero también es el producto de la adaptación de los seres vivos a las características del ambiente al cual pertenecen. Se configura así un proceso en el que las características de los organismos en un momento dado responden, en mayor o menor medida, a su historia evolutiva y a su adaptación al ambiente.

De acuerdo con la mayoría de la comunidad científica, la biodiversidad se genera por especiación, siendo la especie la única categoría taxonómica "natural". Es decir, la especie es la única categoría taxonómica que existe como ente diferenciado en el mundo real, a diferencia de los taxones de orden superior, como familia, orden o clase, cuya objetividad puede cuestionarse. Pero la diversidad también se extiende por debajo del nivel de especie, debido a que en una misma especie existen poblaciones genéticamente diferenciadas e incluso dentro de ellas, cuando hay reproducción sexual, cada individuo es distinto de los otros porque posee una identidad genética única: no hay una guacamaya exactamente igual a otra, ni dos iguanas idénticas. Esto señala al componente genético como elemento clave de la biodiversidad.

Venezuela, un país megadiverso

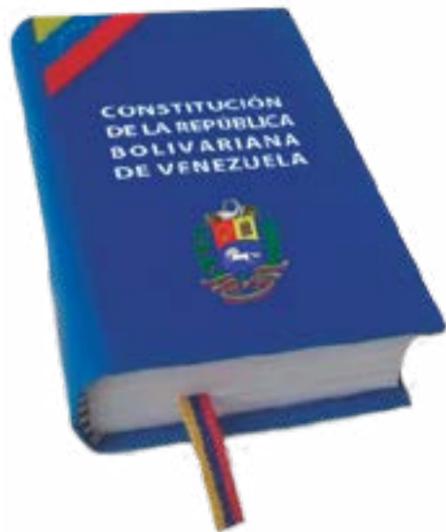
Venezuela se ubica entre los diez países con mayor biodiversidad del planeta y como el sexto en América. Esta condición se debe, en gran parte, a la convergencia de cuatro importantes regiones biogeográficas que coexisten en nuestro territorio: la amazónica, la andina, la caribeña y la guayanesa, lo que nos confiere una amplia diversidad de biomas. Esta característica natural y geográfica que ubica a Venezuela entre los países megadiversos del mundo es una ventaja comparativa que ha sido poco valorada, como potencial económico estratégico, lo que nos permite decir que: "La diversidad biológica es nuestro más valioso, pero menos apreciado recurso".



Figura 7.1. Manglares en la laguna de La Restinga, isla de Margarita.

Para saber más...

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 1999, en su Capítulo IX, señala los derechos ambientales y hace referencia a la biodiversidad en los siguientes términos: "El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica y genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica" (Artículo 127, párrafo 1). El mismo artículo, párrafo 2, agrega: "Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley" (Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 36.860, de fecha 30-12-1999).



Para conocer y valorar la biodiversidad en Venezuela, es importante que recordemos su ubicación geográfica y las características de su clima, entre otras. Para comprender por qué existe una megadiversidad biológica en nuestro país, es necesario considerar la posición geográfica de Venezuela en el continente americano.



Figura 7.2. Mapa político territorial de Venezuela.

La variación de las diversas formas de vida está asociada tanto a los componentes bióticos, es decir, los propios seres vivos, como a los abióticos de todo ecosistema. Entre los componentes abióticos podemos mencionar: el clima, los tipos de suelo, las distintas temperaturas, la radiación solar, la presencia del agua, junto a otros.



Figura 7.3. Frailejones en el páramo de la Culata, edo. Mérida.



Las bases de la Venezuela megadiversa

¿Qué características tiene Venezuela que le permiten ser un país megadiverso? Si se organizan en clase, es posible elaborar entre todas y todos una cartelera o exhibición que resuma la respuesta a esta pregunta, y la cual se ubique donde toda la comunidad educativa pueda apreciarla.

- Busquen información en libros, la red de internet y otras fuentes sobre las siguientes características de Venezuela: ubicación geográfica, relieve, hidrografía, clima.
- Indaguen también sobre los biomas de nuestro país.
- Averigüen si entre las y los estudiantes del curso y sus familias hay personas que hayan conocido directamente algunos de estos biomas, así pueden entrevistarlos y enriquecer su cartelera con testimonios de primera mano y hasta fotografías tomadas por ellos.
- Utilicen textos cortos e imágenes ilustrativas, para que su cartelera o exhibición resulte atractiva y fácil de leer. Eviten copiar directamente de sus fuentes, así como usar un exceso de términos técnicos. Apóyense en sus propias palabras y en su creatividad.

Nuestra biodiversidad está asociada a las variadas regiones

Los estudios hasta ahora realizados, nos permiten decir que en Venezuela están presentes más de 650 tipos diferentes de vegetación, con unas 15.000 especies vegetales superiores que pertenecen a formaciones:

- Boscosas, como bosques, bosques de galería y manglares.
- Arbustivas, como los matorrales, cardonales y espinares.
- Herbáceas de las sabanas altas y las sabanas inundables.
- Vegetaciones muy especiales de los páramos andinos y los tepuyes guyaneses.

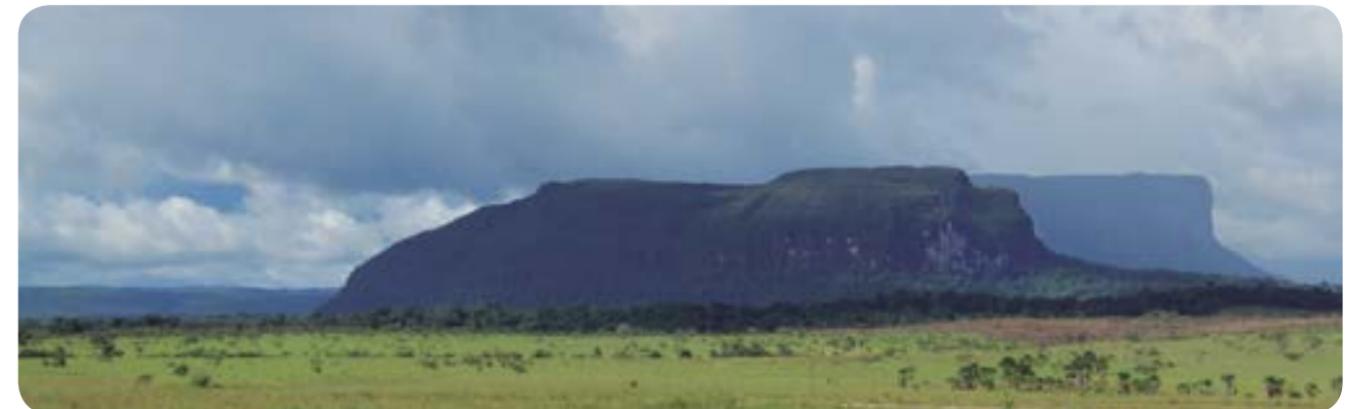


Figura 7.4. Tepuy Roraima, edo. Bolívar.

Un buen número de especies de plantas actualmente cultivadas para el aprovechamiento humano tienen como centro de diversificación y dispersión la Orinoquia-Amazonia venezolana, que constituye uno de los reservorios de biodiversidad más importantes del planeta Tierra para estos recursos genéticos; entre ellas se pueden citar: el cacao (*Theobroma cacao*), el merey (*Anacardium occidentale*), la piña (*Ananas comosus*), la sarrapia (*Dipteryx odorata*), la yuca (*Manihot utilissima*), el algodón (*Gossypium spp.*), varias leguminosas de grano y leguminosas forrajeras, algunas gramíneas forrajeras y distintas plantas medicinales como la uña de gato (*Uncaria tomentosa*).

En cuanto a la biodiversidad de la fauna, se han reconocido 1.360 especies de aves, es decir, que poseemos el 15% del total de las aves conocidas en el mundo (9.000 especies) y un 40% de las aves presentes en el neotrópico. Se conocen también 341 especies de reptiles, 284 de anfibios, 1.791 de peces, 351 de animales mamíferos y un alto número de especies de seres invertebrados. Un número apreciable de especies son endémicas, es decir sólo habitan en una región determinada, en particular aves, mamíferos e invertebrados.

Entre las muchas aves que forman parte de la biodiversidad en nuestro territorio encontramos la tijereta de mar (*Fregata magnificens*) que habita en todas sus costas marítimas, y el gavilán guacharaquero (*Leptodon cayanensis*) que vive en los extensos llanos centrales. Los reptiles cuentan con representantes como la culebra *Liophis reginae*, especie que se alimenta principalmente de ranas, renacuajos, peces, aves pequeñas y lagartos, otro reptil de amplia distribución es la falsa coral (*Rhinobothryum bovalli*) que es inofensiva. El conocido rabipelado (*Caenolestes fuliginosus*) es un mamífero marsupial ampliamente distribuido en todo el país. Y la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) es un bello ejemplo entre los invertebrados. Todos ellos son sólo algunos de los representantes de nuestra fauna autóctona.

Existen seguramente, además, numerosos recursos por descubrir, que representan un altísimo potencial para los programas de valoración económica de la diversidad vegetal y animal. Se estima que existen en los bosques tropicales húmedos unas 400 especies de plantas que podrían servir como materia prima para el área de la farmacología, de las cuales en los últimos 50 años solamente se han llevado al mercado unas 37.

Para saber más...

La *Uncaria tomentosa* es una planta trepadora del tipo de las lianas que alcanza hasta los 15 metros de altura. Los estudios farmacológicos señalan su importante actividad antiinflamatoria y capacidad de estimular y fortalecer nuestro sistema inmunológico. Estas bondades le confieren un amplísimo abanico de posibilidades de uso en distintos tratamientos, con la ventaja adicional de ser una planta que carece de toxicidad.



Figura 7.5. Algunos animales representativos de la megabiodiversidad venezolana.

El territorio continental de Venezuela se caracteriza por tener regiones con abundantes precipitaciones casi todo el año, si bien otras son más secas. Hacia el norte se desplazan tormentas tropicales y huracanes en el Caribe, pero el clima del país es benigno, y está moldeado y se beneficia de condiciones tropicales moderadas, sin llegar a presentar extremos de mal tiempo.



Figura 7.6. Llanos venezolanos.
Foto: Anagoria.

En cuanto a los tipos de suelo, Venezuela presenta una amplia variedad, al punto que las principales clases de suelos que existen en todo el planeta están representados en el país. Esta característica es favorable a la biodiversidad y a la actividad agropecuaria, pues permite una amplia diversidad de biomas, de cultivos y de distintos usos; aunque no son abundantes los suelos de muy buena calidad y gran productividad, muchos son fáciles de usar y favorecen una actividad agropecuaria suficiente para abastecer a la población humana de diversos alimentos. En los climas tropicales la calidad de los suelos está relacionada con la precipitación y la temperatura; en cuanto a las precipitaciones existen en nuestro país zonas donde las mismas son muy abundantes, como por ejemplo, al sur del país; así, en la Orinoquia y la Amazonia se encuentran suelos muy lavados y ácidos. Sin embargo, la mayor parte de nuestro territorio tiene un clima donde las lluvias son estacionales e intermedias.

Otra de las características que permite tener una megabiodiversidad en Venezuela, con respecto a otros países, se refiere a la presencia en el territorio nacional de algunas zonas muy áridas con bajas precipitaciones y suelos poco lavados, ricos en bases cambiables y sales solubles.

En relación con las temperaturas, domina el trópico bajo con 25 °C o más, en forma constante durante todo el año, lo que se relaciona con contenidos relativamente bajos de materia orgánica de los suelos. Siendo la excepción en el país las zonas con alturas superiores a 2.000 metros sobre el nivel del mar donde predominan temperaturas de frescas a frías, y los suelos poseen altos contenidos de materia orgánica que son asiento favorable para agriculturas prósperas y muy productivas. Las temperaturas predominantes en nuestro país favorecen un activo metabolismo de los seres vivos durante todo el año.



Figura 7.7. Los médanos de Coro, edo. Falcón.

Por otra parte, en las zonas tropicales como la nuestra, los rayos del sol caen más perpendicularmente sobre la superficie durante la mayor parte del año, en comparación con las regiones templadas y frías. La abundante radiación favorece el desarrollo de las plantas y otros organismos fotosintéticos, así como de los seres vivos que dependen de ellos.

En relación con el volumen de aguas superficiales en el país, se estima en 1.233.170 hm³/año, de los cuales la cuenca del Orinoco drena un 94,5%, que va al océano Atlántico. El resto corresponde a los cursos de agua que drenan esencialmente hacia el mar Caribe y una cuantía menor hacia la cuenca endorreica del lago de Valencia.

Otra de las condiciones que existen en Venezuela con respecto a la presencia de aguas se refiere a su extensa red hidrográfica, ya que existen numerosos ríos que forman: la gran cuenca del río Orinoco, con 14 importantes afluentes que desembocan en la margen derecha y 10 en la izquierda, además de los 7 afluentes que vienen de Colombia. Otras cuencas de fachada atlántica son, al sur del Orinoco, las del río Cuyuní a través del río Esequibo y, al norte, las del río Tigre y caño San Juan. Del lado caribeño se encuentran, de este a oeste, una serie de cuencas de mayor o menor extensión formadas por los ríos Carinicaño, Manzanares, Neverí, Unare, Tuy, Yaracuy, Aroa, Tucuyo y Mitare, así como la importante cuenca hidrográfica del lago de Maracaibo, con numerosos tributarios. Mención especial amerita el conjunto de pequeñas cuencas hidrográficas de la cordillera de la Costa Central, de corta longitud, pero de muy elevada pendiente.



*Figura 7.8. Selva nublada en el Parque Nacional Henri Pittier, Edo. Aragua.
Foto: Cristóbal Alvarado Minic.*

En cuanto a la presencia de lagos en Venezuela, se encuentran el de Maracaibo y el de Valencia; y las represas de Guri, Guárico y Camatagua que, junto con las demás represas y embalses, constituyen grandes reservorios de agua dulce.

En las zonas templadas y frías el agua se congela durante el invierno, lo que es una limitante para los procesos metabólicos de los seres vivos. Por el contrario, en nuestra zona se dispone de agua líquida todo el año.

Una condición adicional que favorece la existencia de la inmensa biodiversidad en nuestro país se refiere a que casi la mitad de la superficie de nuestro territorio está ubicada sobre el basamento del escudo guayanés, una de las formaciones geológicas más antiguas de la Tierra; el resto del país presenta montañas esencialmente de edad terciaria (cordillera de la Costa, Andes), extensas zonas de colinas y amplias llanuras y penillanuras de formación geológica más reciente.



Figura 7.9. Fotografía satelital del lago de Valencia.
Fuente: NASA.



Figura 7.10. *Heliamphora chimantensis*, planta carnívora del tepuy de Chimantá, en el escudo guayanés.



Figura 7.11. Fase temprana de la separación de Laurasia y Gondwana.

Esta diversidad de paisajes no sólo favorece la evolución permanente de nuevos y cada vez mejor adaptados ecosistemas a los cambiantes parámetros ambientales (clima, suelo, etc.), sino que también explica la alta diversificación taxonómica en el campo vegetal. En este caso, se parte de la existencia de un conjunto florístico ancestral de origen gondwaniense, desarrollado sobre el escudo guayanés: son plantas que surgieron cuando existía Gondwana, el gigantesco supercontinente que unía a lo que hoy es América del Sur con África, Australia, Antártica y la India. Durante largos períodos este conjunto ha actuado como fuente de colonización de los ambientes circundantes, es decir, de allí se han propagado plantas hacia otros lugares alrededor. Hasta resultar en la situación actual, caracterizada por la confluencia, en Venezuela, de numerosos elementos fitogeográficos mucho más recientes, como, por ejemplo, el andino y el llanero, que se habrían formado en las tierras americanas luego de la escisión del llamado continente de Gondwana en el terciario temprano, hace unos 60 millones de años.

En el ámbito expresamente marino, Venezuela presenta dos vertientes bien diferenciadas: la atlántica y la caribeña, cada una con su respectiva diversidad florística y faunística, y ambas poco o mal conocidas, en particular la del lado atlántico.



Figura 7.12. Vida alrededor de los corales en el archipiélago de Los Roques, mar Caribe.
Foto: M. Cabral de Moura.

Los estudios realizados por las científicas y los científicos permiten decir que en Venezuela se tiene actualmente un mosaico bastante complejo de diversidad biológica, integrado por un notable conjunto de elementos autóctonos (esencialmente de origen guayanés) y un vigoroso componente de elementos originarios de las otras zonas biogeográficas del norte de Suramérica, principalmente caribeños, andinos, amazónicos y de distribución cosmopolita. Naturalmente, las proporciones entre estos diferentes elementos varían de un grupo biológico a otro, siendo más evidentes en el reino vegetal que en el animal en este último parecen ser más notables en los peces y anfibios que en las aves y mamíferos. La impresionante diversidad ecológica de Venezuela puede ser observada en todos los rincones geográficos del país. Esta situación privilegiada nos permite contar con una extraordinaria variedad de macro y microecosistemas diferentes, que nos hacen ser uno de los megasistemas de biodiversidad del planeta.

¿Cómo le damos nombre y organizamos a la variedad de seres vivos de la Tierra?

¿Te has preguntado alguna vez cómo hacen los investigadores e investigadoras para estudiar la biodiversidad? ¿De qué se valen para describir, analizar y comparar los distintos organismos que encuentran en un determinado ecosistema?

El estudio de la diversidad de los seres vivos ha sido motivo del interés y la dedicación de muchas personas a lo largo de la historia de la humanidad. Con la idea de dar un orden para referirse a las distintas formas en que se presentan los seres vivos en la naturaleza, los biólogos han desarrollado sistemas artificiales que les permitan agruparlos y clasificarlos.

¿Conoces cuál es la ciencia que se encarga de estudiar, agrupar, clasificar, describir e identificar a los distintos tipos de seres vivos que forman la diversidad biológica? La ciencia que se encarga de ello es la Taxonomía, también conocida como la Ciencia de la Clasificación, cuyo interés y procedimientos han variado en el transcurso del tiempo, pues cada vez más utiliza nuevos y mejores avances tecnológicos.

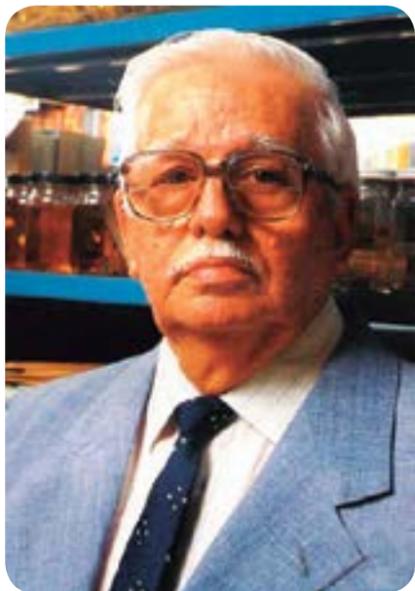


Figura 7.13. El zoólogo y educador Manuel Ángel González-Sponga (1929-2009) se dedicó al estudio sistemático y taxonómico de los arácnidos de Venezuela. En la fotografía pueden verse algunos frascos con animales de su extensa colección.

De allí que, actualmente, su propósito comprende algo más que identificar y dar nombre a los organismos, pues intenta, de alguna manera, buscar un orden a la diversidad. El trabajo de los taxónomos es precisamente tratar de entender las relaciones entre los organismos, además de identificarlos y darles nombres propios, nombres que permitan comunicarse entre estudiosas y estudiosos de todo el mundo gracias a acuerdos sobre el tipo de lenguaje y los procedimientos.

De esta manera, los biólogos, y en especial los taxónomos, clasifican los organismos para tener una base precisa a fin de nombrarlos de manera apropiada. Al tener un sistema de nomenclatura, las científicas y los científicos se pueden comunicar mejor entre sí. Ya que el uso de los nombres comunes y en distintas lenguas para referirnos a los mismos organismos puede llevar a equivocaciones. Un sistema de nomenclatura de nombres fijos elimina la confusión que pueda traer el empleo de nombres corrientes.

Para entender los sistemas de clasificación de la biodiversidad hay que buscar en la historia

Desde los tiempos primitivos la gente trató de clasificar a los seres vivientes, para ello se desarrollaron métodos muy simples que permitieron conocer las semejanzas y las diferencias entre los organismos del mundo natural. El primer esfuerzo real para desarrollar un sistema de clasificación empezó con los antiguos griegos, siendo uno de los primeros aportes en este sentido los trabajos realizados por Aristóteles (384-322 a. d.n.e.). Fue así que se comenzó por ubicar a los seres vivos en dos grandes reinos: reino vegetal y reino animal. Aristóteles también fue quien propuso por primera vez el término especie, que actualmente se utiliza para referirnos a un grupo de individuos semejantes en cuanto a características estructurales y funcionales, que en la naturaleza sólo se reproducen entre sí y tienen un antecesor común.

Dentro del gran grupo de los vegetales, los trabajos realizados por Teofrasto (372?-288) le permitieron proponer un sistema, dedicado a clasificar las plantas de acuerdo a la forma que caracteriza su crecimiento, el cual permitió agruparlas en hierbas, arbustos y árboles. Su sistema introdujo la idea de llevar a cabo la clasificación sobre la base de similitud de las estructuras.



Figura 7.14. Platón y Aristóteles en la Escuela de Atenas, cuadro pintado por Rafael en 1510 (detalle).

Aunque estos dos sistemas de clasificación fueron utilizados por más de 2.000 años, no fue sino hasta los siglos XVI y XVII de nuestra era que los científicos se fijaron otra vez en la clasificación e hicieron listas de plantas y animales que clasificaron de acuerdo a sus características estructurales y su valor medicinal.

En el siglo XVII, un nuevo procedimiento fue planteado y aceptado por la comunidad científica de la época, a través de los trabajos realizados por el botánico inglés John Ray. Este procedimiento permitió llegar a un nuevo sistema de clasificación, que proponía la necesidad de dar nombres científicos a los organismos utilizando para ello el latín, por ser considerado como el idioma internacional entre los estudiosos de este campo del conocimiento. Tal sistema implicó la elaboración de una extensa descripción científica para cada uno de los organismos que se clasificaba. De los trabajos realizados por Ray sólo se mantiene hoy el uso del latín, como lengua aceptada para referirse de manera científica a los seres vivos.

¿Podrías decir qué beneficios tiene usar un lenguaje común para nombrar a los distintos seres que forman la biodiversidad? Veamos algunos ejemplos, para ello vamos a considerar distintas plantas que nos sirven de alimento.

Observa las siguientes ilustraciones de plantas que conocemos y que comúnmente utilizamos como alimento.



Figura 7.15. Algunas plantas cuyos tallos o frutos son comestibles.

Nombre científico	Nombre común dado en diferentes regiones y/o países
<i>Solanum tuberosum</i>	papa, patata
<i>Musa paradisiaca</i>	cambur, banano, plátano bananero
<i>Carica papaya</i>	lechoza, papaya, fruta bomba
<i>Citrullus lanatus</i>	patilla, sandía, chicayote

Piensa cómo podrían hablar entre sí las científicas y los científicos de todo el mundo si para describir estos vegetales usaran solamente su nombre común.



La importancia de los nombres científicos

- Organizados en equipos, elaboren una lista con los nombres comunes de algunos animales, plantas y hongos que hay en su localidad o región. Señalen al menos seis organismos por equipo.
- Elaboren un cuadro, como el del ejemplo anterior.
- Busquen en diversas fuentes de consulta, tales como libros, otros impresos o en la red de internet los nombres científicos de cada uno.
- Consulten cuáles otros nombres se le dan a los mismos seres vivos en algunas poblaciones indígenas de nuestro país, y en otros países latinoamericanos o del mundo.
- Analicen y compartan los resultados de su trabajo con el de los otros equipos.
- Traten de explicar cuál es la importancia en ciencias de usar un lenguaje común.

Bases de la clasificación moderna

Hoy en día, se emplea un sistema de clasificación que ha ido evolucionando, a partir de los trabajos previos y sistemas de clasificación utilizados entre los biólogos. El sistema binomial que se usa hoy tuvo sus comienzos en el siglo XVIII con los trabajos de Carlos Linneo (1707-1778). El sistema de Linneo se basa en las similitudes en la estructura del cuerpo. Es así como este naturalista, científico, botánico y zoólogo de origen sueco estableció los fundamentos para el esquema moderno de la nomenclatura binomial. Por ello se considera a Linneo como el creador de la moderna taxonomía, que permite clasificar en grupos a los seres vivos de acuerdo a sus características.

Su propuesta de sistema de nomenclatura binomial está basado en la utilización de un primer término, con la primera letra escrita en mayúscula, indicativo del género, y una segunda palabra, correspondiente al nombre particular de la especie descrita, y que se escribe con letras en minúscula. Por otro lado, agrupó las especies en géneros, los géneros en familias, las familias en clases y las clases en reinos. Como ya indicamos, con anterioridad a sus trabajos ya habían existido algunos intentos de introducir cierto orden para tratar de denominar a los seres, utilizando un procedimiento común y reconocido en cualquier parte del mundo.



Figura 7.16. Representación pictórica de Carlos Linneo vestido a la usanza de los lapones del norte de Suecia. Realizada por H. Hollander, 1853.

Conociendo las dificultades que puede causar utilizar los nombres comunes para nombrar a la inmensa mayoría de los seres vivos, el sistema binomial, que actualmente se mantiene en uso por las científicas y los científicos, permite dar a cada especie un nombre con dos palabras. Las reglas de la nomenclatura binominal son:

- Se usa el idioma latín.
- La primera palabra del nombre nos dice el género al que pertenece el organismo. La primera letra del nombre del género siempre va con mayúscula. La segunda palabra del nombre es una palabra específica, y a veces descriptiva, que indica la especie en particular. Generalmente, la segunda palabra se escribe con minúscula.
- Cuando el nombre se escribe a mano o a máquina, se subraya. Cuando el nombre se imprime, se escribe con letra cursiva, por ejemplo: *Ursus americanus* (nombre corriente: oso negro).
- El nombre de una especie se puede abreviar, usando la primera letra del nombre del género y el nombre de la especie, como en *U. americanus*.
- Si se identifica una subespecie o una variedad de la especie, se añade una tercera palabra al nombre. Por ejemplo, el perro, una subespecie doméstica del lobo (*Canis lupus*) se escribe con un nombre trinomial: *Canis lupus familiaris*.
- La abreviatura "spp." se utiliza para hacer referencia a las especies pertenecientes a un género, por ejemplo: *Pinus spp.*, se lee como: "especies del género Pinus". Si se hace referencia a una especie concreta, pero cuyo epíteto no se conoce, se permite el uso de la partícula "sp."; en el ejemplo: *Pinus sp.*, se refiere a una especie concreta de pino que no se puede precisar. Estas abreviaturas no se escriben en cursiva.



Figura 7.17. La nomenclatura científica permite el intercambio en esta Conferencia Internacional sobre Biodiversidad y Diversidad Cultural en Canadá (ICBCD, Montreal, 2010).

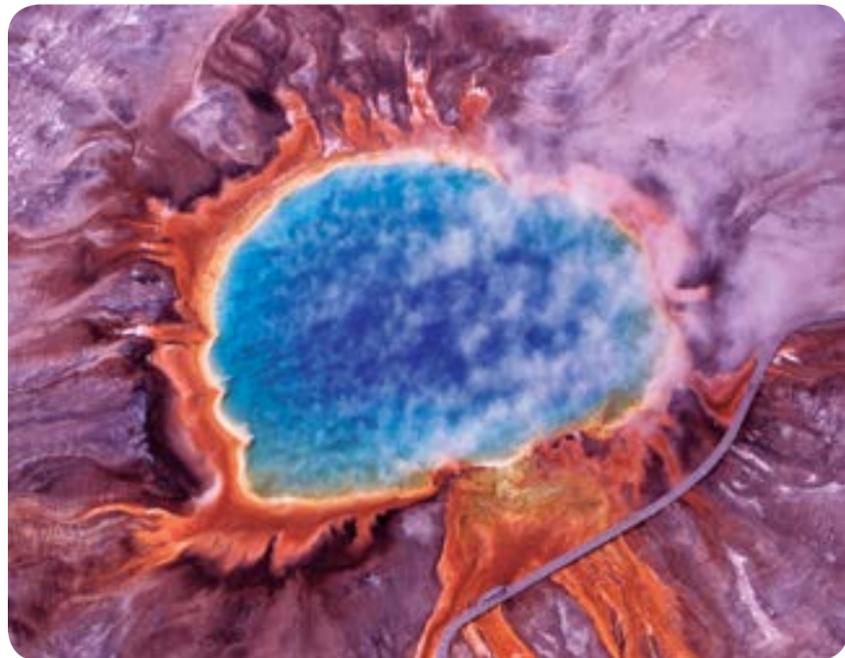
Entre las ventajas del uso del sistema binomial, podemos agregar:

- Todos los científicos del mundo aceptan el latín como lenguaje de la clasificación, pues es un idioma estable y no está sujeto a cambios.
- El sistema muestra las relaciones de especies dentro de un género en particular.
- La segunda palabra del nombre es un adjetivo en latín. Este término ayuda a describir la especie, por ejemplo, *Rosa alba* (para denominar a rosa blanca). Sin embargo, no todos los términos en el nombre de la especie son descripciones de los organismos. Algunos provienen del nombre del científico que identificó la especie por primera vez. Por ejemplo, la bacteria *Escherichia coli* debe su nombre a Theodor Escherich, y *coli* significa intestinal, del colon.

Clasificación de los seres vivos: dominios y reinos

En la actualidad, la clasificación aceptada para organizar a los seres vivos es el sistema de los tres dominios, donde los reinos corresponden al segundo nivel dentro de esta disposición. Los nombres de los diferentes niveles siguen la ortografía y pronunciación del latín.

En 1990, el estadounidense Carl Woese señaló, como resultado de sus investigaciones, la existencia de grandes diferencias que a nivel molecular presentan las arqueas (**Archaea**) y las **bacterias**, a pesar de que ambos grupos están compuestos por organismos con células procariotas. Así, los tres dominios aceptados actualmente para organizar la diversidad de los seres vivos son: arqueas (**Archaea**), bacterias (**Bacteria**) y eucariontes (**Eukarya**).



Previo a los trabajos de Woese, los taxónomos clasificaban a los seres vivos utilizando dos dominios: **procariontes** y **eucariontes**, dependiendo de la presencia de núcleo en las células que los componen (eucariontes, con núcleo, y procariotas, con núcleo poco definido). Pero los recientes estudios a nivel molecular de la estructura de los lípidos, de las proteínas y del genoma, y, sobre todo, de la secuenciación del ARN ribosomal, han demostrado que, dentro de los procariontes, las **arqueas** son tan diferentes de las bacterias como éstas de los eucariontes.

Figura 7.18. Vista aérea de un manantial de aguas termales, donde habitan arqueas. Las capas naranja del borde son algas y bacterias ricas en carotenoides, pigmentos de ese color. (Parque Nacional Yellowstone, EE. UU.).

En los dominios **Archaea** y **Bacteria** prácticamente solo se incluyen organismos unicelulares, morfológicamente sencillos y aparentemente poco diversos, pero con una gran variedad de metabolismos y dependencias nutricionales. Todos los organismos de anatomía compleja, junto a otros más sencillos o unicelulares, pertenecen al dominio **Eukarya** (los eucariontes), que incluye los reinos: animal, vegetal, hongos y protistas. Los virus son sistemas biológicos totalmente dependientes, que la mayoría de las científicas y los científicos prefieren considerar como no vivos, por lo que se clasifican aparte.

Las **arqueas** son organismos únicos, si bien son seres de células procariotas, están más estrechamente relacionados a las eucariotas que a las bacterias. Resultan de especial interés pues son organismos simples y su estudio debería proporcionar información sobre la naturaleza y evolución de las células eucariotas. Además, su conocimiento es fundamental para comprender la naturaleza del ancestro común a todas las formas de vida. El dominio de las **arqueas** contiene tanto los metanógenos, productores de metano, como muchos organismos que viven en condiciones extremas: temperaturas sumamente altas (en algunos casos por encima de 100 °C), medios muy ácidos, o grandes profundidades.

Clasificación de los seres vivos: dominios y reinos

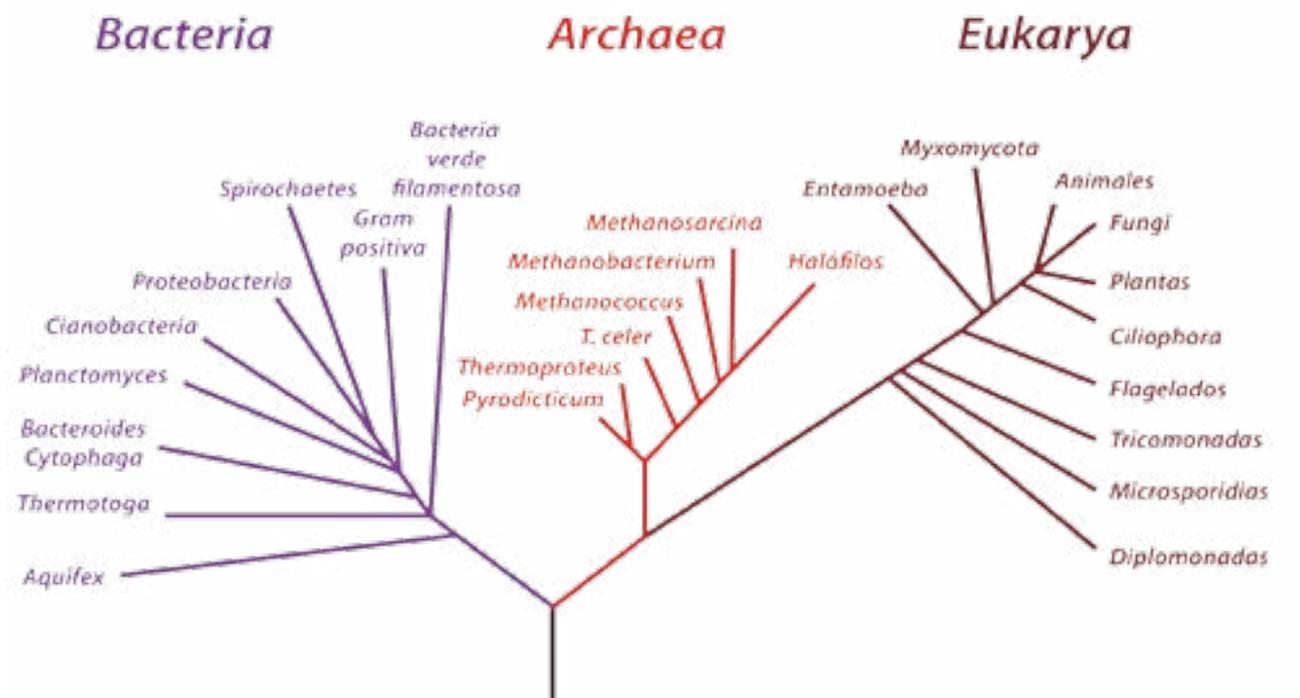


Figura 7.19. Esquema que plantea al dominio Archea y sus relaciones con los otros dos dominios, según lo propuesto por Carl Woese en 1990. Esta imagen está tomada de google: www.thepopshop.org

Los reinos del dominio *Eukarya*

Reino *Protista*

Dentro del dominio de los eucariotas, éste es un reino muy variado, aunque casi todos sus miembros son de tamaño microscópico y la mayoría unicelulares. Sin embargo, también hay algunos pluricelulares y visibles a simple vista como las algas pardas. Se considera que ninguno de estos pluricelulares tiene verdaderos tejidos, como sí los tienen las plantas y los animales. Los protistas pueden ser heterótrofos o autótrofos, incluso algunos cambian de un modo a otro según las circunstancias. Se reproducen de manera asexual o sexual.

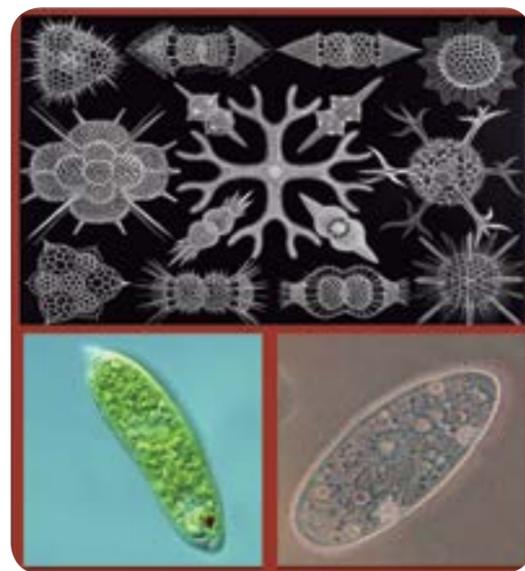


Figura 7.20. Algunos miembros del Reino Protista.

Reino *Fungi*

Agrupar a organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y las setas. Poseen paredes celulares con quitina, a diferencia de las plantas, que contienen celulosa. Los hongos se encuentran en hábitats muy diversos y se pueden clasificar en: saprofitos, liquenizados, micorrizógenos y parásitos. La mayoría son de tamaño pequeño y suelen vivir en suelos con abundantes materiales en descomposición y como simbioses de plantas, animales u otros hongos. Su digestión es externa, a diferencia de la de los animales. Cuando fructifican, producen esporocarpos llamativos (las setas son un ejemplo de ello).

Los hongos son los descomponedores primarios de la materia muerta de plantas y de animales en muchos ecosistemas, y como tales poseen un papel ecológico relevante en los ciclos biogeoquímicos. Tienen una gran importancia económica: las levaduras son las responsables de la fermentación de la cerveza y el pan. También, desde 1940 algunos hongos se emplean para producir industrialmente antibióticos. Ciertas especies son agentes de biocontrol de plagas, otras producen micotoxinas, compuestos bioactivos que son tóxicos para los humanos y otros animales. Las enfermedades fúngicas afectan a humanos, otros animales y plantas; en el caso de estas últimas, ello incide sobre la seguridad alimentaria y el rendimiento de los cultivos. La especialidad de la medicina y la botánica que se ocupa de los hongos es la micología.



Figura 7.21. Reino Fungi. Diversos organismos.

Reino *Plantae*

Son multicelulares con células eucariotas y con pared celular. Las plantas así definidas obtienen la energía solar, que captan a través de la clorofila presente en los cloroplastos, y mediante el proceso de fotosíntesis convierten el dióxido de carbono y el agua en azúcares, que utilizan como fuente de energía química para realizar sus actividades; por lo tanto, son autótrofos. La comprensión de qué es una planta requiere un entendimiento de cómo evolucionó la vida en general, ya que su aparición sobre la Tierra se piensa que ocurrió por un proceso de simbiosis entre un eucariota y una eubacteria.

Las plantas poseen muchos tipos de ciclos de vida. Dentro de este reino se ubican las algas, junto a las plantas de mayor organización, casi todas terrestres (*Embryophyta*). Entre estas últimas podemos diferenciar los musgos en sentido amplio, las pteridofitas y las espermatofitas. Las pteridofitas incluyen a licopodios, helechos y afines, a las que usualmente llamamos "helechos". Y las espermatofitas a las gimnospermas y las angiospermas.



Figura 7.22. Reino Plantae, algunos organismos.

Reino *Animalia*

Los animales o Metazoa (metazoos) constituyen un amplio grupo de organismos eucariotas, heterótrofos, pluricelulares y tisulares (con tejidos diferenciados). Se caracterizan por su capacidad para la locomoción, por la ausencia de clorofila y de pared en sus células, y por su desarrollo embrionario, que determina un plan corporal fijo (aunque muchas especies pueden sufrir posteriormente metamorfosis).

La movilidad es la característica más llamativa de los animales, pero no es exclusiva del grupo. Poseen simetría corporal: excepto las esponjas; los demás animales presentan una disposición regular de las estructuras del cuerpo a lo largo de uno o más ejes corporales. Los tipos principales de simetría son la radial y la bilateral. A este reino del dominio *Eukarya* pertenece el ser humano.



Figura 7.23. Reino Animalia, algunos organismos.



Conociendo la biodiversidad en un compostero

Para estudiar la biodiversidad podemos utilizar diferentes ambientes, también podemos hacerlo en micro-ecosistemas que podamos manejar en nuestra escuela, o en espacios de nuestra comunidad. Un compostero es fácil de hacer y nos permite estudiar una gran diversidad de organismos que pertenecen a la mayoría de los reinos a los cuales nos referimos anteriormente.

El compostero o compost es un sistema que permite reciclar materiales orgánicos para obtener abono de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos, tales como restos de vegetales o animales, gracias a la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas (que viven en ambientes calientes), las cuales están presentes en forma natural en cualquier lugar. Cuando se elabora un compostero hay que tratar de evitar, en lo posible, la putrefacción de los residuos orgánicos por exceso de agua, ya que esto impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes. Tampoco son recomendables los restos de comidas grasosas, pues atraen plagas.

Una vez activo el proceso de la fermentación, es posible identificar la presencia de especies de bacterias, hongos y otros organismos, pero también se pueden ubicar animales pequeños, que encuentran en este microecosistema un lugar apropiado para alimentarse, reproducirse y vivir.

El compostero se usa a gran escala en la agricultura y en menor escala en jardinería para abonar el suelo, pero también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos. Esta actividad te permitirá observar y describir la diversidad de organismos que viven en él.

¿Qué necesitan para hacer un compostero de pila?

- Materiales orgánicos: conchas de frutas y verduras, cáscaras trituradas de huevos previamente cocidos, aserrín húmedo. Restos de la poda de hierbas, residuos de café, hojas secas.
- Cuatro listones de madera para delimitar el área.
- Guantes, pala, escardilla y cuchara de albañil.
- Papel periódico.
- Termómetro ambiental, ya que la temperatura debe alcanzar entre 40 °C y 60 °C.
- Lupa y/o microscopio portaobjetos y cubreobjetos.



¿Cómo lo harán?

- Sugerimos organizarse en equipos de trabajo, y buscar y seleccionar un área adecuada en la institución educativa, en el patio de una casa o en un terreno cercano donde se pueda llevar a cabo la actividad.
- Vamos a colocar varias capas de materiales, para ello seleccionen un área de aproximadamente 1 m cuadrado y coloquen directamente sobre la tierra una capa de los materiales orgánicos (restos de alimentos, conchas de frutas y verduras previamente recolectados).
- Cubran la primera capa con tierra, no usar arena, también se le pueden agregar trozos pequeños de ramas y aserrín.
- Coloquen una segunda capa de los materiales orgánicos y así sucesivamente hasta hacer una pila, pueden colocar a los lados los listones de madera para mantener la pila sin que se desborden los materiales.
- Deben dejar la pila durante dos a tres semanas, y agregar periódicamente más o menos un litro de agua para humedecerla, pero evitando hacerlo en exceso.
- Midan la temperatura en el interior de la pila, el aumento de la temperatura será indicador de que está ocurriendo el proceso de fermentación, porque manifiesta la actividad de los organismos descomponedores, generadora de calor. Esperen aproximadamente de 4 a 8 semanas.
- Con la ayuda de la pala, den vueltas al contenido una vez a la semana para que se redistribuyan los organismos.

¿Cómo pueden observar los organismos?

- Con la cuchara de albañil, tomen una muestra del abono que se ha producido en el compostero. Colóquenla en un envase apropiado para llevarla al aula, puede ser un frasco de vidrio con tapa o una bolsa plástica bien cerrada.
- Coloquen en una cápsula de Petri u otro recipiente apropiado un par de cucharadas de su muestra y observen, primero con la lupa, la presencia de animales pequeños como: cochinillas, lombrices de tierra, congorochos, etc. Los hongos pueden identificarlos al detectar una especie de moho de color blanquecino o verdoso sobre la materia orgánica en descomposición. Con la ayuda de pinzas o pinceles finos, tomen una muestra y colóquenla sobre un portaobjetos. Agreguen una o dos gotas de agua sobre la misma y observen al microscopio.
- Resulta útil dibujar lo observado.

¿Cómo pueden interpretar lo observado?

- Con la ayuda de las profesoras y los profesores, de libros y guías apropiadas, traten de identificar los organismos que habitan en su compostero.
- Cada estudiante puede seleccionar un tipo de organismo para buscar información en diversas fuentes sobre su ubicación taxonómica.
- Señalen a qué reinos pertenecen los distintos seres vivos que han podido observar en el compostero.

- Elaboren en equipo un informe sobre la actividad realizada, indicando los distintos grupos taxonómicos a los cuales pertenecen los organismos identificados que habitan en el compostero. Incorporen sus dibujos y sus descripciones de lo que observaron acerca de cada uno de sus organismos.

¿Cómo pueden ampliar su actividad?

¿Les gustaría observar la biodiversidad en otros ambientes? Es posible seguir conociendo otras distintas formas de vida en espacios cercanos a su liceo, en su comunidad, localidad o región.

Por ejemplo, la biodiversidad en un árbol, en un tronco caído, en un baldío, en la orilla de una playa poco intervenida, etc. Organizados en equipo decidan sobre la actividad a realizar, busquen información en diversas fuentes, tales como la red de internet, materiales impresos u otros, y soliciten orientaciones a su profesora o profesor. Hay muchas posibilidades y mucho que ver.



Nuestro más valioso pero menos, apreciado recurso

Retomamos para cerrar la frase que mencionamos al inicio de esta lectura, efectivamente podemos decir que la biodiversidad es uno de nuestros más valiosos recursos, no lo suficientemente apreciado.

Contamos con especies vegetales que han sido desde hace siglos fuentes de alimento, aromas, medicinas, fibras textiles, maderas y tintes, entre otros bienes. Así, el aguacate, la guanábana, la vainilla, el algodón, el cedro, el caucho, el añil. Y también animales como los peces de nutritiva carne que pueblan el mar Caribe y diversos ríos, las garzas cuyas plumas adornaron sombreros de elegantes damas en siglos pasados, o incluso pequeños batracios e invertebrados que producen químicos de interés farmacológico.

El bosque amazónico es como un inmenso cofre de tesoros de vida, en gran parte por conocer. Las poblaciones indígenas que allí han habitado a lo largo de generaciones son depositarios de valiosos saberes sobre estos recursos, que pueden compartir en un marco de reciprocidad y mutua solidaridad, y no de despojo y discriminación.

Pero, mucho más allá del uso humano directo, la biodiversidad construye un rico tejido de relaciones entre los diferentes seres vivos y su medio, el cual debemos respetar. Pues si se rompe, abrimos las puertas para la extinción masiva de especies y la degradación ambiental. Somos parte de esa trama y, como especie inteligente, estamos obligados a preservarla y permitir que siga evolucionando en buenas condiciones.



Actividades de autoevaluación

1. ¿Qué quiere decir que Venezuela es un país megadiverso?
2. En la lectura presentamos algunas condiciones que hacen de Venezuela un país megadiverso. De acuerdo a ello, ¿qué condiciones, por el contrario, harían de una región o país un lugar con poca biodiversidad? Luego de que respondas, puedes verificar cómo es alguna zona de la Tierra con escasa diversidad.
3. Comparte con tus compañeras y compañeros tu conocimiento de los seres vivos de Venezuela y sus ambientes: ¿puedes mencionar algunos seres vivos que hayas visto en su ambiente natural? Trata de incluir plantas, animales, hongos, algas... ¿Has tenido oportunidad de visitar regiones diferentes en su cantidad y variedad de organismos?
4. a. Escoge dos plantas y dos animales que conozcas y averigua cuáles son sus nombres científicos. No incluyas a ninguno mencionado en la lectura.
 - b. ¿Conoces una planta que en diversas regiones o países de habla castellana se llame de diferentes maneras?
 - c. ¿Sabes cómo se llama en diferentes idiomas un animal que conozcas?
 Entre todas y todos en clase, se pueden hacer listas de algunos seres vivos y sus diferentes nombres según país o región, junto a su nombre científico.



Figura 7.24. Liberación de tortuguillos en el río Caura.



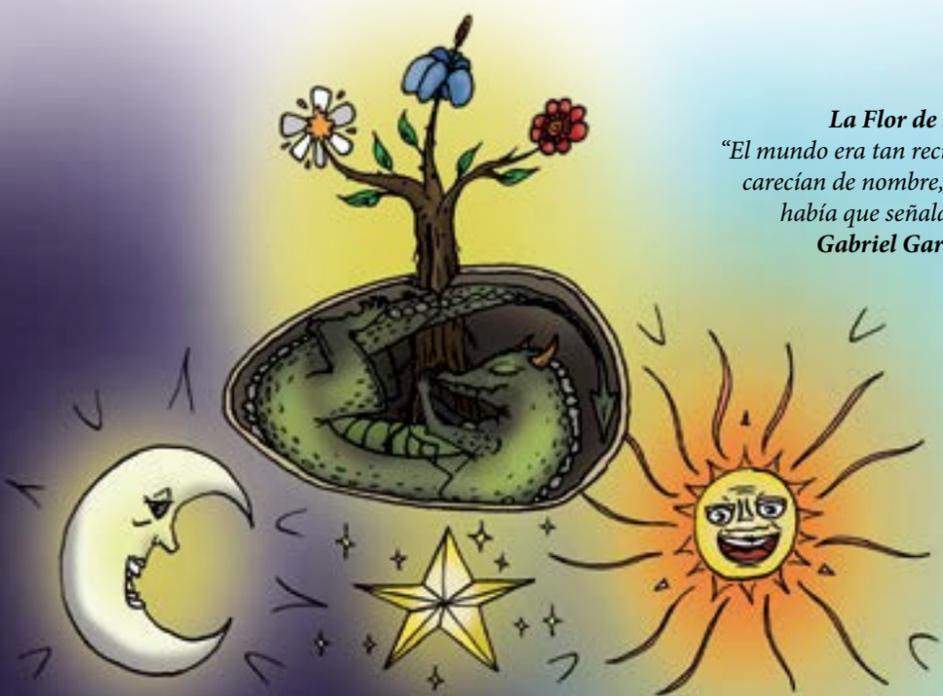
Figura 7.25. Activistas de la organización Greenpeace defienden arrecifes coralinos en el golfo de México.

HABLEMOS EL MISMO IDIOMA: EL LENGUAJE DE LA QUÍMICA

Darle un nombre a cada cosa implica reflejar en ella una historia, una razón, por ejemplo, cuando preguntamos: ¿cuál es tu nombre, tu dirección?, al responder sabemos que ese nombre tiene la función de identificar a una persona, pero también tiene un origen. En la figura puedes observar un ejemplo de representación gráfica sobre elementos que simbolizan la adquisición de La Flor de la Sabiduría.

De igual manera, cuando escuchas un idioma extraño, sientes que son sonidos sin sentido y te resulta imposible entenderlo. En química, este idioma está conformado por nombres de elementos, compuestos, símbolos y ecuaciones. Un poco de historia y algunas reglas te ofrecerán las herramientas necesarias para comunicarte mediante **El lenguaje de la Química**.

Durante muchos siglos la humanidad se ha dedicado a nombrar todos los elementos químicos conocidos, te invitamos a realizar un recorrido que nos permitirá explorar la historia del nombre de los elementos químicos, revisar su importancia para los seres vivos, conocer la nomenclatura de los compuestos inorgánicos según el sistema establecido por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC), y el tradicional.



La Flor de la Sabiduría
“El mundo era tan reciente, que muchas cosas carecían de nombre, y para mencionarlas había que señalarlas con el dedo”.
Gabriel García Márquez.

Nombre de los elementos químicos y su historia

El nombre de algunos elementos químicos tiene su origen en la evolución histórica de la química. Inicialmente el pensamiento filosófico regía los primitivos conceptos de átomos y elementos: Demócrito de Abdera (460 – 370 a.d.n.e.), discípulo de Leucipo, consideró a los átomos eternos, ya que a través de éstos se constituía la existencia de todo. Anaximandro de Mileto (610 – 547 a.d.n.e.), Empédocles de Agrigento (495 – 435 a.d.n.e.), Platón (427 – 347 a.d.n.e.) y Aristóteles (384 – 322 a.d.n.e.) indicaban que existían cuatro elementos: fuego, tierra, agua y aire.

Antiguamente la humanidad sólo distinguía siete metales (tabla 8.1), representativos de los siete cuerpos celestes y cuyos nombres eran alusivos a los días de la semana. Además se les asignaban nombres y símbolos de acuerdo a lo que se conocía, como los planetas, su color y apariencia; por ejemplo, el oro se asociaba con el amarillo del Sol, la plata a la blancura brillante de la Luna y la herrumbre del hierro al tinte rojo de Marte.

Metal	Oro	Plata	Hierro	Mercurio	Estaño	Cobre	Plomo
Símbolo	☉	☾	♂	♀	♃	♀	♄
Cuerpo Celeste	Sol	Luna	Marte	Mercurio	Júpiter	Venus	Saturno
Día (Latín)	Solis	Lunae	Martis	Mercurii	Jovis	Veneris	Saturni
Día (Castellano)	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado

Tabla 8.1. Nombres y símbolos antiguos de los metales comparados con los nombres de cuerpos celestes y los días de la semana.

Lavoisier, Guyton de Morveau, Berthollet y Fourcroy, en el año 1783, desarrollaron el Método de Nomenclatura Química, el cual mantuvo los nombres anteriores y a cada uno de los nuevos elementos descubiertos se les asignaron un nombre en función de sus propiedades. En 1808 Dalton, al proponer su teoría atómica, asoció a cada elemento un símbolo para representar a cada átomo, esta propuesta no duró mucho tiempo. En 1818, el químico sueco Jöns Jacob Berzelius propuso en Estocolmo una notación que mantenía la de Dalton, pero consideraba las dos primeras letras del nombre del elemento escrito en latín.

Para evitar confusiones y enredos debido la diversidad de nombres que surgían por el descubrimiento de los múltiples elementos, la IUPAC propuso una nomenclatura sistemática, pero fue en 1996 que aprobó la utilización de los nombres que los creadores proponían. Este recorrido se recoge en la tabla 8.2. Te invitamos a realizar este paseo e indagar un poco más sobre los ejemplos que no se incluyen en ella.

Origen del nombre	Nombre (Ejemplo)	Símbolo	Historia
Pre-Químico (10 elementos)	Platino	Pt	Plata (español) = plata, -ina, un sufijo diminutivo. Conocido y utilizado por los indígenas suramericanos.
	Mercurio	Hg	Del Dios romano de los mensajeros y el planeta Mercurio. <i>Hydrargyrum</i> (Hg) de <i>hydro</i> – <i>argyros</i> (griego) = agua-plata, denota que el mercurio es un metal líquido brillante.
Cuerpos Celestes (8 elementos)	Helio	He	<i>Helios</i> (griego) = Sol. Deducido de estudios espectroscópicos de la corona solar durante un eclipse en 1868.
	Uranio	U	Nombrado así por el planeta Urano.
Mitología – Superstición (10 elementos)	Cobalto	Co	<i>Kobold</i> (alemán) = espíritu maligno. Cuando una mina no producía ningún metal útil por métodos ordinarios, se decía que los Kobolds habían estado presentes.
	Prometio	Pm	Prometeo, el Dios que se robó el fuego del cielo. Se lo dio a los seres humanos y fue castigado por Zeus.
Minas / Minerales (13 elementos)	Aluminio	Al	<i>Alumen</i> (latín) = alumbre. Alumbre era el nombre del sulfato de aluminio y potasio que en tiempos antiguos era usado como astringente.
	Flúor	F	De <i>fluorlapis</i> = fluoespato (CaF_2). <i>Fluere</i> (latín) = Fluir. Fluoespato ha sido usado como un fundente en operaciones metalúrgicas.
Propiedad del Color (9 elementos)	Cromo	Cr	<i>Khroma</i> (griego) = color. Diferentes compuestos de cromo poseen diferentes colores.
	Talio	Tl	<i>Thallus</i> (latín) = ramito verde retoñado. Talio tiene una fuerte línea verde en su espectro de emisión.
Propiedad diferente al Color (8 elementos)	Bromo	Br	<i>Bromo</i> (griego) = mal olor de la sustancia elemental.
	Fósforo	P	<i>Phos</i> (griego) = luz, - <i>phero</i> (griego) = portador. Fósforo blanco emite luz en la oscuridad.
Lugar geográfico o domicilio del descubridor (a) (13 elementos)	Polonio	Po	Marie Curie, nacida en Polonia.
	Francio	Fr	Margarite Perey, nacida en Francia.
Ubicación geográfica de Minas (10 elementos)	Magnesio	Mg	Minas de Magnesio blanco, $MgCO_3$ ubicadas en Magnesia en la antigua Grecia.
	Estroncio	Sr	Minas de Estroncianita, ubicadas en Estrontian, Escocia.

Tabla 8.2. Origen e historia en los nombres de algunos elementos químicos.

Origen del nombre	Nombre (Ejemplo)	Símbolo	Historia
Construidos (16 elementos)	Tecnecio	Tc	<i>Technetos</i> (griego) = artificial. El primer elemento producido artificialmente por el bombardeo de molibdeno radiactivo con deuterio.
	Xenón	Xe	<i>Xenos</i> (griego) = extraño. El sufijo -on se usa para denotar gas noble.
Nombres de Científicos (as) (10 elementos)	Curio	Cm	Marie Curie (1867 – 1934) y Pierre Curie (1859 – 1906) de Francia. Ambos recibieron el premio Nobel de Física en 1903 y Marie Curie también en química en 1911.
	Nobelio	No	Alfred Nobel (1833 – 1896), científico sueco, fundador de los Premios Nobel de Estocolmo.

Tabla 8.2. Origen e historia en los nombres de algunos elementos químicos (continuación).

Importancia de los elementos químicos para los seres vivos

Hasta el momento nos hemos referidos a los nombres de los elementos y sus símbolos; sin embargo, te has preguntado: ¿están presentes los elementos químicos en los seres vivos?, ¿cumplen alguna función dentro de los organismos?, ¿cuán importantes son?

La materia viva está compuesta por aproximadamente 70 elementos químicos, a los cuales denominamos **Bioelementos o Elementos Biogénicos**. La célula está constituida en un 99% de su masa por cuatro elementos: carbono (C), oxígeno (O), hidrógeno (H), nitrógeno (N). La clasificación de éstos y otros elementos se recoge en la Fig. 8.2, dados por su abundancia en la naturaleza; entre ellos se tienen a los bioelementos **primarios**, que se encuentran en mayor cantidad en los seres vivos constituyendo un 95% de la materia viva; los **secundarios**, encontrados en una proporción aproximada de 4,5%, y los **oligoelementos**, que son 60 en total y su clasificación depende de ser esenciales o no para los organismos.



Figura 8.1. Los seres vivos estamos constituidos por bioelementos.

Pensemos en estas preguntas: ¿qué le ocurrirá a tu organismo si estuviesen ausentes los bioelementos?, ¿cuáles procesos se verían limitados?, ¿causaría algún tipo de enfermedad la deficiencia de algunos?, ¿dónde podemos encontrarlos de forma natural para su consumo? Puedes revisar la tabla periódica del libro y ubicar los bioelementos primarios y secundarios.

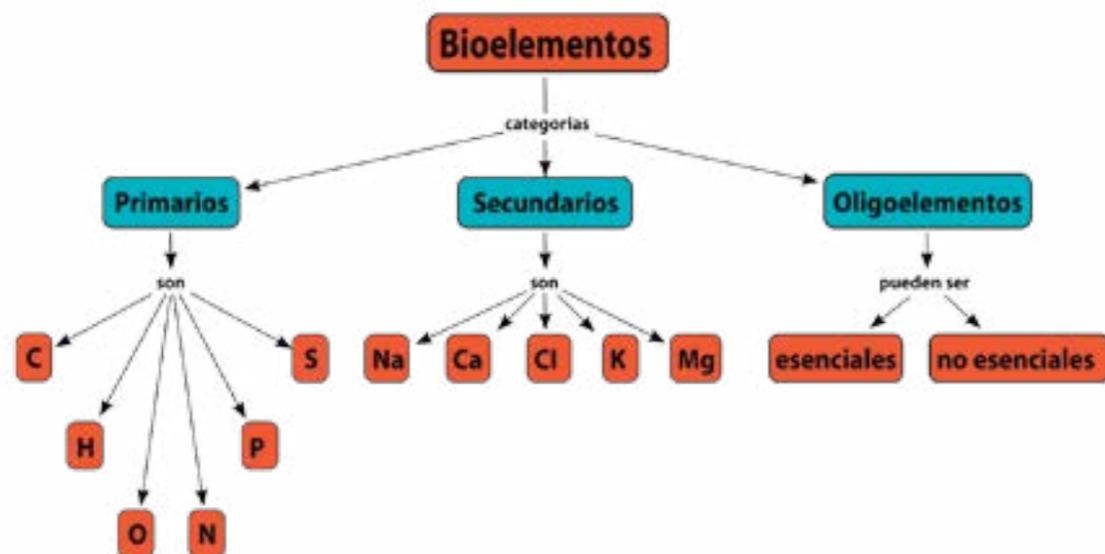


Figura 8.2. Clasificación de los bioelementos.

El oxígeno: bioelemento indispensable en las funciones vitales de los seres humanos

El 21% del volumen del aire que respiramos está constituido por oxígeno diatómico (O_2). Todos los seres humanos lo necesitamos para la respiración, es producido en gran medida por las plantas durante el proceso de fotosíntesis. En la corteza terrestre es el elemento más abundante y representa el 49,5% de su masa en el cuerpo humano, un 60%, encontrándose en todos los tejidos vivos.

Es la llave principal para varios procesos bioquímicos relacionados con el metabolismo celular y el abastecimiento de nutrientes. La deficiencia de oxigenación en los seres humanos produce desgano, con bostezos constantes, mareos y pérdida de concentración. El sistema respiratorio también se ve severamente afectado por la falta de oxígeno y su función de eliminar el dióxido de carbono en la sangre, contribuyendo así a regular los niveles de acidez y basicidad (pH) óptimos en la sangre; el cerebro es muy sensible a los cambios inadecuados de pH, como consecuencia las funciones cerebrales se detienen, incluyendo aquéllas que controlan la respiración.

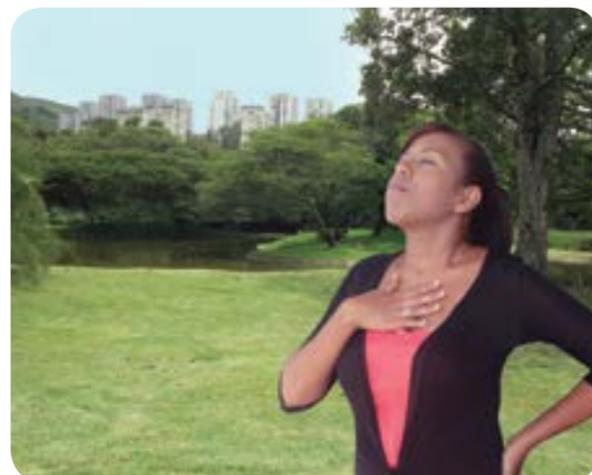


Figura 8.3. Las personas al respirar inhalamos bioelementos del ambiente.

Nomenclatura de los compuestos químicos

En la naturaleza encontramos un aproximado de 90 elementos químicos de forma natural y aislada. Te has preguntado: ¿cómo sería la naturaleza si ellos permanecieran sin combinarse?, ¿tendríamos la variedad de sustancias que actualmente conocemos?

Continuamente son descubiertos nuevos productos y otros son sintetizados de forma artificial en los laboratorios. Pero, ¿cuántos productos o compuestos existen hasta el momento?, la respuesta es difícil, ya que tal vez se cuenten por centenares de miles. Sin embargo, lo que podemos destacar es que éstos están constituidos por elementos en cualquiera de sus formas alotrópicas (mismos elementos químicos con estructuras moleculares diferentes).



Figura 8.4. El agua, conocida como el disolvente universal, se expresa en lenguaje químico H_2O .

Independientemente de su composición, cada sustancia presenta propiedades físicas y químicas definidas y, por consiguiente, debe existir un conjunto de reglas y palabras de carácter técnico que nos permita nombrarlas de manera universal.

La escritura de una especie es la clave en la descripción y estudio de cualquier sustancia, constituye su fórmula y da origen a un modo de expresión peculiar en química, necesario para el intercambio de información entre los habitantes del planeta. A esta forma con frecuencia se le denomina **Lenguaje Químico o Nomenclatura Química**.

Nomenclatura de los compuestos inorgánicos

Existe una nomenclatura para los compuestos orgánicos y otra para los inorgánicos; en la primera se nombran los compuestos que contienen el elemento carbono, excepto el monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO_2), así como los ácidos carbonoso (H_2CO_2) y carbónico (H_2CO_3) que se consideran compuestos inorgánicos; este tipo de nomenclatura la discutiremos en las lecturas de 5^{to} año, este año escolar haremos énfasis en la nomenclatura de los compuestos inorgánicos.

Para saber más...

Durante la Edad Media, los alquimistas en busca de la piedra filosofal, tratando de transformar varios metales en oro, mantuvieron muchos de sus procedimientos en secreto y comenzaron a nombrar algunos compuestos químicos como **azúcar de Saturno** para el acetato de plomo, y **espíritu de Veneris** para el ácido sulfúrico, la **tiza de Marcial** para referirse al carbonato de hierro (II), y **vitriolo de Júpiter** para el acetato de estaño.

Antes de presentar la nomenclatura de los compuestos inorgánicos es conveniente definir al **número o estado de oxidación** como el número de electrones que gana o pierde un átomo cuando forma una molécula, éstos pueden ser positivos o negativos de acuerdo a la tendencia del átomo a perder o ganar electrones, respectivamente. Los metales tienen número de oxidación positivo, pero los no metales pueden ser positivos o negativos, un mismo átomo puede tener uno o varios números de oxidación. Revisa la tabla 8.5, al final de la lectura, allí se te presentan los estados de oxidación de algunos elementos.

Actualmente se conocen tres tipos de nomenclatura: tradicional, Stock –en honor al químico alemán Alfred Stock- y sistemática o base estequiométrica. A continuación se describen cada uno de ellos:

Nomenclatura tradicional: usa los prefijos **hipo** y **per**, así como los sufijos **oso** e **ico** en combinación con el metal o no metal para dar a conocer el número de oxidación con el que se está combinando o que emplea para el enlace, **precedido del nombre genérico que corresponde al tipo de compuesto que se está formando (óxido, hidruro, hidróxido, ácido o anión)**.

- Cuando el elemento tiene dos números de oxidación para combinarse, empleamos:
 - Sufijo **oso**: para el menor.
 - Sufijo **ico**: para el mayor.
- Cuando el elemento tiene tres números de oxidación para combinarse:
 - Prefijo **Hipo**....Sufijo **oso**: para el menor.
 - Sufijo **oso**: para el intermedio.
 - Sufijo **ico**: para el mayor
- Cuando el elemento tiene cuatro números de oxidación para combinarse:
 - Prefijo **Hipo**....Sufijo **oso**: para el menor.
 - Sufijo **oso**: para el menor intermedio.
 - Sufijo **ico**: para el mayor intermedio.
 - Prefijo **Per**...Sufijo **ico**: para el mayor.

Nomenclatura Stock: emplea la palabra genérica que corresponde al tipo de compuesto que se está formando, seguida del nombre del metal o no metal con el número de oxidación dentro de un paréntesis. Cuando el elemento solo tiene un número de oxidación, éste no se coloca.

Como reglas tenemos:

1. El número de oxidación de cualquier átomo sin combinar o elemento libre, por ejemplo, el O_2 , es cero.
2. El número de oxidación para el oxígeno es 2- y en los peróxidos es de 1-.
3. La suma de los números de oxidación para los átomos de los elementos en una fórmula determinada es igual a cero; cuando se trata de un ion poliatómico, que es una partícula cargada que contiene más de un átomo.
4. El número de oxidación para el hidrógeno es 1+ y en los hidruros es 1-.
5. Para los iones simples, el número de oxidación es igual a la carga de un ion. Así, para Mg^{2+} , el número de oxidación es 2+.

Nomenclatura sistemática o de base estequiométrica:

Prefijos griegos	Número de átomos presentes
Mono	1
Di	2
Tri	3
Tetra	4
Penta	5
Hexa	6
Hepta	7
Octa	8
Nona	9
Deca	10

Tabla 8.3. Prefijos para nomenclatura sistemática.

Emplea la palabra genérica que corresponde al tipo de compuesto que se está formando (óxido, hidruro...), precedida del prefijo griego que indica el número de átomos presentes del primer elemento (tabla 8.3). A continuación, el nombre del segundo elemento con su respectivo prefijo griego según el número de átomos. Para el segundo elemento, es común omitir el prefijo "mono" cuando se trata de un átomo.

La IUPAC recomienda el uso de los sistemas Stock y estequiométricos; sin embargo, se trabajará de igual manera con el tradicional, ya que aún es utilizado.

Compuestos químicos inorgánicos más comunes y su nomenclatura

En la Fig. 8.5 te presentamos un esquema que reúne los compuestos inorgánicos más comunes, te invitamos a ubicar en tu hogar, en la escuela, en la calle, en establecimientos comerciales, o en otros lugares, algunos productos que en su composición indiquen la presencia de estos compuestos químicos.

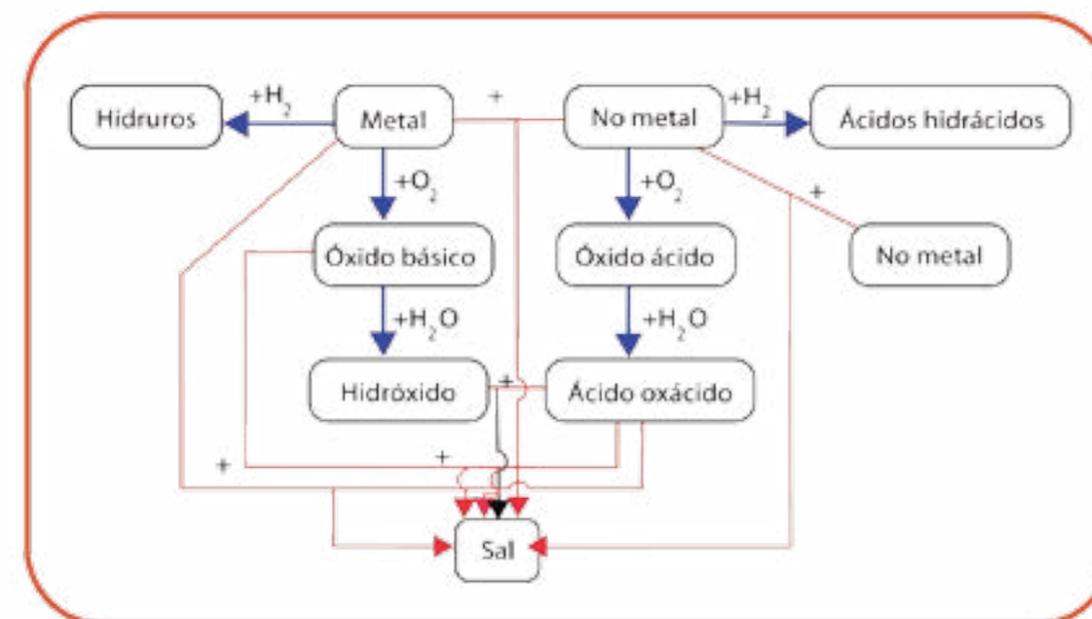
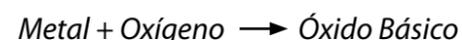


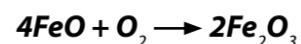
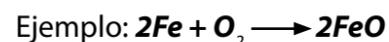
Figura 8.5. Esquema de las posibles combinaciones y formación de compuestos químicos inorgánicos.

1. Óxidos: son compuestos binarios que resultan de la combinación del oxígeno con los demás elementos, sean metales o no metales. Según esta definición se clasifican en:

1.1. Óxidos básicos o metálicos:



Formulación: se coloca el símbolo del metal a la izquierda, el del oxígeno a la derecha y se intercambian los números de oxidación, se simplifica cuando sea posible. El número de oxidación del oxígeno empleado es 2-.



Nomenclatura: se inicia con la palabra Óxido seguido del nombre del metal según la nomenclatura:

- **Tradicional:**

FeO : Óxido ferroso

Fe_2O_3 : Óxido férrico

- **Stock:**

FeO : Óxido de hierro (II)

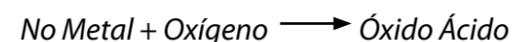
Fe_2O_3 : Óxido de hierro (III)

- **Sistemática o estequiométrica:**

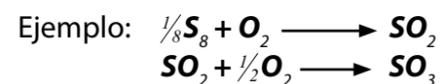
FeO : Monóxido de hierro

Fe_2O_3 : Trióxido de dihierro

1.2. Óxidos ácidos o anhídridos:



Formulación: son válidas las mismas reglas de los óxidos básicos, sólo que en lugar de nombrar un metal, ahora es un no metal.



Nomenclatura: se inicia con la palabra Anhídrido u Óxido de acuerdo a cada nomenclatura, seguido del nombre del no metal.

- **Tradicional:**

SO_2 : Anhídrido sulfuroso

SO_3 : Anhídrido sulfúrico



Figura 8.6. Es común observar la aparición del Fe_2O_3 cuando se corroen algunos objetos metálicos, decimos que se "oxidan".

- **Stock:**

SO_2 : Óxido de azufre (IV)

SO_3 : Óxido de azufre (VI)

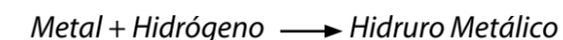
- **Sistemática o estequiométrica:**

SO_2 : Dióxido de azufre

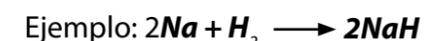
SO_3 : Trióxido de azufre

2. Hidruros: son compuestos binarios que resultan de la combinación de un átomo de hidrógeno con los demás elementos, sean metales o no metales. Según esta definición se clasifican en:

2.1. Hidruros metálicos:



Formulación: el número de oxidación del hidrógeno será 1-, mientras que el de los elementos metálicos será un número positivo. El hidrógeno actúa como la parte electronegativa del compuesto; por lo tanto, se coloca primero el metal seguido del hidrógeno y se intercambian los números de oxidación.



Nomenclatura: se inicia con la palabra "HIDRURO" seguida del nombre del elemento metálico que le conforma, de acuerdo al sistema de nomenclatura requerido o seleccionado.

En este caso, el metal tiene un único número de oxidación, por consiguiente, la forma de nombrarlo es única para los tres sistemas: **Hidruro de sodio**. Si el metal tiene más de un número de oxidación se aplican los criterios respectivos de cada sistema, un ejemplo similar se presenta en los hidruros no metálicos.

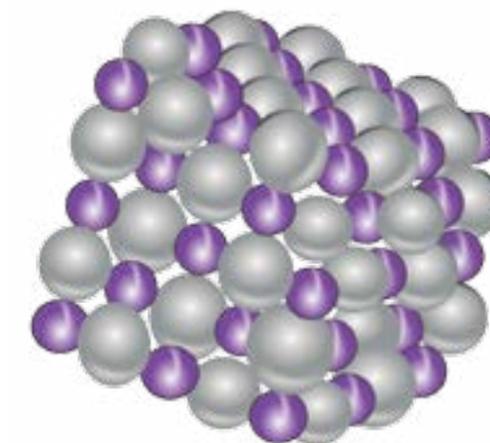
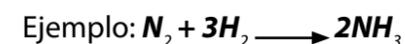


Figura 8.7. Estructura cristalina del hidruro de sodio.

2.2. Hidruros no metálicos o ácidos hidrácidos



Formulación: se aplican las mismas reglas de los hidruros metálicos (hidrógeno con un número de oxidación 1- y los no metales con número de oxidación positivo, excluyendo a: los halógenos, el selenio y el telurio).



Para saber más...

El SO_2 se emplea como blanqueador en la industria de la pulpa de madera y papel. También se utiliza como aditivo antioxidante para prevenir el oscurecimiento de vinos, papas deshidratadas. El SO_2 resulta ser inocuo cuando se ingiere en los alimentos; sin embargo, es muy irritante para las vías respiratorias cuando se inhala, además es uno de los gases de invernadero que propicia la lluvia ácida.

Nomenclatura:

- Tradicional:

NH_3 : Amoníaco

- Stock:

NH_3 : Nitruro de hidrógeno

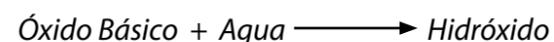
- Sistemática o estequiométrica:

NH_3 : Trihidruro de nitrógeno

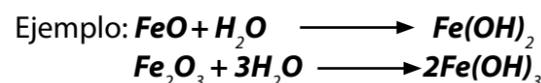
Figura 8.8. El amoníaco es muy usado en productos de limpieza.



3. Hidróxidos o bases: son compuestos que resultan de la combinación de un óxido básico con agua; cuando se disuelven en agua, producen iones hidroxilos (OH⁻).



Formulación: para escribir los hidróxidos o bases, se coloca el metal proveniente del óxido básico seguido del grupo oxidrilo o hidroxilo (OH⁻), que es un radical con número de oxidación -1.



Nota: se coloca el radical hidroxilo entre paréntesis y como subíndices los números de oxidación intercambiados.

Nomenclatura:

- Tradicional:

$Fe(OH)_2$: Hidróxido ferroso

$Fe(OH)_3$: Hidróxido férrico

- Stock:

$Fe(OH)_2$: Hidróxido de hierro (II)

$Fe(OH)_3$: Hidróxido de hierro (III)

- Sistemática o estequiométrica:

$Fe(OH)_2$: Dihidróxido de hierro

$Fe(OH)_3$: Trihidróxido de hierro



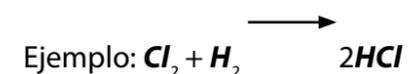
Figura 8.9. El color naranja de algunos suelos es debido a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro.

4. Ácidos: pueden definirse como sustancias que liberan iones hidronios (H⁺) cuando se disuelven en agua. Las fórmulas de los ácidos contienen uno o más átomos de hidrógeno combinados con un grupo aniónico. Se dividen en:

4.1. Ácidos hidrácidos: resultan de la unión del hidrógeno con los halógenos (F, Cl, Br, I), el azufre (S), el selenio (Se) y el telurio (Te), estos últimos elementos no metálicos.



Formulación: se coloca el hidrógeno seguido del elemento respectivo.



Nomenclatura: se inicia con la palabra Ácido seguida del nombre del no metal con el sufijo -“HÍDRICO”; o se inicia con el nombre del anión con la terminación -uro seguido de las palabras: de hidrógeno, de acuerdo a cada nomenclatura:

- Tradicional:

HCl: Ácido clorhídrico

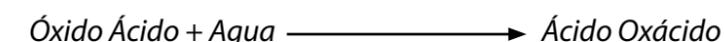
- Stock y Sistemática:

HCl: Cloruro de hidrógeno



Figura 8.10. Ácido clorhídrico.

4.2. Ácidos oxácidos: se forman por la combinación de los óxidos ácidos o anhídridos con el agua.



Formulación: se identifican por estar formados por hidrógeno, un no metal y oxígeno en ese mismo orden. El hidrógeno tiene número de oxidación 1+ y el no metal con el oxígeno forma oxianiones (tabla 8.4).



Nomenclatura:

- Tradicional: se siguen las mismas normas utilizadas en los anhídridos sólo que ahora se llaman Ácidos.

H_2SO_4 : Ácido sulfúrico

- Stock: se antepone el prefijo griego correspondiente al término -oxo para indicar el número de átomos de oxígeno, la raíz del no metal con la terminación -ato, seguido de su número de oxidación entre paréntesis, en números romanos, y se termina con la palabra: de hidrógeno.

H_2SO_4 : Tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno

- Sistemática o estequiométrica: se inicia con la palabra Ácido seguida del prefijo griego correspondiente al término -oxo para indicar el número de átomos de oxígeno, la raíz del no metal con la terminación -ico, seguido del número de oxidación entre paréntesis y en números romanos.

H_2SO_4 : Ácido tetraoxosulfúrico (VI)



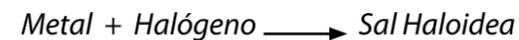
Figura 8.11. Ácido sulfúrico, necesario para el funcionamiento de las baterías de automóviles.

Fórmula	Nombre
ClO ⁻	hipoclorito
ClO ₂ ⁻	clorito
ClO ₃ ⁻	clorato
ClO ₄ ⁻	perclorato
BrO ⁻	hipobromito
BrO ₂ ⁻	bromito
BrO ₃ ⁻	bromato
BrO ₄ ⁻	perbromato
IO ⁻	hipoiodito
IO ₃ ⁻	iodato
IO ₄ ⁻	periodato
SO ₃ ²⁻	sulfito
SO ₄ ²⁻	sulfato
NO ₂ ⁻	nitrito
NO ₃ ⁻	nitrato
PO ₃ ³⁻	fosfito
PO ₄ ³⁻	fosfato
CO ₂ ²⁻	carbonito
CO ₃ ²⁻	carbonato

Tabla 8.4. Principales Oxianiones.

5. Sales: son compuestos que pueden obtenerse por diferentes combinaciones. En función a esto tenemos los siguientes tipos:

5.1. Sales haloideas:



Formulación: se forman con la combinación de un metal con un halógeno. El símbolo del metal se debe colocar a la izquierda y el del halógeno a la derecha por ser más electronegativo.



Nomenclatura: estos compuestos se nombran con el terminal -uro del nombre latino del no metal, seguido del nombre del metal.

- **Tradicional:**

FeCl_2 : **Cloruro ferroso**

- **Stock:**

FeCl_2 : **Cloruro de hierro (II)**

- **Sistemática o Estequiométrica:**

FeCl_2 : **Dicloruro de hierro**

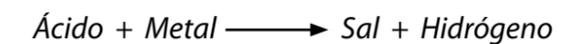
- **Stock:**

NCl_3 : **Cloruro de nitrógeno (III)**

- **Sistemática o estequiométrica:**

NCl_3 : **Tricloruro de nitrógeno**

5.3. Sales neutras:



Formulación: se forman con la combinación de un ácido con un metal. En este caso todos los hidrógenos se remplazan por el elemento metálico.



Nomenclatura: se nombra el oxianión seguido del nombre del metal, o con los prefijos griegos de acuerdo a cada nomenclatura.

- **Tradicional:**

CaCO_3 : **Carbonato de calcio**

- **Stock y Sistemática:**

CaCO_3 : **Trioxocarbonato (IV) de calcio**



Figura 8.12. El carbonato de calcio se puede encontrar en las salinas y mares.

5.4. Sales ácidas:



Formulación: se forman con la combinación de un ácido con un óxido básico. En este caso los hidrógenos no se sustituyen totalmente.



Nomenclatura: en la nomenclatura tradicional se mantiene la palabra ácido, entre el oxianión y el metal. En la nomenclatura Stock se siguen las reglas ya mencionadas.

- **Tradicional:**

KHSO_4 : **Sulfato ácido de potasio**

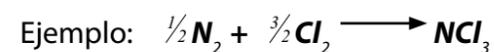
- **Stock y Sistemática:**

KHSO_4 : **Tetraxosulfato(VI) ácido de potasio**

5.2 Pseudosal o falsa sal:



Formulación: se forman con la combinación de un no metal con otro no metal. El símbolo del no metal menos electronegativo se debe colocar a la izquierda y el del no metal más electronegativo, hacia la derecha. Recuerda que puedes buscar el valor de la Electronegatividad de cada elemento en la tabla periódica.



Nomenclatura: igual que en el caso anterior, estos compuestos se nombran con el terminal -uro del nombre latino del no metal, seguido del nombre del elemento no metálico menos electronegativo.

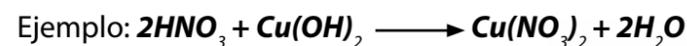
- **Tradicional:**

NCl_3 : **Cloruro nitroso**

5.5. Sales básicas:



Formulación: se combinan un ácido con una base, reemplazando todos los hidrógenos e hidróxidos para formar agua.



Nomenclatura: se siguen las normas ya descritas.

• **Tradicional:**

$\text{Cu(NO}_3)_2$: **Nitrato cúprico**

• **Stock y Sistemática:**

$\text{Cu(NO}_3)_2$: **Trioxonitrato (V) de cobre (II)**

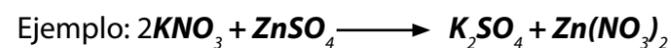


Figura 8.13. Nitrato cúprico.

5.6. Sales dobles:



Formulación: se forman con la combinación de dos sales. En estos casos se reemplazan los metales y los oxianiones.



Nomenclatura: se nombra el oxianión seguido del nombre del metal. En estos casos se intercambian los números de oxidación.

• **Tradicional:**

K_2SO_4 : **Sulfato de potasio**

$\text{Zn(NO}_3)_2$: **Nitrato de zinc**

• **Stock:**

K_2SO_4 : **Tetroxosulfato(VI) de potasio**

$\text{Zn(NO}_3)_2$: **Trioxonitrato (V) de zinc**

Nota: como el potasio y el zinc tienen un solo número de oxidación, resulta innecesario indicar su estado de oxidación en números romanos entre paréntesis.



El lenguaje de la química en los alimentos

Resulta muy importante que amigos, familiares y conocidos conozcan la importancia de llamar a cada sustancia química por su nombre; por ello, comparte saberes con estas personas, así como discute con profesores y compañeros del liceo la relevancia del lenguaje químico. Te invitamos a realizar una serie de actividades que permitan disfrutar del Lenguaje de la Química en los Alimentos.

¿Qué necesitan?

Para esta actividad requerimos etiquetas de alimentos enlatados, bebidas gaseosas, sal de mesa, azúcar, de igual manera toda la información que puedas recabar sobre las sustancias químicas que contienen las frutas, miel de abejas, leguminosas (frijoles, caraotas), leche, carne de res, cerdo, pollo y pescado.

¿Cómo lo harán?

Sugerimos clasificar estos alimentos en grupos utilizando diferentes criterios como por ejemplo:

- Alimentos que ayudan a mantener el sistema inmunológico fuerte.
- Alimentos que contribuyen a la reproducción de células cancerígenas.

Orienten el trabajo preguntándose: ¿cuáles elementos son más comunes en cada grupo?, ¿cuáles compuestos se encuentran en mayor proporción? Comparen sus ideas con el resto de sus compañeros.

¿Cómo organizarán la información?

Sugerimos que construyan una forma de registrar los datos, puede ser a través de una tabla, listas, mapas mentales o conceptuales, y en función a la clasificación anterior identifiquen:

- Bioelementos primarios, secundarios y oligoelementos.
- Elementos tóxicos, metales pesados, aditivos químicos, conservantes, colorantes.

¿Qué harán con los datos?

¿Qué tipo de sustancia interviene en cada caso?

Emplea los tres sistemas de nomenclatura en química para nombrarla.

Ubica los bioelementos u oligoelementos en la tabla periódica.

Compara tus registros y observaciones con los demás compañeros y discute con ellos los beneficios o daños que pueden ocasionar en nuestro organismo las sustancias estudiadas. ¿Cuáles recomendaciones pueden ofrecer?

Sugerimos compartir toda esta información con vecinos y amigos, pueden canalizarla desde la mesa de salud del consejo comunal de su sector.

¿Para qué estudiamos la nomenclatura química?

En Química se emplea una simbología que es manejada de igual forma en todos los países del mundo; por ello, representa el idioma universal del químico. Si nos ubicamos en cualquier lugar del planeta y desconocemos su idioma de origen, la simbología química se conserva así como los números, de esta manera las personas que deseen nombrar algún compuesto podrán entenderse con personas de otros continentes.

Y ¿por qué es importante hablar el mismo idioma? ¿Para entendernos!, tú que estas estudiando Ciencias Naturales estarás aprendiendo un idioma que tal vez lo esté estudiando un joven canadiense, japonés, francés..., así cuando alguien represente la fórmula química de un compuesto, todos en este planeta podrán comprenderlo.

Analiza esta situación: nacidos en lugares distintos, con lenguas diferentes, nos podemos comprender hablando con símbolos, ¿no te parece una idea genial?

Tabla 8.5. Nombre, símbolo y estados de oxidación de algunos elementos.

Elemento	Símbolo	Estado de oxidación	Elemento	Símbolo	Estado de oxidación
Hidrógeno	H	1+, 1-	Platino	Pt	2+, 4+
Litio	Li	1+	Plomo	Pb	2+, 4+
Sodio	Na	1+	Estaño	Sn	2+, 4+
Potasio	K	1+	Bismuto	Bi	3+, 5+
Plata	Ag	1+	Cromo	Cr	2+, 3+, 6+
Berilio	Be	2+	Manganeso	Mn	2+, 3+, 4+, 6+, 7+
Magnesio	Mg	2+	Flúor	F	1-
Calcio	Ca	2+	Cloro	Cl	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Estroncio	Sr	2+	Bromo	Br	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Bario	Ba	2+	Yodo	I	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Zinc	Zn	2+	Oxígeno	O	2-
Cadmio	Cd	2+	Azufre	S	2-, 2+, 4+, 6+
Aluminio	Al	3+	Boro	B	3-, 3+
Cobre	Cu	1+, 2+	Nitrógeno	N	3-, 2+, 3+, 4+, 5+

Elemento	Símbolo	Estado de oxidación	Elemento	Símbolo	Estado de oxidación
Mercurio	Hg	1+, 2+	Fósforo	P	3-, 1+, 3+, 5+
Oro	Au	1+, 3+	Arsénico	As	3-, 1+, 3+, 5+
Hierro	Fe	2+, 3+	Antimonio	Sb	3-, 1+, 3+, 5+
Cobalto	Co	2+, 3+	Carbono	C	4-, 2+, 4+
Níquel	Ni	2+, 3+	Silicio	Si	4-, 4+

Tabla 8.6. Otros aniones comunes.

Fórmula	Nombre	Fórmula	Nombre
F ⁻	fluoruro	SCN ⁻	tiocianato
Cl ⁻	cloruro	O ²⁻	óxido
Br ⁻	bromuro	S ²⁻	sulfuro
I ⁻	ioduro	HSO ₃ ⁻	bisulfito o hidrogenosulfito
OH ⁻	hidróxido	HSO ₄ ⁻	bisulfato o hidrogenosulfato
CN ⁻	cianuro	HCO ₃ ⁻	bicarbonato o hidrogenocarbonato
MnO ₄ ⁻	permanganato	CrO ₄ ²⁻	cromato
PO ₄ ³⁻	fosfato	Cr ₂ O ₇ ²⁻	dicromato



Actividades de autoevaluación

1.- De acuerdo a toda la información planteada, indaga en relación con:

- 1.1.- La historia de los nombres de los elementos químicos descubiertos en los últimos años.
- 1.2.- ¿Por qué los gases nobles también son llamados inertes?
- 1.3.- Otros nombres que a través de la historia hayan sido dados a los elementos y compuestos químicos, resaltando las propiedades que se consideran para cada caso.
- 1.4.- Los nombres de las sustancias químicas que se destacan en las páginas anteriores, con la nomenclatura más apropiada.

2.- Escribe el nombre (por las diferentes nomenclaturas) de los siguientes compuestos y de ser posible indaga su utilidad.

- 2.1.- CaO, MgO, Al₂O₃, PtO₂, B₂O₃, Cl₂O, Cl₂O₃, Cl₂O₅, Cl₂O₇.
- 2.2.- NH₃, SiH₄, CH₄, PH₃.
- 2.3.- NaOH, Mg(OH)₂, KOH, LiOH.
- 2.4.- HNO₃, H₂SO₄, HClO₄, HF, H₃PO₄, HBr, H₂CO₃.
- 2.5.- NaCl, Al(NO₃)₃, KCl, KBr.



Existen diversos tipos de materiales como vidrio, papel, alimentos, monedas, agua, aire, entre otros; todos estos materiales están constituidos por átomos y moléculas que no podemos observar, contar ni medir su masa en forma individual; pero esto, en química, no representa un problema porque se han creado unidades de medida que nos facilitan su comprensión y estudio, de esta forma podemos contar partículas submicroscópicas a través de mecanismos macroscópicos, como lo es la cantidad de sustancia, cuya unidad es el mol. A través de la cantidad de sustancia podremos aproximarnos muy bien en la determinación cuantitativa o de la cantidad de partículas que se encuentran presentes en un espacio determinado.

Es importante recordar que la química estudia los materiales y permite explicar los fenómenos que favorecen su transformación; para ello, debemos imaginar el mundo submicroscópico e indagar acerca de su constitución atómica y molecular, así como sus posibles interacciones. La reagrupación de átomos y moléculas es lo que observamos como un cambio químico, una reacción química.

Te has preguntado ¿qué cantidad de reactivos (o sustancias de partida) se necesitan para generar cierta cantidad de producto?, pregunta similar a: ¿qué cantidad de ingredientes es necesaria para preparar una deliciosa comida en un banquete? y ¿cuánta de materia prima será necesaria en un proceso químico - industrial para la fabricación de un producto?, e incluso ¿cuándo se detiene o finaliza una reacción química? Todas estas interrogantes nos dirigen hacia una forma de cuantificar en química, la **Estequiometría**, que es la relación cuantitativa entre las sustancias cuando ocurre un cambio químico, tema que profundizaremos en esta lectura.

Contando partículas

Cuando comenzaron a estudiarse científicamente los diversos elementos, entre los siglos XVIII y XIX, los científicos no podían medir la masa de cada átomo, necesario para describir sus propiedades. Por ello se estableció una escala relativa de masas atómicas, es decir, la masa que mide un átomo en **unidad de masa atómica (uma)**. Por ejemplo, el hidrógeno tiene una masa de 1,01 uma y el carbono 12,01 uma, es decir, un átomo de carbono tiene una masa 12 veces mayor que la de hidrógeno. Para conocer las masas de cada átomo puedes revisar la tabla periódica incluida en el tomo II del libro de Ciencias Naturales.

Por otra parte, desde 1865 sabemos que un **mol** o **cantidad de sustancia** contiene $6,02 \times 10^{23}$ átomos, moléculas u otras partículas. Este valor representa el Número de Avogadro –en honor al físico italiano **Amadeo Avogadro**– y tiene como significado el siguiente: para el hidrógeno, por ejemplo, que tiene una masa atómica de 1,01 uma, en un mol están contenidos 1,01 g de átomos de hidrógeno, es decir, su **masa molar atómica** es 1,01g/mol, en un mol están contenidos $6,02 \times 10^{23}$ átomos de hidrógeno y tienen una masa total de 1,01 gramos.

En el caso del carbono, como otro ejemplo, su unidad de masa atómica es 12,01 uma; por consiguiente, su masa molar atómica es 12,01 g/mol, esto quiere decir que un mol de átomos de carbono ($6,02 \times 10^{23}$ átomos de C) tiene una masa de 12,01 g. Fíjate que un mol de hidrógeno tiene una masa diferente a un mol de carbono, cada tipo de átomos tiene una masa diferente.

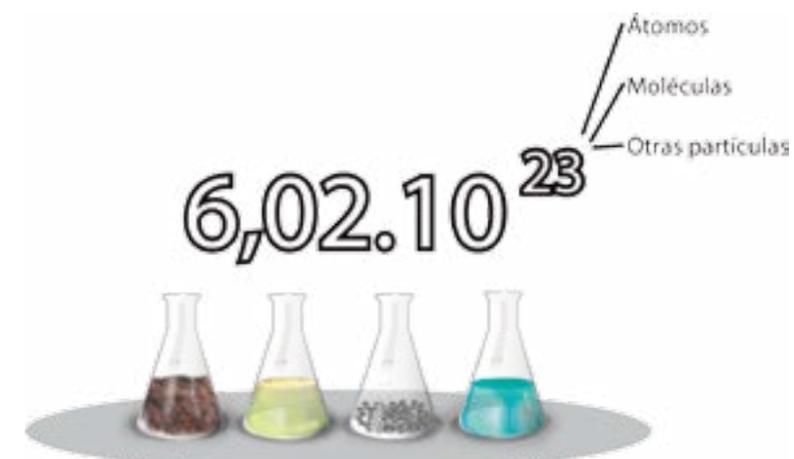


Figura 9.1. Número de Avogadro.



Para que puedas comprender un poco mejor esta abstracción, supongamos que queremos conocer la cantidad de granos de arroz que contiene un paquete (1 kilogramo) del mismo. Ésta es una tarea difícil porque los granos son pequeños y hay muchos en un paquete. Algo similar ocurre en química, contar uno a uno los átomos y moléculas resultaría imposible; valiéndonos del número de Avogadro podrás conocer la cantidad de partículas, presentes en un volumen o masa definida.

Figura 9.2. Los granos de arroz son difíciles de contar, pero es posible predecir su cantidad en un paquete, sin necesidad de contarlos todos.

Es importante señalar que hay granos de arroz podrían tener masa diferente a la de los otros y variar, por consiguiente, la masa total de pequeños paquetes; esto no pasa en química, cada átomo tiene una masa invariable, por ello su medida es mucho más exacta y precisa, podríamos decir que un mol de partículas representa un número fijo de entidades químicas cuya masa es igualmente fija, por ejemplo, 1 mol de moléculas de agua (H_2O) contiene $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de agua y ese número de moléculas tiene una masa exacta de 18,00 g, veamos en la tabla 9.1 por qué es 18,00g.

1 átomo de H tiene una masa de 1,00 uma	1 mol de átomos de H tiene una masa de 1 g
1 molécula de O_2 tiene una masa de $2(16,00 \text{ uma}) = 32,00 \text{ uma}$	1 mol de moléculas de O_2 tiene una masa de $2(16,00 \text{ g}) = 32 \text{ g}$
1 molécula de H_2O tiene una masa de H = $2(1,00 \text{ uma}) = 2 \text{ uma}$ O = $1(16,00 \text{ uma}) = 16 \text{ uma}$ Total..... 18 uma	1 mol de moléculas de H_2O tiene una masa de H = $2(1,00 \text{ g}) = 2 \text{ g}$ O = $1(16,00 \text{ g}) = 16 \text{ g}$ Total..... 18 g

Tabla 9.1. Relación entre las unidades de masa atómica (uma), masa molar atómica y masa molecular.

En definitiva, un mol de sustancia representa un número fijo de partículas que tiene, una masa fija. Todos los átomos de nitrógeno (N) tienen la misma masa, todas las moléculas de agua (H_2O) también, etcétera.

Ahora veamos otro ejemplo con 27 esferas de oro (Au), supongamos que cada esfera tiene una masa exacta de 15 g, si medimos la masa del grupo completo daría un total de 405 g. Si ahora tomamos al azar una cantidad de las mismas esferas de oro y notamos que la masa de este conjunto es 315 g, ¿a cuántas esferas corresponde?... ¡Correcto! A 21 esferas. Esto nos permite concluir que conociendo la masa exacta de cada esfera, podemos siempre conocer la cantidad de esferas y viceversa.



Figura 9.3. Determinación de la masa de las esferas de oro.

La definición se vuelve más aplicable en la medida en que se establecen relaciones importantes entre la masa del átomo y la masa de 1 mol de esos átomos, de esta forma podremos decir que la masa atómica de un elemento en uma (unidades de masa atómica) es numéricamente igual a la masa de un mol de los átomos (masa molar atómica) de ese elemento expresada en gramos.

Como puedes observar en la tabla periódica, la masa atómica del oro (Au) es 197 uma, es decir, un mol de oro tiene 197 g de átomos de Au (masa molar atómica); a su vez, un mol de Au contiene $6,02 \times 10^{23}$ átomos de este metal. Con estos valores y volviendo al ejemplo de las esferas de oro, es interesante conocer ¿cuántos átomos de Au contiene cada esfera? La respuesta es $4,58 \times 10^{22}$, un valor muy alto; investiga cómo se obtiene.

Aplicaciones de la Estequiometría: Porcentaje de un elemento en un compuesto

En muchas ocasiones se hace más fácil reportar el porcentaje de un elemento presente en un compuesto, que otros tipos de expresión. El porcentaje de cada elemento se determina a través de su masa molar atómica y masa molar molecular. Veamos cómo.

El ácido ascórbico, denominado también vitamina C, lo contienen las frutas como la naranja, el limón, la piña, entre otras; tiene beneficios antimicrobianos y antioxidantes. Su máximo defensor, **Linus Pauling**, sostuvo que la mayoría de las enfermedades se debían a su deficiencia; esta situación podría revertirse si es consumido debidamente, incluso se piensa que su ingestión permite alargar la vida debido a sus propiedades antioxidantes. La fórmula molecular del ácido ascórbico es $C_6H_8O_6$. Conozcamos el porcentaje de cada elemento en este compuesto. Por otra parte, si una persona ingiere 0,3 g de ácido ascórbico, ¿cuántos gramos de oxígeno están allí contenidos?

Para saber más...

El acero, muy común en nuestros utensilios de cocina: ollas, vasos, cubiertos, etc., es elaborado con una mezcla de metales; su utilidad depende de la proporción en la que se encuentre cada componente. Aunque su composición no es exacta ni fija, la variación determina la utilidad del mismo, por ejemplo: el acero inoxidable es aquél que contiene un mínimo de 10,5% de cromo y un máximo de 1,2% de carbono, entre otros elementos.



Figura 9.4. El ácido ascórbico se encuentra en los jugos de naranja, limón, guayaba, piña, fresa, entre otras frutas.





Estudiando porcentajes

En la figura 9.5, se presenta un sencillo esquema que podríamos seguir para determinar el porcentaje de cada elemento en un compuesto, en este caso, el ácido cítrico ($C_6H_8O_7$):

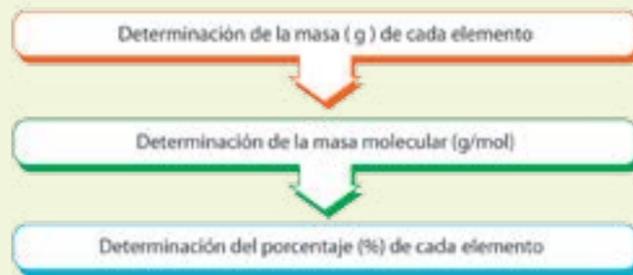


Figura 9.5. Secuencia para conocer el porcentaje de cada elemento en un compuesto.

Masa (g) de cada elemento en el compuesto $C_6H_8O_7$

En 6 moles de átomos de C su masa es:

$$m_C = 6 \text{ mol de } C \frac{12,01 \text{ g}}{1 \text{ mol de } C} = 72,06 \text{ g}$$

En 8 moles de átomos de H su masa es:

$$m_H = 8 \text{ mol de } H \frac{1,00 \text{ g}}{1 \text{ mol de } H} = 8,00 \text{ g}$$

En 7 moles de átomos de O su masa es:

$$m_O = 7 \text{ mol de } O \frac{16,00 \text{ g}}{1 \text{ mol de } O} = 112,00 \text{ g}$$

Masa Molecular (g/mol) del compuesto $C_6H_8O_7$:

$$\text{Masa de carbono: } m_C = 72,06 \text{ g}$$

$$\text{Masa de hidrógeno: } m_H = 8,00 \text{ g}$$

$$\text{Masa de oxígeno: } m_O = \frac{112,00 \text{ g}}{192,06 \text{ g}}$$

Es decir, la **Masa Molecular (MM)** del $C_6H_8O_7$ es **192,06 g/mol**

Porcentaje (%) de cada elemento en el compuesto $C_6H_8O_7$

$$\% \text{ de } C = \frac{72,06 \cancel{\text{ g}}}{192,06 \cancel{\text{ g}}} 100 \% = 37,50 \%$$

$$\% \text{ de } H = \frac{8,00 \cancel{\text{ g}}}{192,06 \cancel{\text{ g}}} 100 \% = 4,20 \%$$

$$\% \text{ de } O = \frac{112,00 \cancel{\text{ g}}}{192,06 \cancel{\text{ g}}} 100 \% = 58,30 \%$$

$$\text{Total} = 100\% \text{ de } C_6H_8O_7$$

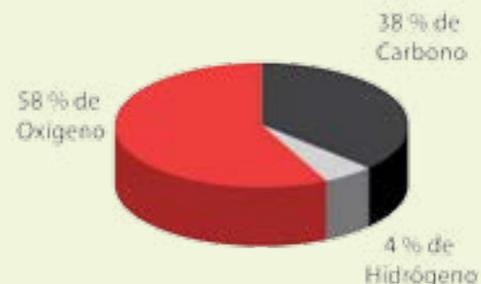


Figura 9.5. Porcentaje de cada elemento constituyente del ácido cítrico $C_6H_8O_7$.

Para conocer la masa de oxígeno que contienen 0,3 g de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$), decimos:

$$m_O = 0,3 \text{ g de } C_6H_8O_7 \frac{112,00 \text{ g}}{192,06 \text{ g de } C_6H_8O_7} = 0,18 \text{ g}$$

¿Qué quiere decir este valor? Si en 192 g de ácido cítrico (1 mol) hay 112 g de oxígeno, en menos masa de ácido cítrico (0,3 g) hay igualmente menos masa de oxígeno (0,18 g).

Para saber más...

Al chocolate, durante mucho tiempo, se le han atribuido múltiples propiedades, desde calmar la ansiedad hasta contribuir al enamoramiento de las personas. ¡Vamos a darle a esta exquisita golosina un tratamiento químico! Está compuesta por aproximadamente 600 sustancias, pero sólo haremos referencia a unas pocas: Teobromina ($C_7H_8N_4O_2$), de efecto en el organismo similar a la cafeína; Triptófano ($C_{11}H_{12}N_2O_2$) actúa como precursor de la serotonina dando lugar a una sensación placentera, y Feniletilamina ($C_8H_{11}N$), denominada sustancia del amor, ya que se encuentra en altos niveles en las personas enamoradas.

Discute con tus compañeros y profesores sobre este tema y determina el porcentaje de cada elemento en los compuestos mencionados.

Aplicaciones de la Estequiometría:

Fórmulas químicas para un compuesto desconocido

En ocasiones pudiésemos tener un compuesto desconocido, en donde no sabemos la cantidad de átomos que conforman la molécula. Para descubrir esta incógnita, vamos a utilizar algunas herramientas matemáticas; de esta forma hallaremos su fórmula más simple (**Fórmula Empírica**) y su fórmula real (**Fórmula Molecular**).

En este caso, vamos a obtener la fórmula química del compuesto desconocido a partir de los porcentajes de cada elemento presente y que conformando la molécula. En la figura 9.6 puedes observar un diagrama para facilitar la obtención de la Fórmula Empírica (FE) y la Fórmula Molecular (FM).

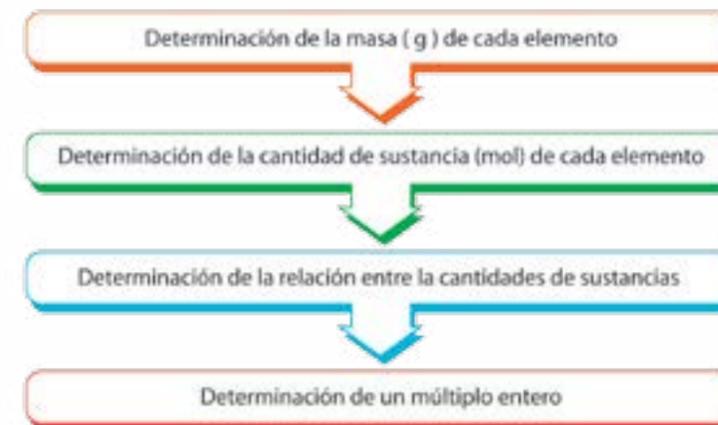


Figura 9.6. Secuencia para determinar la FE y FM de un compuesto desconocido.



Descubriendo fórmulas

Si 100 g de un compuesto desconocido contienen 30,45% en masa de nitrógeno y 69,55% de oxígeno, sabiendo que la masa molar es de 92 g/mol, ¿cuál será la fórmula empírica (FE) y la fórmula molecular (FM) de este compuesto?

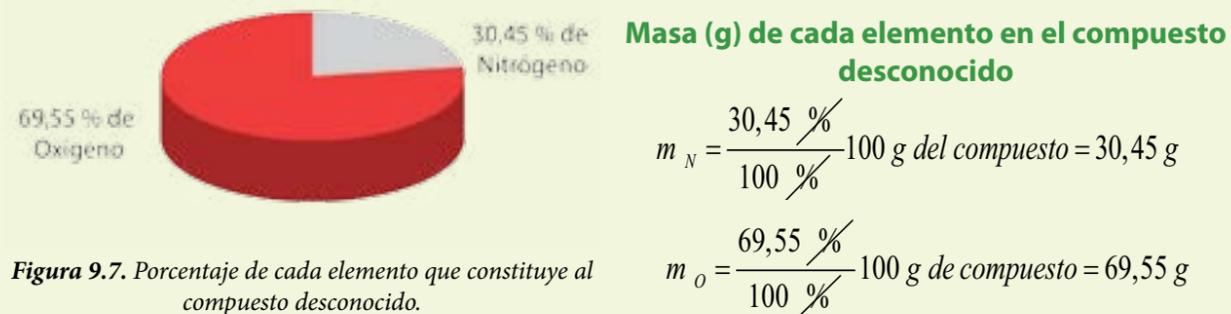


Figura 9.7. Porcentaje de cada elemento que constituye al compuesto desconocido.

Cantidad de sustancia (mol) de cada elemento

Cantidad de sustancia de nitrógeno (n_N) y oxígeno (n_O)

$$n_N = 30,45 \text{ g de } N \times \frac{1 \text{ mol de } N}{14 \text{ g de } N} = 2,18 \text{ mol}$$

$$n_O = 69,55 \text{ g de } O \times \frac{1 \text{ mol de } O}{16 \text{ g de } O} = 4,35 \text{ mol}$$

Relación entre las cantidades de sustancia de cada elemento

Para determinar esta relación, se divide la cantidad de sustancia del elemento entre el número menor obtenido. En este caso la cantidad de sustancia del nitrógeno fue el menor:

$$\frac{n_N}{n_N} = \frac{2,18 \text{ mol}}{2,18 \text{ mol}} = 1 \rightarrow n_N = n_N \quad \frac{n_O}{n_N} = \frac{4,35 \text{ mol}}{2,18 \text{ mol}} = 1,99 \approx 2 \rightarrow n_O \cong 2n_N$$

Fíjate que en el caso del oxígeno el número obtenido se aproxima a 2. Estos números representan el cociente de la fórmula empírica.

La **Fórmula Empírica (FE)** es N_1O_2 , es decir, **NO₂**

Múltiplo entero

Posiblemente la Fórmula Empírica (FE) no corresponda exactamente a la fórmula real del compuesto desconocido, para comprobar esto tendrás que obtener la **Fórmula Molecular (FM)** a través de la búsqueda de un múltiplo entero que multiplicará toda la Fórmula Empírica (FE):

$$\text{Múltiplo Entero} = \frac{\text{Masa Molecular (MM) del compuesto}}{\text{Masa Molecular (MM) de la Fórmula Empírica (FE)}}$$

$$\text{Múltiplo Entero} = \frac{\text{MM del compuesto}}{\text{MM de la FE}} = \frac{92 \text{ g/mol}}{46 \text{ g/mol}} = 2$$

¿Cómo se obtuvo la MM de la FE? Verifica este valor.

Este valor lo multiplicamos por cada subíndice de la FE y obtenemos la **Fórmula Molecular (FM)**, en este caso:



La fórmula real no es NO_2 sino N_2O_4 , ambos compuestos son completamente diferentes. Busca en dónde se encuentran presentes estas dos sustancias, sus efectos en la salud de las personas y su estado de agregación. Comparte toda esta información con tus amigos y compañeros de clases.

Para saber más...

El NO_2 es uno de los gases que junto al SO_2 originan la lluvia ácida. Estos óxidos provienen de la combustión del nitrógeno y azufre efectuada a nivel doméstico (calefacciones), industrial (obtención de energía eléctrica y combustión en calderas) y medios de transporte que usan motores en los que se quema combustible. La lluvia ácida tiene efectos nocivos en los ecosistemas y en los materiales.



Ecuaciones químicas. Reactivo limitante

En muchas de las actividades que realizamos a diario, podemos observar que se llevan a cabo reacciones químicas, por ejemplo: la cocción de los alimentos, encender un yesquero o una hornilla a gas, la degradación que hace nuestro cuerpo de los alimentos proporcionándonos energía para continuar viviendo, entre otros procesos cuya lista podría tornarse interminable.

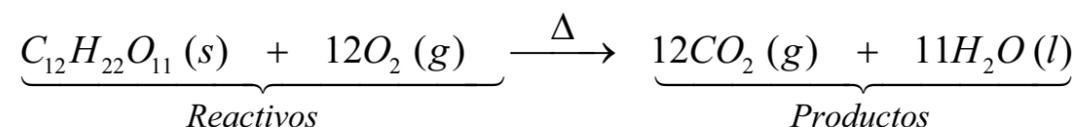
No obstante, estas reacciones podrían detenerse, especialmente por la falta o ausencia de alguno de los elementos necesarios para que se produzcan, por ejemplo, cuando se acaba el gas o combustible de las cocinas, o el líquido en los encendedores, la reacción química se detiene, de allí que su estudio responde a las siguientes interrogantes: ¿por qué las reacciones químicas se detienen?, ¿de qué elementos o compuestos depende la reacción química?, ¿cuál o cuáles compuestos quedan sin reaccionar y cuál (les) se consumen completamente? Estas preguntas las podrás responder luego de que leas las próximas páginas.



Figura 9.8. Diversos procesos que implican reacciones químicas, evidencias de la transformación de la materia.

Antes de presentar las relaciones estequiométricas, que permiten predecir el inicio y culminación de una reacción química, realizaremos un breve repaso de algunas terminologías propias del área de ciencias naturales.

Las **ecuaciones químicas** nos permiten representar las reacciones químicas, es decir, la combinación de los **reactivos**, las sustancias que reaccionan para formar los **productos** o sustancias resultantes; por ejemplo, si se quema azúcar (sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$), la ecuación química sería:



Fíjate que la ecuación química ajustada incluye el mismo número de átomos en ambos lados de la ecuación, esto es, que *durante la reacción química no se detectan cambios en la cantidad de materia*, éste es el enunciado de la **ley de la conservación de la materia**. Además, cabe preguntarse ¿cuál es el significado de esta ecuación química? Sencillo: que la sacarosa reacciona con el oxígeno para formar dióxido de carbono y agua. De forma cuantitativa nos dice que 1 molécula de sacarosa reacciona con 12 moléculas de oxígeno formando 12 moléculas de dióxido de carbono y 11 moléculas de agua, representado a continuación:

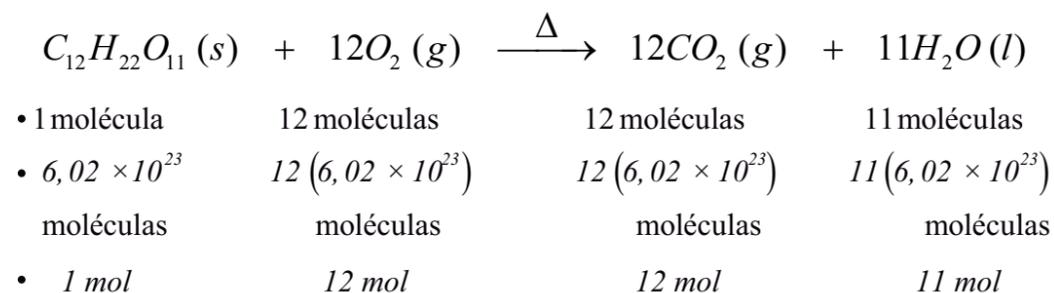


Figura 9.9. Azúcar (sacarosa). En (a) antes y en (b) después de su combustión.

Considerando otro ejemplo:



La Estequiometría nos dice que para formar 2 mol de ácido nítrico (HNO_3) y un mol de óxido de nitrógeno (II) (NO), se necesitan exactamente 3 mol de óxido de nitrógeno (IV) (NO_2) y un mol de agua (H_2O). Ésta es una reacción que ocurre frecuentemente en la atmósfera, por la combinación química entre los gases de invernadero, como lo es el óxido de nitrógeno (IV), que combinado con el agua de lluvia forma la lluvia ácida.

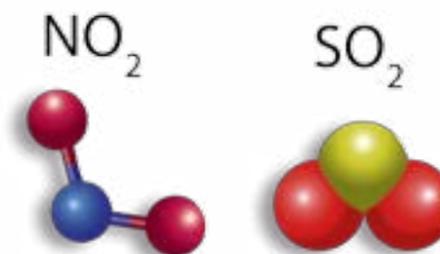
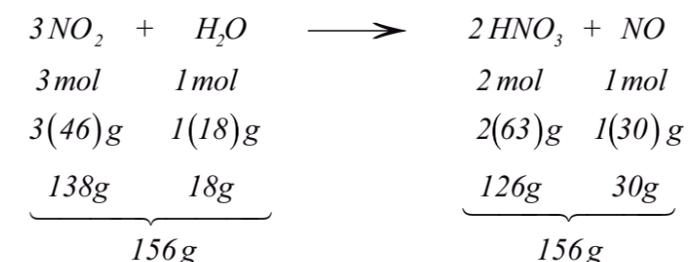


Figura 9.10. La lluvia ácida se forma por la combinación química entre los gases de invernadero (NO_2 y SO_2) con agua, formando ácido nítrico y sulfúrico.

Conociendo la masa molecular (MM) de cada compuesto (revisa la sección "Aplicaciones de la estequiometría: Porcentaje de un elemento en un compuesto" en esta lectura), podríamos determinar la cantidad (en masa) de cada elemento o compuesto presente en la reacción, por ejemplo:



Observa que la masa total inicial de reactivo es exactamente igual a la masa total de producto, esto siempre debe cumplirse, denominándose **ley de la conservación de la masa**, en toda reacción química, las masas de reactivos y productos resultan constantes, dentro de los límites de error experimental. Conociendo la existencia de estas relaciones, y especialmente en las industrias, se emplean mecanismos para producir o impedir la formación de una determinada sustancia, ya sea agregando o disminuyendo ciertos reactivos.

Si por ejemplo, en lugar de tener 138 g de NO_2 tenemos menos, como 120 g, entonces no podrán reaccionar los 18 g de H_2O por completo, tendrá que reaccionar menos quedando algo en exceso, esto se debe a que esa cantidad de agua que reacciona completamente siempre y cuando estén presentes 138 g de NO_2 . De allí surgen los términos reactivo limitante y reactivo en exceso, el primero se refiere al que se encuentra en menor cantidad y, por consiguiente, limita la reacción química impidiendo que ésta continúe, en cambio el reactivo en exceso no limita la reacción química quedando como material sin reaccionar.

Para comprender un poco mejor estos términos, veamos una analogía: supongamos que queremos preparar arepas rellenas de queso, para ello los ingredientes fundamentales serán arepas y rodajas de queso. Si se elaboraron 5 arepas, pero sólo se tienen 3 rodajas de queso, en el supuesto de que cada arepa debe llevar una rodaja de queso, sólo se podrán preparar 3 arepas rellenas; de allí que el queso fue insuficiente para la cantidad de arepas que se tenían, por lo que representa el reactivo limitante; en cambio, las 2 arepas que quedaron sin rellenarse, representan al reactivo en exceso.

Si invertimos la situación, y en lugar de haber tenido 5 arepas y 3 rodajas de queso hubiésemos tenido 3 arepas y 5 rodajas de queso, las arepas representarían el reactivo limitante y el queso el reactivo en exceso. Y si hubiésemos tenido 5 arepas y 5 rodajas de queso no quedaría ningún reactivo como limitante o exceso. En los dos primeros casos sólo se pudieron rellenar 3 arepas (producto), en cambio en el último se pudieron rellenar 5 arepas porque se tenían las cantidades necesarias para ello.

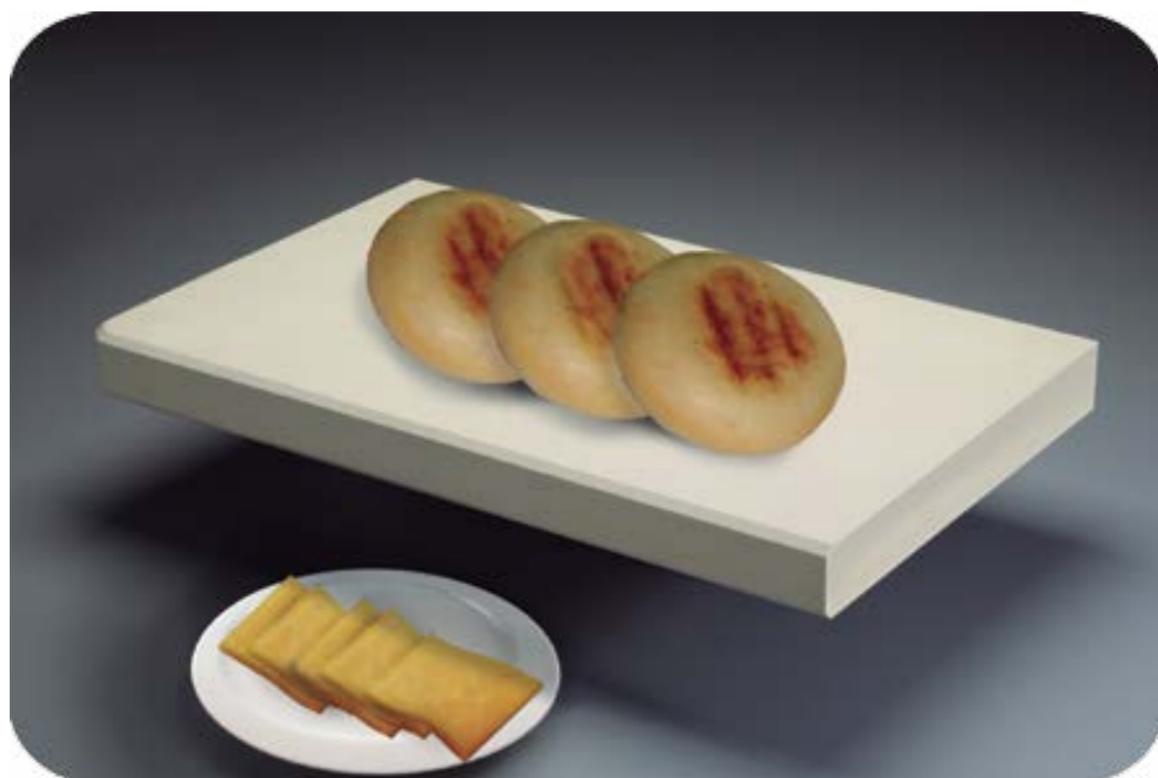


Figura 9.12. Representación del ejemplo de la cantidad de arepas a rellenar.

Algo similar ocurre en química, si en lugar de tener 138 g de NO_2 tuviéramos 50 g ¿qué cantidad de agua quedaría sin reaccionar? y ¿cuánto HNO_3 y NO se produciría? Resolvamos este planteamiento:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 50 \text{ g de NO}_2 \left(\frac{3 \text{ mol de NO}_2}{138 \text{ g de NO}_2} \right) \left(\frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{3 \text{ mol de NO}_2} \right) \left(\frac{18 \text{ g de H}_2\text{O}}{1 \text{ mol de H}_2\text{O}} \right) = 6,52 \text{ g de H}_2\text{O}$$

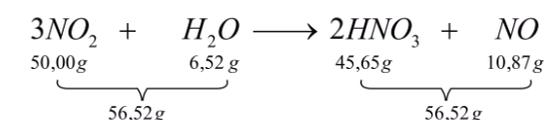
En lugar de reaccionar 18 g, sólo reaccionaría 6,52 g de H_2O , quedando 11,48 g de agua sin reaccionar.

$$m_{\text{HNO}_3} = 50 \text{ g de NO}_2 \left(\frac{3 \text{ mol de NO}_2}{138 \text{ g de NO}_2} \right) \left(\frac{2 \text{ mol de HNO}_3}{3 \text{ mol de NO}_2} \right) \left(\frac{63 \text{ g de HNO}_3}{1 \text{ mol de HNO}_3} \right) = 45,65 \text{ g de HNO}_3$$

En lugar de producirse 126 g sólo se generaría 45,65 g de HNO_3

$$m_{\text{NO}} = 50 \text{ g de NO}_2 \left(\frac{3 \text{ mol de NO}_2}{138 \text{ g de NO}_2} \right) \left(\frac{1 \text{ mol de NO}}{3 \text{ mol de NO}_2} \right) \left(\frac{30 \text{ g de NO}}{1 \text{ mol de NO}} \right) = 10,87 \text{ g de NO}$$

Fíjate que si sólo hay 50 g de NO_2 no se generaría 30 g de NO sino 10,87 g. En definitiva, al tener menos reactivos se producirán menos productos. En este caso:



Por otra parte, el **rendimiento de una reacción** nos indica la cantidad de producto que se forma en las reacciones químicas:

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real del producto}}{\text{Rendimiento teórico del producto}} \times 100 \%$$

Si en el caso anterior en lugar de haber obtenido 45,65 g de ácido nítrico, se obtuvieron 37,80 g, ¿cuál sería el porcentaje de rendimiento de este producto?

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{37,80 \text{ g de HNO}_3}{45,65 \text{ g de HNO}_3} \times 100 \% = 82,80 \%$$

Se obtendría un 82,80 %; de rendimiento del producto.



Disminuyamos los gases de la lluvia ácida

Investiga las reacciones químicas que están relacionadas con la lluvia ácida, sus efectos y consecuencias, luego comparte esa información con los miembros de tu comunidad (familiares, amigos, otros). Finalmente, entre todos propongan y ejecuten mecanismos que eviten las emisiones de los gases involucrados. Discute con todos ellos la probabilidad de disminuir los efectos perjudiciales de sustancias químicas a través del estudio de la estequiometría.



Midamos granos sin contarlos

• Diseña un procedimiento experimental que permita determinar la cantidad de arroz que contiene 1 paquete o kilogramo del mismo.

Sugerencia: Forma pequeños grupos de arroz, mide su masa y predice la cantidad de unidades de arroz que contiene 1 kg del mismo.

Evalúa y comparte el procedimiento seguido con tus compañeros, luego repítelo con granos de caraotas. Compara tus resultados.



Figura 9.12. Granos a ser utilizados en esta actividad.

La naturaleza química: una relación sumamente honesta

La naturaleza de las sustancias químicas “sabe” perfectamente la cantidad de materia que en ella se encuentra, “es muy honesta, no conoce el robo”. Si en un inicio tienes cierta cantidad de átomos y con determinados procesos logra transformarse, ésta misma cantidad de átomos estará allí al final, pero unida o separada con otros átomos, formando nuevas sustancias, ¿no te parece sorprendente?

Vamos a ejemplificarlo aún más: si deseas preparar una torta, debes agregar exactamente los ingredientes y seguir las instrucciones al “pie de la letra”. ¿Por qué? Porque si no lo haces quedará mal. Si le agregas mucha azúcar quedará muy dulce, si le colocas poca harina no crecerá y así sucesivamente; algo muy similar ocurre en química, es necesario realizar cálculos para conocer, con antelación, la cantidad de sustancia que se necesita y obtener determinado producto. Otro ejemplo podría ser el siguiente: si tienes una determinada cantidad de dinero y debes dar prioridad en la compra de ciertos artículos importantes, debes planificarlo con tiempo y no gastar el dinero en cosas poco necesarias; de lo contrario, no cumplirás con tu objetivo y te quedarás sin dinero. En definitiva, es necesario realizar cálculos con antelación, planificando y estudiando lo que se va a realizar; de esta manera, podrás obtener los resultados que tanto anhelas.



Actividades de autoevaluación

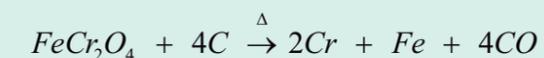
1.- Discute con tus compañeros, amigos, familiares y profesores la importancia de la estequiometría en los hogares, las industrias, la investigación, entre otros.

2.- Si quisieras producir una sustancia química, ¿sobre qué aspectos tendrías que informarte?

3.- Determina el porcentaje de cada elemento en los siguientes compuestos: ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido láctico ($C_3H_6O_3$). Busca, además, sus usos y aplicaciones en la cotidianidad, la industria, la medicina, entre otros.

4.- Se tienen 50 gramos del principal constituyente de un fármaco, si éste contiene 80,21% en masa de carbono, 9,62% de hidrógeno y 10,18% de oxígeno, sabiendo que la masa molecular es 302 g/mol, ¿cuál será la fórmula empírica y la fórmula molecular de este compuesto?

5.- La industria del acero utiliza cromo para realizar las aleaciones, este elemento se toma del mineral cromita ($FeCr_2O_4$) que se pone a reaccionar con coque a altas temperaturas, la reacción que ocurre es la siguiente:



Determina:

- Las masas de hierro y cromo que se producirán si reaccionan completamente 20 g de cromita.
- Si en el caso anterior se produjeran 7,9 g de Cr, ¿cuál sería el porcentaje de rendimiento de este metal?
- Si reaccionan 20 kg de cromita con 15 kg de carbono, ¿cuál es el reactivo limitante? y ¿cuál es el reactivo en exceso?

6.- Inventa una pregunta similar a la anterior con otra reacción química que te parezca de interés. Intercambien sus preguntas en clase y resuélvanlas.



En la vida diaria estamos rodeados de mezclas de sustancias puras, como el aire que respiramos, la sangre que fluye por nuestro cuerpo, el agua de mar, una moneda o el café contenido en una taza. Es importante que sepamos las características de estas mezclas para poder entender su comportamiento y la manera como interactuamos con ellas en la vida cotidiana. En esta lectura vamos a aprender a clasificar y cuantificar las disoluciones, que pueden ser gaseosas, líquidas y sólidas. En este sentido, hablaremos de los componentes de una disolución y la manera como expresamos la cantidad de éstos dentro de la misma.

La cantidad de sustancias presentes, en mayor o menor proporción, dentro de una disolución es de gran importancia cuando están involucradas en reacciones químicas, ya que se modifica la rapidez y la reactividad. En la industria química, la concentración de las sustancias involucradas es determinante para cada proceso, no sólo por los reactivos utilizados, sino también por los productos.

El resultado de conocer e identificar las mezclas y disoluciones nos permitirá entender muchas situaciones y fenómenos que nos rodean; además podrás responder interrogantes como ¿por qué hay sustancias que no se mezclan?, ¿por qué el agua se conoce como el disolvente universal?, y un sinfín de situaciones que se podrán explicar mediante el conocimiento de las propiedades y características de las mezclas y disoluciones.

¿Qué es una mezcla y una disolución?

Las mezclas son combinaciones de dos o más sustancias puras que conservan sus propiedades y composición. Casi cualquier muestra de materia que encontremos es una mezcla. El tipo de mezclas más fácilmente reconocible es aquél donde se distinguen claramente sus componentes y, como consecuencia, se consideran no uniformes; a éstas se les denomina **mezclas heterogéneas**. Por ejemplo, en la figura 10.1 (a), puede observarse con facilidad que hay más de un componente, en la combinación de las rocas de diferentes tamaños y colores, allí mostradas.

Otra clase de mezcla cuyas propiedades se consideran uniformes, se denomina **mezcla homogénea**, también denominada **disolución**. Por ejemplo, en la figura 10.1 (b), cuando agregamos una gota de colorante al agua, se logra observar la dispersión uniforme del color. Ésta disolución resultante conserva las propiedades de cada componente.

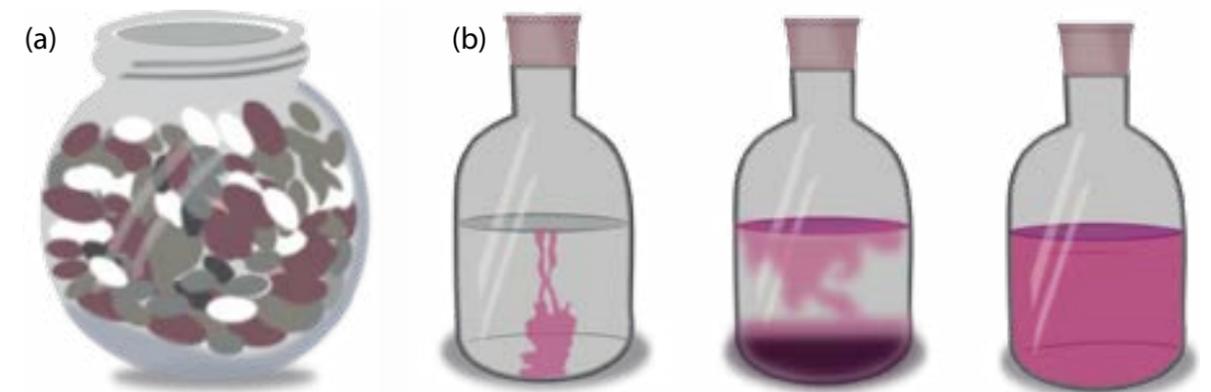


Figura 10.1. (a) Mezcla heterogénea de rocas, (b) mezcla homogénea de colorante y agua.

Generalmente, desde el punto de vista cualitativo, el componente de la disolución que se encuentra en mayor cantidad se denomina **disolvente** y el que está en menor proporción **soluto**. En el caso de la Figura 10.1 (b), el agua es el disolvente y la gota de colorante el soluto; de esta forma se evidencia que el disolvente es el medio dispersante donde el soluto se disuelve, lo que significa que estará en el mismo estado de agregación que la disolución resultante. Entonces, podemos hablar de disoluciones gaseosas como el aire, donde tenemos una mezcla de nitrógeno, oxígeno y otros gases; disoluciones líquidas como el agua salada del mar o disoluciones sólidas en forma de aleación de metales como el bronce.

Esta lectura se enfocará en disoluciones líquidas donde el disolvente es el agua, también denominadas **disoluciones acuosas**; En este tipo de disoluciones, las moléculas de soluto se dispersan en las moléculas de agua para formar la disolución.

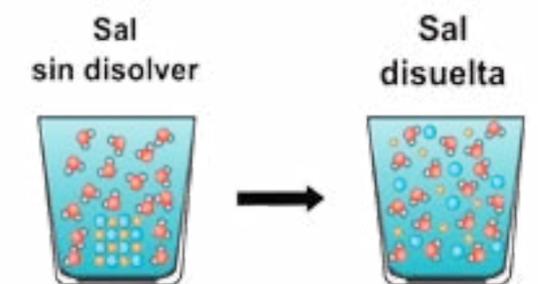


Figura 10.2. Disolución de sal común (NaCl) en agua.

La molécula de agua, compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, tiene la capacidad de disolver muchas de las sustancias conocidas. Además, posee una propiedad muy importante y es la capacidad de formar enlaces físicos o **puentes de hidrógeno** con otras moléculas. Ésta, entre otras características, hace que sea el líquido que más sustancias disuelve, conocido como el **disolvente universal**.

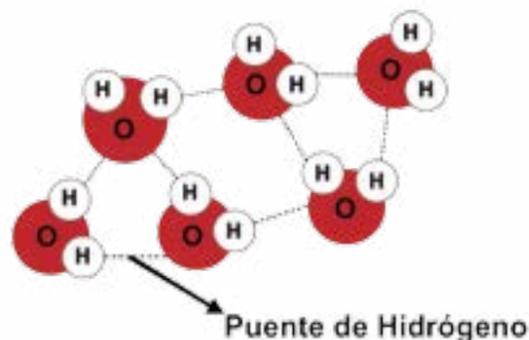


Figura 10.3. Enlace denominado Puente de Hidrógeno.

El agua está presente en la naturaleza mayoritariamente en forma líquida, en un rango de temperatura de cero a cien grados Celsius (0-100 °C), valores que podrían variar por la presión atmosférica de la localidad. Aproximadamente un 70% del planeta está cubierto de agua, sin embargo, no toda el agua disponible es dulce, sólo el 1% puede ingerirse, siendo necesario utilizar este recurso con conciencia debido a que las reservas de agua dulce y potable son escasas.

Las propiedades químicas del agua hacen que ésta sea el disolvente más común y de vital importancia para la industria, la naturaleza, en nuestras casas y en nuestro propio cuerpo, debido al protagonismo que tiene en los procesos biológicos. En general, el disolvente universal es necesario para la vida desde todo punto de vista.

Expresando la concentración

Para saber más...

El cuerpo humano promedio posee más de 30 dm³ de agua, lo que equivale a más del 60% de la masa corporal de un adulto. Nuestro cuerpo está constituido por una gran cantidad de agua, requiriendo un consumo diario de aproximadamente 8 vasos. En otras regiones del mundo, muchas personas tienen que caminar kilómetros para encontrar agua potable, y muchas veces la encuentran contaminada, esto representa una crisis mundial.

Hay dos formas de expresar la cantidad de soluto presente en una disolución: cualitativa y cuantitativa. Desde la visión cualitativa podemos clasificar a las disoluciones en diluidas, concentradas, saturadas y sobresaturadas. En la disolución diluida la cantidad de soluto es pequeña con respecto a la de disolvente.

A medida que se agrega más soluto se obtiene una disolución concentrada. Hasta que llega un momento cuando ya no se puede disolver más soluto y su exceso precipita. Ésta es una disolución saturada, que representa el límite de la cantidad de soluto que puede disolverse en una determinada cantidad de disolvente en unas condiciones dadas.

Al cambiar las condiciones, por ejemplo, al aumentar la temperatura, es posible que pueda disolverse más soluto en la misma cantidad de disolvente, el cual precipita al volver a las condiciones anteriores. Pero en ocasiones, se observa que al volver a las condiciones de partida (por ejemplo, al bajar de nuevo la temperatura), el soluto en exceso permanece disuelto: se tiene así una disolución con más soluto disuelto que lo normal a esas condiciones, que se llama disolución sobresaturada. Las mismas son inestables, y con facilidad el soluto en exceso precipita.

Para ser aún más específicos y determinar la concentración de una disolución se recurre a la **cuantificación**, pero al no poder separar cada componente y contarlos como en el ejemplo de las rocas, emplearemos otros procedimientos para medir la masa, el volumen y la cantidad de sustancia. Con estas variables, podremos determinar la cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución, que se denomina **concentración de las disoluciones**. Hay diversas maneras para expresar las concentraciones de las disoluciones, aquí te presentaremos algunas de ellas.

1) Porcentaje masa-masa (%m/m):

con esta unidad de concentración se expresa el porcentaje en masa que tiene el soluto dentro de la disolución sólida, por ejemplo, si se expresa en gramos, el valor resultante representará la cantidad de masa expresada en gramos de soluto que están presentes por cada 100 gramos de disolución, la manera de calcularlo sería:

$$\% \frac{m}{m} = \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolución}}} 100 \%$$



Figura 10.4. Disoluciones a diferentes concentraciones.

Si observas la etiqueta de la sal común (o sal de mesa), notarás que reporta 99,0 % de cloruro de sodio (NaCl). ¿Qué significado tiene este valor? El valor que nos da la etiqueta representa la concentración que hay de cloruro de sodio sólido, que es el 99,0 %m/m. Este valor significa que por cada 100 gramos de disolución (sólida) hay 99 gramos de cloruro de sodio (sólido), veamos si esto es cierto:

$$\% \frac{m}{m} = \frac{99 \text{ g de NaCl}}{100 \text{ g de disolución}} 100 \% = 99,0 \%$$

2) Porcentaje masa-volumen (%m/V):

esta unidad de concentración representa la cantidad de soluto (sólido) presente en una disolución (líquida); es decir, expresamos la masa de soluto en gramos y el volumen de la disolución en cm³. Su fórmula matemática es la siguiente:

$$\% \frac{m}{V} = \frac{m_{\text{soluto}}}{V_{\text{disolución}}} 100 \%$$



Veamos un ejemplo: si observas la etiqueta de la "leche de magnesio", podrás notar que señala que por 100 mL (o 100 cm³ según el Sistema Internacional de Unidades, SI) hay 8,5 g de hidróxido de magnesio (Mg(OH)₂). ¿Cómo se expresa la concentración en %m/V? Para ello, aplicaremos la fórmula:

$$\% \frac{m}{V} = \frac{8,5 \text{ g de Mg(OH)}_2}{100 \text{ cm}^3 \text{ de disolución}} 100 \% = 8,5 \%$$

¿Qué quiere decir este valor? Que por cada 100 cm³ de disolución están contenidos 8,5 g de Mg(OH)₂. Si ingieres 100 cm³ de leche de magnesio estarás tomando 8,5 g de hidróxido de magnesio (ésta no es la dosis recomendada ya que un frasco pequeño contiene 120 cm³, empleamos esto como ejemplo).

3) Porcentaje volumen-volumen (%V/V): esta unidad de concentración nos permite determinar el porcentaje en volumen que tiene un soluto (líquido) dentro de la disolución (líquida). La unidad para expresar el volumen de soluto y disolvente será en cm³, veamos su fórmula matemática:

$$\% \frac{V}{V} = \frac{V_{\text{soluto}}}{V_{\text{disolución}}} 100 \%$$



Si observas la etiqueta del blanqueador comercial (cloro), notarás que tiene como ingredientes 3,5% de hipoclorito de sodio (NaClO). ¿Qué representa este valor? Que en 100 cm³ de disolución hay 3,5 cm³ de NaClO, comprobemos esto:

$$\% \frac{V}{V} = \frac{3,5 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3} 100 \% = 3,5 \%$$

Estas tres formas de expresión de la concentración se encuentran en **unidades físicas**, a continuación expresaremos la concentración de las disoluciones en **unidades químicas**:

4) Molaridad (M): con esta unidad podrás expresar la cantidad de sustancia (n, en unidad mol) de soluto, por el volumen de disolución (en dm³), la manera de calcularla sería:

$$M = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{disolución}}}$$

Si consideramos el ejemplo de la leche de magnesio (Mg(OH)₂), se tienen 8,5 g de soluto presentes en 100 cm³ de disolución, pero desconocemos la cantidad de sustancia (n) de este soluto. ¿Cómo la hallamos?: con la masa molecular (MM) del hidróxido de magnesio; revisando la tabla periódica encontramos las masas atómicas del magnesio 24,31, del oxígeno 16,00 y del hidrógeno de 1,00. Además, tenemos un átomo de magnesio y dos átomos de oxígeno y dos de hidrógeno, entonces:

$$MM_{\text{Mg(OH)}_2} = [(1)(24,31 \text{ g/mol})] + [(2)(16,00 \text{ g/mol})] + [(2)(1,00 \text{ g/mol})] = 58,31 \text{ g/mol}$$

¿Este número qué representa? Que por cada (1) mol de hidróxido de magnesio hay 58,31 gramos, utilizando el factor de conversión podemos obtener la cantidad de sustancia de Mg(OH)₂:

$$n = 8,5 \text{ g de Mg(OH)}_2 \frac{1 \text{ mol de Mg(OH)}_2}{58,31 \text{ g de Mg(OH)}_2} = 0,15 \text{ mol de Mg(OH)}_2$$

Ahora hace falta transformar la unidad de volumen de la disolución:

$$V = 100 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0,1 \text{ dm}^3$$

Al tener la cantidad de sustancia y la conversión del volumen de disolución, podremos utilizar la fórmula matemática para calcular la concentración de la disolución en términos de la molaridad (M).

$$M = \frac{n_{\text{soluto}}}{V_{\text{disolución}}} = \frac{0,15 \text{ mol}}{0,1 \text{ dm}^3} = 1,5 \text{ mol/dm}^3$$

Su significado representa que en cada (1) dm³ de disolución (o 1 litro) están contenidos 1,5 mol de Mg(OH)₂.

5) Molalidad (m): ésta nos dice la cantidad de sustancia (n) de soluto disuelto, en un kilogramo de disolvente, la manera de calcularla sería:

$$m = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolvente}}}$$

Siguiendo el ejemplo del hidróxido de magnesio (Mg(OH)₂), ya se calculó la cantidad de sustancia que es 0,15 mol. Supongamos que está contenido en 0,2 kilogramos de agua, nos quedaría:

$$m = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{disolvente}}} = \frac{0,15 \text{ mol de Mg(OH)}_2}{0,20 \text{ kg de H}_2\text{O}} = 0,75 \text{ mol/kg de disolvente}$$

Fíjate que por cada kilogramo de agua se encuentran disueltos 0,75 mol de hidróxido de magnesio.



6) Fracción molar (X): esta unidad de concentración representa la fracción de la cantidad de sustancia (n) de soluto o disolvente presente en una disolución. La sumatoria de las fracciones molares de soluto y disolvente siempre será igual a 1 (X) y representa que el 100% de la disolución contiene soluto y disolvente. Las fórmulas matemáticas a emplear serían:

$$X_{\text{Solut}} = \frac{n_{\text{solut}}}{n_{\text{solut}} + n_{\text{disolvente}}} = \frac{n_{\text{solut}}}{n_{\text{disolución}}} \quad X_{\text{disolvente}} = \frac{n_{\text{disolvente}}}{n_{\text{solut}} + n_{\text{disolvente}}} = \frac{n_{\text{disolvente}}}{n_{\text{disolución}}}$$

$$X = X_{\text{solut}} + X_{\text{disolvente}}$$

Si consideramos el ejemplo anterior, ya determinamos la cantidad de sustancia de soluto (0,15 mol de $\text{Mg}(\text{OH})_2$), haría falta determinar la masa molecular y la cantidad de sustancia del agua (disolvente), teniendo como masas atómicas las siguientes: oxígeno 16,0 e hidrógeno 1,0. Como la molécula de agua tiene un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H_2O), se tiene como masa molecular:

$$MM_{\text{H}_2\text{O}} = [(1)(16,0 \text{ g/mol})] + [(2)(1,0 \text{ g/mol})] = 18,0 \text{ g/mol}$$

Dijimos antes que la masa de agua utilizada en esta disolución era 0,20 kg, o sea, 200 g. Como tenemos la masa molecular podemos calcular la cantidad de sustancia (n):

$$n = 200 \text{ g de H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}_2\text{O}}{18 \text{ g de H}_2\text{O}} = 11,11 \text{ mol de H}_2\text{O}$$

Calculando las fracciones molares de soluto ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) y disolvente (H_2O), tenemos:

$$X_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = \frac{n_{\text{Mg}(\text{OH})_2}}{n_{\text{Mg}(\text{OH})_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,15 \text{ mol}}{0,15 \text{ mol} + 11,11 \text{ mol}} = \frac{0,15 \text{ mol}}{11,26 \text{ mol}} = 0,01$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{Mg}(\text{OH})_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{11,11 \text{ mol}}{0,15 \text{ mol} + 11,11 \text{ mol}} = \frac{11,11 \text{ mol}}{11,26 \text{ mol}} = 0,99$$

También podíamos utilizar la fórmula: $X = X_{\text{solut}} + X_{\text{disolvente}}$ al despejar la fracción molar del disolvente: $X_{\text{disolvente}} = 1 - X_{\text{solut}} \quad 1 - 0,01 = 0,99$.

De esta forma comprobamos que hay mayor cantidad de disolvente $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0,99$ que de soluto $X_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = 0,01$.

7) Partes por millón (ppm): esta unidad nos permite expresar las concentraciones de las disoluciones cuando la cantidad de soluto es muy pequeña con respecto a la cantidad de disolución. En el caso de disoluciones acuosas, una parte por millón equivale a un miligramo de soluto por cada litro (o decímetro cúbico) de disolución. Para calcularla necesitaremos dividir la masa (en miligramos) de soluto entre el volumen de disolución (en dm^3):

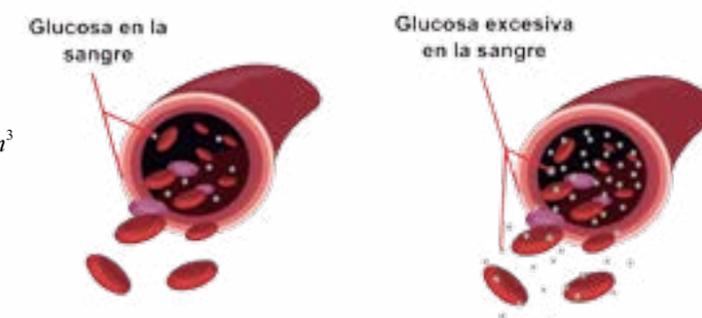
$$\text{ppm} = \frac{m_{\text{solut}}}{V_{\text{disolución}}}$$

¿Sabes cuál es la unidad de concentración para determinar la glucosa en la sangre? Es partes por millón. Busca y revisa algún examen de laboratorio en donde se tengan los valores de glucosa, ésta estará en unidades mg/dL , que significa 10 mg/dm^3 de disolución.

Si el paciente tenía un valor de 86 mg/dL de glucosa, ¿cuánta glucosa está contenida en 1 dm^3 (o litro) de sangre?, será 860 mg . Haz la conversión de dL a dm^3

$$\text{ppm} = \frac{m_{\text{solut}}}{V_{\text{disolución}}} = \frac{860 \text{ mg de glucosa}}{1 \text{ dm}^3 \text{ de sangre}} = 860 \text{ mg/dm}^3$$

ó 860 ppm



En general, las unidades de concentración son una forma de caracterizar las disoluciones y nos dan información acerca de la cantidad de soluto que poseen. En nuestro día a día tenemos contacto con un sinfín de disoluciones a las cuales seguro podrás calcular su concentración. Por ejemplo, si tenemos un dm^3 (o litro) de limonada y le agregamos, para endulzarla, 100 gramos de azúcar; tendremos una limonada con un porcentaje masa-volumen de 10%. Verifica este valor con la información anterior y calcula cuánta azúcar debes agregar para llevar la limonada a una concentración de 15% m/v. Además, busca otras etiquetas de productos en tu casa y verifica las concentraciones que reportan.

Propiedades de las disoluciones

Las disoluciones poseen propiedades físicas algo diferentes a las de sus componentes puros, al mezclar un soluto no volátil con el disolvente puro, se generan cambios en sus propiedades, las cuales se denominan **propiedades coligativas**; la característica principal de estas propiedades es que sólo dependen de la concentración y no del tipo de soluto presente en la disolución. Entre las propiedades coligativas, se tienen: la disminución de la presión de vapor, el aumento del punto de ebullición, la disminución del punto de congelación y la presión osmótica.

Cuando tenemos un líquido en un recipiente cerrado, a una temperatura determinada, las partículas del líquido pasarán a la fase vapor hasta que el sistema llegue a un estado de equilibrio, es decir, cuando la rapidez con la que las partículas de la fase líquida pasan a la fase vapor y viceversa sea la misma. La presión que ejercen las partículas en la fase vapor sobre la superficie del líquido se denomina **presión de vapor**.

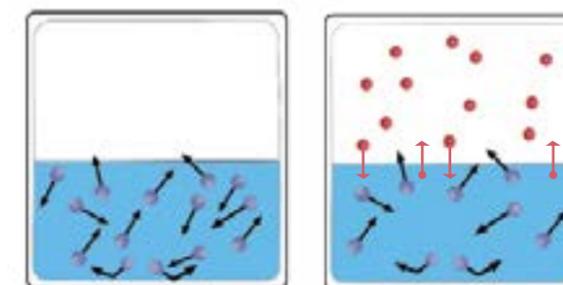


Figura 10.5. Presión de vapor.

Repasemos las transformaciones de unidades de presión:

Cuando tenemos agua a temperatura ambiente (25°C), su presión de vapor es 23,8 torr; pero hay que considerar que 1 torr equivale a 1 mmHg; por otra parte, 1 atmósfera equivale a 760 mmHg y 1 atmósfera a 101325 pascal. De esta forma:

$P_{H_2O} = 23,8 \text{ torr} \left(\frac{1 \text{ mmHg}}{1 \text{ torr}} \right) \left(\frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{101.325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \right) = 3173,1 \text{ Pa}$, que equivale a 3,17 kPa. Por consiguiente 23,8 torr es igual a 3,17 kPa y a 0,03 atm (calcula esta última), ésta sería la presión del vapor del agua a 25°C.

La primera de las propiedades coligativas que estudiaremos será la **disminución de la presión de vapor**, debido a la presencia de un soluto no volátil en la disolución, su presión de vapor disminuye dependiendo de la cantidad de soluto que se disuelva.

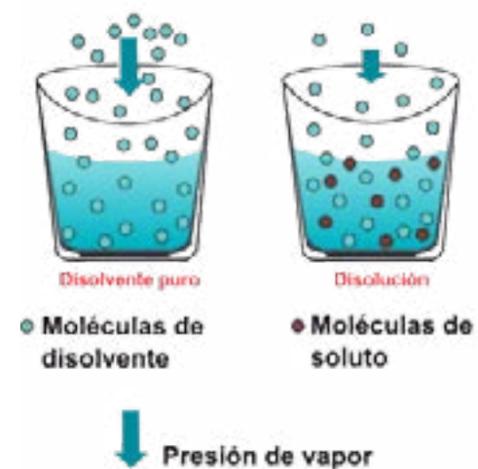


Figura 10.6. Disminución de la presión de vapor.

La disminución de la presión de vapor del disolvente ($\Delta P_{\text{disolvente}}$) será el resultado de la resta entre la presión de vapor del solvente puro ($P_{\text{disolvente}}^0$) y la presión del disolvente en la disolución ($P_{\text{disolvente}}$). También podemos expresar que la disminución de la presión de vapor del disolvente ($\Delta P_{\text{disolvente}}$) será igual a la fracción molar de soluto (X_{soluta}) por la presión de vapor del disolvente puro ($P_{\text{disolvente}}^0$). Por lo general, es más fácil conocer la concentración o fracción molar que tiene el soluto en la disolución; por ello, con frecuencia, recurrimos a la segunda ecuación:

$$\Delta P_{\text{disolvente}} = P_{\text{disolvente}}^0 - P_{\text{disolvente}}$$

$$\Delta P_{\text{disolvente}} = X_{\text{soluta}} P_{\text{disolvente}}^0$$

Si observas la etiqueta del azúcar encontrarás que su principal componente es la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), si agregamos 20,0 g de sacarosa en 100,0 g de agua, ¿se verá disminuida la presión de vapor del agua? Veamos:

Para determinar la disminución de la presión de vapor de la disolución es necesario calcular la masa molecular y fracción molar tanto para la sacarosa como para el agua.

Como hicimos para determinar las fracciones molares, aquí aplicaremos el mismo procedimiento:

La masa atómica del carbono es 12,0 g/mol, la del hidrógeno 1,0 g/mol y la del oxígeno 16,0 g/mol

$$MM_{C_{12}H_{22}O_{11}} = [(12)(12,0 \text{ g/mol})] + [(22)(1,0 \text{ g/mol})] + [(11)(16,0 \text{ g/mol})] = 342,0 \text{ g/mol}$$

$$MM_{H_2O} = [(1)(16,0 \text{ g/mol})] + [(2)(1,0 \text{ g/mol})] = 18,0 \text{ g/mol}$$

$$n_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 20,0 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ mol}}{342,0 \text{ g}} \right) = 0,059 \text{ mol de } C_{12}H_{22}O_{11}$$

$$n_{H_2O} = 100,0 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ mol}}{18,0 \text{ g}} \right) = 5,56 \text{ mol de } H_2O$$

$$X_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{n_{C_{12}H_{22}O_{11}}}{n_{C_{12}H_{22}O_{11}} + n_{H_2O}} = \frac{0,059 \text{ mol}}{0,059 \text{ mol} + 5,56 \text{ mol}} = \frac{0,059 \text{ mol}}{5,62 \text{ mol}} = 0,010$$

Aplicando la fórmula de la disminución de la presión de vapor, si la presión del agua pura a 25°C es de 3 173,1 Pa:

$$\Delta P_{\text{disolvente}} = X_{\text{soluta}} P_{\text{disolvente}}^0 = (0,010)(3173,1 \text{ Pa}) = 31,73 \text{ Pa}$$

¿Qué significa este valor? Que al agregarse 20,0 g de azúcar a 100,0g de agua la presión de vapor del agua disminuye en 31,73 pascal. La presión de vapor de la disolución resultante sería: $3173,1 \text{ Pa} - 31,73 \text{ Pa} = 3141,37 \text{ Pa}$.

La segunda propiedad coligativa se refiere al **aumento de la temperatura de ebullición** de la disolución debido a la presencia de un soluto no volátil. El punto de ebullición es definido como la temperatura a la cual las sustancias líquidas pasan a la fase de vapor, o bien, como la temperatura a la cual el sistema iguala su presión de vapor con la presión atmosférica, lo que favorece el cambio de fase (de líquido a gas). El aumento de la temperatura de ebullición (ΔT_{eb}) es directamente proporcional a la molalidad (m) por una constante de proporcionalidad que sólo depende del tipo de disolvente, y es denominada **constante ebulloscópica (K_{eb})**. Para el agua, $K_{\text{eb}(H_2O)} = 0,512 \frac{^\circ\text{C kg}}{\text{mol}}$. La fórmula matemática para determinar la temperatura de ebullición será:

$$\Delta T_{\text{eb}} = K_{\text{eb}} m$$

Retomando el ejemplo del agua azucarada, se tienen 20,0 g de sacarosa (o 0,058 mol de sacarosa) en 100,0 g de agua (o 0,1 kg de agua), vamos a determinar la molalidad y la temperatura de ebullición:

$$m = \frac{n_{\text{soluta}}}{m_{\text{disolvente}}} = \frac{0,059 \text{ mol de } C_{12}H_{22}O_{11}}{0,1 \text{ kg de } H_2O} = 0,59 \text{ mol/kg de } H_2O$$

$$\Delta T_{\text{eb}} = K_{\text{eb}} m = \left(0,512 \frac{^\circ\text{C kg}}{\text{mol}} \right) \left(0,59 \frac{\text{mol}}{\text{kg}} \right) = 0,30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

¿Qué quiere decir este valor? Que la temperatura de ebullición del agua azucarada no será 100°C, sino $T_{\text{eb}(disolución)} = 100^\circ\text{C} + 0,30^\circ\text{C} = 100,30^\circ\text{C}$, es decir, se necesitará mayor temperatura para que pueda hervir.

La tercera propiedad coligativa se refiere a la **disminución de la temperatura de congelación**, similar al caso anterior, la disminución de la temperatura de congelación es directamente proporcional a la molalidad de la disolución por otra constante, denominada **constante crioscópica (K_f)**, esta constante depende únicamente del disolvente y en el caso del agua tiene un valor de $K_{f(H_2O)} = 1,86 \frac{^\circ C \cdot kg}{mol}$. Podemos expresar el descenso de la temperatura de congelación de la siguiente manera:

$$\Delta T_f = K_f \cdot m$$

En el caso del ejemplo anterior de la sacarosa, ¿cómo disminuirá la temperatura de congelación?

$$\Delta T_f = K_f \cdot m = \left(1,86 \frac{^\circ C \cdot kg}{mol} \right) \left(0,59 \frac{mol}{kg} \right) = 1,10 \text{ } ^\circ C$$

Esto significa que la temperatura de congelación de la disolución no será $0^\circ C$ (como la del agua), sino $T_{f \text{ (disolución)}} = 0,0^\circ C - 1,10^\circ C = -1,10^\circ C$, resultando necesario disminuir aún más la temperatura para que logre congelarse.



Figura 10.7. Los conocidos puntos de ebullición y congelación del agua cambian cuando hay sustancias disueltas en el líquido.

La cuarta y última propiedad coligativa a estudiar es la **presión osmótica**. Cuando las moléculas de disolvente pasan a través de una **membrana semipermeable**, desde una disolución pura (o de menor concentración) a una disolución de mayor concentración, a este fenómeno se le denomina **ósmosis**, durante este proceso el sistema busca alcanzar el estado de equilibrio al intentar igualar las concentraciones de ambas disoluciones y dejando pasar selectivamente al disolvente. A la fuerza o presión que ejercen las moléculas del líquido sobre las paredes del recipiente que las contiene, debido a la ósmosis, se le denomina **presión osmótica**.

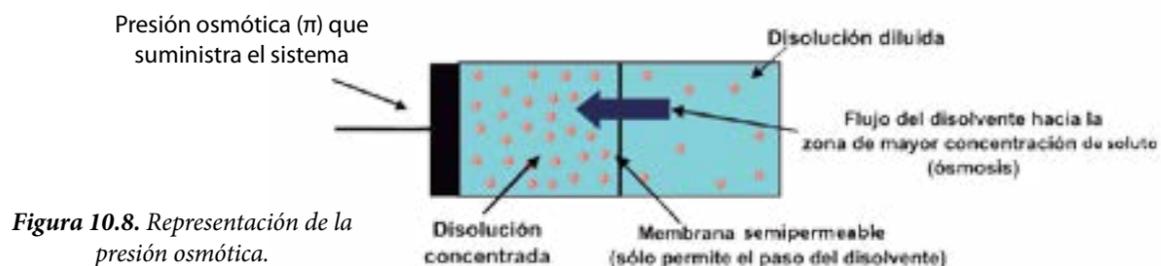


Figura 10.8. Representación de la presión osmótica.

La presión osmótica puede determinarse a través de la multiplicación de la concentración molar (M) por la constante universal de los gases (R, en donde $R = 0,082 \frac{dm^3 \cdot atm}{mol \cdot K}$) y la temperatura (T) en unidad en Kelvin (a la unidad en $^\circ C$ se suma 273,01 K). La presión osmótica suele expresarse en unidades de presión; en este caso, nos quedará en atmósferas (1 atmósfera equivale a 101325 pascal). Así:

$$\pi = M R T$$

¿Qué presión ejercerá una disolución de sacarosa a una concentración de $5,9 \text{ mol/dm}^3$ y temperatura de $25^\circ C$? Veamos:

La temperatura a $25^\circ C$ equivale a 298,01 K, entonces:

$$\pi = M R T = 5,90 \frac{mol}{dm^3} \cdot 0,082 \frac{dm^3 \cdot atm}{mol \cdot K} \cdot 298,01 \text{ } K = 144,18 \text{ } atm$$

Para saber más...

Cuando vas a la playa y los dedos de tus manos y pies se arrugan es debido a un proceso osmótico. El agua de mar contiene mayor concentración de sales que el flujo sanguíneo, por lo tanto las moléculas de agua de tu cuerpo pasan a través de la piel ejerciendo menor presión osmótica, a consecuencia la piel se arruga y nos da mucha sed, nuestro organismo busca recuperar el agua perdida.

Disoluciones y reacciones químicas

Como se dijo en la introducción de la lectura, ésta se enfocará en disoluciones acuosas, así como, las reacciones químicas ocurridas en este disolvente, generalmente empleadas en la industria, la naturaleza y nuestro cuerpo. Particularmente, en la industria muchas reacciones químicas ocurren en medio acuoso, por ejemplo: jugos, perfumes, desinfectantes, champú, jarabes y un sinfín de productos que usamos diariamente.



Figura 10.9. Productos químicos en disolución.

Existen diversos tipos de reacciones químicas acuosas, una muy común son las reacciones ácido-base, típicas en procesos industriales y biológicos. En estas reacciones están involucradas sustancias capaces de donar y ceder protones (iones H^+), las que donan protones se denominan **ácidos** y las que los aceptan son **bases**; por ejemplo, el vinagre, constituido por el ácido acético (CH_3COOH) puede ceder un protón (H^+), en cambio la leche de magnesia, constituida por el hidróxido de magnesio ($Mg(OH)_2$), cede iones hidronio (OH^-), grupo que acepta protones.

Algunas sustancias ácidas y básicas son peligrosas para los seres vivos, por su carácter tóxico y corrosivo; sin embargo, en la vida diaria estamos en contacto con muchos ácidos y bases, por ejemplo, el ácido acético diluido que conocemos como vinagre, el ácido cítrico presente en el jugo de limón, el hidróxido de magnesio que conocemos como leche de magnesia, jabones que contienen diferentes bases y muchos otros.

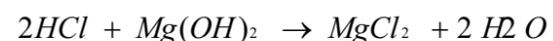


Figura 10.10. Varios productos que contienen ácidos y bases.

Para saber más...

En nuestro estómago tenemos un ácido muy fuerte que nos ayuda a procesar los alimentos. Es el ácido clorhídrico. El jugo gástrico es un líquido claro segregado en abundancia por numerosas glándulas microscópicas diseminadas por la mucosa del estómago; sus principales componentes son: agua, ácido clorhídrico, sales de cloro (NaCl, KCl) y enzimas (pepsina, renina gástrica y lipasa gástrica). Para protegerse de la acidez de estos jugos, las células del estómago secretan una mucosa en las paredes del estómago y así no penetran los jugos gástricos.

Cuando una persona tiene mucha acidez estomacal ¿qué hace? Puede ingerir un antiácido, pero ¿qué reacciones químicas ocurren para aliviar el dolor? El ácido clorhídrico estomacal reaccionará con el hidróxido de magnesio (componente activo de los antiácidos) generándose una **reacción de neutralización**, que es la reacción entre un ácido y una base para generar sal y agua. En este caso sería:



De esta forma, dos moles de ácido clorhídrico reaccionará con un mol de hidróxido de magnesio formando sal y agua, de allí se sentirá más alivio por la reducción de la acidez estomacal, es decir, ácido clorhídrico.

De la misma manera, las bases son neutralizadas por ácidos como consecuencia de la ocurrencia de una reacción de neutralización. Recuerda que las bases se forman cuando se hace reaccionar el óxido de un metal con agua, por ejemplo, la reacción entre el óxido de sodio (Na_2O) con agua (H_2O) produce hidróxido de sodio (NaOH) que es una base fuerte, y muy utilizada como detergente.



Figura 10.11. Varios productos que contienen bases.

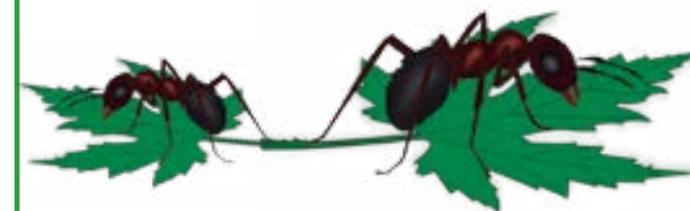
Tanto los ácidos como las bases pueden clasificarse como fuertes o débiles dependiendo de su capacidad de disociarse en disolución acuosa (ac), por ende, los ácidos que se disocian casi por completo en agua aportando así protones a la disolución se denominan **ácidos fuertes**, por su parte, las bases que tienen la capacidad de disociarse en disolución aportando iones OH^- o aceptando protones (H^+) del medio se llaman **bases fuertes**, cuando los ácidos o las bases no se disocian completamente en disolución acuosa limitando así la capacidad de donar o aceptar protones, estamos en presencia de un **ácido débil** o una **base débil** según sea el caso.

Tipos de disolución acuosa	Nombre	Reacción de ionización	Usos
Ácidos fuertes	Ácido sulfúrico	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	Baterías de automóviles
	Ácido clorhídrico	$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	Presente en el jugo gástrico
	Ácido nítrico	$\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	Se forma en la atmósfera, conocido como lluvia ácida
Ácidos débiles	Ácido acético	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$	Presente en el vinagre
	Ácido carbónico	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	Presente en las bebidas gaseosas
	Ácido fórmico	$\text{HCOOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	Segregado por las hormigas, es un veneno
Bases fuertes	Hidróxido de sodio	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	En detergentes
	Hidróxido de potasio	$\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$	En fertilizantes
	Hidróxido de bario	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$	Insecticida
Bases débiles	Hidróxido de aluminio	$\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow 3\text{OH}^- + \text{Al}^{3+}$	Componente de la bauxita
	Hidróxido de zinc	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^-$	En pomadas antisépticas
	Hidróxido de magnesio	$\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$	Antiácido

Tabla 10.1. Reacción de ionización y usos de ácidos y bases fuertes y débiles.

Para saber más...

Algunas hormigas segregan ácido fórmico (HCOOH) y lo utilizan para su defensa y la de sus hormigueros



El agua se puede comportar como ácido o como base, dependiendo del medio donde se encuentre. Cuando estamos en presencia de una disolución con estas características, decimos que tenemos una disolución **anfótera**, no sólo el agua posee esta propiedad, sales como el óxido de zinc, bases como el hidróxido de aluminio y hasta algunas proteínas son anfóteras.

Otra de las reacciones importantes en medio acuoso son las denominadas **reacciones de óxido-reducción** o **reacciones redox**. Este tipo de reacciones está caracterizado por la transferencia de electrones que ocurren en ellas, se basa en la capacidad de producir energía eléctrica por medio de reacciones químicas o bien producir reacciones químicas mediante el uso de energía eléctrica, las primeras denominadas **electroquímicas** y las segundas **electrolíticas**. Son de gran importancia y comunes en la vida diaria, están presentes industrialmente en la producción y reciclaje de metales como aluminio y cobre, en las pilas que utilizamos en diferentes aparatos como relojes y linternas, en las baterías que utilizan los carros, etc. En la lectura correspondiente al estudio de la **electroquímica** se desarrollará con más detalle este tema.



Figura 10.12. Baterías comúnmente utilizadas, donde ocurren procesos electroquímicos.

En fase acuosa ocurren otras reacciones químicas relevantes, conocidas como **reacciones de precipitación**, en éstas se forma un compuesto insoluble o poco soluble en agua que denominamos **precipitado**, siendo un compuesto sólido que no se disuelve en agua o en la disolución, siendo posible su separación por decantación o filtración. Por ejemplo, si mezclamos una disolución de nitrato de plata con cloruro de potasio (ambas solubles en agua), se van a formar nitrato de potasio y cloruro de plata; este último es un sólido muy poco soluble en agua, formando un precipitado fácilmente separable de la disolución. En la ecuación química correspondiente a esta reacción química, una flecha apuntando hacia abajo (\downarrow) denota la presencia de un sólido o precipitado.

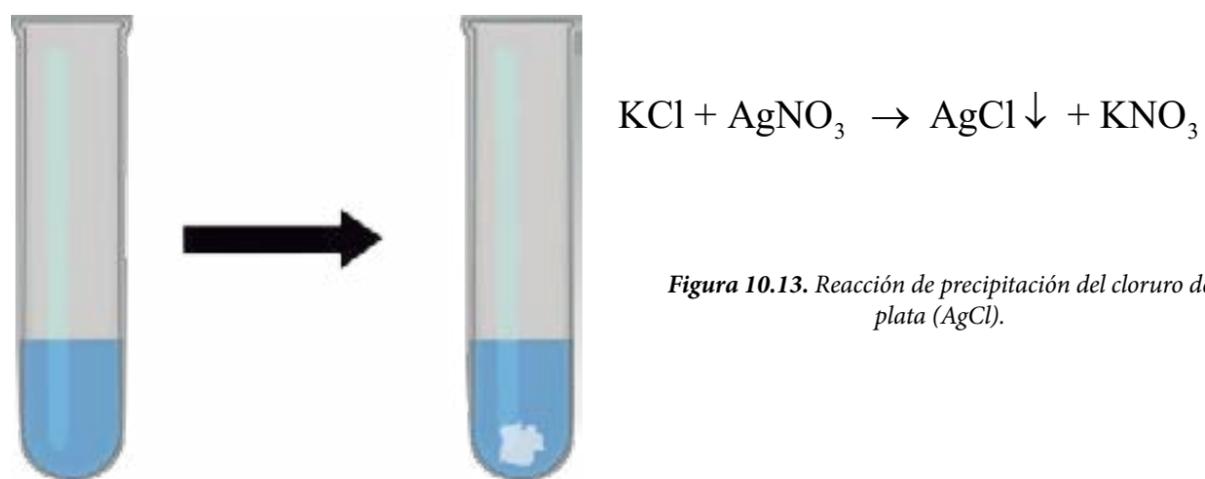


Figura 10.13. Reacción de precipitación del cloruro de plata (AgCl).



¿Cómo neutralizamos un ácido?

¿Qué necesitan?

Necesitas 4 vasos de precipitado (pueden ser sustituidos por vasos de vidrio o plástico transparentes), leche de magnesia y vinagre.

¿Cómo lo harán?

Con esta actividad podrás estudiar una sencilla reacción ácido-base. En uno de los vasos agrega una cucharada de leche de magnesia, observa sus características y anótalas. Luego agrega una cucharada de vinagre, agita y observa lo que sucede. Repite el procedimiento hasta que la disolución se torne incolora, ¿qué observas?, ¿por qué la disolución se torna incolora? ¿Qué pasaría si lo hicieras al revés, primero el vinagre y vas agregando cantidades pequeñas de leche de magnesia?, ¿cómo evidenciarías que se ha llevado a cabo la reacción química?

Realiza de nuevo el experimento, pero sustituyendo el vinagre por agua, ¿qué observas? Para finalizar, investiga cuáles son los componentes de la leche de magnesia y plantea la ecuación química que representa esta reacción.



Figura 10.14. Componentes necesarios para la actividad: leche de magnesia y vinagre.

Solubilidad del disolvente universal

Para comprender un poco más sobre las reacciones de precipitación debemos hablar de solubilidad. Este término se conoce como la cantidad máxima de soluto que puede disolver una determinada cantidad de disolvente. En general, exceptuando a los gases, la **solubilidad** aumenta con la temperatura, lo que quiere decir, por ejemplo, que a temperatura ambiente la cantidad de un compuesto que se quiera disolver en agua es mucho menor que la cantidad que se pudiera disolver con el agua hirviendo. Como se dijo anteriormente, el agua tiene la capacidad de disolver gran cantidad de solutos, aunque no disuelva a todas las sustancias, esta característica la define como el disolvente universal. Aquí hablaremos sobre las sustancias que solubles en el agua.



Figura 10.15. Apariencia de un precipitado de sulfato de bario en agua (BaSO_4).

La solubilidad se expresa en unidades de masa de soluto (en gramos) presente en 100 gramos de agua, por ejemplo, la sal común (NaCl) a 25°C tiene una solubilidad de aproximadamente 36 g/100g H₂O, es decir, 0,36 g/gH₂O. Lo que significa que en 100 gramos de agua, la cantidad máxima de sal que se puede disolver, a 25°C, equivale a 36 gramos aproximadamente.

Para saber más...

Se han desarrollados hilos quirúrgicos de sutura que son solubles en el organismo. Los hilos de sutura pueden clasificarse como no absorbibles o absorbibles; estos últimos, luego de la cicatrización, pueden ser reabsorbidos por el organismo, es decir, se hacen solubles y pasan por el sistema sanguíneo para su excreción; por lo general, su degradación es mediante hidrólisis química.



Preparamos disoluciones

¿Qué necesitan?

Necesitas 2 vasos de precipitado (pueden ser sustituidos por vasos de vidrio o plástico transparentes), sal y azúcar.

¿Cómo lo harán?

En esta actividad podrás estudiar la solubilidad del azúcar y la sal: ¿cuál soluto, azúcar o sal, será más soluble en agua? Para ello debes tomar dos vasos iguales y llenarlos con agua hasta la mitad, luego agregar a uno azúcar y al otro sal en cantidades iguales. Agitar hasta disolver y repetir el procedimiento hasta que sea imposible disolver el soluto. Cuenta las cucharadas agregadas. Este experimento lo puedes realizar midiendo la masa de solutos previamente, su resultado será mejor. ¿Qué observas?, ¿en qué momento podemos decir que la disolución está saturada, concentrada o diluida?, ¿qué podríamos hacer para tener una disolución sobresaturada de sal en agua?, ¿qué sustancia es más soluble en agua, la sal o el azúcar? Realiza el mismo procedimiento con otro disolvente y compara los resultados.

Figura 10.16. Clasificación de las disoluciones según su concentración.



Solubilidad y reacciones de precipitación

¿Qué necesitan?

Necesitas 4 vasos de precipitado (pueden ser sustituidos por vasos de vidrio o plástico transparente), una pastilla de alcanfor y un poco de alcohol isopropílico o medicinal.



Figura 10.17. Materiales necesarios para la actividad: pastillas de alcanfor y alcohol isopropílico.

¿Cómo lo harán?

Con esta actividad veremos un sencillo ejemplo del concepto de solubilidad y reacciones de precipitación. Para ello, primero extrae con mucho cuidado dos pastillas de alcanfor y pulverízalas; luego llena un vaso con agua hasta menos de un cuarto de su volumen y el otro vaso llénalo con alcohol isopropílico hasta el mismo volumen que el primer vaso que contiene agua; agrega la mitad del alcanfor a cada vaso y agita bien. ¿Qué observas en cada vaso?, ¿qué puedes decir sobre la solubilidad del alcanfor en agua y en alcohol isopropílico?

Luego que tengas una disolución homogénea de alcohol isopropílico y alcanfor, llena el tercer vaso hasta la mitad con agua y vierte lentamente la disolución de alcohol y alcanfor ya preparada (la disolución del segundo vaso). ¿Qué observas?, ¿cómo explicas lo que está sucediendo? Si puedes medir la masa de alcanfor, repite el experimento y calcula la solubilidad del alcanfor en agua y en este alcohol.

Disoluciones esenciales para la vida

Esperamos que con esta lectura hayas podido comprender que las disoluciones son de gran importancia en la vida y se encuentran presentes en nuestra cotidianidad. Fíjate que sus propiedades y características peculiares, así como la importancia del conocimiento de éstas, nos permiten entender los fenómenos que nos rodean y nuestra interacción con ellos. Ahora podemos saber la cantidad de soluto presente en disoluciones cotidianas como jugos, medicinas, desinfectantes, resultados médicos y muchos otros, sólo leyendo las concentraciones que están en las etiquetas de los empaques; además podemos identificar que hay una concentración límite en cada disolución dependiente de la solubilidad del soluto, a cada temperatura y presión, la que denominamos disolución saturada.

Por otro lado, la mayoría de las sustancias líquidas que usamos a diario son disoluciones acuosas, como en nuestros hogares, en la industria, la naturaleza; nuestro cuerpo está constituido, en su mayoría, por agua y dependemos de ella para vivir, tenemos un sinnúmero de componentes disueltos en la sangre donde la concentración de cada uno es vital. De esta manera los invitamos a que busquen, investiguen e indaguen sobre las disoluciones, la forma como están presentes en la naturaleza, en sus casas y en sus vidas; además ¿cómo nos involucramos con ellas?, ¿cómo hacemos para clasificarlas? Utiliza el conocimiento adquirido para responder a estas preguntas y entender su comportamiento.



Actividades de autoevaluación

- 1) ¿Qué es una disolución? Cita 5 ejemplos de disoluciones que encuentres en tu casa y 5 en la naturaleza. ¿Cómo las clasificarías?
- 2) Según lo visto en la lectura, ¿cuál debe ser la concentración máxima que puede tener una disolución de sal común en agua a temperatura ambiente? Expresa dicha concentración en tres unidades diferentes y razona ¿cuál es la relación entre la concentración y la solubilidad?, explica con tus propias palabras.
- 3) Menciona un ejemplo cotidiano donde esté presente cada propiedad coligativa, explica el fenómeno que ocurre.
- 4) Busca en tu casa recipientes que indiquen la presencia de ácidos entre sus componentes, identifícalos e investiga la concentración que tienen, ¿qué utilizarías si quisieras neutralizarlos?
- 5) Observa el resto de los valores de un perfil 20, identifica y calcula las diversas concentraciones en sangre, por ejemplo, creatinina sérica, ácido úrico, hemoglobina, otros. Comparte lo que has aprendido con tus compañeras y compañeros, familiares y amigos.
- 6) Si ponemos a hervir la misma cantidad de agua, en la playa y en el pico Bolívar en Mérida, en la playa tardará más en hervir. ¿Qué crees que esté pasando? Explica.
- 7) En los países con fuerte invierno cuyas calles están cubiertas de nieve se les agrega sal común (NaCl) para bajar el punto de congelación del agua y así derretir el hielo. ¿A qué se deberá este fenómeno? Explícalo en términos de las propiedades coligativas.
- 8) En las zonas polares del planeta se crea una capa de hielo sobre la superficie de los mares, debido a la disminución de la temperatura del ambiente; pero bajo el mar, permanecen vivas diversidad de especies marinas. Explica este fenómeno a partir de las propiedades coligativas.

Imagina un automóvil que va a muy alta velocidad y colisiona con otro vehículo, si está dotado de bolsas de aire (*airbags*) que se activen rápidamente, puede salvar la vida de los pasajeros. ¿Cómo la bolsa de aire puede inflarse tan rápidamente? Allí está ocurriendo una reacción química casi instantánea: la azida de sodio (Na_3N) forma sodio (Na) y gas nitrógeno (N_2), la bolsa de aire se llena de este gas por lo que notamos que se infla, esta reacción es muy rápida. El estudio de la **cinética química** permite conocer la rapidez de las reacciones químicas, que pueden ser vistas en la cotidianidad.

Todas las reacciones químicas tienen una rapidez de reacción, unas son más lentas, otras son medianamente lentas y otras son rápidas, ahora cabe preguntarse, ¿qué es la rapidez de una reacción química?, ¿de qué depende la rapidez de las reacciones?, ¿se puede alterar el tiempo de reacción? Las respuestas las encontrarás en esta lectura, así como su importancia en la vida diaria.

La **rapidez de una reacción** permite conocer el tiempo que demoran los reactivos en consumirse para formar o generar los productos. En general, la rapidez de las reacciones químicas suele aumentar con la temperatura y la concentración, aunque esta tendencia tiene sus excepciones; también existen diferentes sustancias que permiten modificar el tiempo en el que ocurre una reacción química, si hacen que sean más rápidas se les denomina **catalizadores** y si hacen que ocurran más lentamente, **inhibidores**.



Como ejemplo de rapidez de reacción podemos mencionar aquella que se hace presente cuando ocurre la oxidación de una herramienta metálica. Cuando tenemos una herramienta nueva está perfecta, sin ningún tipo de óxido, pero cuando se expone al sol y la lluvia durante un tiempo, probablemente años, la herramienta tiende a deteriorarse hasta el punto de comenzar a desintegrarse. Allí está ocurriendo una reacción lenta, pero que igualmente va afectando la herramienta hasta el momento que es visible a nuestros ojos.

Rapidez de las reacciones químicas

Todos nos hemos familiarizado con alguna propiedad que cambia con el tiempo, por ejemplo, un automóvil que viaja a 60 km/h, un grifo que proporciona 40 galones/minuto o una fábrica que produce 10.000 productos/mes. Cada uno de estos valores se relacionan con algo que cambia en el tiempo. En química ocurre algo similar, las concentraciones de los reactivos se transforman en producto en un tiempo determinado, esto se define como **rapidez de las reacciones químicas**.

Si tenemos reactivos (A y B) que se transforman en productos (C y D), con sus respectivas relaciones estequiométricas, podemos representarlo como $aA + bB \longrightarrow cC + dD$. Se esperará que la concentración de los reactivos disminuya en función del tiempo y, por otra parte, la concentración de los productos se verá incrementada en el mismo tiempo, de esta forma, ver figura 11.1.

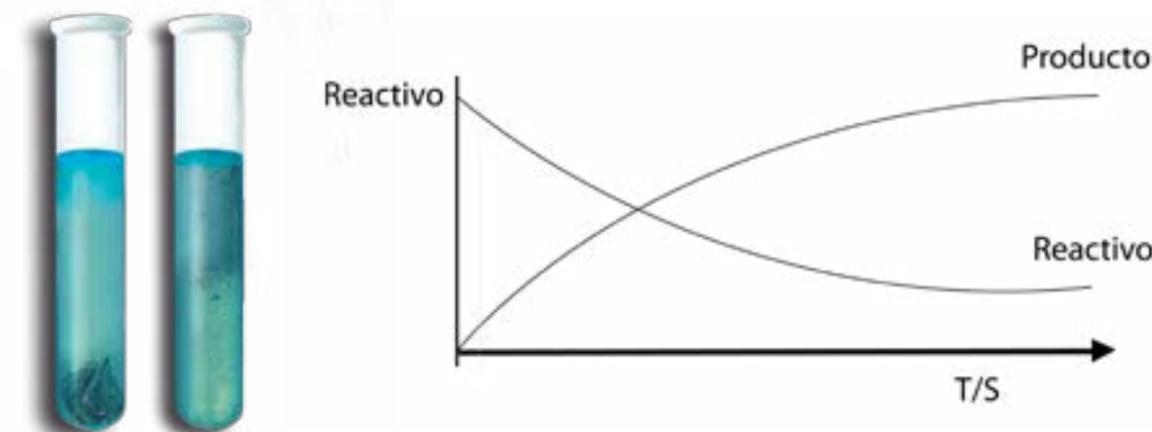


Figura 11.1. a) Las reacciones ocurren con cierta rapidez de acuerdo a la concentración de los reactivos y productos; b) Representación gráfica de la rapidez de reacción, en términos de la concentración de reactivos y productos en función del tiempo.

Observa la gráfica precedente, en el eje vertical (y) vemos la concentración de las sustancias en mol/dm^3 y en el eje horizontal (x) vemos el tiempo en segundos. Puedes observar que, a medida que transcurre el tiempo, disminuye la concentración de los reactivos y aumenta la concentración de los productos, también podemos hablar sobre la rapidez en la degradación de los reactivos y formación de los productos. La rapidez de esta reacción química se puede expresar de la siguiente manera:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

$$\text{rapidez} = -\frac{1}{a} \left(\frac{\text{rapidez de la disminución}}{\text{de } [A]} \right) = -\frac{1}{b} \left(\frac{\text{rapidez de la disminución}}{\text{de } [B]} \right) = \frac{1}{c} \left(\frac{\text{rapidez del aumento}}{\text{de } [C]} \right) = \frac{1}{d} \left(\frac{\text{rapidez del aumento}}{\text{de } [D]} \right)$$

$$\text{rapidez} = -\frac{1}{a} \left(\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \right) = -\frac{1}{b} \left(\frac{\Delta[B]}{\Delta t} \right) = \frac{1}{c} \left(\frac{\Delta[C]}{\Delta t} \right) = \frac{1}{d} \left(\frac{\Delta[D]}{\Delta t} \right)$$

Estas ecuaciones reflejan lo expresado en el gráfico: la rapidez de la reacción química dependerá de la rapidez a la cual desaparecen los reactivos ($-\Delta[A] / \Delta t$ ó $-\Delta[B] / \Delta t$), o la rapidez a la cual aparecen los productos ($\Delta[C] / \Delta t$ ó $\Delta[D] / \Delta t$). Fíjate que los signos negativos reflejan que se están consumiendo los reactivos y los signos positivos señalan los productos que se están formando. De esta manera, el valor numérico de la rapidez de reacción siempre será positivo. En esta expresión de rapidez son importantes las relaciones estequiométricas, las que denotamos con las letras a, b, c y d, resultando conveniente expresar los coeficientes estequiométricos con los números enteros más pequeños que sea posible.

Si conocemos la magnitud de la variación de alguno de los componentes de la reacción química (alguno de los reactivos o alguno de los productos) y el tiempo del cambio, podremos saber la rapidez de la reacción. Otra manera de conocer este valor es a través de las concentraciones iniciales; para la misma reacción $aA + bB \longrightarrow cC + dD$, la **ley de rapidez** se expresa de la siguiente manera:

$$\text{rapidez} = k[A]^x[B]^y$$

Esta es la ecuación más sencilla para determinar la rapidez de reacción. Lo importante, y que no debes olvidar, es que la ley de rapidez siempre va a representarse por una fórmula matemática que nos permite definir la rapidez. En este caso k representa la **constante específica de rapidez o constante de rapidez**, se determina experimentalmente y cambia de acuerdo a la reacción química y la temperatura; las concentraciones se escriben entre corchetes y los valores de los exponentes x e y en las concentraciones representan el **orden de la reacción** y no necesariamente están relacionados con la estequiometría de la ecuación química ajustada (balanceada).

Los órdenes de la reacción química son números positivos, enteros o fraccionarios, los más comunes son cero, uno y dos; éstos representan la dependencia de la concentración de cada reactivo en la rapidez de reacción. Por ejemplo, un **orden cero** respecto a la concentración de A o B significa que la rapidez de la reacción no depende de la concentración ni de A ni de B, si es de **primer orden** se dice que la rapidez de la reacción es directamente proporcional a la concentración de los reactivos, si es de **segundo orden** que la rapidez de la reacción depende del doble de la concentración de los reactivos, y así sucesivamente.

En la siguiente tabla se dan algunos ejemplos del orden de reacción y formación de la lluvia ácida:

Reacción	Ecuación de rapidez	Orden de reacción	Impacto ambiental
$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$	$Rapidez = k[CO_2]$	La rapidez de la reacción es de primer orden con respecto a la concentración de CO_2 , y orden cero con respecto al H_2O , es de primer orden global	Estos ácidos que se forman (H_2CO_3 , H_2SO_4 y HNO_3) son corrosivos e irritantes, afectan el ecosistema.

Reacción	Ecuación de rapidez	Orden de reacción	Impacto ambiental
$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$	$Rapidez = k[SO_3]^2$	La rapidez de la reacción es de segundo orden con respecto a la concentración de SO_3 , y orden cero con respecto al H_2O , es de segundo orden global.	Entre otros daños bajan el pH del agua, dañan cultivos, construcciones y esculturas de mármol.
$3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$	$Rapidez = k[NO_2][H_2O]$	La rapidez de la reacción es de primer orden con respecto a la concentración de NO_2 , y primer orden con respecto al H_2O , es de segundo orden global.	

Tabla 11.1. Orden de reacción en la formación de ácidos que generan la lluvia ácida.

Fíjate en la tabla anterior que el orden de la reacción no necesariamente corresponde a la relación estequiométrica de la ecuación química ajustada.

Finalmente tendremos una ecuación matemática que expresa la rapidez de una reacción química, lo más importante es que recuerdes que estos conocimientos y herramientas nos permitirán comprender muchos fenómenos de la vida cotidiana y podremos alterar la rapidez retardándola o acelerándola si conocemos sus mecanismos de reacción.

Para saber más...

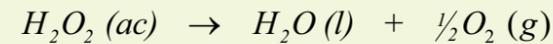
La lluvia ácida es la formación de los ácidos carbónico, sulfúrico y nítrico en la atmósfera, éstos se forman por reacción de los óxidos de azufre y nitrógeno gaseosos que son liberados a la atmósfera por las fábricas, combustión de petróleo y centrales eléctricas. Estos gases reaccionan con el agua y oxígeno de la atmósfera generando ácidos que ocasionan importantes deterioros al ambiente, por ejemplo: daño en cultivos, construcciones, acidificación del agua de lagos y ríos, entre otros efectos.



El peróxido de hidrógeno y la decoloración del cabello

Alguna vez te has preguntado ¿por qué para algunas personas su cabello se torna claro y comienzan a salir canas, pero a otras personas esto no les ocurre independientemente de su edad? Las canas se generan por la acumulación masiva de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) debido al uso y deterioro de los folículos del cabello. En esta sección hablaremos sobre la rapidez de descomposición del peróxido de hidrógeno.

La reacción química de descomposición del peróxido es:



Supongamos que hicimos dos experimentos con dos concentraciones de peróxido de hidrógeno y obtuvimos los siguientes valores de rapidez:

Experimento	[H ₂ O ₂] inicial (mol/dm ³)	Rapidez (mol/dm ³ · s)
1	1,0 · 10 ⁻²	1,0 · 10 ⁻⁴
2	3,0 · 10 ⁻²	9,0 · 10 ⁻⁴

¿Cómo podemos determinar la constante de rapidez y el orden de la reacción? De la siguiente manera:

Escribimos la fórmula de la ley de rapidez: $rapidez = k[H_2O_2]^x$; tenemos como incógnitas x y k . Primeros hallamos el orden de reacción a partir de la relación de la rapidez y la relación de la [H₂O₂]

$$Relación\ de\ rapidez = \frac{9,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-4}} = 9,0 \quad Relación\ de\ [H_2O_2] = \frac{3,0 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-2}} = 3,0$$

$$Relación\ de\ rapidez = (Relación\ de\ [H_2O_2])^x, \text{ es decir: } 9,0 = (3,0)^x$$

¿Cómo obtenemos el valor de x ? Colocando logaritmos en ambos miembros de la ecuación: $\log 9 = \log 3^x \rightarrow \log 3^2 = x \log 3 \rightarrow 2 \log 3 = x \log 3 \rightarrow x = 2$.

Ahora tenemos $Rapidez = k[H_2O_2]^2$

Para determinar la constante de rapidez (k), empleamos cualquiera de los dos experimentos, sustituimos y despejamos a k :

Si escogemos el experimento 1, tenemos: $1,0 \cdot 10^{-4} \left(\frac{mol}{dm^3 \cdot s} \right) = k \left(1,0 \cdot 10^{-2} \frac{mol}{dm^3} \right)^2$, así

$$1,0 \cdot 10^{-4} \left(\frac{mol}{dm^3 \cdot s} \right) = k (1,0 \cdot 10^{-4}) \left(\frac{mol}{dm^3} \right)^2 \quad y \quad k = \frac{1,0 \cdot 10^{-4} \left(\frac{mol}{dm^3 \cdot s} \right)}{1,0 \cdot 10^{-4} \left(\frac{mol}{dm^3} \right)^2} = 1,0 \left(\frac{dm^3}{mol \cdot s} \right)$$

Entonces $k = 1,0 \left(\frac{dm^3}{mol \cdot s} \right)$

En definitiva, a la temperatura a la cual se hicieron los experimentos, la expresión de la ley de rapidez para esta reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno es:

$rapidez = k[H_2O_2]^2$ de segundo orden con respecto a la concentración de peróxido de hidrógeno, de segundo orden global, o bien: $rapidez = \left(1,0 \frac{dm^3}{mol \cdot s} \right) [H_2O_2]^2$

Factores que afectan la rapidez de las reacciones

Todos nos vemos afectados por diversos factores, ya sea internos o externos, piensa por un momento cuáles factores te afectan, pueden ser los familiares, ambientales, de salud o de otra naturaleza. Igualmente, la rapidez de las reacciones químicas se ve afectada por factores internos o externos a estas, como son: **la temperatura, las concentraciones de los reactivos, la naturaleza de los reactivos y la presencia de catalizadores o inhibidores.**

Del primer factor, **la temperatura**, veamos por ejemplo: si hace mucho calor, ¿qué puede ocurrirte? Sudas, te sofocas, algunas personas sienten sueño y se cansan más rápido; entonces, la temperatura ambiental afecta tu desempeño diario. Por el contrario, si si por el contrario hace mucho frío y no tienes abrigo, la temperatura del ambiente te afecta; algunas personas, por condiciones físicas, son más resistentes a cambios de la temperatura ambiental; pero todos, en mayor o menor medida, nos vemos afectados por temperaturas ambientales extremas, muy altas o muy bajas.

De igual modo la temperatura también afecta las reacciones químicas, específicamente la rapidez como éstas ocurren; por lo general, a mayor temperatura los átomos y moléculas que conforman la materia se mueven más rápido, ocasionando choques entre sí; lo cual aumenta la posibilidad de que ocurran las reacciones químicas. Esto se denomina **teoría de las colisiones**, en donde los choques o colisiones efectivas favorecen la ruptura o formación de enlaces y por consiguiente la transformación de la materia.

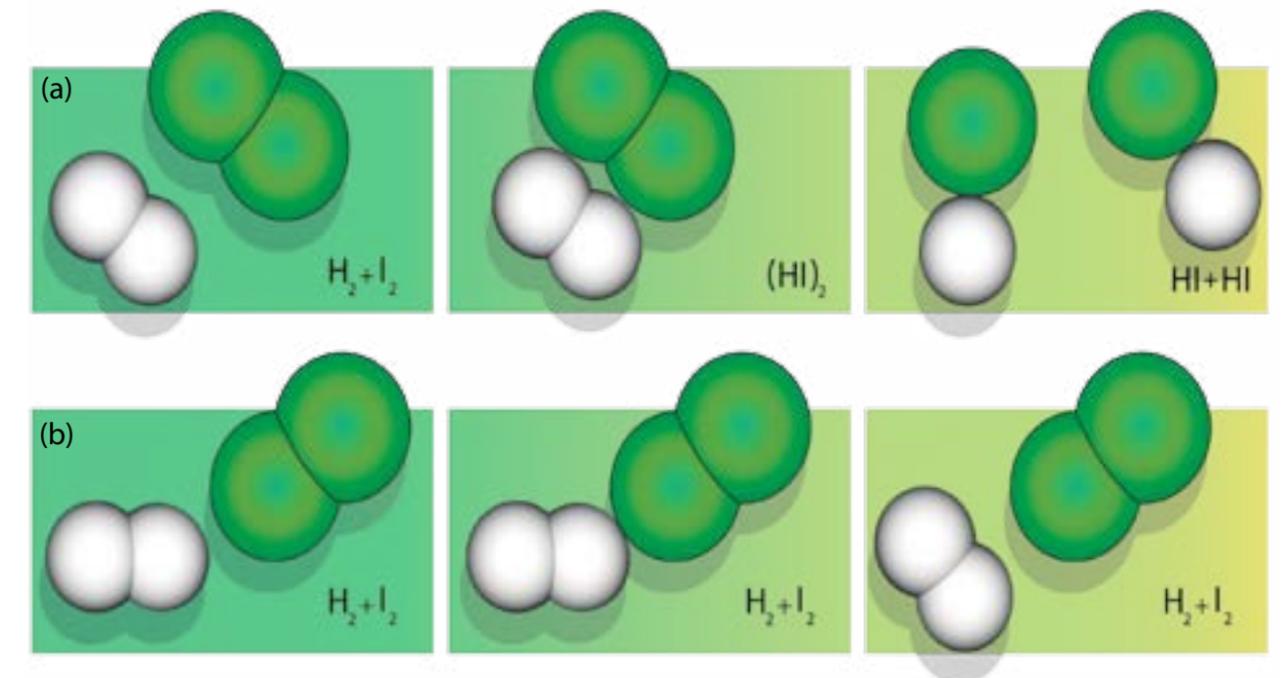


Figura 11.2. La teoría de colisiones explica la formación o ruptura de enlaces. (a) colisión efectiva, (b) colisión no efectiva.



Figura 11.3. La refrigeración de los alimentos permite alargar su tiempo de reacción o descomposición.

Un ejemplo de esto es la necesidad que tenemos de colocar en la nevera o en el congelador la carne u otros tipos de alimentos. Cuando los colocamos en frío, específicamente en el congelador, su temperatura desciende por debajo de cero grados Celsius (0°C), retardando la interacción entre las moléculas que le conforman y la rapidez de la reacción química que conocemos como descomposición de los alimentos. Además, los microorganismos que descomponen las carnes, a esta temperatura, no pueden realizar su trabajo de descomposición.

Otra forma como puedes comprender el efecto de la temperatura sobre la rapidez de reacción, es imaginando el proceso de activación de la levadura para preparar el pan. Se debe colocar la levadura en agua tibia y dejarse fuera de la nevera, a temperatura ambiente; no debe colocarse en la nevera porque la levadura "crece más rápido" con temperaturas más altas que a bajas temperaturas.



Figura 11.4. Imágenes de la levadura antes y después de reaccionar; se observa que en principio es un polvo y luego de la reacción se convierte en una masa producto del crecimiento de la levadura.

El segundo factor que tiene gran influencia en la rapidez de una reacción es la **concentración de los reactivos**. Hemos visto en la ley de rapidez cómo influyen las concentraciones de los reactivos en la rapidez así como su exponente u orden de reacción; por lo general, cuando tenemos reactivos muy concentrados, la rapidez de reacción aumenta, esto se debe a que hay mayor posibilidad de interacción y, al encontrarse las partículas más juntas, tienden a chocar y reaccionar más rápido.

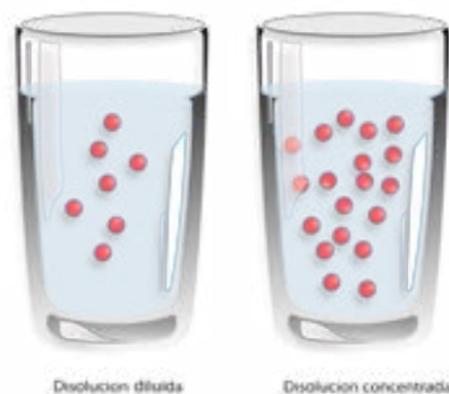


Figura 11.5. Ilustración del aumento de la cercanía de las partículas al aumentar su concentración.

En la figura 11.5 puedes observar una disolución diluida y una concentrada, en una de estas existe más espacio entre las moléculas representadas con puntos rojos (disolución diluida); en cambio en la otra, las moléculas están cerca (disolución concentrada). Esto influye en la rapidez de reacción debido a que en las disoluciones más concentradas, las moléculas están más próximas y podrían chocar con mayor frecuencia aumentando tanto la posibilidad de reaccionar, como la rapidez de reacción.

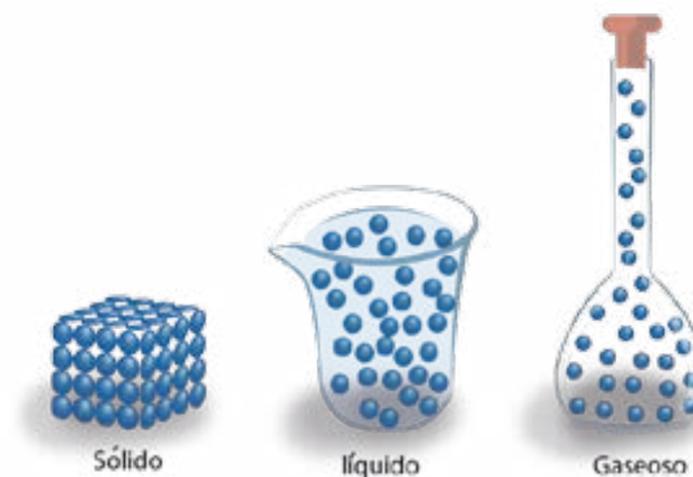


Figura 11.6. Estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Se puede observar la superficie de contacto que hay en cada uno de ellos, la del gas tiene mayor superficie de contacto que la del líquido y este último mayor que la del sólido.

Imagina un trozo de hielo entero y una cantidad de hielo igual, pero en forma de granizado, como el que se utiliza para hacer helados que comúnmente llamamos "raspado" o "cepillado". Como se ha señalado anteriormente, la cantidad de hielo es la misma, pero hay mayor superficie de contacto en el granizado porque se encuentra en pedacitos muy pequeños, existiendo mayor posibilidad de exposición de la mayoría de las moléculas para reaccionar, en cambio en el trozo entero hay menos moléculas expuestas y, por consiguiente, menor probabilidad de reaccionar.



Figura 11.7. Hielo en diferentes tamaños y representación de distintas superficies de contacto. (a) Trozo de hielo, menor superficie de contacto, (b) granizado, mayor superficie de contacto.

El tercer factor que influye en la rapidez de reacción es la **naturaleza de los reactivos**. Los estados físicos de las sustancias reaccionantes son importantes en la determinación de sus reactividades, por ejemplo, la gasolina líquida podría arder suavemente, pero los vapores de gasolina son explosivos. El volumen de los sólidos y el área de los líquidos expuestos es importante en la rapidez de las reacciones, por ejemplo, trozos grandes de metales podrían arder con menor facilidad que si se encuentran trozos pequeños; en estos últimos hay mayor área superficial para que puedan reaccionar, también conocida como **superficie de contacto**.

Otro ejemplo, cuando vamos a lavar y usamos una panela de jabón, tenemos que esperar largo tiempo para que se disuelva en el agua porque la superficie de contacto con agua es sólo lo que está por los bordes del jabón, en cambio si tenemos jabón en polvo y lo agregamos al agua de lavado se disuelve rápidamente, porque son muchas partículas que juntas tienen gran superficie de contacto.

De igual modo ocurre en las reacciones químicas, a mayor superficie de contacto mayor rapidez de reacción, es decir, cuando hay mayor superficie para que se acerquen las moléculas y reaccionen, la rapidez aumenta gracias a dicha exposición de contacto.

El cuarto y último factor que afecta la rapidez de las reacciones químicas son las sustancias que se agregan a las reacciones, éstas se conocen como **catalizadores** e **inhibidores**. Los catalizadores aumentan la rapidez de la reacción química, es decir, la aceleran; en cambio, los inhibidores retrasan la reacción, en pocas palabras, la desaceleran. Tanto los catalizadores como los inhibidores suelen utilizarse en múltiples reacciones para dos objetivos principalmente, para modificar su rapidez de la reacción para aumentar su selectividad.

En muchas ocasiones se hace necesario modificar los valores de la rapidez para mejorar los procesos químicos. Los catalizadores, por ejemplo, se utilizan en casi todos los procesos químicos y biológicos; la naturaleza ha hecho posible que en nuestro organismo existan múltiples catalizadores llamados enzimas, responsables de originar determinadas reacciones químicas en nuestro cuerpo, cada una a determinada rapidez, necesaria para garantizar los procesos biológicos.

Otra función que tienen algunos catalizadores es hacer que se produzcan en mayor cantidad determinados productos, reaccionando especialmente con determinados reactivos, esto se conoce como **selectividad** y está relacionado con la rapidez.

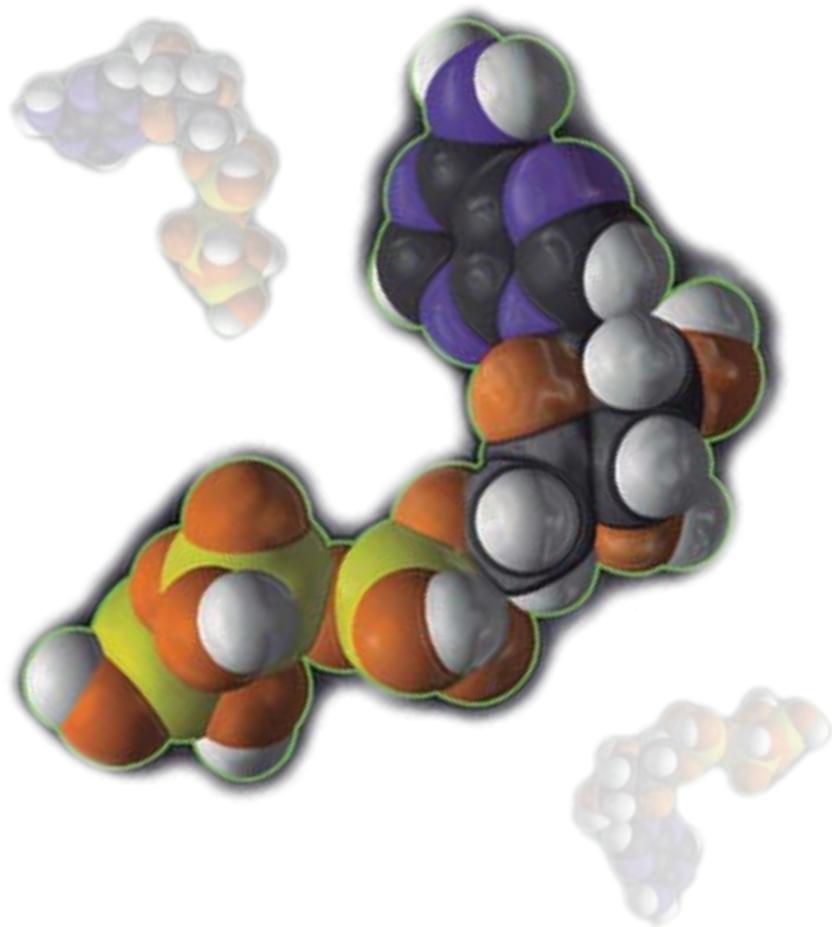


Figura 11.8. Moléculas enzimáticas interactuando para acelerar las reacciones químicas.

Imagina que un reactivo puede dar dos productos: uno requiere una hora de reacción para que se forme y otro, dos horas; si nos interesa el que requiere dos o más horas, colocamos un inhibidor de la primera reacción, para que retrase su rapidez y así lograr que se produzca en mayor cantidad el producto que consume más tiempo. De lo contrario, si queremos que se produzca el que necesita una hora, entonces aceleramos la reacción por medio de un catalizador, de manera que se transformen todos los reactivos en ese producto antes de alcanzar las dos horas de reacción, limitando la formación del producto cuya velocidad de reacción es más lenta.

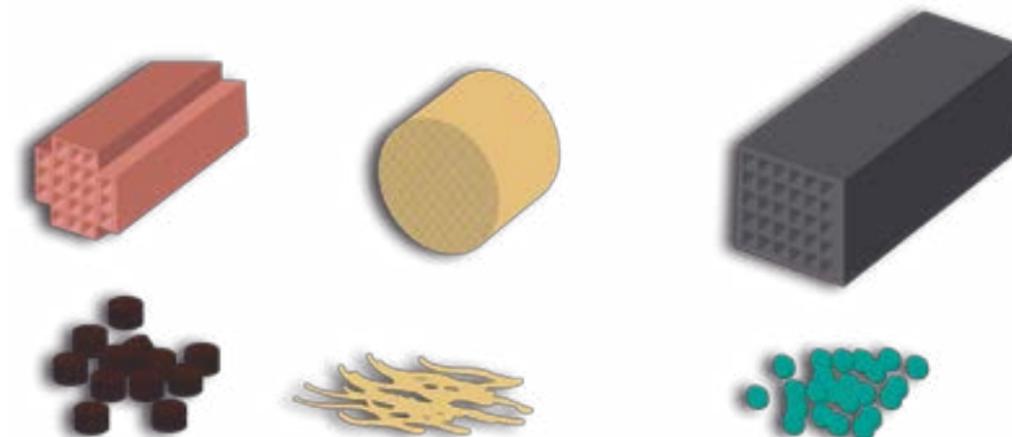


Figura 11.9. Ejemplo de catalizadores sólidos. Se observa la variedad de formas y tamaños, cada uno de ellos tiene un uso específico.

Nuestro país, como país petrolero, requiere que existan numerosos procesos industriales que favorezcan determinadas reacciones en menos tiempo, por consiguiente, se emplean muchos catalizadores; se hace importante que los conozcas y sepas cómo y por qué se utilizan. Te invitamos a repasar la lectura sobre el petróleo que viste en el libro de tercer año, ¿recuerdas los productos que se obtienen en una refinería? En muchos de estos procesos fueron utilizados catalizadores para aumentar la selectividad y rapidez de las reacciones químicas, y obtener mayor cantidad de productos en el menor tiempo posible.

En resumen, hemos visto como la rapidez de reacción depende principalmente de cuatro factores, dos de ellos que son propios de la reacción, la concentración y la naturaleza de los reactivos; los otros dos factores son externos a la reacción, la temperatura y la presencia de catalizador e inhibidores.

Para saber más...

La industria alimentaria añade inhibidores en algunos productos, para hacer más lentas las reacciones químicas de microorganismos que los descomponen. Por ejemplo, el ácido sórbico es usado como conservante de quesos y dulces, el ácido benzoico se utiliza en la preservación de mermeladas y aderezos de ensaladas, y el nitrito de sodio se añade a embutidos. Muchos conservantes deben usarse con cuidado por su toxicidad.

Energía necesaria para que se lleve a cabo una reacción

Como has observado a lo largo de las diferentes lecturas en los libros de Ciencias Naturales, existen condiciones para que los procesos químicos, físicos y biológicos se lleven a cabo. En el caso de las reacciones químicas necesitamos ciertas temperaturas, concentraciones de reactivos y, en algunos casos, sustancias que permiten acelerar o retrasar la reacción; pero no podemos olvidar que también es necesaria una determinada cantidad de energía. La energía mínima que se requiere para que se inicie una reacción química se conoce como **energía de activación**, así se forma un intermediario de reacción sumamente inestable y que permite "activar" la reacción y hacer que los reactivos se transformen en producto.

Imagina que quieres llegar al pico de una colina, para ello tienes que subirla; para lograrlo tienes que hacer un gran esfuerzo, puede que a medida que vas subiendo sientas que te cuesta un poco más pero pones más energía y empeño, y logras llegar a la cima de la montaña, posteriormente la bajas sin mucho esfuerzo. La energía que tuviste que utilizar para alcanzar la cima corresponde a la energía de activación y va a depender de cada persona que desee llegar a la cima; de esa misma manera, la energía de activación de cada reacción química es propia de la reacción y necesaria para lograr la transformación química de la materia.

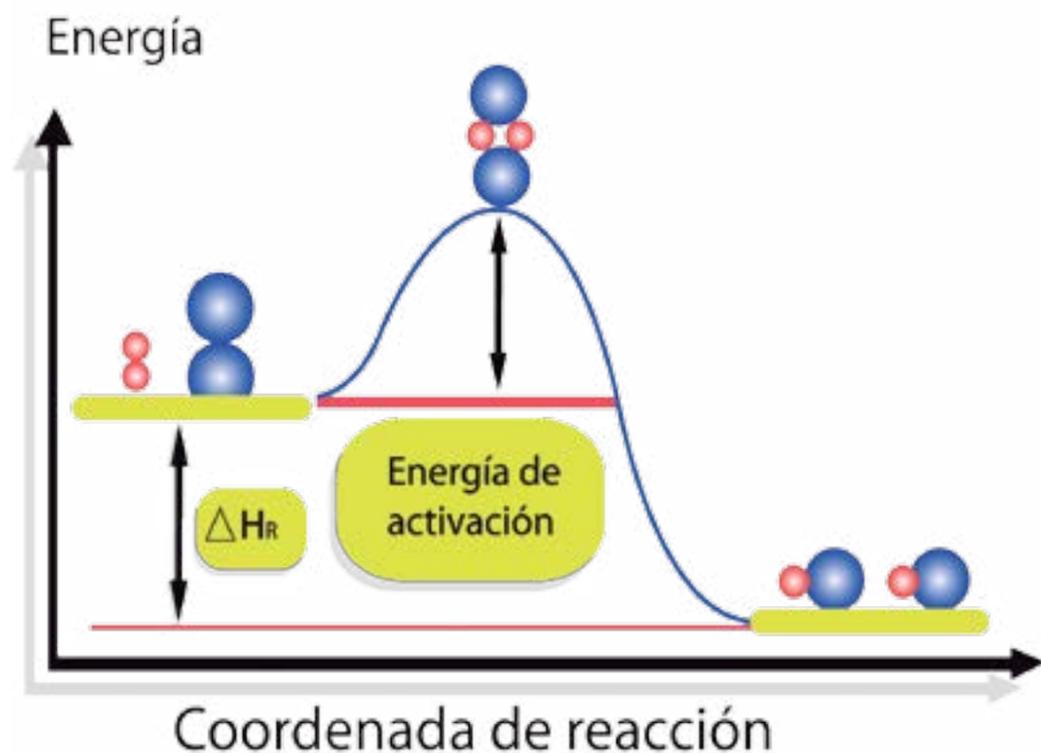


Figura 11.10. Energía necesaria para que los reactivos se transformen en productos.



¿Cuán rápido reacciona?

Todas las reacciones tienen una rapidez asociada, ésta depende de varios factores. Estudiemos algunos de ellos por medio del "aprender haciendo".

¿Qué vamos a hacer?

Conoceremos experimentalmente el efecto de la temperatura y la naturaleza de los reactivos en la rapidez de reacción. Conformen grupos de tres personas para realizar dos experiencias.

¿Qué necesitan?

Requieren cuatro tabletas efervescentes; dos vasos de precipitados, de vidrio o plástico transparente; un agitador que puede ser una cucharita o tableta de madera para helados; un mortero o una piedra para triturar y dos cronómetros.

Recuerda que debes utilizar zapatos cerrados, pantalón largo y bata de laboratorio para proteger ropa, también debes tener papel y lápiz para anotar las observaciones.

¿Cómo lo van a hacer?

Primera experiencia:

Toma los dos vasos y agrega agua hasta la mitad; luego toma dos tabletas efervescentes, una la dejarás entera y la otra tritúrala con el mortero, o también podrías utilizar una hoja de papel para cubrirla y la trituras con la piedra.

Luego vas a agregar, al mismo tiempo, en un vaso la tableta entera y en el otro vaso la triturada.

Vas a medir el tiempo de reacción, utiliza el cronómetro para ver cuánto tiempo tarda cada tableta en disolverse y lo anotas.



Observa qué sucede con la tableta, anota tus observaciones, responde: ¿cuál de las dos se disolvió primero?, ¿por qué crees que ocurrió lo que observaron?, ¿puedes relacionarlo con alguno de los factores que afectan la rapidez de reacción?

Luego de concluir esta experiencia lava muy bien los dos vasos y prepárate a realizar la próxima experiencia.

Segunda experiencia:

Toma los dos vasos limpios, llena uno con agua caliente y otro con agua fría, utiliza el mismo volumen de la actividad anterior. Luego, coloca al mismo tiempo una tableta de efervescente sin triturar, y mide el tiempo que tarda cada tableta en reaccionar, anota tus observaciones.

¿Qué observaste?, ¿por qué si ambos vasos tienen agua y las tabletas que agregaste son iguales, una se tardó más que otra en desaparecer?, ¿puedes relacionarlo con alguno de los factores que afectan la rapidez de reacción?

¿Se les ocurre otra experiencia sobre este tema?

¡Ensáyenla!



¿Qué se necesita?

Necesitarán un pequeño trozo de hígado de res o carne: para conseguirlo sugerimos que entre todos los integrantes del salón de clases compren un trozo de hígado o carne pequeño para todos, ése será suficiente porque lo que necesitarán será una cucharada pequeña. Tritúrenlo en un mortero y tomen de allí la cantidad que requiera cada grupo.

También necesitan un vaso de precipitados, de vidrio o plástico transparente, peróxido de hidrógeno que puedes adquirirlo como agua oxigenada al 3% en cualquier farmacia. No olvides que debes llevar zapatos cerrados y pantalón largo, el cabello recogido y una bata de laboratorio para proteger tu ropa, así como papel y lápiz.

¿Qué van a hacer?

Conformen parejas de trabajo, llenen el vaso de precipitados hasta la mitad con agua oxigenada o peróxido de hidrógeno, uno de ustedes toma del mortero una cucharada pequeña del hígado de res o carne triturada y lo agrega poco a poco al recipiente con el agua oxigenada.

¿Qué observaron antes de agregar la carne?, ¿qué observaron después? Describe con tus propias palabras lo que pasó con el agua oxigenada. Investiga cómo se llama la enzima que se encuentra en la sangre y que sirve como catalizador en la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno. Escribe en tu cuaderno la reacción química que acabas de realizar.

¿Por qué es importante el estudio de la rapidez de las reacciones químicas y los factores que influyen en ella?

En esta lectura te hemos presentado un poco más sobre el amplio mundo de la química, específicamente sobre el comportamiento de las reacciones, y los factores que afectan su rapidez y su selectividad. También conociste sobre los factores que afectan a las reacciones químicas, y cómo pueden ser manejadas ciertas variables para conseguir un resultado específico; la importancia del estudio de este tema radica en el descubrimiento que permite asegurar que en nuestro alrededor y hasta en nuestro cuerpo están ocurriendo reacciones químicas.

Estos cambios químicos no son simples, por el contrario, requieren de múltiples factores para que se lleven a cabo; por ello, cuando afectamos nuestro organismo o cuando contaminamos el ambiente, pudiéramos estar afectando ciertos factores que influyen en las reacciones y su rapidez, y esto desencadenaría graves problemas orgánicos o ambientales.



Apurando una reacción

¿Qué vamos a hacer?

Vamos a conocer el efecto de las enzimas en las reacciones químicas, se reproducirá la descomposición del peróxido de hidrógeno (agua oxigenada); este proceso ocurre en el organismo y debe realizarse rápidamente porque el peróxido de hidrógeno es altamente tóxico y producido por las reacciones celulares, pero debe ser transformado rápidamente en agua y oxígeno, ya que en forma de agua oxigenada es dañino para los seres humanos.

Para esta descomposición se utiliza un catalizador biológico que es una enzima que se encuentra en la sangre.

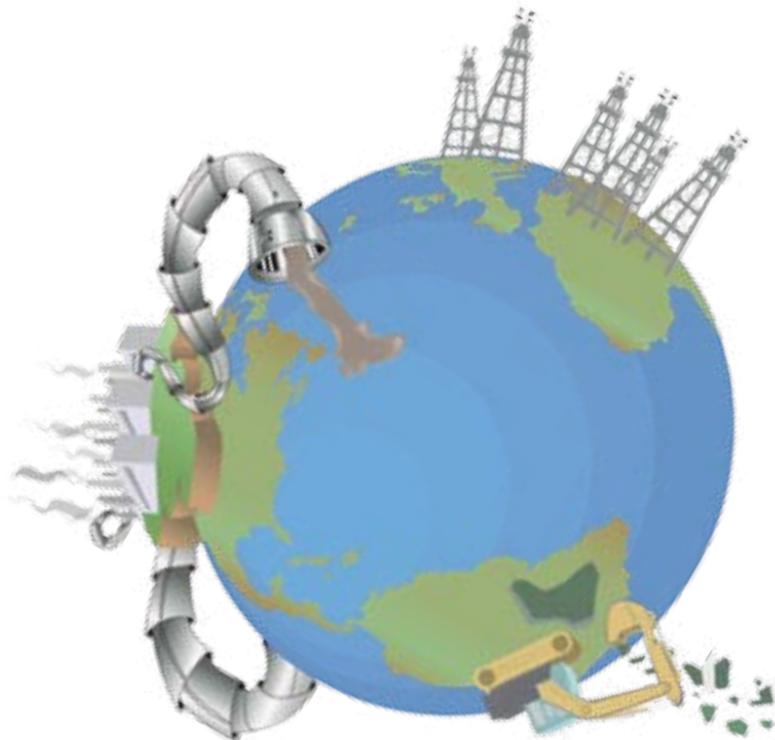


Figura 11.11. Efecto de la reacción de combustión sin control sobre nuestro planeta.

Existen sustancias llamadas cloro-fluoro-carbonos (CFC), que son muy utilizadas en la refrigeración y aerosoles, en la actualidad se ha prohibido el uso de los CFC porque dañan la capa de ozono. Estas sustancias tienden a generar reacciones en cadena por la formación de radicales libres, y convierten la molécula de ozono (O_3) en oxígeno (O_2) y radical de oxígeno ($O\cdot$), este último es muy reactivo y degrada rápidamente a las moléculas de ozono, es esto lo que ha ocasionado graves daños al escudo que nos protege de las radiaciones solares.

Entonces el daño en la capa de ozono es consecuencia del uso de determinados productos que favorecen determinadas reacciones químicas; el desconocimiento de estas reacciones ha ocasionado numerosos daños al ambiente y ahora es cuando vemos como nos afectan, pero traerán consecuencias incluso a las futuras generaciones. Es importante tomar conciencia sobre este tipo de reacciones químicas que pueden afectar nuestra salud, causando enfermedades respiratorias, irritación de los ojos y piel, así como diferentes tipos de cáncer, por ejemplo de piel, a causa de los rayos ultravioleta que entran a la atmósfera por la degradación de la capa de ozono, entre otros factores.

Gracias a las investigaciones que se han realizado en diferentes países, se está intentando detener el daño ocasionado a la naturaleza por sustancias utilizadas por la población, pero para ello ha sido necesario comprender químicamente cómo afectaban tales sustancias y las zonas del planeta que se ven comprometidas.

Por ello es importante que nosotros estudiemos y comprendamos las interacciones químicas para poder caminar hacia la utilización de procesos más amigables con el ambiente; de esta manera podría reducirse el impacto ambiental. Nuestro objetivo, como Nación, es buscar un desarrollo que nos permita ser sustentables; para ello, es imprescindible que conozcamos cómo nuestra acción cotidiana afecta al ambiente. La química puede ayudarnos a comprender muchos de estos procesos y en ocasiones a conseguir soluciones a los problemas sociales y ambientales.



Actividades de autoevaluación

1. Los términos de rapidez de reacción y constante de rapidez siempre van acompañados, lo cual hace que algunas veces se confundan uno con el otro, da una breve definición y una explicación que permita distinguirlos.
2. Se ha obtenido la rapidez inicial de reacción para cada una de las siguientes condiciones:

Experimento	[A] (mol/dm^3)	Rapidez inicial de reacción ($\text{mol}/\text{dm}^3\cdot\text{min}$)
1	1,0	0,03
2	0,1	0,003

Expresa la ley de rapidez de reacción, el orden con respecto al reactivo y la constante de rapidez.

3. Describe al menos tres procesos químicos que se lleven a cabo dentro de nuestro organismo, escribe la ecuación química y los catalizadores, inhibidores o enzimas que estén presentes. Plantea brevemente la importancia de estos procesos bioquímicos.
4. ¿Qué son los biocatalizadores?, ¿cumplirán las mismas funciones que las enzimas?, ¿por qué?
5. Describe tres procesos químicos que se lleven a cabo en algunas industrias de nuestro país, señala los catalizadores utilizados.
6. Describe tres procesos que impliquen control de la rapidez de reacción, discútelos con tus compañeras, compañeros, amigos y familiares, tratando de comprender cómo el control de la rapidez de reacción está presente en la vida diaria.
7. ¿Sabes el significado de las palabras sostenible y sustentable?, investiga ambos conceptos y plantea sus diferencias. Investiga sobre algunos de los avances que existen en el país, por ejemplo, en la industria química, que nos permitan lograr una economía que en que nuestro país llegue a ser sostenible o sustentable.



Las nociones de movimiento han acompañado a la humanidad desde nuestros inicios más primitivos hasta la actualidad; motivados por la supervivencia y hasta por la curiosidad, nos ha sido de mucho interés establecer cómo funciona la naturaleza. Podríamos pensar que, en el caso del movimiento, los primeros humanos, incitados por la necesidad de comer y abrigarse, salían a cazar, haciendo estimaciones de la distancia a la que se encontraban de la presa, y del impulso que debían dar a sus flechas para que llegaran al objetivo.

Hoy en día la herencia que nos ha dejado la evolución del pensamiento científico de muchas mujeres y hombres, al respecto de muchas inquietudes sobre lo que observaban de la naturaleza, ha permitido que comprendamos mejor cómo funciona el Universo al que pertenecemos. Incluso con avances en la tecnología y aplicaciones directas de la ciencia, podemos tener vehículos que nos transportan por tierra, agua y cielos, de un lugar a otro, en cualquier parte del mundo. Uniendo así a muchas culturas y favoreciendo el intercambio de muchas ideas. Hasta hemos logrado viajar fuera de nuestro planeta, buscando explorar y dar respuestas a tantas preguntas que tenemos.

A lo largo de este libro de Ciencias Naturales, encontrarás lecturas motivadoras que buscarán iniciarte en reflexiones más formales sobre el mundo natural. Comenzaremos por el estudio del movimiento en su caso más simple, la descripción de la traslación de un cuerpo, en un modelo donde los objetos serán tratados como partículas. Retomaremos algunos conceptos fundamentales como la velocidad y la aceleración, para que así puedas dar respuesta a preguntas como ¿qué se mueve o que está en reposo?, ¿cuándo podemos hablar de rápido, veloz o acelerado? Aquí, abordaremos desde un contexto científico distintas situaciones que se te presentan continuamente en la vida diaria, para tratar de ayudarte a entender la importancia que tiene este tema en la comprensión de muchas de las actividades que cotidianamente realizas.

Las ciencias del movimiento

Muchas son las ocasiones en las cuales, luego de observar determinada situación en tu vida diaria, terminas haciéndote preguntas tales como: ¿por qué ese objeto se movió de la manera en que lo hizo? ¿Cómo sé si realmente se movió? ¿Qué ocurrió para que luego de moverse de esa manera lo hiciera de otra? ¿Cómo puedo asegurar si ese objeto está quieto o se mueve? Las respuestas a estas interrogantes, en el ámbito de la ciencia, las encontramos en la Física, específicamente en la **Dinámica** y la **Cinemática**.



Figura 12.1. Este entrenador está asombrado por los movimientos que el jugador hace con el balón.

La primera de estas áreas del conocimiento, la **Dinámica**, intenta explicar el movimiento de los cuerpos analizando las causas del mismo, es decir, se enfoca en por qué ocurren cambios en el movimiento. Mientras que la segunda, la **Cinemática**, centra su estudio en describir el movimiento de los objetos a partir de ciertas magnitudes físicas tales como la posición, velocidad y aceleración.

En este sentido, las ideas sobre el movimiento que se desarrollan a continuación se encuentran enmarcadas en el ámbito de la **Cinemática**: en la descripción que se hace del movimiento de cuerpos, los cuales serán considerados como un punto idealizado y cuyas dimensiones son mucho menores que las distancias que los separa de otros similares; tal consideración se realiza con la finalidad de facilitar el análisis y, al mismo tiempo, permite centrarse exclusivamente en el movimiento de traslación de los cuerpos.



Figura 12.2. Los planetas pueden ser considerados como partículas al momento de describir su movimiento de traslación alrededor del Sol.

¿Respecto a qué nos movemos?

Habitualmente, pareciera que todos tenemos claro cuándo un objeto está en **reposo** y cuándo está en **movimiento**; de hecho, en la mayoría de las situaciones diarias esto resulta evidente. Pero, ¿es el movimiento o el reposo igual para todos los observadores?

Piensa un momento en la situación que se describe en la figura 12.3. En ella observas a un tren en movimiento, y a dos amigos: Adriana y José. Adriana está encima de la plataforma de uno de los vagones del tren (O'). A una orilla de la vía se encuentra de pie José (O), observando como pasa el tren.

Una vez que el tren pasa y se detiene más adelante, los dos amigos comienzan a intercambiar sus observaciones. Adriana afirma que no se movió, que en todo momento permaneció en el mismo lugar sobre el vagón; por el contrario, ella notó que José se alejaba de ella. José dice que él estaba en reposo y ella era la que estaba en movimiento puesto que lo hacía conforme el tren avanzaba por la vía.



Figura 12.3. Para describir el movimiento es necesario elegir una referencia. Las ideas reposo y movimiento son relativas.

Entonces, ¿cuál de las dos personas tiene la razón? Ambas personas tienen razón, y es que el reposo o el movimiento dependerá del lugar en el que se encuentren los observadores.

Para Adriana, la **referencia** es el vagón del tren, por ello puede afirmar que no se mueve con respecto a éste. Desde aquí, es José el que se mueve. Al mismo tiempo, José que está en reposo respecto a la orilla observa que Adriana se mueve junto con el tren. Como vemos, dependiendo de donde coloquemos nuestro sistema de referencia, los cuerpos estarán en reposo o en movimiento. Dependiendo de cuál sea esta referencia, la descripción del movimiento puede llegar a ser completamente distinta. En ese sentido, se dice que el movimiento es relativo.

En función de lo anterior, debe quedar claro que **no existe un punto de referencia o sistema de referencia privilegiado**, es decir, cualquier punto puede servir de referencia para estudiar el movimiento y, una vez seleccionado dicho punto, se puede **fijar la posición** del cuerpo en torno al mismo, tomando en consideración el tipo de movimiento que se desea describir.

Al considerar lo anterior, podemos comprender cómo es que, en el caso del ejemplo de la figura 12.3, la persona que va montada encima de la plataforma del vagón piensa que no se mueve, porque ha puesto su sistema de referencia en el vagón; y la que está en la orilla observa que sí se mueve, porque ha puesto su sistema de referencia en tierra firme. Para que las dos personas puedan llegar a estar de acuerdo sobre la descripción del movimiento es necesario que ambas fijen el mismo sistema de referencia.

Desde un punto de vista matemático, la posición de un cuerpo referida a un sistema de referencia se señala mediante un vector, conocido como **vector de posición** (\vec{r}_p). En el caso más general, que corresponde al de un cuerpo moviéndose en el espacio, este vector tendrá tres componentes o coordenadas (X,Y,Z) , (tres dimensiones); pero también puede definirse con dos, por ejemplo (X,Y) , (dos dimensiones), cuando el cuerpo se mueve en el plano, y tendrá una sola componente cuando el movimiento sea unidimensional.

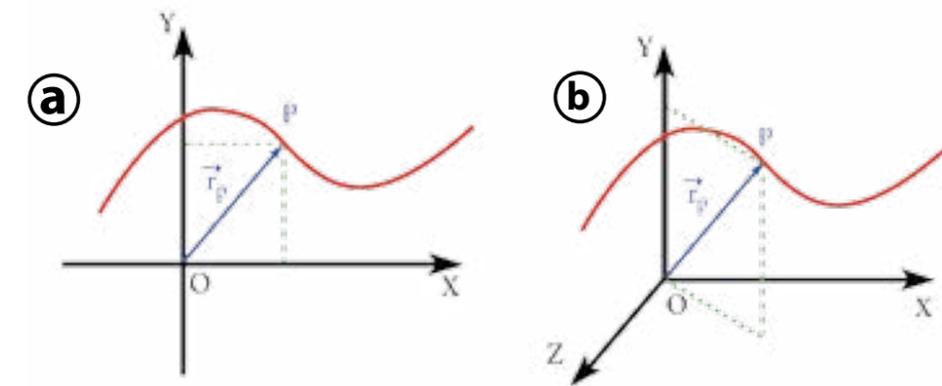


Figura 12.4. Representación gráfica del vector posición en el plano y el espacio. Como se observa, la posición del cuerpo se fija mediante el vector \vec{r}_p desde el origen del sistema de referencia al punto P . En el caso (a), \vec{r}_p tiene dos componentes o coordenadas $\vec{r}_p = x\hat{i} + y\hat{j}$, mientras que en el caso (b) $\vec{r}_p = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$.

En la figura 12.4, hay un cuerpo que se mueve con respecto al origen del sistema de coordenadas, describiendo una trayectoria que se ha destacado en color rojo. A medida que el tiempo transcurre, el vector de posición \vec{r}_p va cambiando en cada punto del camino, es decir, sus componentes espaciales están variando, lo que nos permite concluir que el vector posición es una función del tiempo $\vec{r}_p(t)$. Si no cambian, entonces dichas componentes serán constantes.

De manera general, el vector posición en función del tiempo se define como:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j} + z(t)\hat{k}$$

De este modo $x(t)$, $y(t)$ y $z(t)$ representan los valores de la posición del cuerpo en función del tiempo en cada dirección.

Caminos diferentes con un mismo destino

Hacer una descripción completa del movimiento de un cuerpo va mucho más allá de simplemente fijar la posición de dicho cuerpo con respecto al sistema de referencia que se ha elegido. Existen otros aspectos del movimiento que conviene aclarar.

Uno de estos aspectos es el relacionado con los cambios que experimenta la posición de un objeto durante el movimiento. Dichos cambios pueden describirse a través de conceptos como la **trayectoria** y el **desplazamiento**. Presta atención a la siguiente situación donde se ponen en evidencia ambos parámetros.

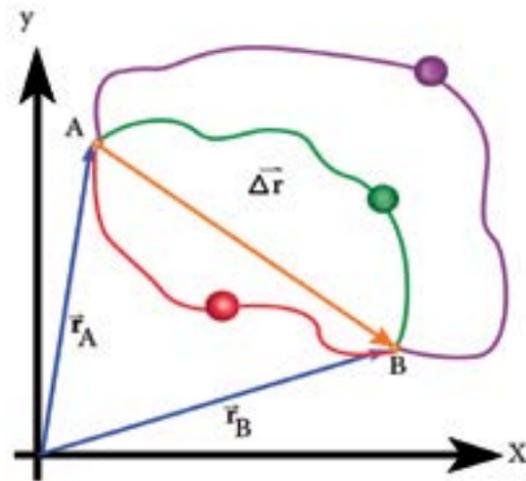


Figura 12.5. En la figura se muestra la diferencia entre la trayectoria y el desplazamiento. Cada cuerpo (representado por los puntos rojo, verde y lila) describe una trayectoria diferente. Sin embargo, su desplazamiento es el mismo.

En la figura 12.5 se muestra el movimiento que realizan tres cuerpos a lo largo de recorridos diferentes (identificados mediante los puntos y líneas de colores), desde el punto A hasta el punto B. La posición inicial y final respecto al sistema de referencia se fija mediante los vectores \vec{r}_A y \vec{r}_B , respectivamente. Las curvas de colores son las **trayectorias** que hizo cada cuerpo y representan la **distancia** que recorrieron. Mientras que el segmento recto orientado o vector (color naranja) describe el **desplazamiento**.

En la descripción del movimiento de un cuerpo, conocer su trayectoria nos brinda información acerca de cómo se mueve desde su posición inicial hasta su posición final. La **trayectoria** permite determinar la distancia que realmente recorre mediante la medición de su longitud y se determina uniendo todas las posiciones que ocupa el cuerpo durante su recorrido desde un lugar a otro.

Por otro lado, el **desplazamiento** $\Delta \vec{r}$, representa el vector que une la posición inicial con la posición final ocupada por el cuerpo y es independiente de la trayectoria descrita por el mismo, es decir, dos cuerpos pueden moverse de un lugar a otro utilizando caminos distintos, pero con igual desplazamiento. El desplazamiento puede determinarse empleando las siguientes expresiones:

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{x} = (x_f - x_i) \hat{i} \quad \text{En una dimensión.}$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i = (x_f - x_i) \hat{i} + (y_f - y_i) \hat{j} \quad \text{En dos dimensiones.}$$

En tres dimensiones sólo se la agrega la coordenada z.

Existen situaciones, especialmente cuando analizamos casos de movimiento en una dimensión, en las cuales la distancia y la medida del desplazamiento de un cuerpo coinciden. Sin embargo, podemos encontrar que ante una distancia recorrida el desplazamiento resulte ser igual a cero. La justificación de esta situación se encuentra en la propia definición del vector desplazamiento, y es que si la posición inicial y final coinciden, el cuerpo no se desplazó.

Para saber más...

Cuando un piloto de carreras da una vuelta completa a uno de estos trazados en su monoplaça, recorre la distancia total del circuito, pero su desplazamiento es cero porque su posición inicial coincide con la posición final.



La velocidad en cada instante y en cada intervalo de tiempo

En la vida real observamos que los objetos al moverse no lo hacen de la misma manera, algunos emplean menor tiempo que otros para cambiar de una posición a otra. En una autopista, por ejemplo, podemos ver como hay autos que emplean menor tiempo que otros al trasladarse entre dos ciudades. En la Ciencias Naturales existe una magnitud con la cual podemos describir de manera precisa los cambios de posición de un objeto con respecto al tiempo, a esta magnitud se le da el nombre de **velocidad** de la partícula u objeto que se mueve.

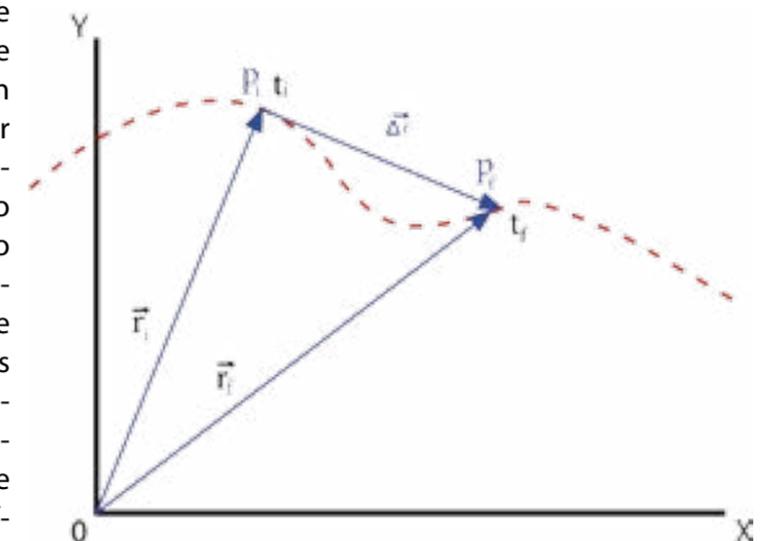


Figura 12.6. La velocidad media \vec{v}_m es un vector que tiene la misma dirección y sentido que el vector desplazamiento $\Delta \vec{r}$.

En la figura 12.6 se ha representado la trayectoria (curva de color rojo) descrita por un objeto durante su movimiento. Al considerar el plano XY observamos que, entre los puntos P_1 y P_2 el objeto realiza un desplazamiento $\Delta \vec{r}$ en un intervalo de tiempo Δt . Si la posición del objeto en el instante inicial t_i está determinada por el vector \vec{r}_i y en el instante final t_f por el vector \vec{r}_f , el cociente entre ese desplazamiento y el tiempo que tardó en realizarlo se le denomina **velocidad media**, y se puede escribir como:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_f - \vec{r}_i}{t_f - t_i}$$

Al ser un movimiento en el plano, después de resolver la expresión anterior, nos da que la velocidad media se puede escribir como:

$$\vec{v}_m = v_{m(x)} \hat{i} + v_{m(y)} \hat{j}$$

Donde v_{mx} y v_{my} representan las componentes de la velocidad media a lo largo de los ejes X e Y respectivamente. Fácilmente se pueden extrapolar estas expresiones al caso del movimiento en el espacio, simplemente agregando la coordenada Z.

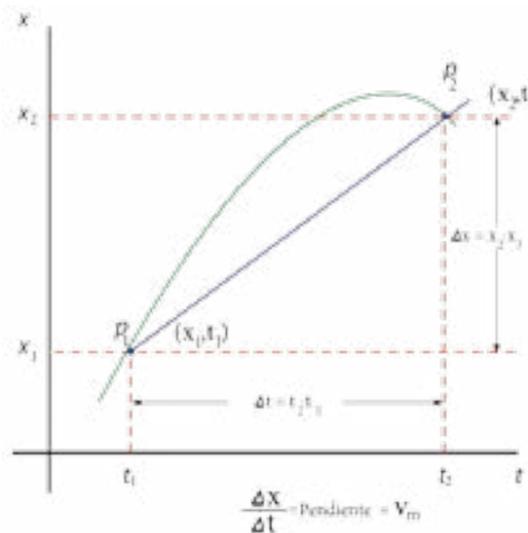


Figura 12.7. Gráfica de la posición en función del tiempo $X(t)$. Geométricamente, la pendiente es una medida de la inclinación de la recta que en este caso representa el valor numérico de la velocidad media que experimenta el cuerpo en el intervalo de tiempo considerado.

En la figura 12.7 se pueden apreciar las coordenadas de dos puntos cualesquiera de una trayectoria P_1 y P_2 . Si trazas un segmento de recta entre estos dos puntos, tienes una línea recta que representa la hipotenusa de un triángulo cuyos catetos son Δx y Δt . Si calculamos la pendiente de esta hipotenusa, tendremos el cociente $\Delta x / \Delta t$ que significa el valor numérico de la velocidad media v_m .

El concepto de velocidad instantánea, tal como lo sugiere su nombre, se refiere a la velocidad que tiene un cuerpo en un instante de tiempo. Para ello debemos aproximar t_2 a t_1 , lo suficiente como para considerar que el intervalo de tiempo es muy pequeño, tal que tiende a cero, esto quiere decir, no se aprecian cambios significativos de la posición, estamos obteniendo así, la **velocidad instantánea**. Podrá ser positiva (x creciente), negativa (x decreciente) o nula (cuando no hay movimiento) y al igual que la velocidad media se puede calcular como:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}; \Delta t \rightarrow 0$$

Hasta ahora hemos trabajado con magnitudes vectoriales, pues definimos tanto el valor, como la dirección y el sentido. Ejemplo: 50 km/h en dirección vertical y sentido norte. Sin embargo, existen ocasiones en las que solamente nos referimos a la magnitud, por ejemplo: cuando una persona dice que viaja en un auto a 80 km/h sin especificar la dirección y sentido, estamos hablando de la **rapidez media** con la que se movía. Y este valor se obtiene como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla.

$$\text{rapidez media} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{tiempo transcurrido}}$$

Simbólicamente se expresa como:

$$v = \frac{d}{t}$$

Esta v no se simboliza con una flecha de vector, pues sólo expresa su valor escalar. Supongamos que realizamos un viaje en automóvil y tardamos dos horas en recorrer 150km. Podemos decir que la rapidez promedio o media con la cual hemos realizado el viaje ha sido de 75 km/h. Sin embargo, durante el recorrido es posible disminuir o aumentar la marcha. Nuestra rapidez en cada instante, por consiguiente, no siempre será de 75 km/h, puesto que en algunos lapsos de tiempo pudo ser mayor y en otros menor a este valor.

La variación de la velocidad: la aceleración

Hemos visto que la velocidad es el concepto que se utiliza para describir los cambios de posición que experimenta un cuerpo en movimiento en el transcurso del tiempo. Esta variable es una cantidad vectorial y, por tanto, posee valor, dirección y sentido, atributos que nos brindan información más precisa sobre el movimiento del cuerpo.

En la mayoría de las situaciones reales, es común observar que los cuerpos al desplazarse cambian frecuentemente su velocidad durante el movimiento. Estos cambios en la velocidad pueden producirse bien sea porque cambie su valor, su dirección. Cuando esto ocurre, se dice que el cuerpo posee una **aceleración**.

En la figura 12.8 se presentan dos situaciones en las cuales el objeto en movimiento presenta una aceleración. En la figura 12.8 (a) se muestra un vehículo moviéndose en línea recta, sin cambiar su dirección ni su sentido, y que varía su rapidez desde $v = 20$ km/h hasta $v = 50$ km/h, en un tiempo de 1/4 min. En este caso, el vehículo aumenta su velocidad y se dice que ha experimentado una aceleración. En la figura 12.8 (b) se muestra a otro vehículo, pero ahora moviéndose en una trayectoria curva. En este caso, el vehículo mantiene constante la magnitud de su velocidad en $v = 20$ km/h, pero su dirección y sentido cambia a medida que toma la curva, por esta razón, el vehículo también experimenta una aceleración.

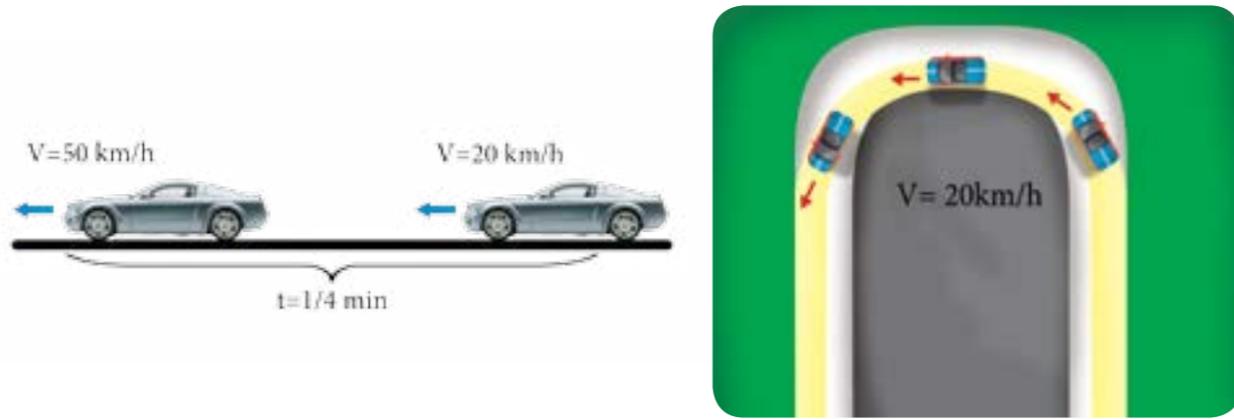


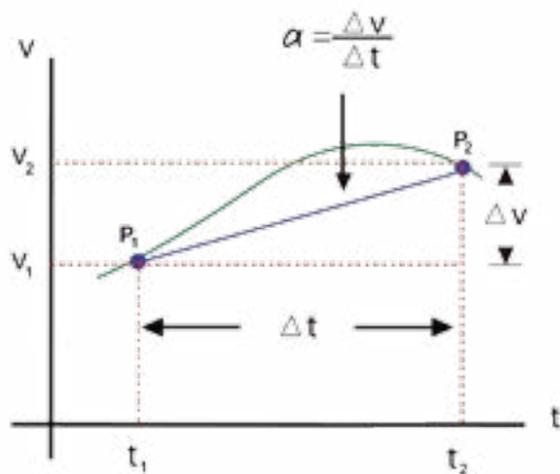
Figura 12.8. (a) Se mantiene la dirección, pero se cambia la magnitud de la velocidad, (b) se mantiene la rapidez, pero se cambia la dirección y sentido..

Estas variaciones de velocidad en el tiempo, se expresan de forma matemática como:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

Fíjate que la dirección de la aceleración será la misma dirección que la variación de la velocidad.

Al igual que para la velocidad, cuando se describe el movimiento de un objeto, es posible hablar tanto de aceleración media como de aceleración instantánea, dependiendo del intervalo de tiempo que se considere. Presta atención ahora a la figura 12.9. En esta se muestra un gráfico de velocidad en función del tiempo. La pendiente de la línea recta que une a los puntos P_1 y P_2 representa la aceleración media entre los tiempos t_1 y t_2 .



Si imaginamos que el punto P_2 se acerca más y más al punto P_1 , el valor que encontramos para la aceleración media entre estos puntos se aproximará al valor de la aceleración en el punto P_1 , a medida que el punto P_2 se acerca a P_1 , y el intervalo de tiempo Δt se va haciendo cada vez más pequeño. En estas condiciones, la aceleración instantánea en el punto P_1 vendrá dada por la pendiente de la gráfica en el instante t_1 . Partiendo de esto, es posible definir la aceleración instantánea de la siguiente manera:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \text{ cuando } \Delta t \rightarrow 0$$

Figura 12.9. Cada punto de la curva representa la velocidad que tiene el objeto en un instante determinado. La línea recta entre P_1 y P_2 es la hipotenusa del triángulo de lados Δv y Δt , la relación $\Delta v/\Delta t$ es su pendiente. Geométricamente, la pendiente es una medida de la inclinación de la recta y representa en este caso la aceleración media entre esos tiempos.

Algunos casos particulares del movimiento

En función de las características de la velocidad y la aceleración, es posible clasificar los movimientos en una dimensión, en términos de la uniformidad que tengan la velocidad y la aceleración en el tiempo. Algunos de ellos ya los estudiaste en el libro de Ciencias Naturales de 3^{er} año.

→ Caso en que $\vec{a} = 0$: Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU).

Cuando la aceleración del objeto es igual a cero ($\vec{a} = 0$), entonces necesariamente la velocidad es constante ($\vec{v} = \text{cte}$). Si la velocidad es constante en módulo, dirección y sentido, el movimiento se da a lo largo de una línea recta recorriendo distancias iguales en tiempos iguales. En este caso, resulta conveniente escoger el eje X de manera que coincida con la dirección del movimiento. Es importante aclarar que la escogencia del eje X como dirección donde ocurre el movimiento obedece netamente a fines prácticos.

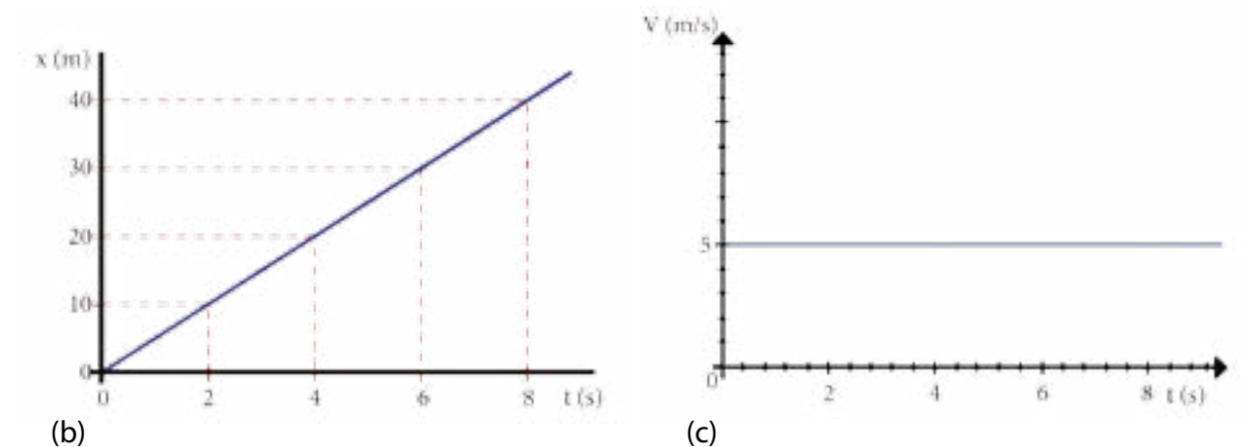
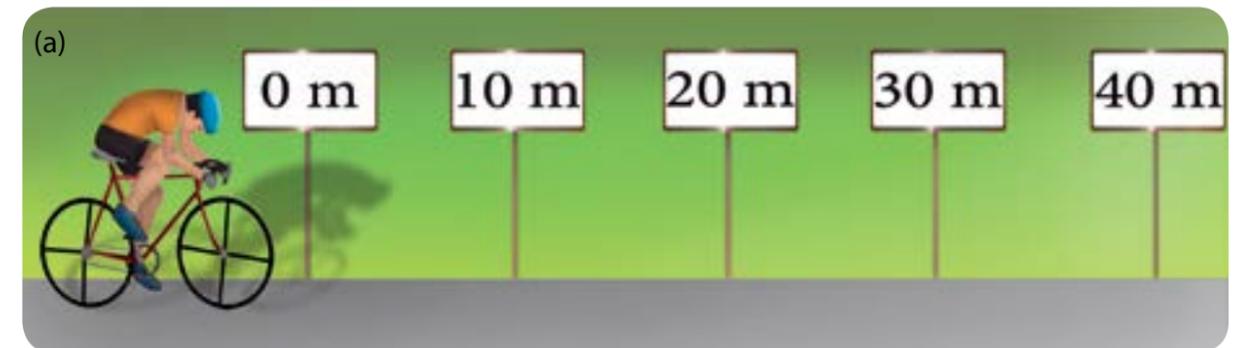


Figura 12.10. a) Un ciclista recorre en línea recta, 10m cada 2 segundos b) gráfica de la posición en función del tiempo del ciclista, c) gráfica de la velocidad en función del tiempo.

Caso en que $\vec{a} \neq 0$ y constante: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA) y la caída libre de los cuerpos

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado es muy importante debido a que es descrito por muchos objetos en la naturaleza. Consideremos el caso de un objeto que se mueve en dirección del eje X con aceleración constante.

Cuando un objeto se mueve con aceleración constante, la aceleración media, \vec{a}_m , es igual a la aceleración instantánea, \vec{a} . Como consecuencia de esto, la velocidad del objeto aumenta o disminuye en la misma proporción durante todo el movimiento. De esta manera, podemos escribir para la aceleración:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

De un análisis geométrico que podemos hacer de MRUV, como el señalado en la figura 12.11 y haciendo algunas consideraciones en la ecuación anterior, obtendremos ecuaciones de la cinemática conocidas:

$$x = x_i + v_i t + \frac{at^2}{2}$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

Dejamos como actividad de indagación la deducción de las expresiones anteriores.

Un ejemplo muy común e importante en la Cinemática ha sido el movimiento vertical de un objeto bajo la acción atractiva del planeta Tierra, es decir, bajo la acción gravitacional terrestre. En esta situación, los cambios de velocidad que adquieren los cuerpos revelan que tienen una aceleración constante a la que llamamos aceleración de gravedad (\vec{g}) y cuyo valor medio aproximado en la superficie de la Tierra es de $9,8 \text{ m/s}^2$. Los cuerpos están realizando un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

Desde tiempos muy antiguos se ha estudiado este hecho, y aunque en la actualidad resulte natural pensar que un cuerpo en caída o en ascenso está siendo uniformemente acelerado no siempre fue así. A esta importante conclusión fue a la que llegó el físico y astrónomo Galileo Galilei (1564-1642), a través de sus experimentos con planos inclinados. Antes de su época, prevalecían las enseñanzas del filósofo Aristóteles (384-322 antes de nuestra era), quien sostenía que los objetos más pesados caían con mayor rapidez que los objetos más ligeros hacia la superficie terrestre.

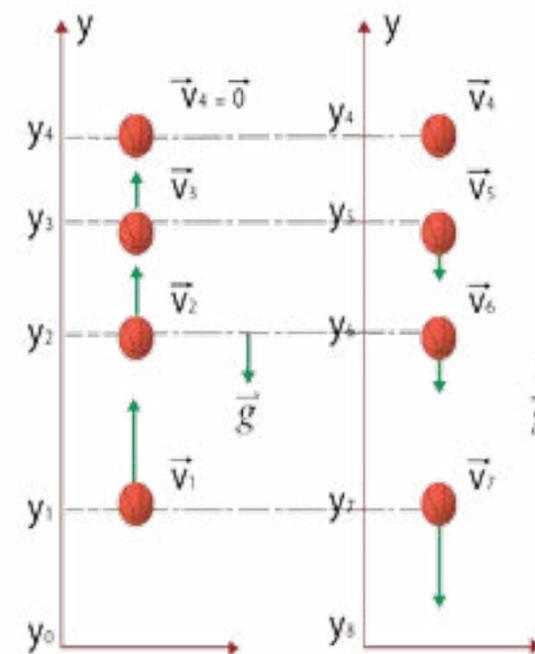


Figura 12.11. Ejemplo de movimiento en caída libre de una pelota lanzada verticalmente hacia arriba.

En la figura 12.11 se han representado los movimientos verticales de ascenso y descenso de una pelota lanzada hacia arriba.

Como se puede notar, la velocidad está dirigida hacia arriba mientras la pelota va subiendo, disminuyendo su magnitud de manera constante hasta que se hace cero en la posición y_4 . El vector aceleración entre las posiciones y_1 y y_2 está dado por:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \vec{g} = -g \hat{j}$$

Es decir, dirigida hacia abajo y con magnitud igual a $9,8 \text{ m/s}^2$ y no variará durante el movimiento. Cuando la pelota llega a la posición y_4 , la velocidad se hace nula e invierte su sentido, y la pelota comienza a descender. De allí en adelante, la velocidad comienza a aumentar de manera constante a razón de $9,8 \text{ m/s}$ durante cada segundo, pero ahora dirigida hacia abajo.

En la descripción del movimiento de objetos como la pelota de la figura 12.11, también son aplicables las expresiones obtenidas para el movimiento unidimensional con aceleración constante. La única modificación que es necesario hacer a estas expresiones, para el caso de objetos en caída libre, es advertir que el movimiento ocurre en dirección vertical del eje (Y). Al mismo tiempo, hay que considerar que la aceleración es siempre vertical hacia abajo y tiene una magnitud de $9,8 \text{ m/s}^2$. Por tanto, siempre ha de tomarse $a = g = -9,8 \text{ m/s}^2$. El signo negativo señala que esta aceleración siempre será vertical hacia abajo, descrita desde un sistema de referencia colocado en la superficie terrestre.

En sus experimentos, Galileo dejaba rodar pequeñas esferas sobre planos con una ligera pendiente y medía la distancia que las mismas cubrían a intervalos sucesivos. El propósito de la pendiente era reducir la aceleración a fin de poder medir con exactitud los intervalos de tiempo. Mediante un aumento gradual de la inclinación de la pendiente, Galileo pudo sacar conclusiones acerca de los "objetos en caída libre", fundamentándose en el hecho de que una esfera que cae es equivalente a una esfera que se desliza sin roce por una pendiente vertical.

La expresión "caída libre" no sólo se refiere a un objeto que ha sido liberado desde una posición de reposo. También es aplicable a los cuerpos que son lanzados hacia arriba o hacia abajo. En este sentido, es importante aclarar que: todo objeto, independientemente de su movimiento inicial, estará en caída libre siempre que sobre él actúe únicamente la fuerza de gravedad en interacción con la Tierra.

De esta manera, podemos escribir para la posición de un objeto que cae libremente en cualquier instante de tiempo:

$$y = y_i + v_i t - \frac{gt^2}{2}$$

Donde y_i y v_i son los valores para la posición y la velocidad en el instante inicial del movimiento, y tendrán el signo que corresponda de acuerdo a sus respectivos sentidos en la dirección del eje (Y).

De manera similar, se tendrá para la velocidad en función del tiempo la siguiente expresión:

$$v_f = v_i - gt$$

Por último, para la velocidad en función de la posición se tendrá:

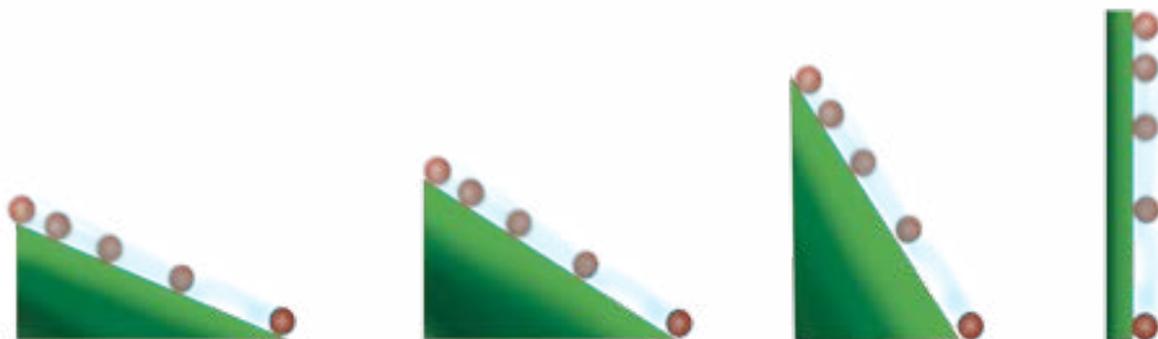
$$v_f^2 = v_i^2 - 2g(y - y_i)$$

Veamos ahora las unidades de las magnitudes físicas estudiadas hasta ahora:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidades en el (SI)
Posición	Vector	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ o \vec{r}	m
Desplazamiento	Vector	$\vec{d}, \Delta\vec{x}$	m
Distancia	Escalar	d	m
Velocidad	Vector	\vec{v}	m/s
Rapidez	Escalar	v	m/s
Aceleración	Vector	\vec{a}	m/s ²

Para saber más...

Galileo Galilei con el experimento de los planos inclinados dedujo que para aquellos planos más empinados la aceleración sería mayor, adquiriendo el máximo valor cuando el plano está totalmente vertical, sin importar el tamaño o masa de los cuerpos.



¡El descenso de una roca!

Desde lo alto de un acantilado de 100 m de altura se deja caer una roca y se quiere determinar: a) el tiempo que tarda la roca en caer los primeros 50 m; b) el tiempo que tarda en caer los segundos 50 m.

Solución: en la figura 12.12 se ha hecho una representación de la situación que se plantea en el problema. El sistema de coordenadas con origen en el fondo del acantilado muestra dónde se colocó la referencia.

a) Comenzamos por fijar el sistema de referencia a nivel de la superficie terrestre. Por lo tanto, posiciones y_1 y y_2 como las velocidades V_1 y V_2 son negativas.

Para determinar el tiempo que tarda la roca en recorrer los primeros 50 m, es necesario determinar la velocidad al cabo de dicho desplazamiento, representada como V_1 en la figura 12.12. Para ello, puedes utilizarla siguiente expresión:

$$v^2 = v_i^2 - 2g(y - y_i)$$

Como la roca se deja caer, significa que su velocidad inicial es cero ($v_i = 0$), y se tiene que:

$$v_i^2 = -2g(y - y_i) \rightarrow v_i = \sqrt{-2g(y - y_i)} \rightarrow v_i = \sqrt{-2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 (50 \text{ m} - 100 \text{ m})} = -31,3 \text{ m/s}$$

$v_1 = -31,1 \text{ m/s}$, se toma el signo negativo para señalar que se dirige hacia abajo.

Conocido este valor, se puede utilizar la expresión $v_f = v_i - gt$ para determinar el tiempo que tarda la roca en recorrer los primeros 50 m. De esta manera, se obtiene:

$$t = \frac{v_1}{-g} = \frac{-31,3 \text{ m/s}}{-9,8 \text{ m/s}^2} = 3,19 \text{ s}$$

El tiempo que tarda la roca en recorrer los primeros 50 m es $t = 3,19 \text{ s}$. También es posible llegar a este resultado utilizando la expresión para la posición en función del tiempo, despejando de igual manera el tiempo t .

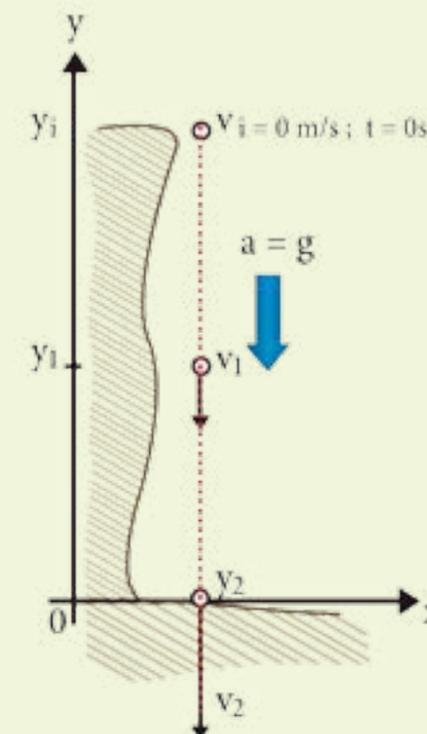


Figura 12.12. Ejemplo de movimiento en caída libre. Advierte que el sistema de referencia se ha colocado en el fondo del acantilado.

Para determinar el tiempo que invierte la roca en recorrer los otros 50 m hasta el fondo del acantilado, podemos repetir el procedimiento utilizado en el apartado anterior. Sin embargo, para este caso utilizaremos la expresión $y = y_i + v_i t - \frac{gt^2}{2}$ para llegar al mismo resultado. Veamos:

Durante esta última parte del recorrido, la roca también se desplaza 50 m. Sin embargo, la velocidad inicial en este trayecto es igual a v_1 . Así pues:

$$y_2 = y_1 + v_1 t - \frac{gt^2}{2} \longrightarrow y_2 - y_1 = v_1 t - \frac{gt^2}{2}$$

Para simplificar los cálculos que siguen, multiplicamos a la expresión anterior por $\left(\frac{2}{g}\right)$

$$\frac{2(y_2 - y_1)}{g} = 2\left(\frac{v_1}{g}\right)t - t^2$$

$$\Rightarrow t^2 - 2\left(\frac{v_1}{g}\right)t + 2\left(\frac{y_2 - y_1}{g}\right) = 0$$

La expresión anterior es una ecuación de 2^{do} grado que se resuelve mediante la aplicación de la resolvente $t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. Donde:

$$a = 1 \quad ; \quad b = -2\left(\frac{v_1}{g}\right) = 6,38 \quad ; \quad c = 2\left(\frac{y_2 - y_1}{g}\right) = -10,204$$

Con estos valores se obtiene para la variable $t = 1,32$ s. Siendo este valor el tiempo que invierte la roca en caer los segundos 50 m de su descenso. ¿Habrá otras formas de resolver este problema? ¿Se te ocurren algunas?

¿Por qué se tomó el valor positivo del tiempo?

Factores que intervienen en la caída de los cuerpos

Hasta ahora hemos descrito el movimiento de los objetos en caída libre desde un punto de vista idealizado, es decir, hemos considerado que el objeto que cae se encuentra influenciado únicamente por la gravedad, también hemos obviado los efectos que pueden originarse durante el movimiento debido al rozamiento del cuerpo con las moléculas de aire. Sin embargo, en las experiencias reales relacionadas con este tipo de movimiento, estos factores se encuentran presentes en todo momento y añaden mayor grado de complejidad en la descripción de las mismas. En tal sentido, expondremos algunos de los factores que pueden intervenir en el movimiento de caída de los objetos con sus respectivas consecuencias.

En primer lugar, consideraremos el rozamiento del objeto con el aire. En el caso más sencillo, el roce sólo afectará a la velocidad del objeto y la caída puede dejar de ser acelerada. Pero, en general, su grado de influencia puede llegar a ser mayor, hasta el punto de afectar la trayectoria del objeto y hacerla prácticamente impredecible. Basta con dejar caer una hoja de papel desde cierta altura para darnos cuenta rápidamente de tales efectos, observamos que la trayectoria de la hoja es zigzagueante. Cuando un objeto se mueve en el seno de un medio viscoso como el aire, lo hace desplazando capas del medio que se encuentran adheridas entre sí. Debido a este desplazamiento, se originan fuerzas de rozamiento y movimientos turbulentos del propio medio (aire), que a su vez, hacen que el movimiento del objeto dentro del mismo sea más complicado.

En segundo lugar, consideraremos la masa del cuerpo como otro factor que influye en este tipo de movimiento. Parece lógico suponer que cuanto mayor sea la masa del cuerpo, más rápida será la caída. Esta hipótesis se sustenta en la evidencia experimental de que la Tierra atrae con mayor fuerza a los objetos de mayor masa. Sin embargo, es un hecho comprobado que, en las proximidades de la superficie terrestre, todos los cuerpos caen con la misma aceleración, lo cual significa que si se dejan caer dos cuerpos de distinta masa desde una misma altura, ambos tocarán el suelo en el mismo momento. A pesar de esta evidencia sigue planteado el siguiente problema: ¿cómo es posible que la Tierra atraiga más a los objetos de mayor masa, y, sin embargo, todos los objetos, independientemente de su masa, caigan con la misma aceleración?

La respuesta a esa pregunta la encontraremos en las teorías científicas que se han desarrollado a través de la historia para tratar de darle explicación a este hecho y a muchos más, ya que los fenómenos relacionados con la gravedad forman parte integral de nuestras vidas. La gran mayoría de todas las actividades de movimiento realizadas por los seres vivos, incluyendo los humanos, están afectadas por la gravedad, y aunque hemos logrado desarrollar tecnologías que han desafiado la gravedad terrestre, con naves espaciales y satélites artificiales, en nuestro mundo cotidiano la gravedad sigue partiendo platos, rodando objetos por pendientes o impidiendo que los levantemos, es el fenómeno más común y potente de nuestras vidas, por eso vale la pena estudiarlo. En próximas lecturas, volveremos sobre él.



Movimiento de una burbuja

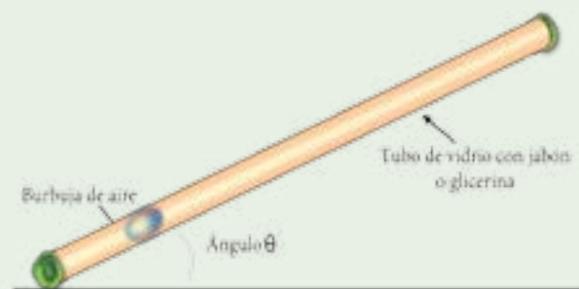
Con la siguiente actividad experimental podrán estudiar las principales características del MRU mediante la descripción del movimiento que realiza una burbuja de aire dentro de un líquido viscoso.

¿Qué necesitan?

- Tubo rígido transparente de vidrio o manguera plástica, de un metro de longitud y 2,5 cm de diámetro aproximadamente.
- Jabón líquido.
- Un embudo.
- Transportador.
- Cronómetros (pueden servir los de los relojes digitales).
- Regla graduada o cinta métrica.
- 2 tapones de corcho o plastilina para sellar los extremos del tubo.
- Papel milimetrado.
- Marcador para pizarras acrílicas.

¿Cómo lo harán?

- Conjuntamente con tus compañeros de grupo, sella uno de los extremos del tubo con uno de los tapones de corcho o con un trozo de plastilina y vierte el jabón o la glicerina hasta que el tubo quede parcialmente lleno.
- Una vez vertido en líquido, asegúrate de que el mismo no se escape y sella el otro extremo del tubo, de tal manera que dejes una burbuja de aire de unos 5 cm de longitud aproximadamente.
- Ayudado con el transportador, levanta el tubo a un ángulo seleccionado por ti mismo y observa la burbuja. ¿Ascienda? ¿Qué tipo de movimiento crees que realiza? ¿Qué variables puedes medir para describir el movimiento e identificar sus características? con la regla (cinta métrica) y el marcador, haz una marca a unos 10 cm de distancia de uno de los extremos del tubo. Partiendo de ésta, haz marcas de 10 cm en 10 cm a lo largo de la longitud del tubo.
- Inclina el tubo hasta llevar a la burbuja a la marca de inicio (observa la figura adjunta).



- Ayudado con el transportador, levanta el tubo a un ángulo seleccionado por ti mismo y permite que la burbuja ascienda. Cuando la burbuja pase por la primera marca, tu compañero deberá accionar el cronómetro y detenerlo cuando esta pase por la segunda marca. Este último paso deben repetirlo para cada una de las marcas separadas de 10 cm en 10 cm, accionando siempre el cronómetro cuando pase por la primera marca y deteniéndolo cuando pase por la marca colocada a la distancia a la cual se desea conocer el tiempo, resulta conveniente repetir cada medida y obtener un valor promedio para cada tiempo.
- Repite este último paso para distintos ángulos.
- Por cada ángulo seleccionado, organiza las medidas de tiempo y distancia recorrida en una tabla. Antes de llenar la tabla, discute con tus compañeros sobre la forma correcta de expresar las medidas en el SI (Sistema Internacional).

Marca	Distancia recorrida (cm)	Tiempo transcurrido (s)
1	0	0
2		
3		
4		
5		

- Con los valores obtenidos de distancia y tiempo calcula la velocidad media entre cada par de marcas, anota los valores agregando una nueva columna en la tabla. Construye en el papel milimetrado los siguientes gráficos:
 - Distancia en función del tiempo.
 - Velocidad en función del tiempo.
- ¿Cuál es el significado de la pendiente de ambos gráficos? ¿Cómo influye el ángulo del tubo de vidrio en la velocidad de la burbuja? ¿Cómo determinar el desplazamiento de la burbuja a partir del gráfico velocidad-tiempo?
- Elabora tus conclusiones sobre las actividades realizadas y compártelas. Escribe sobre las dificultades que encontraste en el desarrollo de las actividades experimentales y propón soluciones a las mismas.



¡Midiendo la aceleración de gravedad!

Mediante la siguiente actividad experimental podrás determinar, de manera indirecta, el valor de la aceleración con la que cae un cuerpo esférico liberado desde el reposo desde una determinada altura.

¿Qué necesitan?

Una cinta métrica o una regla de madera de un metro de longitud aproximadamente.
Cronómetros.
Una esferita metálica o metra y una pelota de tenis o de goma.
Un vernier.
Cinta adhesiva.

¿Cómo lo harán?

- 1.- Forma grupo con dos de tus compañeros de clase y ubícate en un lugar cercano a una de las paredes del salón de clases.
- 2.- Fundamentándose en el modelo de caída libre, encuentren una expresión para la distancia vertical que recorre un cuerpo que es liberado desde el reposo, desde una determinada altura h .
- 3.- De la expresión obtenida en el paso anterior, despejen la variable g y observen de cuáles variables depende. Discutan sobre el significado físico de cada una de estas variables y sobre la posibilidad de medirlas con los instrumentos de medición con los cuales cuentan.
- 4.- Seleccionen un lugar cuya altura sea suficiente para poder medir el tiempo de caída del objeto. Midan dicha altura. Esta altura representará el lugar desde donde dejarán caer la esfera metálica y la pelota de tenis.
- 5.- Midan el diámetro de la esferita y de la pelota de tenis.
- 6.- Entre todas y todos, ideen una estrategia de tal manera que uno de los integrantes del grupo se coloque en posición para soltar la esfera metálica desde la altura previamente medida y otro de los integrantes pueda registrar el tiempo que tarda la esfera en tocar el suelo, desde el momento en que se libera.
- 7.- Luego de que todos estén en posición, se libera la esferita y se registra el valor de tiempo. Se deben registrar, al menos, diez (10) medidas de tiempo.
- 8.- Repetir el procedimiento descrito en el paso anterior para la pelota de tenis y registrar igualmente el tiempo de caída para cada intento.
- 9.- Con los valores de tiempo registrados tanto para la esferita metálica como para la pelota de tenis, determinar el valor promedio del tiempo de caída.
- 10.- Una vez obtenido el valor promedio del tiempo de caída para cada objeto, utilicen la expresión obtenida en el paso 3 y determinen el valor de g .
- 11.- ¿Qué diferencia encuentran entre el valor de g obtenido y el de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$? ¿Cómo puedes explicar dichas diferencias? ¿El valor obtenido se puede considerar aceptable, por qué?
- 12.- ¿Cuáles son las posibles fuentes de error en las medidas realizadas y cómo es posible expresarlas?
- 13.- Registren los resultados en la tabla sugerida.
- 14.- ¿Qué conclusiones puedes dar acerca de la actividad?

Objeto: _____ ; Diámetro = (_____) \pm (_____)

Nº de Intentos	Tiempo medido (s)	Tiempo Promedio (s) ($\bar{t} \pm \Delta t$)	Aceleración de Gravedad (m/s^2) ($g \pm \Delta g$)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



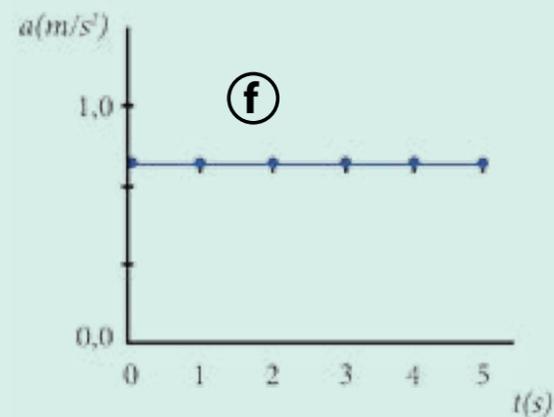
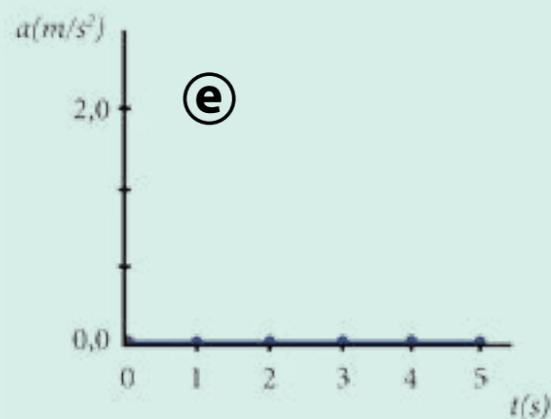
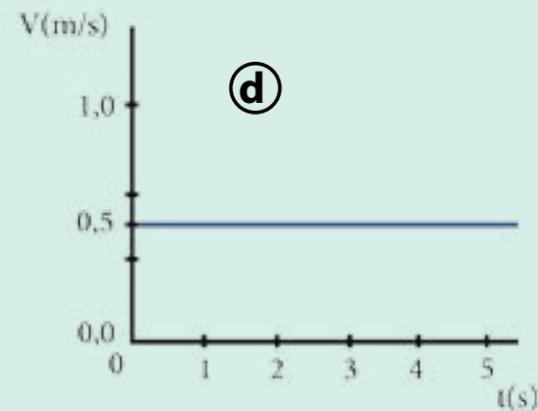
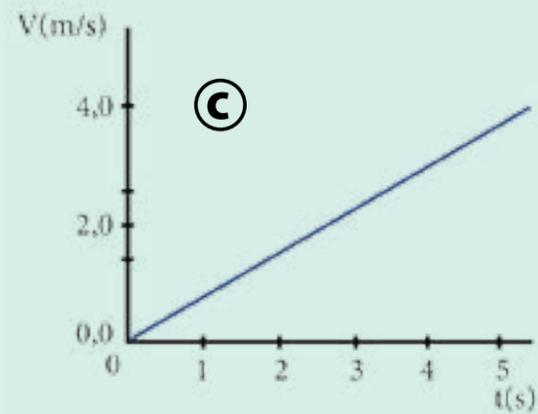
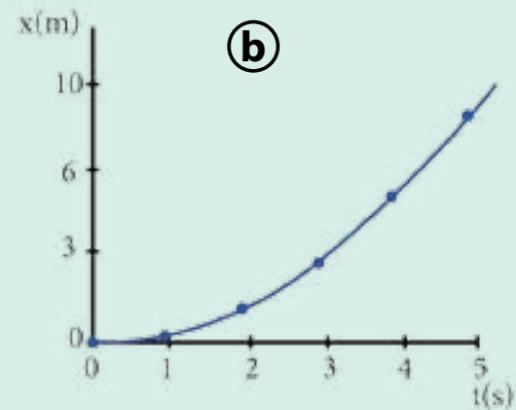
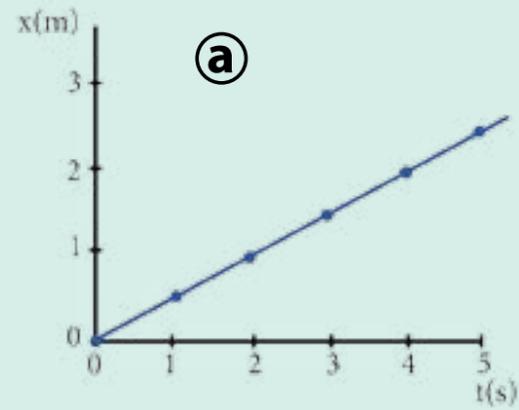
Actividades de autoevaluación

1. ¿Qué elementos consideras necesario conocer a la hora de describir el movimiento de los objetos?
2. Cuando se describe desde la Tierra el movimiento de la Luna, observamos que su trayectoria es circular, ¿qué trayectoria observaríamos si describimos el movimiento de la Luna con un sistema de referencia situado en el Sol?
3. Dos chicos, María y José, van sentados en los asientos de un tren. Fuera del tren está Luis, que se encuentra sentado en una banca cerca de la línea por donde pasa el tren. Tiempo después, se consiguen los tres y conversan lo siguiente:
 - Luis: Hoy los observé a ambos moviéndose a la velocidad que llevaba el tren.
 - María: Luis, eso que dices no es cierto. José no se movió de mi lado en ningún momento.
 - José: Yo tampoco noté que María se moviera. Por el contrario, observé que Luis sí se movía.¿Quién de los tres tiene la razón? Argumenta tu respuesta.

4. Un objeto en movimiento ocupa las siguientes posiciones durante su recorrido: $P_1(4,2)$; $P_2(-3,1)$; $P_3(1,0)$. Representa estas posiciones en un sistema de referencia bidimensional y dibuja el vector posición para cada caso. ¿Cuál es el desplazamiento entre P_1 y P_2 y P_2 y P_3 ?

5. Un auto de carreras da un giro completo a una pista de carreras de 5 km de longitud. ¿Qué puedes decir sobre su desplazamiento y su velocidad media?

6. Identifica el tipo de movimiento al que corresponde las siguientes gráficas.



7. Camila y Manuel caminan a razón de $1,2\text{ m/s}$ y $0,9\text{ m/s}$, respectivamente. Encuentra la distancia que los separa luego de 20 s, si partiendo del mismo punto:

- Se mueven en el mismo sentido.
- Se mueven en sentido contrario.
- Si se mueven en forma perpendicular.
- Realiza un esquema de la situación que se plantea en cada caso.

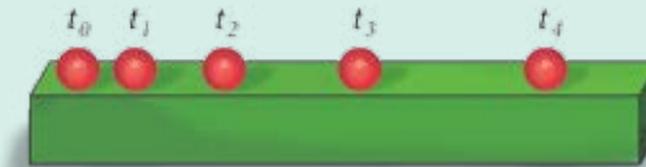
8. Para un auto que se mueve en línea recta se registran los valores de posición y tiempo que se muestran en la tabla. Realiza un gráfico de *Posición vs Tiempo* y calcula la pendiente del mismo, ¿qué interpretación le das a dicha pendiente?

x (m)	0	1	2	3	4	5	6
t (s)	0	5	10	15	20	25	30

9. Si un automóvil viaja hacia el este, ¿puede tener una aceleración dirigida hacia el oeste? Explica tu respuesta.

10. Si la velocidad media de un objeto es cero en cierto intervalo de tiempo, ¿qué se puede afirmar acerca del desplazamiento del objeto en ese intervalo?

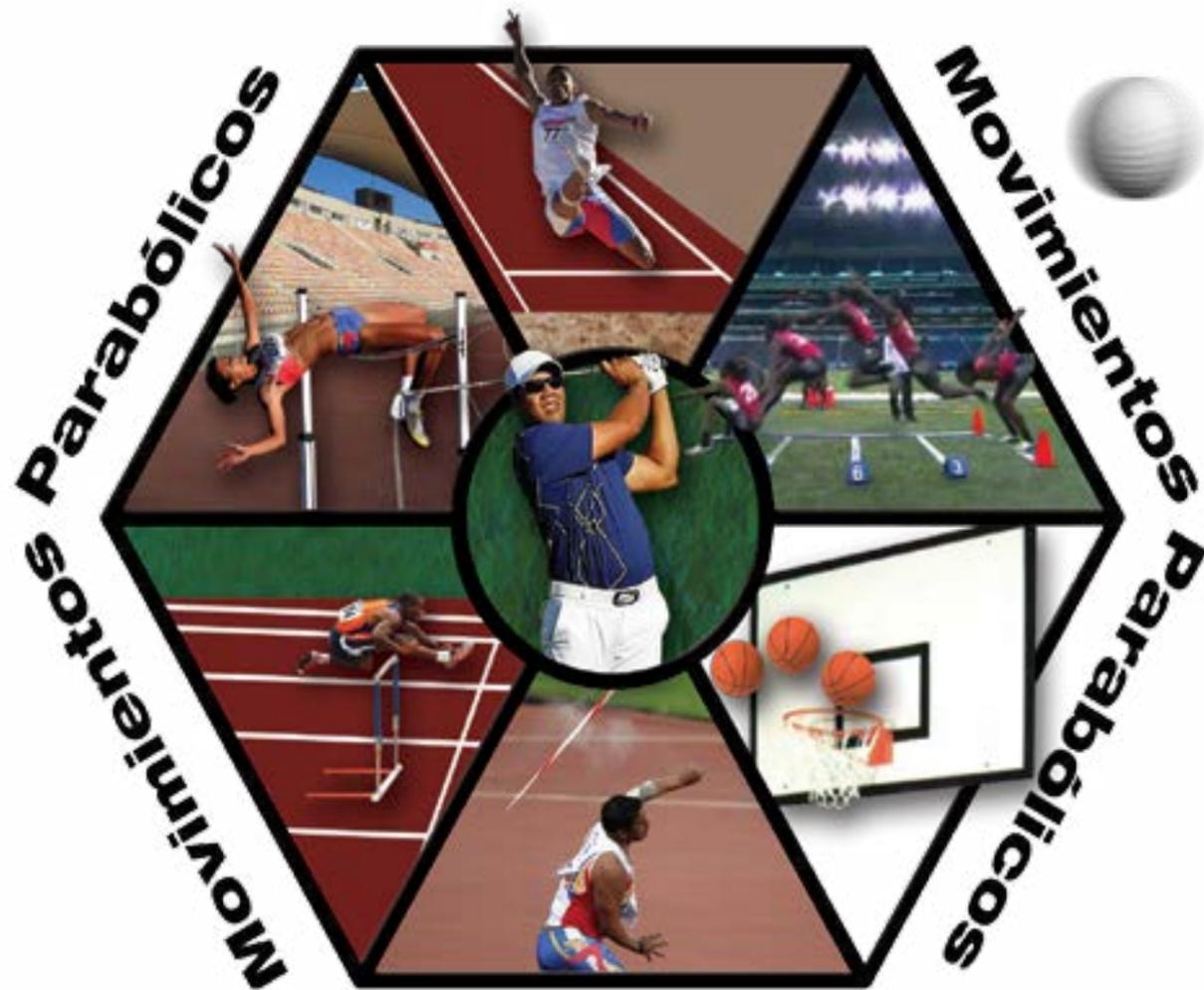
11. En la figura se muestran las posiciones que ocupa en distintos momentos una esfera que se mueve en línea recta sobre un mesón: ¿qué tipo de movimiento realiza la esfera?, ¿qué puedes decir sobre la velocidad de la esfera en cada instante de tiempo? Elabora un gráfico tentativo de velocidad en función del tiempo para la esfera.



12. Un visitante de un parque nacional conduce a 50 km/h cuando de pronto un venado salta hacia la carretera 60 m delante del vehículo. Luego de un tiempo de reacción t , el visitante pisa el freno, produciendo una aceleración de $a = -2,7\text{ m/s}^2$. ¿Cuál es el tiempo de reacción máximo permisible para que el visitante evite golpear al venado?

13. Un paracaidista salta en caída libre desde un helicóptero. Varios segundos después, otro paracaidista salta del mismo modo, de tal manera que ambos caen a lo largo de la misma línea vertical. Si se ignora la resistencia del aire mientras descienden antes de que se abran los paracaídas, en estas condiciones, responde las siguientes interrogantes argumentando siempre tu respuesta:

- Si los dos paracaidistas estuviesen unidos mediante una cuerda elástica, ¿aumentaría la tensión en la cuerda, se mantendría constante o se reduciría?
- Elabora un dibujo representativo de la situación planteada y plasma en él los elementos y variables físicas que intervienen.
- Investiga sobre cómo ocurre el movimiento en caída libre de los paracaidistas en la vida real. Compara ambos casos y elabora un "mapa mental" para cada situación.



Al mismo tiempo que vamos comprendiendo a través de ciertos conceptos cómo se trasladan los cuerpos, nos damos cuenta de que, en la realidad, es muy difícil desplazarnos estrictamente en una sola dirección. Al incluir un pequeño ángulo de inclinación en nuestra velocidad, estamos dejando el movimiento en una dimensión por el movimiento en el plano.

Por ejemplo, un jugador de béisbol cuando realiza un lanzamiento o un bateo, provoca que la trayectoria que describe la pelota sea una curva. Un jugador de baloncesto cuando cobra una falta, lanza la pelota dirigida a la cesta, provocando una trayectoria curvilínea. Incluso nosotros cuando queremos cortar camino para llegar a un destino y caminamos por la diagonal, estamos moviéndonos en un plano y no en una línea. Veamos en esta lectura cómo pueden estudiarse y comprenderse estas situaciones haciendo uso de los conceptos y movimientos ya estudiados. Así como algunas aplicaciones en situaciones cotidianas y técnicas que te ayuden a entender.

Movimiento parabólico

Sabemos que cuando se deja caer un cuerpo o cuando se lanza verticalmente hacia arriba o hacia abajo y no tomamos en cuenta los efectos debidos al rozamiento con el aire, el objeto describirá un movimiento uniformemente variado a través de una trayectoria rectilínea.

Supongamos ahora, una pelota que se mueve horizontalmente sobre una mesa; la fuerza de gravedad está presente, pero no es la responsable del movimiento en esta dirección de dicho objeto, no está ni a favor ni en contra del movimiento de la pelota. Pero al llegar al borde de la mesa, ¿la pelota cae automáticamente?, ¿qué pasó con la velocidad horizontal que llevaba antes de caer?

Te das cuenta de que el movimiento no es ni vertical ni horizontal, sino una composición de ambos; y si marcamos los puntos por donde pasa la pelota, verificamos que describe una trayectoria regular en forma de parábola.

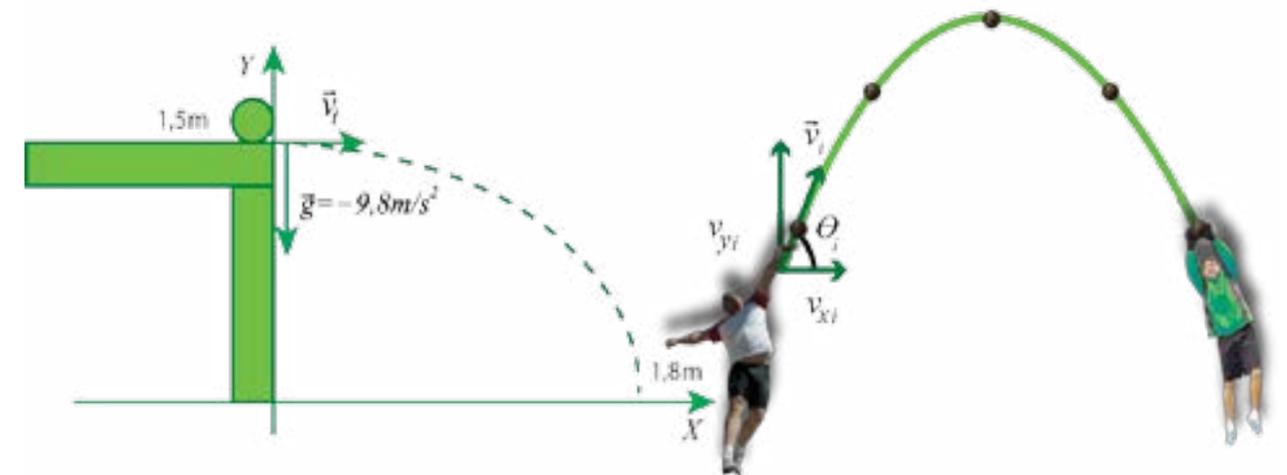


Figura 13.1. a) El movimiento de la pelota cuando abandona la superficie de la mesa se produce por la superposición de dos movimientos simultáneos, uno horizontal de avance a velocidad constante y otro vertical acelerado. b) Trayectoria parabólica de una pelota que es lanzada con cierto ángulo de inclinación. Observa que la pelota sube, baja y simultáneamente se desplaza horizontalmente.

Algo similar le sucede a un cuerpo que es lanzado con un ángulo de inclinación tal como ocurre cuando jugamos una “caimanera” de béisbol, fútbol o baloncesto, las trayectorias que describen las pelotas son también de tipo parabólico. Y si prestamos atención a las condiciones que había en el momento en que la pelota inicia el movimiento, encontraremos que el ángulo de inclinación cuando se le suministra el impulso determina la abertura o concavidad de la trayectoria parabólica que está describiendo el objeto.

A continuación te mostraremos algunos aspectos que es necesario considerar para realizar una descripción más precisa de los movimientos parabólicos afectados sólo por la interacción gravitacional terrestre.

1. Condiciones iniciales de la posición y la velocidad

En el ejemplo anterior, si colocas un sistema de referencia en la mano del jugador que lanza la pelota, estaremos localizando el lugar donde se inicia el movimiento, que por lo general se hace coincidir con el origen del sistema de referencia quedando en un plano expresado como $\vec{r}_i = 0\hat{i} + 0\hat{j}$. Éstas serían las condiciones iniciales de la posición para el tiempo inicial $t_i = 0$.

También podemos señalar las condiciones iniciales del vector velocidad inicial conociendo su módulo y el ángulo de inclinación θ_i . Esta velocidad inicial se descompone en dos partes:

- Una velocidad horizontal que por ausencia de fuerzas en esta dirección se mantiene constante y por lo tanto realiza un MRU.
- Una velocidad vertical que irá variando conforme transcurre el tiempo por la acción de la fuerza de gravedad, describiendo un MRUA.

Las condiciones de la velocidad con que se inicia el movimiento en un plano, se presentan a través de un vector $\vec{v}_i = v_{ix}\hat{i} + v_{iy}\hat{j}$, que corresponden a las componentes cartesianas del vector velocidad inicial. El valor de estas componentes se puede calcular conociendo el valor de la rapidez con que se lance el cuerpo y el ángulo en la que se realiza el lanzamiento y constituyen las componentes del vector en coordenadas polares planas. Utilizando las razones trigonométricas fundamentales y el teorema de Pitágoras se pueden establecer relaciones entre las componentes del vector velocidad inicial y su módulo.

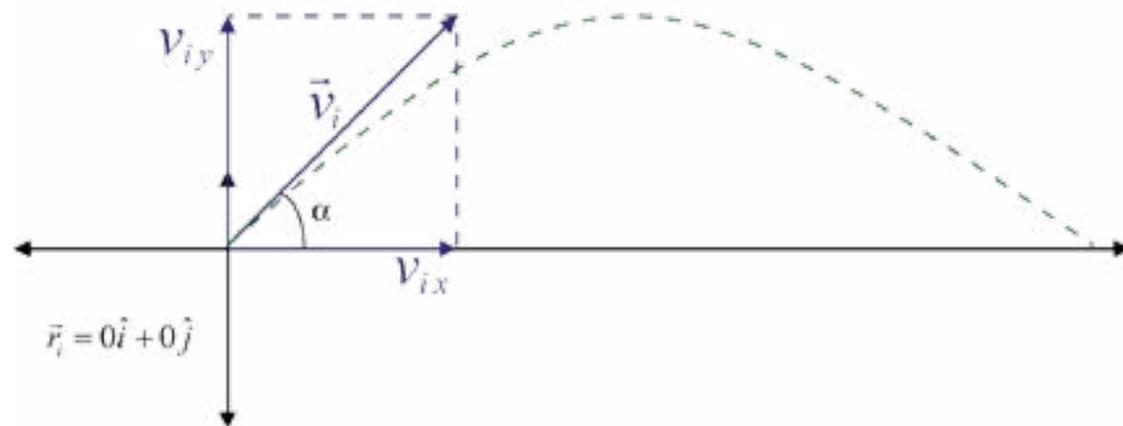


Figura 13.2. Componentes de la velocidad con que una partícula es lanzada en un plano.

Forma Polar	Forma Cartesiana	
α es el ángulo que forma la velocidad inicial con la línea horizontal	Componente horizontal	Componente vertical
$\vec{v}_i = (\vec{v}_i , \alpha)$	$v_{ix} = v_i \cos(\alpha)$	$v_{iy} = v_i \text{sen}(\alpha)$

2. Evolución del movimiento

En la siguiente figura te mostramos una pelota que a medida que alcanza su altura máxima, las distancias se van acortando. Al caer tal como ocurre en la caída libre, las distancias se van haciendo cada vez mayores. Si suponemos que esto ocurre en ausencia del roce del aire, podemos notar que las alturas de ascenso y caída coinciden exactamente. Esto nos hace pensar que este movimiento es bastante predecible y simétrico.

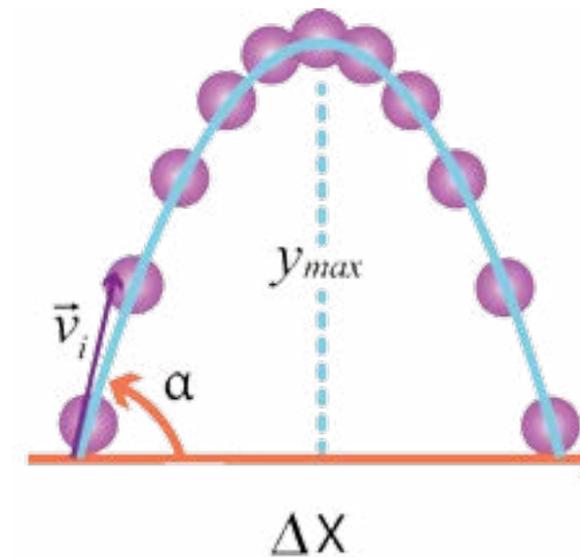


Figura 13.3. Evolución del movimiento de la pelota para distintos tiempos.

Para realizar estas interpretaciones es necesario que consideres dos aspectos fundamentales, el primero referido al hecho de que el movimiento ocurre en un plano, es decir, es un movimiento bidimensional. En este caso, los ejemplos que se plantean en lo sucesivo están referidos al plano XY. Por tanto, los vectores de posición y velocidad son funciones del tiempo y se representan mediante dos componentes que se pueden representar de la siguiente manera:

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j}$$

$$\vec{v}(t) = v_x(t)\hat{i} + v_y(t)\hat{j}$$

El segundo aspecto a considerar tiene que ver con la influencia que ejerce la fuerza gravitacional terrestre sobre el objeto en movimiento. Es decir, cuando un cuerpo se mueve en las proximidades de la superficie terrestre se ve afectado por el campo gravitacional de la misma, si al mismo tiempo dicho movimiento se considera libre de roce, entonces el cuerpo experimentará una aceleración $\vec{g} = -g\hat{j}$ constante y dirigida siempre hacia el centro de la Tierra.

Es importante señalar que el valor de la aceleración de gravedad terrestre no es igual en todos los lugares, ya que su valor depende, entre otros factores, de la distancia del objeto al centro de la Tierra y de condiciones geográficas tales como la altitud y la latitud. Sin embargo, para todos los observadores terrestres **la gravedad se describe en dirección vertical hacia abajo**. Estas consideraciones permiten diseñar un modelo que se utiliza para predecir sobre el estado futuro del movimiento de traslación de una partícula (posición y velocidad), conociendo las condiciones iniciales y la aceleración de gravedad.

2.1 Evolución de la posición

Como puedes ver en la figura 13.4, la posición que ocupa un cuerpo en un momento determinado con respecto a un sistema cartesiano va cambiando por la acción constante de la fuerza gravitacional. De forma tal que las condiciones iniciales de posición $\vec{r}_i = 0\hat{i} + 0\hat{j}$ cambian a una nueva posición $\vec{r}_{(t)} = x_{(t)}\hat{i} + y_{(t)}\hat{j}$. Esta forma de representación vectorial se puede realizar aplicando el principio de superposición de movimientos, lo cual garantiza que el movimiento en la dimensión horizontal es independiente del movimiento en la dimensión vertical. En definitiva, en la medida en que el cuerpo avanza horizontalmente, realiza por otra parte su movimiento vertical. Vamos a separar el análisis de las dos componentes:

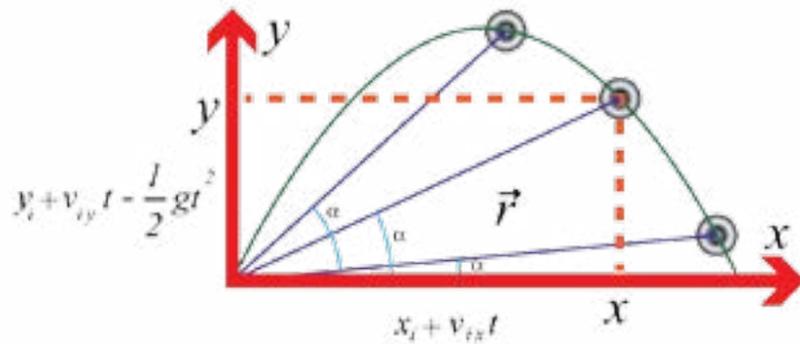


Figura 13.4. Componentes del vector de posición en un momento determinado.

Componente horizontal:	Componente vertical
$x(t) = x_i + v_{ix}t + \frac{a_x t^2}{2}$ Como $a_x = 0$, entonces: $x_{(t)} = x_i + v_{ix}t$, que corresponde a la forma de determinar la posición horizontal en un tiempo determinado.	$y(t) = y_i + v_{iy}t + \frac{a_y t^2}{2}$ Sabiendo que $a_y = -g$ $y = y_i + v_{iy}t - \frac{gt^2}{2}$, que corresponde a la manera de determinar la posición vertical en función del tiempo.

En coordenadas cartesianas la función vectorial de la posición quedará expresada como:

$$\vec{r}_{(t)} = (x_i + v_{ix}t)\hat{i} + \left(y_i + v_{iy}t - \frac{1}{2}gt^2\right)\hat{j}$$

En coordenadas polares planas, el vector posición queda expresado de la siguiente manera:

$$\vec{r} = (|\vec{r}|, \alpha_r)$$

Donde $|\vec{r}|$ corresponde a la distancia a la que se encuentra el cuerpo del punto de partida en ese momento y corresponde al módulo del vector posición con respecto al origen del sistema de referencia, que se calcula utilizando la ecuación:

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

α_r representa el ángulo que forma el vector posición con el eje horizontal en cada punto y se determina de la siguiente manera:

$$\alpha_r = \text{tag}^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \text{ considerando el cuadrante donde el vector esté ubicado.}$$

2.2 Evolución de la velocidad

En la figura 13.5 puedes verificar que el vector velocidad inicial $\vec{v}_i = v_{ix}\hat{i} + v_{iy}\hat{j}$ cambia constantemente en el tiempo por lo que el vector velocidad se expresa como: $\vec{v}(t) = v_x(t)\hat{i} + v_y(t)\hat{j}$, donde sus componentes serán:

Componente horizontal:	Componente vertical
$v_x = v_{ix} + a_x t$ Como $a_x = 0$, entonces: $v_x = v_{ix}$, lo que ratifica el hecho que la velocidad horizontal no es afectada por la acción gravitatoria y por tanto permanece constante.	$v_y = v_{iy} + a_y t$ Sabiendo que $a_y = -g$ $v_y = v_{iy} - gt$, que corresponde a la manera de determinar la rapidez vertical en función del tiempo.

Así pues, las expresiones anteriores permiten escribir la función vectorial de la velocidad del objeto en función del tiempo, de la siguiente manera:

$$\vec{v}(t) = v_i \cos(\alpha)\hat{i} + (v_i \text{sen}(\alpha) - gt)\hat{j}$$

Otra forma de calcular la rapidez vertical es utilizando la ecuación:

$$v_y^2 = v_{iy}^2 + 2a_y(y - y_i)$$

Cambiando $a_y = -g$, tenemos:

$$v_y^2 = v_{iy}^2 - 2g(y - y_i)$$

Esta ecuación permite calcular la rapidez vertical en función de la posición vertical a la que se encuentra la partícula del punto de partida en un momento determinado.

En coordenadas polares planas, el vector velocidad queda expresado de la siguiente manera:

$$\vec{v} = (|\vec{v}|, \alpha_v)$$

Donde $|\vec{v}|$ corresponde al módulo de la velocidad instantánea, que se calcula utilizando la ecuación:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_{ix}^2 + v_y^2}$$

α_v representa el ángulo que forma el vector de velocidad instantánea, con el eje horizontal y se determina considerando el cuadrante, de la siguiente manera:

$$\alpha_v = \text{tag}^{-1}\left(\frac{v_y}{v_{ix}}\right)$$

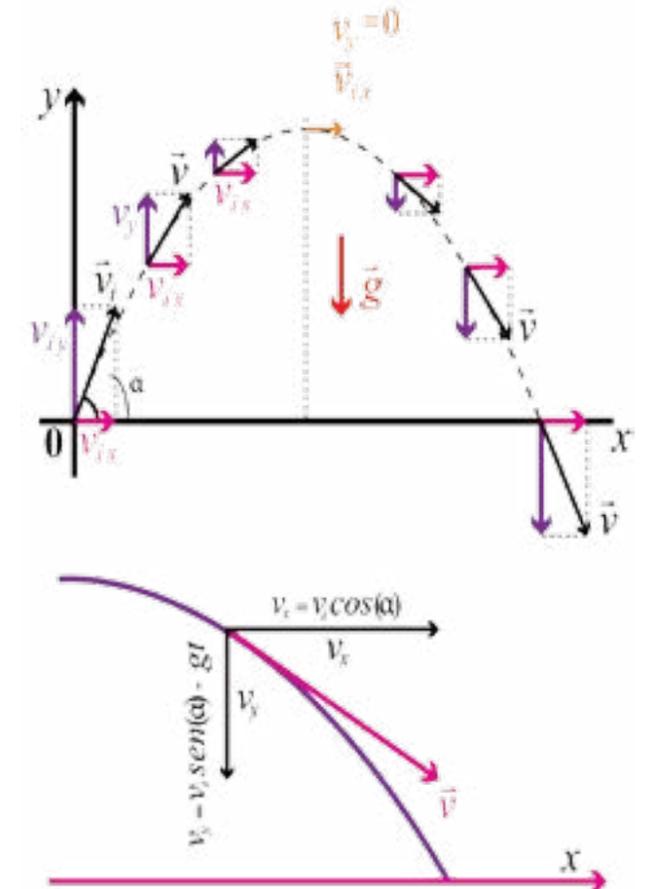


Figura 13.5. a) Evolución de la velocidad para distintos instantes de tiempo b) Componentes del vector velocidad instantánea, \vec{v} , en función del tiempo.

3. Ecuación de la trayectoria

Se puede observar que la trayectoria que experimenta una partícula que se traslada en un plano sólo, bajo la acción del campo gravitatorio terrestre, es una parábola, esto se puede demostrar matemáticamente de la siguiente manera:

Partimos de la expresión $x(t) = x_i + v_i \cos(\alpha)t$, y despejamos t :

$$t = \frac{x - x_i}{v_i \cos(\alpha)}$$

Reemplazamos este resultado en la expresión de la componente vertical de la posición:

$y(t) = y_i + (v_i \sin(\alpha)t - \frac{gt^2}{2})$ para obtener:

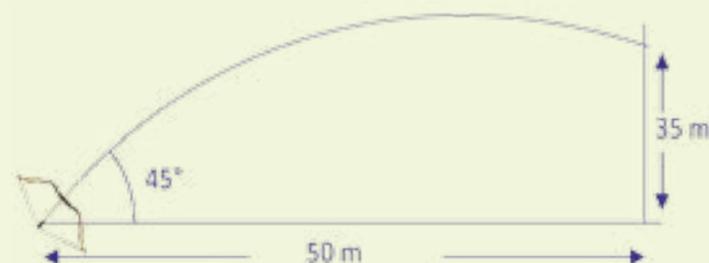
$$y(x) = y_i + \tan(\alpha)(x - x_i) - \frac{g(x - x_i)^2}{2v_i^2 \cos^2(\alpha)}$$

Y esta ecuación es justamente la que corresponde, en geometría, a una curva parabólica. Con esto se demuestra matemáticamente que la trayectoria descrita por un cuerpo que es lanzado con estas condiciones iniciales y que experimenta sólo la aceleración de gravedad es una parábola. De allí que a estos movimientos se les llame parabólicos.



¡Donde pone el ojo... pone la flecha!

Una flecha se dispara hacia una pared que se encuentra a 50 m de distancia y con una velocidad inicial que hace 45° con la horizontal. Pega en el blanco, pero a una altura de 35 m sobre el terreno. Supongamos que la flecha se disparó desde el nivel del terreno y sin roce de aire, ¿cuál es la velocidad inicial con la que se disparó?



Escribamos las componentes de la velocidad inicial V_i :

$$v_{i,x} = v_i \cos(45) = 0,707 v_i$$

$$v_{i,y} = v_i \sin(45) = 0,707 v_i$$

La distancia horizontal que alcanza la flecha y la altura a la que llegó en la pared, se pueden escribir como:

$$x(t) = v_i (\cos 45) t = 0,707 v_i t$$

$$y(t) = v_i \sin(45)t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow y(t) = 0,707 v_i t - \frac{gt^2}{2}$$

$x(t)$ en $y(t)$, y sustituimos los datos de posición final,

$$y(t) = x(t) - \frac{gt^2}{2} \rightarrow 35 \text{ m} = 50 \text{ m} - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2(50 \text{ m} - 35 \text{ m})}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 1,75 \text{ s}$$

$$v_i = \frac{50 \text{ m}}{0,707 \cdot 1,75 \text{ s}} = 40,4 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, al calcular el tiempo y sustituir este valor en cualquiera de las ecuaciones de la posición, obtendremos que $v_i = 40,4 \text{ m/s}$.

Este problema tiene otras maneras de resolverse, ¿se te ocurre alguna?

¿Qué tan alto y tan lejos puede volar?

Dos preguntas que surgen de manera natural cuando se estudia el movimiento parabólico son las siguientes: ¿cuál es la máxima altura que puede alcanzar? y ¿qué tan lejos puede ir? Las respuestas a cada una de estas interrogantes están relacionadas tanto con la velocidad inicial v_i , como con el ángulo de lanzamiento α .

En general, cuando un proyectil es lanzado y las posiciones en el eje vertical inicial y final son las mismas, pueden deducirse expresiones que permiten calcular la altura máxima y el alcance horizontal. En la figura 13.6 se puede apreciar que cuando el proyectil alcanza su altura máxima la componente vertical de la velocidad se hace cero ($v_y = 0$). Partiendo la expresión de velocidad final para el movimiento vertical, se puede plantear lo siguiente:

$$0 = v_{iy} - gt_{\max} \rightarrow t_{\max} = \frac{v_i \sin \alpha}{g}$$

La expresión anterior permite saber el tiempo que tarda el proyectil en subir hasta su altura máxima y se conoce como **tiempo máximo**. Al no haber roce con el aire, el proyectil invierte el mismo tiempo en bajar que el invertido al subir. De esta manera, se puede hallar el tiempo que permanece el proyectil en el aire o **tiempo de vuelo** de la siguiente manera:

$$t_v = 2t_{\max} = \frac{2v_i \sin(\alpha)}{g}$$

De igual manera, sabiendo que $v_y = 0$ en el punto más alto de la trayectoria y utilizando la expresión de velocidad en función de la altura se encuentra que la **altura máxima** es:

$$v_y^2 = (v_i \sin(\alpha))^2 - 2g(y - y_i) \rightarrow 0 = (v_i \sin(\alpha))^2 - 2gy_{\max} \rightarrow y_{\max} = \frac{v_i^2 \sin^2(\alpha)}{2g}$$

Por otro lado, en la figura 13.6, también se aprecia que el **alcance** es la distancia máxima horizontal entre el punto de salida del proyectil y el punto de llegada. Naturalmente, el tiempo que tarda el proyectil en recorrer toda esta distancia es igual al tiempo que dura en el aire, el tiempo de vuelo. De esta manera al sustituir en la expresión de la componente horizontal de la posición se obtiene:

$$x_{\max} = x_i + v_i(\cos \alpha)t_v \quad \text{si } x_i = 0$$

$$\text{y si } t_v = \frac{2v_i \operatorname{sen} \alpha}{g} \quad \text{entonces } x_{\max} = v_i(\cos \alpha) \frac{2v_i \operatorname{sen} \alpha}{g}$$

Dejamos a los estudiantes con la ayuda de su docente la demostración, considerando las identidades trigonométricas de la expresión:

$$x_{\max} = \frac{v_i^2 \operatorname{sen}(2\alpha)}{g}$$

De la ecuación anterior se deduce que el **alcance máximo** depende exclusivamente del ángulo del lanzamiento, porque tanto la velocidad inicial como la aceleración de gravedad son valores constantes. Como la función $\operatorname{sen} \alpha$ es periódica, alcanza mínimos y máximos para ciertos valores de ángulos. El máximo valor ocurre cuando en la expresión $\operatorname{sen} 2\alpha$, el ángulo $2\alpha = 90^\circ$ o lo que es igual cuando $\alpha = 45^\circ$. Para cualquier otro valor, el alcance es menor. Como puedes observar en la siguiente figura.

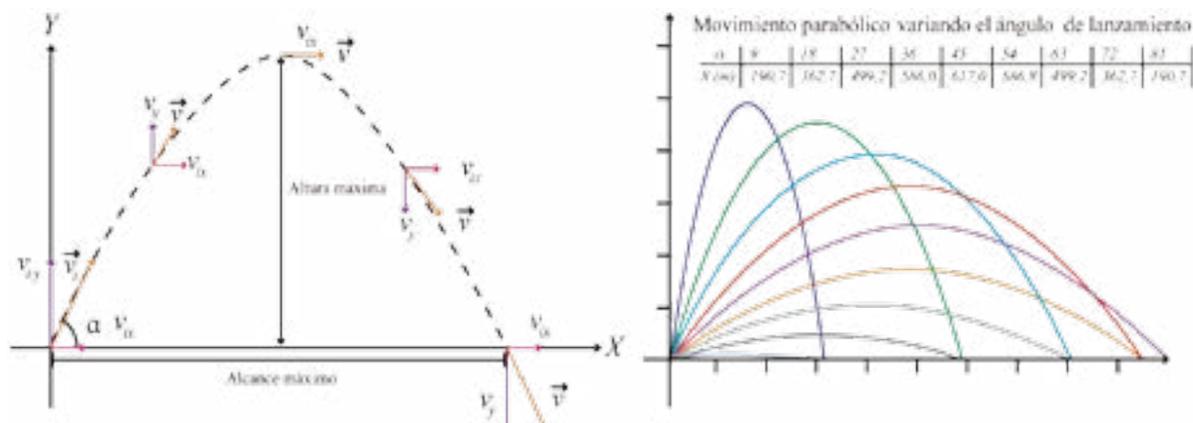


Figura 13.6. a) En la figura se muestran la altura máxima que alcanza el proyectil, así como también el alcance en la horizontal, de un proyectil lanzado con una velocidad \vec{v}_i y con un ángulo de elevación α respecto a la horizontal. b) Distintos alcances horizontales para una misma rapidez de lanzamiento pero con diferentes ángulos de elevación, observa que el de mayor valor se obtiene con el ángulo de lanzamiento de 45° .

Para saber más...

Conocer las condiciones iniciales de la velocidad es un aspecto muy importante en algunas disciplinas deportivas de atletismo tales como: los lanzamientos de jabalina, martillo, bala y salto de longitud, donde el alcance horizontal representa la marca lograda por el atleta.



Construyamos un sistema de lanzamiento

¿Qué necesitan?

Un trozo de madera, un transportador, pega, clavos y martillo.

¿Cómo lo harán?

- Dibuja sobre el trozo de madera y con ayuda de un transportador distintos ángulos comprendidos entre 0° y 90° .
- Diseña un mecanismo que te permita sostener cualquier proyectil sobre la base de madera (puede ser una metra), y fijar a cualquier ángulo de lanzamiento que previamente dibujaste.
- Cuando actives el mecanismo anterior y el proyectil pueda iniciar su vuelo, pide a uno de tus compañeros de equipo que mida el tiempo que tarda en vuelo, y a qué distancia cae.
- Si repites este procedimiento para distintos ángulos podrás comprobar para qué ángulo se alcanza la máxima distancia horizontal.

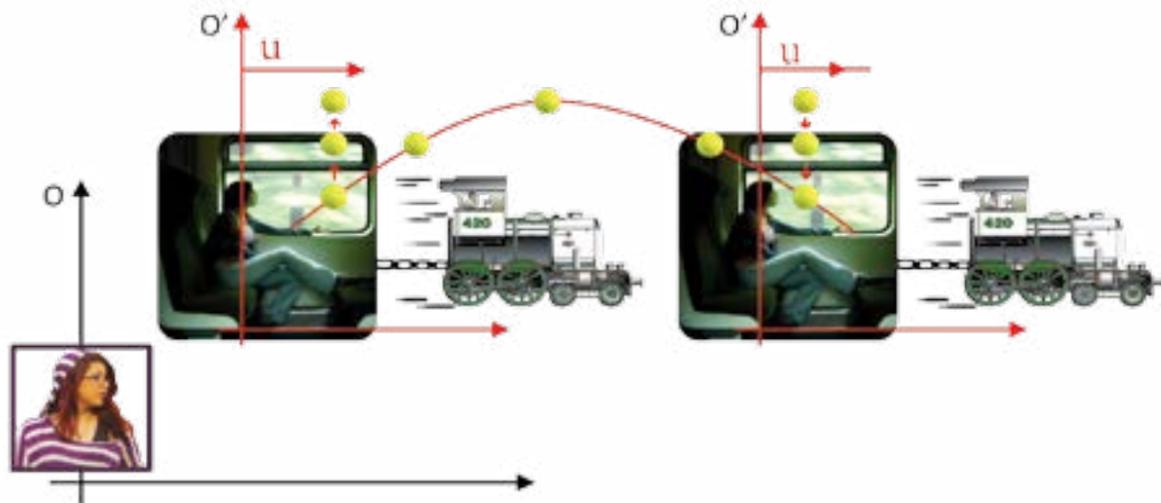
¿Por qué dos observadores miden velocidades distintas del mismo movimiento?

La diferencia en las medidas de velocidad, y también de trayectoria y aceleración, que pueden llegar a tener dos observadores sobre un mismo movimiento, tiene que ver con el sistema de referencia desde el que están realizando la descripción del movimiento. Y ocurre cuando uno de los observadores se mueve con respecto al otro.

Tomemos como ejemplo a una observadora en tierra (Laura), a la que consideramos fija; y a otro observador (Emilia) que va sobre un tren que se mueve con rapidez constante. En un instante determinado Emilia lanza una pelota verticalmente hacia arriba que al cabo de unos segundos regresa a su mano. La ecuación del movimiento que utiliza Emilia para describir la trayectoria de la pelota es la misma que se utiliza para el lanzamiento vertical en la Tierra, que es

$$y = v_{iy}t - \frac{gt^2}{2}$$

Al mismo tiempo que ocurre el lanzamiento, Laura está observando como pasa el tren con una velocidad constante \vec{u} y aprecia cómo se mueve la pelota que ha lanzado Emilia. Para Laura la pelota describe una trayectoria parabólica, porque ella percibe que la pelota además de subir y bajar tiene una velocidad horizontal igual a la velocidad del tren.



Laura ve como trayectoria de la pelota lo siguiente:

$$\vec{r} = ut\hat{i} + (v_{iy}t - \frac{gt^2}{2})\hat{j}$$

Distancia horizontal que se mueve el tren respecto a Laura en un tiempo t.

Distancia vertical que se mueve la pelota dentro del tren cuando es lanzada con una V_{iy} respecto al tren.

Si queremos saber la velocidad que lleva la pelota en movimiento en el tren con respecto a Laura que es el observador en reposo, tenemos:

$$\vec{v}_{p,L} = \vec{u}_T + \vec{v}_{p,T}$$

En donde $\vec{v}_{p,L}$ es la velocidad de la pelota respecto a Laura (sistema de referencia en reposo),

\vec{u}_T es la velocidad del tren (sistema de referencia en movimiento),

$\vec{v}_{p,T}$ es la velocidad de la pelota respecto al tren.

Como observarás de la expresión anterior, la diferencia en las velocidades que pueden tener los distintos observadores en cada sistema de referencia, se debe a la rapidez constante relativa con la que se mueve uno de los sistemas.

Desde el punto de vista de las interacciones, sabemos que un cuerpo que se mueve con velocidad constante, es porque la fuerza neta sobre él es igual a cero. Esto significa que los movimientos que se observan en un sistema en reposo, también se observarán en un sistema de referencia que se mueve con rapidez constante. En el ejemplo anterior, Emilia lanza una pelota y observa un lanzamiento vertical hacia arriba, tal como lo hubiera observado en tierra, a pesar de que se mueve con rapidez constante. Para él es difícil establecer, a partir de esta evidencia, qué sistema de referencia es el que se mueve.

En general, cuando tenemos sistemas que se mueven con rapidez constante, relativo a otros, se dicen **sistemas de referencia inerciales**. Entonces, si la velocidad de un cuerpo cambia, ambos observadores registrarán el mismo cambio de velocidad, es decir, la aceleración del cuerpo es igual en todos los sistemas de referencia inerciales que se mueven con velocidad constante, $\vec{a} = \vec{a}'$; por lo tanto, se puede asegurar que las Leyes de Newton son válidas para ambos sistemas.

Así pues la expresión de velocidades relativas queda escrita de esta manera:

$$\vec{v} = \vec{u}_T + \vec{V}'$$

\vec{v} = velocidad de la partícula que se mueve en (O') con respecto al sistema de referencia que se considera fijo.

\vec{u}_T = velocidad del sistema de referencia que se mueve (O').

\vec{V}' = velocidad de una partícula en movimiento respecto al sistema de referencia O'.



Un peñero relativista

Un peñero desea cruzar un río que tiene una rapidez de caudal igual a 5 km/h en dirección este. El peñero desea cruzar de una orilla a la otra y con una rapidez igual a 10 km/h hacia el norte con respecto al agua. ¿Qué velocidad del bote medirá una persona que se encuentra en cualquiera de las orillas?

Todos hemos experimentado alguna vez al entrar en un río o en la playa que las velocidades que éstos tienen nos pueden arrastrar, y aunque nosotros nos estemos moviendo dentro del agua puede ser difícil llegar a la orilla. La misma situación se presenta en este ejemplo, es un caso de velocidades relativas.

Como el barco se mueve hacia el norte, y el río hacia el este, su dirección de movimiento será alterada, y terminará unos metros más abajo del destino original que deseaba.

Aplicando la ecuación de velocidades relativas en este problema, podemos identificar que:

\vec{v} : Velocidad del bote con respecto al sistema de referencia que consideraremos fijo: cualquiera de las orillas $V_{B,O}$.

\vec{u}_T : Velocidad del río que es el sistema de referencia que se mueve con rapidez constante respecto a la orilla, será el río $V_{R,O}$.

\vec{V}' : Velocidad del bote con respecto al río $V_{B,R}$.

Como estas velocidades son magnitudes vectoriales, para hallar el módulo de la velocidad del bote respecto al río, usamos la expresión $V_{B,O} = \sqrt{V_{R,O}^2 + V_{B,R}^2}$, sustituyendo los valores respectivos, obtenemos que $V_{B,O} = 11,2 \text{ km/h}$.

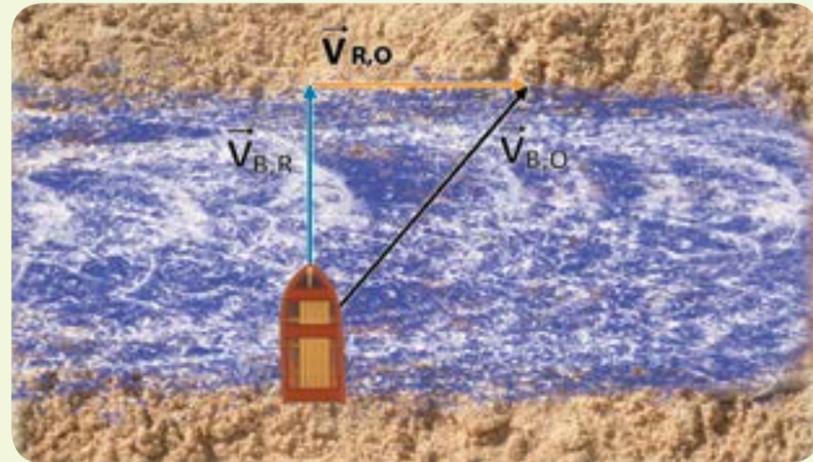


Figura 13.7. Movimiento relativo del peñero.

Lanzamiento de proyectiles de trayectoria semiparabólica

El movimiento parabólico no está restringido a un ángulo inicial de lanzamiento, pues existen otras condiciones en las que esta trayectoria también se puede realizar, siempre y cuando se parta de una cierta altura y con un impulso inicial constante. Veamos lo que sigue a continuación:

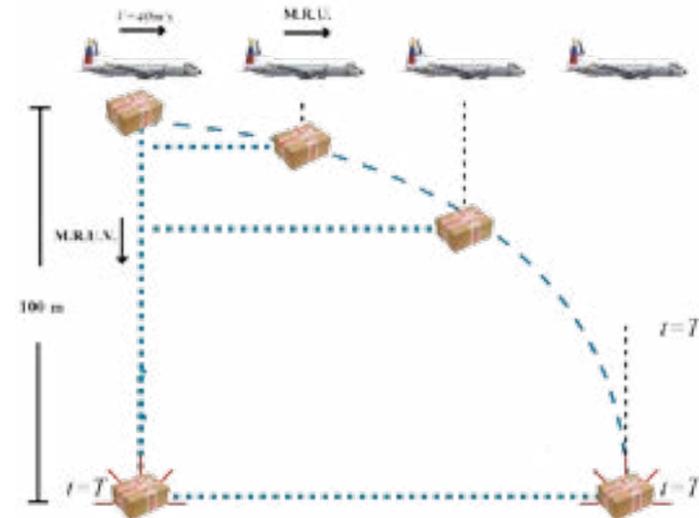


Figura 13.8. Movimiento relativo de un paquete de provisiones "soltado" desde un avión.

Supongamos un avión que se mueve con una velocidad constante de 40 m/s y horizontalmente hacia la derecha, a una altura de 100 m tal como se muestra en la figura 13.8. En un instante determinado el avión suelta un paquete de provisiones para una aldea. ¿A qué distancia de la aldea debería soltarlo para que llegue al destino? ¿Puede soltarlo justo cuando esté sobre ella?

Sabemos que todos los objetos que se encuentran dentro del avión llevan la misma velocidad horizontal que éste y se mueven; por lo tanto, en su misma dirección. Esto nos permite asegurar que el paquete de provisiones al salir del avión, lo hará con una $V_{ix} = 40 \text{ m/s}$ constante y con un ángulo $\theta = 0^\circ$.

Inmediatamente después de que sale del avión, el paquete comienza a caer como consecuencia de la atracción gravitatoria terrestre, con una aceleración igual a $\vec{g} = -9,8 \text{ m/s}^2$. Sin embargo, como lleva el impulso horizontal del avión, a medida que cae se va desplazando, tal como si permaneciera aún en él.

Establecemos pues, el sistema de referencia en el avión, y procedemos a calcular el tiempo que este paquete permanecerá en el aire. Para ello hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$y_{(t)} = y_i + (v_i \sin(\theta))t - \frac{gt^2}{2} \text{ de donde } y_i = 0 \text{ y el } \sin(\theta) = 0^\circ, \text{ la expresión se reduce entonces a:}$$

$y_{(t)} = -\frac{gt^2}{2}$ por la ubicación del sistema de referencia sabemos que $y_{(t)} = -100 \text{ m}$, al despejar el tiempo, nos queda:

$$-100 \text{ m} = -\frac{gt^2}{2} \Rightarrow -100 \text{ m} = -\frac{(9,8 \text{ m/s}^2)t^2}{2} \Rightarrow t = 4,52 \text{ s}$$

Con este valor de tiempo podemos calcular la distancia a la que debe soltarse el paquete, usando la expresión:

$$x_{(t)} = x_i + (v_i \cos(\theta))t \text{ en donde } x_i = 0 \text{ y } \cos(\theta) = 1, \text{ la expresión se reduce entonces a: } x_{(t)} = v_i t$$

$$x_{(t)} = v_i t = 40 \text{ m/s} \cdot 4,52 \text{ s} = 181 \text{ m}$$

Desde la referencia de alguien que se encuentre en el avión, se verá que el paquete siempre se encuentra debajo del avión, este observador no distingue el movimiento parabólico que distinguirán aquellos que se encuentren en el suelo. Por otra parte, al decir que "cae" se está señalando que la velocidad vertical inicial del paquete es cero.

De la misma forma que sucede en el caso más general, aquí se observa la composición de dos movimientos, el MRUV y el MRU. En la figura 13.9 podemos ver en cuadros sucesivos cómo se va describiendo esta trayectoria.

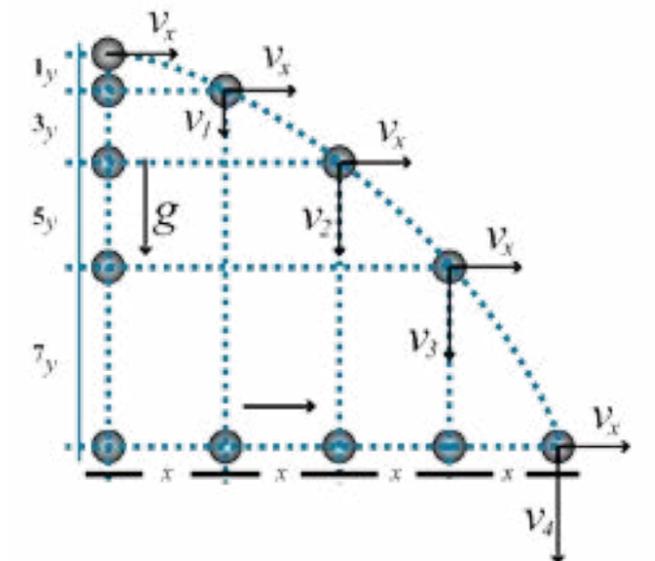


Figura 13.9. Posiciones del paquete de provisiones visto desde un observador en tierra y uno en el avión.

Analicemos la trayectoria en cada punto. Verticalmente, al realizar una caída libre, el paquete está realizando un movimiento acelerado, de manera que su posición vertical está variando tal como se espera de la ecuación $y = \frac{1}{2}gt^2$, por esa razón, a medida que desciende los intervalos de distancia son cada vez mayores. Mientras tanto, en la dirección horizontal, el paquete se está desplazando uniformemente, es decir, la variación de distancia que tiene el cuerpo es siempre la misma.

Una interrogante que podemos tener, al reconocer que este movimiento es compuesto, es: ¿cómo calculamos el tiempo que tarda el objeto en el aire?, pues el tiempo que tarda el objeto en movimiento parabólico es el mismo tiempo que tardaría si sólo estuviera en caída libre o en MRU. ¿Por qué?

Esta particularidad del movimiento de proyectiles es llamada en algunas ocasiones **lanzamiento horizontal**, y la podemos identificar con mucha frecuencia en nuestro entorno. Sólo debemos prestar un poco de atención.

Orbitando alrededor de la Tierra

Todas las parábolas que se han descrito hasta ahora son muy pequeñas en comparación con la curva terrestre. ¿Qué quiere decir esto? Supongamos por un momento que tengo una pelota y la dejo caer, ésta hará una trayectoria rectilínea vertical. Si ahora la lanzo horizontalmente con un pequeño impulso, caerá a cierta distancia de mí describiendo una trayectoria curva. Si este experimento lo realizo reiteradamente aumentando el impulso horizontal hasta que la curva que realiza la pelota sea la curva de la Tierra, estaremos en presencia de una "caída" alrededor de la Tierra.

Así es, en el primer segundo de caída cualquier objeto cae una distancia vertical de 4,9 m. Un hecho geométrico de la curvatura de nuestro planeta es que su superficie baja 4,9 m cada 8 km tangentes a la superficie. De manera que la rapidez que debería tener la pelota para que orbite sin caer a la superficie es de 8 km. Newton advirtió este comportamiento de los proyectiles y de inmediato lo relacionó con el movimiento de la Luna alrededor de nuestro planeta, y dedujo que tanto el supuesto proyectil como nuestro satélite natural poseen la misma velocidad tangencial necesaria para mantenerse en una órbita circular.

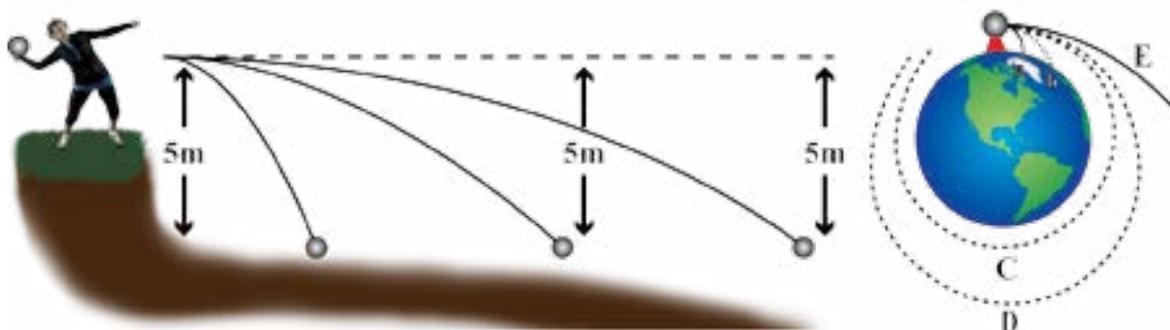


Figura 13.11. Newton dedujo, mucho antes de desarrollarse la tecnología para hacerlo, la rapidez necesaria para hacer orbitar un satélite alrededor de la Tierra.

El 12 de abril de 1961 el cosmonauta Yuri Gagarin fue el primer ser humano en vivir la experiencia de orbitar alrededor de la Tierra en su nave Vostok 1. Cosa que ya lo había logrado antes la nave no tripulada Sputnik. En 1969 la misión Apolo 11 logró también orbitar alrededor de la Luna y alunizar sobre ésta, siendo Neil Armstrong el primer ser humano en pisar la Luna.

A partir de ese entonces se ha venido desarrollando la tecnología de lanzamientos de cohetes para poner a orbitar satélites artificiales alrededor de la Tierra y en algunos casos alrededor de otros planetas. Los satélites artificiales de órbita terrestre son orientados y dirigidos para que mantengan un movimiento vertical hasta que superan la atmósfera, luego son controlados para que cambien su dirección de movimiento hacia la horizontal y finalmente con un "empuje" de aproximadamente 8 km/s se mantienen en órbita. De lo contrario, no se mantendrían girando y caerían hacia la superficie, tal como lo haría una piedra lanzada horizontalmente.

Para saber más...

Se puede conseguir ingravidez en la Tierra. Esto forma parte del entrenamiento de astronautas y cosmonautas, y consiste en dejar caer en picada un aeroplano. Las personas en su interior sienten, por unos segundos, la sensación de ingravidez, ya que tanto la persona como el aeroplano caen con la misma aceleración. Otro método utilizado es la inmersión en grandes tanques de agua.

Estos satélites y estaciones espaciales en muchos de los casos cumplen importantes labores científicas de investigación, en telecomunicaciones, en teleeducación, aunque desafortunadamente algunos países los utilizan en labores no pacíficas.

El Libertador en el espacio

El 29 de octubre de 2008 fue de celebración y júbilo para el pueblo venezolano porque fue lanzado desde el centro espacial Xichang en la República Popular de China el cohete Larga Marcha 3b, que puso en órbita el primer satélite propiedad del Estado venezolano, llamado Simón Bolívar, para que la gloria del Libertador también viaje por el espacio.

El satélite Simón Bolívar se encuentra girando por interacción gravitacional, en una órbita geoestacionaria, ya que se mantiene en el mismo lugar con respecto a la Tierra a una altura aproximada de 36.000 km; fue fabricado por la Administración Nacional China del Espacio, pero su funcionamiento es administrado por la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), con personal venezolano capacitado para tal proyecto.

Fue necesario instalar en Tierra una estación de control satelital ubicada en la Base Aérea Capitán Manuel Ríos, en la localidad de El Sombrero, estado Guárico. Una segunda estación de respaldo se construyó en el fuerte militar Manikuyá Luepa, municipio Gran Sabana, estado Bolívar. Y también un telepuerto ubicado en El Sombrero, estado Guárico.

El satélite Simón Bolívar cumple importantes funciones en las telecomunicaciones que incluyen la telefonía, la televisión, el servicio de la red de internet, la telemedicina y la teleeducación. Lo cual nos permitirá, como país independiente y soberano, garantizar el derecho a la educación y a la información a más venezolanos y venezolanas, sobre todo a aquéllos que viven en lugares apartados. Así como también mejorar las telecomunicaciones entre la Unión de Naciones Suramericanas (Unasur) del Mercado Común Suramericano (Mercosur) y de nuestros pueblos hermanos.

Y con esto contribuir desde el espacio a hacer posible el sueño del Libertador, "Las naciones marchan hacia el término de su grandeza con el mismo paso que avanza la educación". Llevando un mensaje de paz y esperanza para todos los habitantes del planeta.

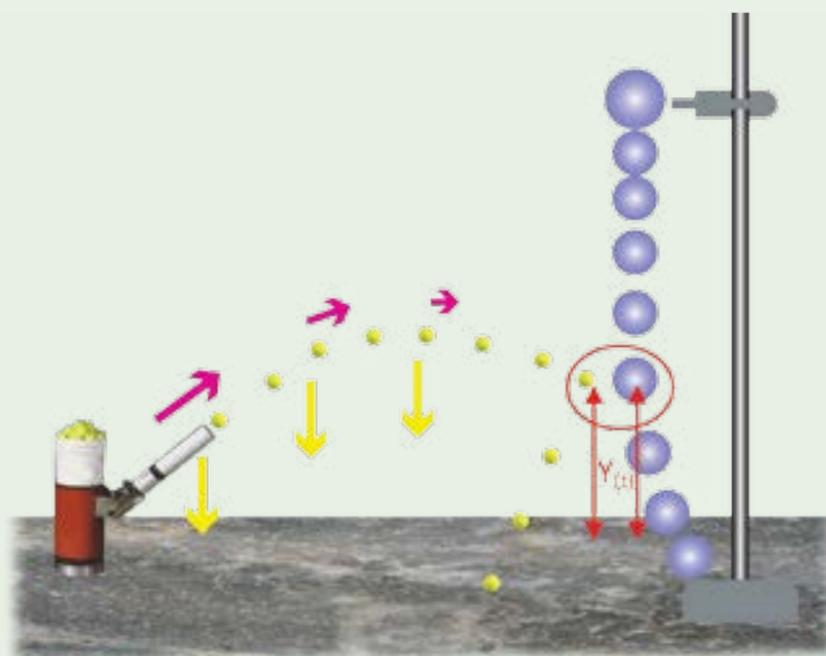


¿Quién llega más rápido el proyectil o el cuerpo en caída libre?

Es posible pensar que del mismo modo que, en el movimiento parabólico en el plano, la posición y la velocidad se escriben como una composición del movimiento vertical y horizontal, el tiempo también sería la suma de los dos casos. Pero el análisis teórico y la evidencia experimental muestran que el tiempo que tarda el cuerpo en caer o en moverse con MRU de manera independiente, es el mismo que tarda cuando realiza el movimiento parabólico.

Un experimento que resulta muy importante e ilustrativo para demostrar esta situación es el de la colisión que ocurre entre dos cuerpos: uno que cae verticalmente y otro que se mueve en el plano. En la figura se muestra una ilustración que detalla punto a punto la trayectoria de cada pelota hasta el momento en el que ocurre la colisión.

Para lograr esta situación ambos cuerpos deben salir simultáneamente y sus movimientos deben coincidir en un mismo plano. La velocidad del proyectil señalada por las flechas rojas, van cambiando en dirección y magnitud a medida que avanzan en la trayectoria, mientras que el vector aceleración de gravedad resaltado en color amarillo, permanece constante. La colisión ocurre, pues la posición vertical que ocupan los cuerpos en un momento determinado es la misma.



En el siguiente enlace http://www.educaplus.org/movi/4_3tparabolico.html puedes encontrar un simulador en el que puedes cambiar la magnitud de la velocidad inicial y su ángulo de inclinación, y obtener el tiempo de vuelo, el alcance máximo y las componentes de la velocidad al llegar al suelo de un proyectil.

Algunas aplicaciones de este movimiento las podemos encontrar en nuestro entorno al hacer algunas aproximaciones. Por ejemplo en el mundo deportivo en sus distintas disciplinas, como el voleibol, básquet, fútbol, salto de longitud, y muchos más. Incluso podemos encontrar casos de trayectorias semiparabólicas como las que realiza un avión cuando suelta un paquete de provisiones, o la espuma cortafuegos para los incendios forestales, claro que en este último caso es muy difícil aproximar a un proyectil dicha espuma.



Actividades de autoevaluación

- Una pelota se arroja con cierto ángulo de inclinación, alcanza su punto más alto y regresa. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta para dicho intervalo?
 - La aceleración siempre está en la dirección del movimiento.
 - La aceleración siempre se opone a la velocidad.
 - La aceleración siempre está dirigida hacia abajo.
 - La aceleración siempre está dirigida hacia arriba.
- Una piedra de masa m se lanza hacia arriba, con una rapidez inicial v_i ; alcanza una altura h . Una segunda piedra de masa $2m$ se lanza hacia arriba con una rapidez inicial de $2v_i$, ¿Qué altura alcanzará?
 - $h/2$
 - h
 - $2h$
 - $4h$
- Dos pelotas se lanzan horizontalmente desde un edificio alto al mismo tiempo, una con rapidez v_i y otra con rapidez $v_i/2$. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
 - La pelota con rapidez v_i llega primero al suelo.
 - La pelota con rapidez $v_i/2$ llega primero al suelo.
 - Ambas pelotas llegan al suelo al mismo tiempo.
 - No se puede saber cuál pelota llega primero al suelo si no se sabe la altura del edificio.
- En el instante en que un rifle se dispara horizontalmente, se deja caer al lado del rifle una bala. ¿Cuál bala toca primero el suelo, la que se dispara con el rifle o la que se deja caer desde el reposo?

5. ¿Cuáles factores físicos son importantes para un atleta de salto de longitud? Explique.

6. Una jabalina es lanzada desde el suelo con cierto ángulo de inclinación. ¿De qué manera se podrá estimar la rapidez con que se lanzó la jabalina si sólo se dispone de una cinta métrica? Considera un lanzamiento válido.

7. Si la Luna es atraída gravitacionalmente hacia la Tierra, ¿por qué no choca con nosotros?

8. Supón que una joven viaja en un auto con una rapidez constante de 60 km/h cuando decide servirse una taza de café. Un observador que se encuentra en la orilla de la vía logra ver este procedimiento. ¿Qué observador nota la trayectoria parabólica del café? a) la joven, b) el observador en tierra, c) la joven y el observador, d) ninguno de los dos.

9. Un jugador de béisbol batea una pelota con una velocidad inicial igual a $V_i = 10\hat{i} + 15\hat{j}$ ¿Cuál es la velocidad y la aceleración de la pelota cuando alcanza la altura máxima?

10. Desde lo alto de un edificio de 45 m se lanza una pelota con un ángulo de inclinación de 30° y con una rapidez de 20 m/s. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar al suelo?

11. Un hombre quiere atravesar un río de ancho 805 m. Dirige su bote hacia la otra orilla y rema a 3,22 km/h con respecto al río. Si la velocidad del río es de 6,44 km/h ¿cuánto tardará el hombre en llegar a la otra orilla? ¿A qué distancia alcanzará la orilla?

12. Un astronauta con su traje espacial puede dar un salto de longitud 2 m aquí en la Tierra, ¿cuál sería la longitud si realiza esos dos pasos en un planeta con la mitad de aceleración de gravedad de la Tierra?

13. Un avión vuela horizontalmente a una altura de 1200 m y deja caer una paquete de provisiones que adquiere un alcance de 3200 m. Calcular: a) la rapidez con que abandona el avión; b) la velocidad de las provisiones cuando se encuentre a 200 m de altura. c) la posición relativa al punto en que fue soltado el paquete 4 s después; d) si el avión mantiene la misma velocidad después de soltar el paquete cuál será la posición del paquete de provisiones relativa al avión 5 s después.

14. Se apunta un rifle horizontalmente hacia el centro de un blanco que se encuentra a 150 m y se dispara una bala con una rapidez de 450 m/s. ¿Dónde choca la bala contra el blanco? ¿Con qué velocidad y rapidez pega la bala contra el blanco?

15. Desde la azotea de un edificio de 32 m de altura se lanza horizontalmente una pelota con una rapidez inicial de 12 m/s. A una distancia de 23 m del edificio hay una pared de 15 m de altura. Averiguar si la pelota choca contra la pared o pasa por encima y qué velocidad tenía en ese momento.

16. Una pelota lanzada horizontalmente choca con una pared que se encuentra a 5 m de distancia horizontal del sitio que se lanzó. La altura desde el punto en el que la pelota choca con la pared es 1 m más baja que la altura desde la cual fue lanzada. Calcular la rapidez con que fue lanzada la pelota.

17. Un jugador de fútbol patea una pelota y le imprime una rapidez de 20 m/s con un ángulo de inclinación de 45° . Otro jugador viene en busca de la pelota arrancando en el momento de la patada y logra, a su vez, patearla justo en el momento en que toca el suelo. Si este segundo jugador tiene que recorrer una distancia de 5 m para patear la pelota, calcula la rapidez media con que el segundo jugador corre hacia la pelota.

18. Un bateador golpea la pelota a una altura de 1,2 m del suelo y ésta sale disparada con una rapidez de 25 m/s formando un ángulo de 40° con la horizontal. A una distancia de 57,4 m del bateador se encuentra la pared del campo de juego la cual tiene una altura de 5 m. Determinar si el batazo fue jonrón y en caso de serlo a qué distancia pasó por encima de la pared.

19. En un juego de fútbol, el portero está caído y un jugador, situado a 13,6 m del arco, patea el balón con una rapidez inicial de 15 m/s saliendo el mismo con un ángulo de 25° con respecto a la horizontal. Si la portería tiene una altura de 2,4 m, determina si será gol y de serlo a qué distancia pasó por debajo del travesaño.

20. Se lanza una piedra desde el borde del techo de un edificio hacia el "vacío" formando un ángulo de 30° con la horizontal y con una rapidez de 20 m/s. El edificio tiene 45 m de altura. Calcular: a) cuánto tiempo tarda en llegar al suelo; b) en dónde choca la piedra contra el piso respecto a la base del edificio; c) cuál es la velocidad y rapidez de la piedra justo antes de chocar con el piso.

21. Te sugerimos realizar un proyecto de investigación sobre la "ciencia del deporte", en el cual indagues sobre las condiciones iniciales, evolución de la posición y de la velocidad que permiten establecer reglas deportivas. Te sugerimos que formen varios equipos y que cada equipo trabaje con un deporte diferente. Puedes ayudarte realizando observaciones directas sobre las actividades deportivas investigadas así como entrevistas a profesores de educación física, deportistas, entrenadores o conocedores de la disciplina. Éxito en tu investigación.





Como humanidad, siempre hemos mostrado interés en saber la razón por la cual algunos objetos físicos que están a nuestro alrededor, cambian su movimiento con respecto a otros, por ejemplo, cuando una fruta cae de un árbol, una hoja “vuela” por el aire, o vemos el movimiento de los medios de transporte como autobuses, trenes, barcos, aviones, nos hacemos la pregunta: ¿quién movió al objeto?

Las concepciones que tenemos hoy en día sobre estos cambios no siempre han sido así, en una época predominaron las ideas de Aristóteles quien sostenía dos posibles explicaciones: una era el “movimiento natural”, que era la tendencia de los objetos a regresar al estado de reposo del que provenían, y la otra era el “movimiento forzado”, el cual era producido por empuje o tracción que se le imponían al cuerpo de forma externa; esta propiedad llamada “ímpetu” se agotaba a medida que los cuerpos se movían, y los hacía regresar nuevamente a su estado natural, que era el de estar en reposo. Es decir, según Aristóteles, “el ímpetu” era proporcional al “movimiento” que tenía el cuerpo.

Fue Galileo Galilei quien en el siglo XVI refutó las ideas de Aristóteles, al demostrar, haciendo experimentos con planos, que lo que impedía a las esferas seguir rodando cuando llegaban a la parte baja del plano era la fricción y no el que se les hubiera agotado el ímpetu. Él planteó que si se eliminara cualquier tipo de fricción el cuerpo seguiría rodando con esa misma velocidad a menos que un agente externo cambiara su movimiento.

Unos años después en 1785, un científico inglés, llamado Isaac Newton, tomando como base los planteamientos de Galileo sobre la inercia, desarrolló un conjunto de ideas sobre el movimiento, que hoy en día siguen siendo estudiadas y aplicadas, las cuales refutaban completamente las ideas aristotélicas sobre el movimiento. La obra original es muy extensa, pero vamos a tratar de simplificarla en esta lectura: abordamos un aspecto fundamental que Newton denominó leyes del movimiento, así como también algunas aplicaciones cotidianas en casos sencillos, como ejemplos de la multiplicidad de movimientos que pueden ser explicados con estas leyes.

Es muy importante que también, a lo largo de la lectura, reflexiones sobre la trascendencia que tienen estas ideas en la historia de la ciencia y la aplicación que han tenido y siguen teniendo en beneficio de todas y todos sin perjudicar el ambiente.

Leyes del Movimiento de Newton

Las leyes del movimiento planteadas por Newton en su libro *Principios matemáticos de filosofía natural*, constituyen una sistematización coherente y creativa de ideas que habían ido surgiendo y que permitieron explicar los cambios en el movimiento de los cuerpos; el método de interpretación utilizado, así como el lenguaje en que se expresaron estas ideas, siguen siendo hoy en día un ejemplo de investigación científica. Con los argumentos señalados en ese libro, se refutan las ideas de Aristóteles de “movimiento forzado” y una nueva manera de pensar el estudio del movimiento se abrió en beneficio de la humanidad. Esas ideas fueron sintetizadas por Newton en lo que él llamó **Leyes del Movimiento** y que te presentamos a continuación, con algunos comentarios para ayudarte en su comprensión.

Ley I: todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.

Como puedes notar, Newton le da a la definición de inercia de Galileo la categoría de ley fundamental. Es decir, establece una proposición general en la cual se admite que los objetos no pueden moverse por sí mismos, sino que son movidos por otros objetos.

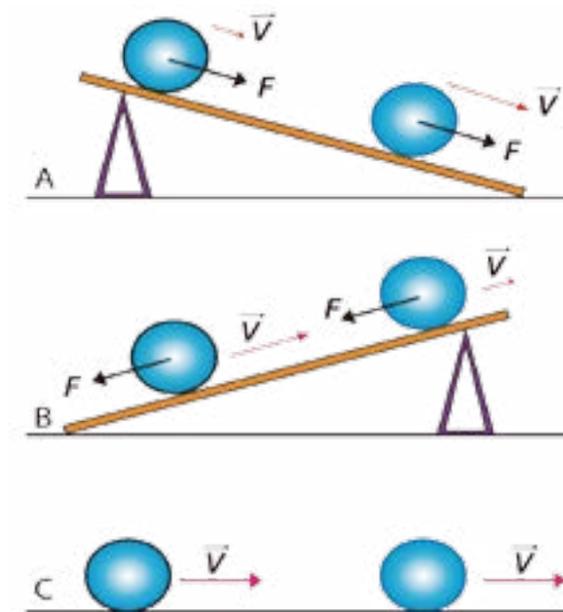


Figura 14. 1. Con un experimento sencillo como el del movimiento de esferas sobre planos, se refutan las ideas aristotélicas sobre el movimiento forzado, en el caso a) la velocidad aumenta debido a la fuerza aplicada en esa dirección b) la velocidad disminuye debido a la fuerza aplicada en sentido contrario al lanzamiento realizado c) la esfera continuará su movimiento rectilíneo uniforme, aunque la fuerza neta es cero, en este caso, se demuestra que hay movimiento, pero no hay fuerza en esa dirección, por tanto, la fuerza y el movimiento no pueden ser proporcionales entre sí, como lo señalaba Aristóteles.

El asunto central es que en el Universo un cuerpo se mantiene en reposo o en MRU a no ser que una fuerza actúe sobre él y lo obligue a cambiar su estado de movimiento.

Ley II: el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

Al afirmar que la fuerza no es proporcional al movimiento, entonces ¿de qué depende? Newton señala que la acción de todas las fuerzas es proporcional al cambio en la cantidad de movimiento. A esta suma de todas las fuerzas la denominó fuerza impresa, y hoy en día la conocemos como fuerza neta, fuerza resultante o sumatoria de fuerzas externas, y dicho cambio ocurre en la dirección en la que esta acción conjunta de fuerzas actúa sobre el objeto. En su libro Newton define la cantidad de movimiento como:

Cantidad de movimiento: es la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente.

La operación lógica que define el concepto de cantidad de movimiento se puede plantear en forma simbólica de la siguiente manera:

Cantidad de movimiento = (masa) x (velocidad)

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

De manera simbólica podemos representar la segunda Ley de Newton de la siguiente manera:

Sumatoria de fuerzas externas es proporcional cambio de la cantidad de movimiento

$$\sum \vec{F}_e \propto \Delta \vec{p}$$

Donde el símbolo $\sum \vec{F}_e$ (sumatoria de fuerzas externas) significa la acción conjunta de todas las fuerzas externas que actúan sobre el objeto y constituye la causa en los cambios de movimiento.

Además, $\Delta \vec{p}$ representa los cambios que ocurren en la cantidad de movimiento y constituye el efecto causado sobre el movimiento debido a las fuerzas impresas. Las flechas sobre las cantidades significa que son magnitudes vectoriales, ya que tienen módulo, dirección y sentido.

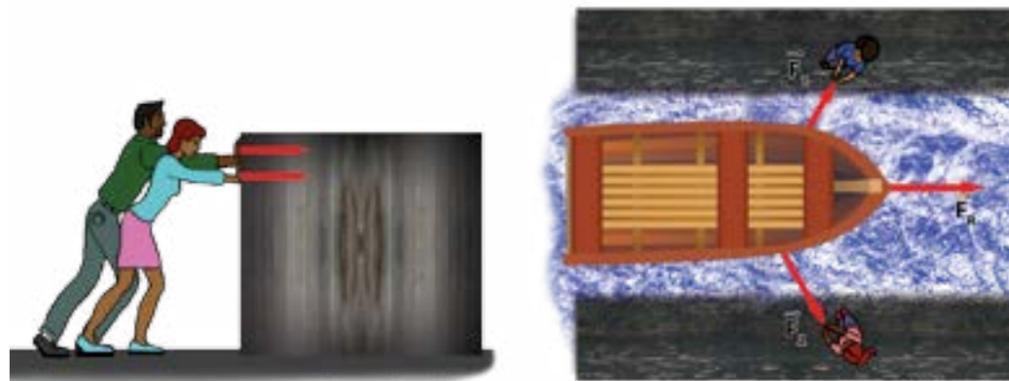


Figura 14.2. El cambio en el estado de movimiento de los cuerpos ocurrirá en la dirección hacia donde actúa la fuerza total o resultante que se aplica en los casos ilustrados ocurre en dirección horizontal.

Como esta representación matemática de la segunda ley del movimiento de Newton se presenta en forma de proporcionalidad, para llevarla a la forma de igualdad se introduce entre la relación causa-efecto, un parámetro que permita medir la relación existente. En este caso, el parámetro utilizado es el tiempo, durante el cual se aplicaron las fuerzas y de su efecto sobre la cantidad de movimiento del cuerpo durante su acción. Esta igualdad se puede escribir de la siguiente manera:

Fuerzas impresas actuando durante un tiempo = cambio de cantidad de movimiento.

Matemáticamente, se puede representar de la siguiente manera:

$$\sum \vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}$$

Al producto de la sumatoria de fuerzas por el tiempo en que ellas actúan se le suele llamar **impulso** aplicado sobre el objeto, contrariamente a lo que señalaba Aristóteles, este impulso no permanece en el cuerpo una vez que cesan las fuerzas.

Si hacemos el despeje algebraico de la sumatoria de fuerzas, nos queda:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Esta es la manera de representar la segunda ley de Newton en forma de igualdad. El símbolo de sumatoria de fuerzas se entiende como la *suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto de forma simultánea* y representa la **fuerza neta, total o resultante** que actúa sobre el cuerpo. Es decir, todas las fuerzas se unen para producir un único efecto, no es que cada una produce un efecto por separado.

$$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Muchos de los casos que tienen interés práctico son los referidos a cuerpos que en su movimiento mantienen su **masa**, aproximadamente constante; ya que, en estos, la segunda ley de Newton tiene una forma particular de plantearse. En primer lugar, como ya sabemos la cantidad de movimiento se puede calcular de la siguiente manera: $\vec{p} = m \vec{v}$, si lo sustituimos en la ecuación de la segunda ley nos queda:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

Como hemos considerado a la masa como un valor constante, podemos sacarla del paréntesis que acompaña al símbolo de cambio (Δ) quedando la ecuación de la siguiente manera.

$$\sum \vec{F}_e = \frac{m\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

¿Reconoces la expresión $\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$? Ésta corresponde a lo que llamaste anteriormente **aceleración**, de forma tal que la segunda ley de Newton se puede representar de la siguiente manera.

$$\sum \vec{F}_e = m\vec{a}$$

Si adicionalmente las fuerzas que actúan sobre el objeto son constantes, la aceleración también será constante y al despejarla algebraicamente de la ecuación anterior, tenemos:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$$

Algo extraordinario ocurre con la segunda ley Newton, y es que si conocemos todas las fuerzas externas que actúan sobre un objeto y conocemos su masa podremos saber con qué aceleración se mueve. Además, para el caso en que la aceleración sea constante, recuerda que podemos emplear las ecuaciones cinemáticas conocidas para hallar su posición y velocidad para cualquier tiempo:

$$x(t) = x_i + v_{ix}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad v_x = v_{ix}t + a_x t$$

Las unidades de las tres magnitudes que te hemos presentado están descritas en la siguiente tabla:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud	Símbolo	Unidades (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Fuerza	Vector	Vector	Newton (N)	1 N = 1 kg·1m/s ²
Cantidad de movimiento	Vector	Vector	kg (m/s)	-----
Impulso	Vector	Vector	N s	1 N 1s = 1 kg·1m/s

Continuemos con la tercera ley de movimiento, que Newton expresó de la siguiente manera:



Ley III: con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: es decir, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentidos opuestos.

De esta ley se extrae una definición fundamental en el estudio del movimiento, como lo es la de **interacción** o **acción mutua** entre dos cuerpos. En este sentido, Newton señala que si le aplicas una fuerza a un cuerpo, éste te la aplicará a ti en la misma dirección, de igual magnitud, pero en sentido contrario, es decir, en la naturaleza las fuerzas se presentan *por pares*, de acción-reacción.

Matemáticamente, esta ley se puede representar de la siguiente manera:

La fuerza que aplica un cuerpo A al cuerpo B = La fuerza que aplica B sobre el cuerpo A (en sentido contrario)... $\vec{F}_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$

Figura 14.3. Interacción significa que si hay una acción siempre habrá una reacción, es decir, las fuerzas en la naturaleza se presentan en pares de acción-reacción.

Aplicaciones de las leyes del movimiento de Newton

Hay situaciones de la vida cotidiana donde te has visto en la necesidad de deslizar objetos sobre superficies planas, ya sea empujándolos, arrastrándolos o lanzándolos para que se deslicen sobre superficies, también cuando dejas caer un objeto al piso o lo lanzas verticalmente hacia arriba o hacia abajo, entre muchas más.

Las leyes de Newton permiten resolver innumerables casos donde conociendo las condiciones iniciales de la posición y la velocidad de un cuerpo en torno a un sistema de referencia que consideramos fijo, en un instante que llamamos tiempo inicial, así como también al conocer las interacciones a las cuales está sometido, podemos predecir su aceleración, su velocidad y su posición en un momento determinado.

La interpretación estricta de la tercera ley de Newton nos puede llevar a pensar que habrá tantas clases de interacciones como pares de objetos. Por suerte, parece no ser así, muchas de estas interacciones admiten una misma explicación, así por ejemplo, la caída de todos los objetos sobre la Tierra o el movimiento de los planetas o estrellas parecen tener un mismo tipo de relación, en la **interacción gravitacional**; la estructura atómica y el movimiento de las cargas eléctricas se pueden explicar por las **interacciones electromagnéticas**; y la estructura y fenómenos que ocurren el interior del núcleo de un átomo se pueden explicar mediante las **interacciones nucleares fuertes y débiles**.

En cierto sentido, la formulación newtoniana de la mecánica permitiría explicar todos los movimientos que ocurren en la naturaleza, pero desde el siglo XVII cuando fue planteada hasta ahora se han encontrado situaciones en que esta formulación no puede explicar todo lo que sucede, tal es el caso del movimiento de objetos con velocidades altas comparadas con la velocidad de la luz, así como en la interacción que sucede en partículas muy pequeñas como electrones. En ambos casos es necesario aplicar otras formulaciones como relatividad especial o mecánica cuántica que en rigor dan unos resultados más precisos.

Sin embargo, la formulación de Newton para estudiar el movimiento sigue siendo válida y ofrece muy buenos resultados en el límite de sus aplicaciones. A continuación, te mostraremos algunas situaciones donde las leyes de Newton se pueden aplicar.



Figura 14.4. Las leyes de Newton se utilizan para explicar muchas interacciones que ocurren en la naturaleza.

1. ¡Todo lo que sube baja!

Seguro que has escuchado esa afirmación como un dicho popular muy cierto, es un decir que se hace desde un conocimiento de una de las interacciones más importantes con la que nos relacionamos, como lo es la interacción gravitacional terrestre. Pero no debemos ignorar que los objetos físicos también tienen interacción con el aire, o con la Luna o el Sol u otros objetos con masa, sin embargo, parece que éstas son muy débiles comparadas con la que tienen con la Tierra.

Otro de los principales aportes de Newton fue el estudio de esta interacción, apoyándose en trabajos previos de Galileo, Kepler, entre otros. Sus principales conclusiones señalan que: *esta fuerza gravitacional es siempre atractiva, ejerce su acción a distancia y debe estar siempre dirigida hacia un centro común*; ella es la responsable de los cambios de movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, y de los planetas alrededor del Sol, así como de la caída de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra; además, esa fuerza en todos los casos es *directamente proporcional al producto de las masas que interactúan e inversamente proporcional a la distancia que separa a dichos cuerpos*, lo que se expresa como:

$$\text{Fuerza} \propto \frac{\text{masa}_1 \cdot \text{masa}_2}{(\text{distancia})^2}$$

Por lo tanto, podemos responder a la pregunta de ¿por qué cae un mango sobre la superficie terrestre? De acuerdo a la tercera ley de Newton:

$$\vec{F}_{T,m} = -\vec{F}_{m,T} \quad \text{Fuerza de la Tierra sobre el mango} = \text{Fuerza del mango sobre la Tierra (sentido contrario)}$$

La **fuerza gravitacional** entre la Tierra y el mango se calcularía de la siguiente manera:

$$\vec{F}_{g(T,m)} = \frac{Gm_T m}{d_{T,m}^2}$$

Donde G es una constante de proporcionalidad y su valor en el sistema internacional de unidades es:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Si tomas la masa de la Tierra con un valor estimado de $5,94 \cdot 10^{24}$ kg y la distancia desde el centro de la Tierra al centro del mango como 6.370.000 m aproximadamente igual para todos los cuerpos cercanos a su superficie, puedes calcular el valor numérico de la siguiente expresión con los valores terrestres:

$$\frac{Gm_T}{d_{T,m}^2} \cong 9,8 m/s^2$$

Este valor es aproximadamente igual al valor de la aceleración de la gravedad (g), que ya conoces. El valor es aproximado, ya que depende de la distancia al centro de la Tierra y por ésta no ser totalmente esférica, este valor puede cambiar un poco con la latitud ubicación geográfica del objeto, pues la Tierra es más achatada en los polos. Asimismo, el valor cambia con la altitud si se está en una montaña o en un valle, o a la orilla del mar.

Por esta razón podemos decir que, sobre todos los cuerpos cercanos a la superficie terrestre, la fuerza que ejerce la Tierra sobre éstos se puede calcular como el producto de su masa multiplicada por la aceleración de gravedad.

$$\text{Fuerza gravitacional de la Tierra sobre un objeto} = (\text{masa del objeto}) \cdot (\text{aceleración gravedad})$$

$$\vec{F}_{g(T,m)} = m\vec{g}$$

En la superficie terrestre, esta fuerza se manifiesta siempre apuntando hacia abajo, y de allí el dicho de que ¡todo lo que sube baja!, por la acción constante de la fuerza gravitacional terrestre.

Como ya sabemos que la única fuerza externa es $\vec{F}_G = m\vec{g}$, entonces igualamos con la segunda ley de Newton y nos queda que: $m\vec{g} = m\vec{a}$, al despejar la aceleración obtenemos que: $\vec{a} = \vec{g}$, con esto se demuestra que todos los cuerpos sobre los cuales sólo actúa la fuerza gravitacional y que se encuentran cerca de la superficie terrestre, “caen” sobre ésta, con la misma aceleración llamada gravedad.

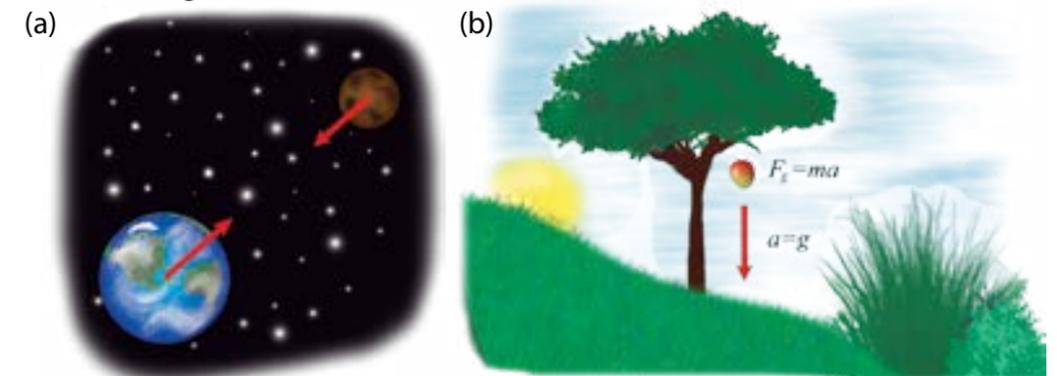


Figura 14.5. a) Los vectores de fuerza gravitacional terrestre actúan sobre los cuerpos dirigidos en sentido hacia el centro de la Tierra. b) Cuando estamos en su superficie, notamos a estas fuerzas en dirección vertical hacia abajo, si colocamos el sistema de referencia en el lugar donde se inicia la interacción.

2. ¿Cuánto “pesa” la caja?

Supongamos que no quieres que una caja caiga al suelo. Para ello, la sostienes con tus manos y dices ¡qué pesada esta caja! Ahora bien, ¿a qué nos referimos cuando utilizamos esta expresión?

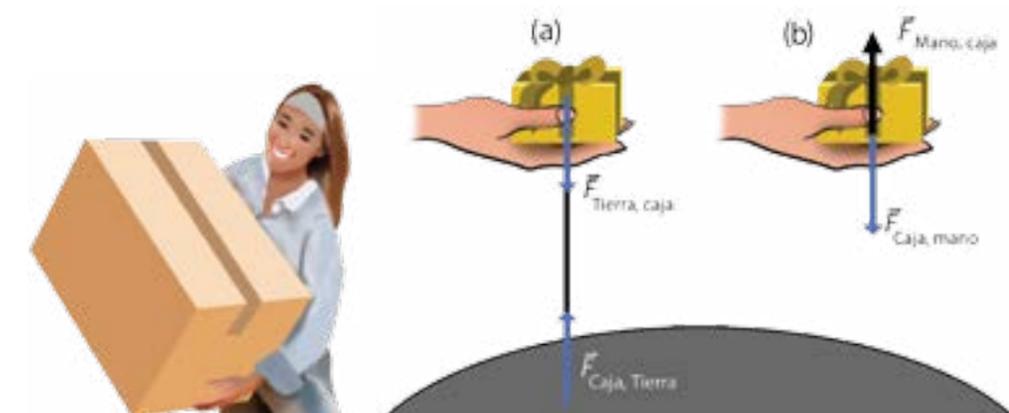


Figura 14.6. Para que la joven sostenga una caja es necesario considerar las siguientes interacciones: a) la caja con la Tierra, b) la caja con la mano.

Como ya sabes todos los objetos cercanos a la superficie de la Tierra mantienen una interacción gravitacional con ésta.

$$\vec{F}_{Tierra,caja} = -\vec{F}_{caja,Tierra}$$

Además, cuando le aplicas una fuerza a un objeto para sostenerlo, el objeto también te aplica una fuerza a ti, y de acuerdo a la tercera ley de Newton se cumple que:

Fuerza de la mano sobre la caja = Fuerza de la caja sobre la mano (sentido contrario).

$$\vec{F}_{mano,caja} = -\vec{F}_{caja,mano}$$

A la fuerza que aplica la mano o cualquier superficie para sostener un cuerpo se le llama **fuerza Normal** \vec{N} , por ser siempre perpendicular a la superficie que sostiene al objeto.

$$\vec{F}_{S,m} = \vec{N}$$

A la fuerza que aplica la caja sobre tu mano es lo que se denomina peso \vec{P} . La palabra "peso" se emplea en estos casos para definir la fuerza que aplica un objeto sobre otro que lo sostiene a fin de evitar su caída debido a que la Tierra lo hala hacia abajo con la fuerza de gravedad.

En este caso la tercera ley de Newton se puede representar como:

$$\vec{N} = -\vec{P}, \text{ por tanto en esta situación sus valores son iguales, es decir: } N = P$$

En esta situación sobre la caja está actuando más de una fuerza, la que se aplica con la mano y la fuerza gravitacional, vamos a representarlas en un diagrama de cuerpo libre (DCL).

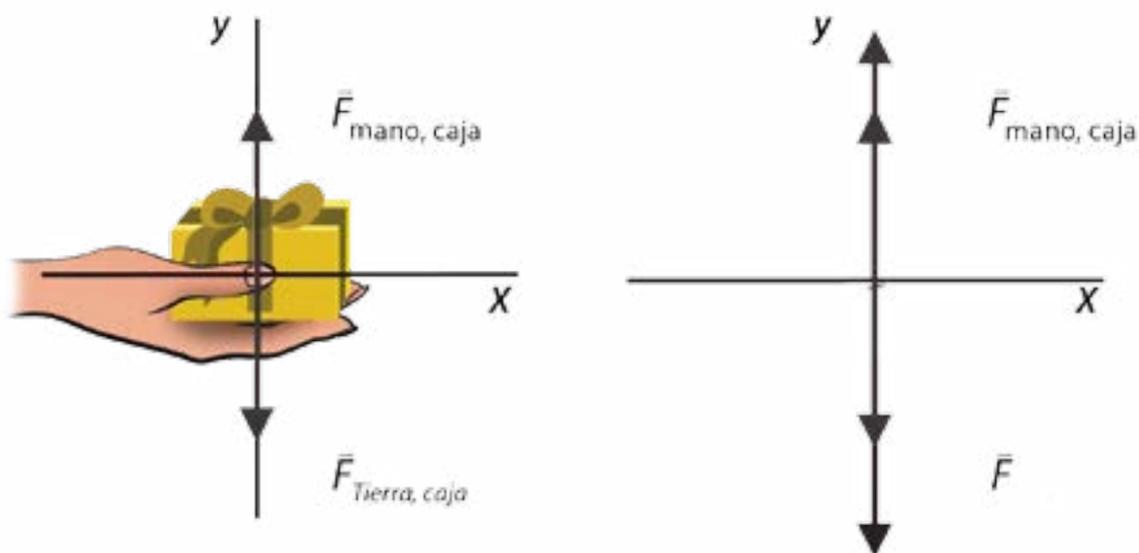


Figura 14.7. Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) de las fuerzas concurrentes que actúan sobre el centro de masa de la caja.

De forma tal que la sumatoria de fuerzas se puede expresar como:

$$\sum \vec{F}_{e(caja)} = \vec{F}_{mano,caja} + \vec{F}_{Tierra,caja}$$

Estas fuerzas actúan en sentido contrario y, para que la caja permanezca en reposo, la fuerza neta debe ser cero, y por tanto, la aceleración también es igual a cero.

$$\sum \vec{F}_e = 0; \quad \vec{F}_{mano,caja} + \vec{F}_{Tierra,caja} = 0 \rightarrow \vec{F}_{mano,caja} = -\vec{F}_{Tierra,caja}$$

Se concluye entonces para este caso particular que:

$$\begin{cases} \vec{F}_{mano,caja} = -\vec{P} \text{ (tercera ley de Newton)} \\ \vec{F}_{mano,caja} = -\vec{F} = -\vec{F}_{Tierra,caja} \text{ (segunda ley de Newton)} \end{cases}$$

Comparando las ecuaciones derivadas de la segunda y tercera ley de Newton se concluye para este caso que:

$$\vec{P} = \vec{F}_{Tierra,caja}$$

Como sabemos que la fuerza de la Tierra sobre la caja es la gravitacional y se calcula como:

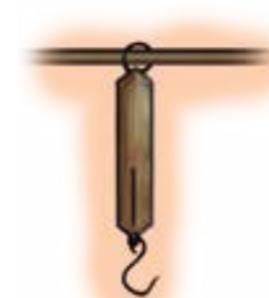
$$\vec{F}_g = m\vec{g}, \text{ entonces para esta situación concluimos que:}$$

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Es importante señalar que frecuentemente, en el uso del lenguaje común, se confunde la masa con el peso, pero en rigor, son conceptos diferentes con unidades diferentes. La masa está referido a la cantidad de materia y el peso a la de fuerza gravitacional con que la Tierra y un objeto cercano a su superficie interactúan.

Es precisamente esa estrecha relación entre la masa y el peso lo que ha permitido construir algunos instrumentos como "pesas" o "pesos", llamados también dinamómetros, que permiten encontrar la cantidad de masa equivalente a la medición que hagamos del "peso"; la idea es sencilla, si despejamos la masa m de la ecuación de peso nos queda:

$m = \frac{P}{g}$. Con sólo medir el valor de la fuerza que aplica el objeto sobre otro que lo sostiene, y sustituyendo en la ecuación anterior, podemos medir de forma indirecta el valor de la masa del objeto sostenido. En el caso de los dinamómetros, la fuerza se mide utilizando resortes que se estiran o se encogen al sostener los cuerpos.



3. Deslizando una caja sobre una superficie

Una situación muy común es utilizar una cuerda resistente y rígida para deslizar objetos que no roten como cajas a través de superficies planas, donde consideramos la existencia de la fuerza de roce cinética. El dibujo ilustra esta situación en la cual se desliza una caja aplicando una fuerza constante en la dirección horizontal, tal como se señala en la figura 14.8.

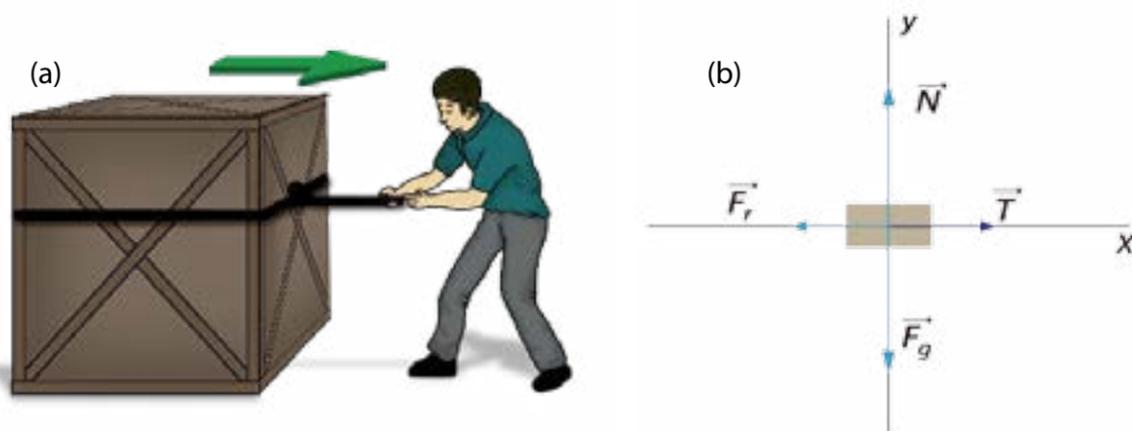


Figura 14.8. a) Fuerzas que actúan sobre la caja que se desliza sobre el piso hacia la derecha; b) DCL de las fuerzas concurrentes que actúan sobre la caja considerada como partícula.

Interacción con la caja	Tercera ley de Newton
Caja - Tierra	$\vec{F}_{Tierra,caja} = -\vec{F}_{caja,Tierra}$
Caja - Cuerda	$\vec{F}_{cuerda,caja} = -\vec{F}_{caja,cuerda}$
Caja - Superficie de contacto (plano normal)	$\vec{F}_{superficie,caja} = -\vec{F}_{caja,superficie}$
Caja - Superficie de contacto (plano tangente)	$\vec{F}_{superficie,caja} = -\vec{F}_{caja,superficie}$
Total de fuerzas sobre la caja	$\sum \vec{F}_e(caja) = \vec{F}_{Tierra,caja} + \vec{F}_{cuerda,caja} + \vec{F}_{superficie,caja}(normal) + \vec{F}_{superficie,caja}(tangente)$

Coloquémosles nombres a las fuerzas que actúan sobre la caja producto de estas interacciones sus direcciones y sentidos son señaladas en la figura 14.8 (b).

Fuerza	Nombre	Ecuación general
$\vec{F}_{cuerda,caja} = \vec{T}$	Fuerza de Tensión en la cuerda	Depende de la situación
$\vec{F}_{Tierra,caja} = \vec{F}_g$	Fuerza Gravitacional	$\vec{F}_g = m\vec{g}$
$\vec{F}_{superficie,caja}(normal) = \vec{N}$	Fuerza Normal	Depende de la situación
$\vec{F}_{superficie,caja}(tangente) = \vec{F}_r$	Fuerza de Roce cinética	$F_{r(c)} = \mu_c N$
$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_g + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_r$	Fuerza Neta (sumatoria de fuerzas externas)	$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$

Al aplicar la segunda ley de Newton en esta situación, considerando el sistema de referencia como inercial y la masa constante, tenemos:

$$\sum \vec{F}_e = m\vec{a}, \text{ por lo tanto, la fuerza neta se determinará como:}$$

$$\vec{F}_g + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_r = m\vec{a}$$

Como actúan fuerzas tanto en la dirección horizontal como vertical, vamos a considerarlas en forma de componentes por separado.

$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow T - F_r = ma_x$, para que la caja se acelere en esa dirección es necesario que el valor de la tensión sea mayor que la fuerza de roce.

Como ya viste en el libro de 3° año, la fuerza de roce cinética, que ejerce la superficie sobre el objeto en el plano tangente, es directamente proporcional al valor de la fuerza normal y se puede calcular: $F_r = \mu \cdot N$ al sustituir en la ecuación anterior, resulta:

$$T - \mu_c N = ma_x \rightarrow a_x = \frac{T - \mu_c N}{m}$$

Aquí se demuestra que es posible mover el cuerpo aplicando una $T > \mu N$.

En la dirección vertical, actúan dos fuerzas que se equilibran y la caja no se mueve en esa dirección por lo que:

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow N - F_g = m a_y = 0$$

Por tanto, para estos casos de cuerpos colocados sobre superficies horizontales con la fuerza neta en la dirección vertical igual a cero, se cumple que el valor de la fuerza normal es igual al valor de la fuerza gravitacional y por ser dos vectores en sentidos contrarios sus valores se restan para obtener el valor resultante.

$$\text{Resultado: } a_y = 0 \rightarrow N = F_g \rightarrow N = mg$$

Por ello, en este caso, podemos sustituir esta expresión de la normal en la ecuación de la aceleración y nos queda:

$$a_x = \frac{T - \mu_c mg}{m}$$

Que corresponde a la forma de calcular la aceleración, si el muchacho se mantiene aplicando la misma cantidad de fuerza. Puesto que esta aceleración es constante, es posible sustituir esta expresión de aceleración en las ecuaciones que conocemos de la posición y la velocidad, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Posición: } x(t) = x_i + v_{ix}t + \frac{a_x t^2}{2} \rightarrow x(t) = x_i + v_{ix}t + \frac{(T - \mu_c mg)t^2}{2m}$$

$$\text{Velocidad: } v_x = v_{ix} + a_x t \rightarrow v_x = v_{ix} + \frac{(T - \mu_c mg)t}{m}$$

4. ¿Qué pasaría si la fuerza se aplica inclinando la cuerda?



Figura 14.9. a) Fuerzas que actúan sobre la caja que se desliza sobre el piso hacia la derecha; b) DCL de las fuerzas concurrentes que actúan sobre la caja considerada como partícula.

En este caso la fuerza de tensión tiene en dos componentes, una en dirección horizontal y otra en dirección vertical, las cuales obtenemos a partir del valor de la tensión y el ángulo que forme con la dirección horizontal positiva, y transforman la forma polar del vector a la forma cartesiana de la siguiente manera:

Forma Polar	Forma Cartesiana	
α es el ángulo que forma la cuerda con la línea horizontal	Componente horizontal	Componente vertical
$\vec{T} = (\vec{T} , \alpha)$	$T_x = T \cos \alpha$	$T_y = T \sin \alpha$

Al aplicar la segunda ley de Newton en esta situación, considerando el sistema de referencia como inercial y la masa constante, tenemos:

$$\sum \vec{F}_e = m\vec{a}, \text{ por lo tanto, la fuerza neta se determinará como:}$$

$$\vec{F}_g + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_r = m\vec{a}$$

Las fuerzas que actúan en la dirección horizontal son el componente horizontal de la tensión de la cuerda y el roce, por lo que:

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow T \cos \alpha - F_r = ma_x, \text{ para que la caja se acelere}$$

Como: $F_r = \mu N$ al sustituir en la ecuación anterior resulta:

$$T \cos \alpha - \mu_c N = ma_x \rightarrow a_x = \frac{T \cos \alpha - \mu_c N}{m}$$

En la dirección vertical, actúan tres fuerzas que se equilibran.

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow N + T \sin \alpha - mg = m a_y = 0$$

Donde $a_y = 0 \rightarrow N = mg - T \sin \alpha$. Te das cuenta que en este caso la normal se calcula de otra manera y su valor es menor. Compara la forma de calcular la fuerza normal con el caso anterior.

Por ello, en este caso, podemos sustituir esta expresión de la normal en la ecuación de la aceleración, y nos queda:

$$a_x = \frac{T \cos \alpha - \mu_c (mg - T \sin \alpha)}{m}, \text{ si mantenemos el ángulo de cuerda y el valor de}$$

la tensión con el mismo valor esta aceleración será constante. Observa que si hacemos cero el ángulo de inclinación de la cuerda, la expresión se simplifica a la obtenida del caso número 3.

5. ¿Qué pasaría si se inclina el plano?

Ahora bien, lo que vamos a inclinar es el plano y no la cuerda, y seguramente has tenido oportunidad de deslizar objetos a través de planos inclinados; en estos casos, lo más conveniente es inclinar también el sistema de referencia, colocando como eje (x) aquél en el cual ocurre el desplazamiento y el eje (y) el perpendicular tal como se muestra en el dibujo.

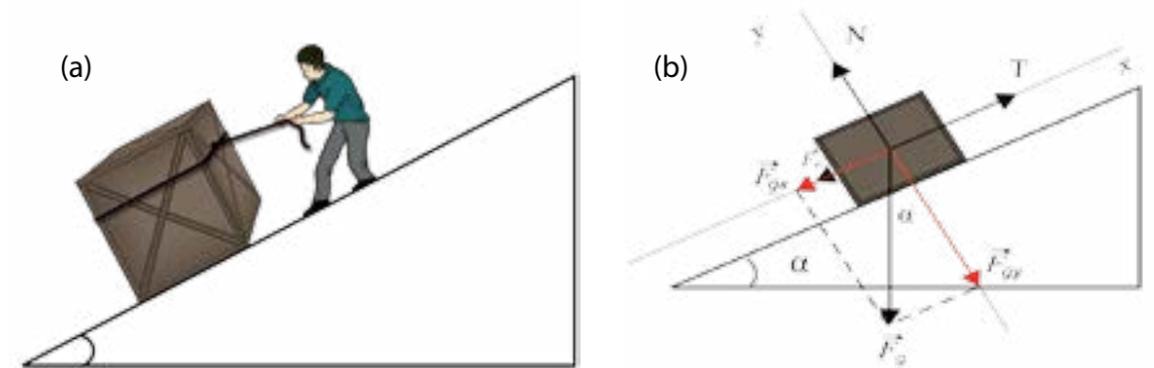


Figura 14.10. a) Una caja halada sobre un plano inclinado; b) DCL de las fuerzas que actúan sobre una caja que se sube por un plano inclinado.

En este ejemplo, la fuerza gravitacional se divide en dos componentes, una fuerza en dirección horizontal y otra en dirección vertical, las cuales obtenemos a partir del valor de la tensión y el ángulo que forme con la dirección horizontal positiva, transforman la forma polar del vector a la forma cartesiana, de la siguiente manera:

Forma polar	Forma cartesiana	
α es el ángulo del plano inclinado con la línea horizontal	Componente horizontal	Componente vertical
$F_g = (F_g , (360^\circ - \alpha))$	$F_{gx} = -mg \sin \alpha$	$F_{gy} = -mg \cos \alpha$

Al aplicar la segunda ley de Newton en esta situación, considerando el sistema de referencia como inercial y la masa constante, tenemos:

$\sum \vec{F}_e = m\vec{a}$, por lo tanto, la fuerza neta se determinará como:

$$\vec{F}_g + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_r = m\vec{a}$$

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow T - mg \sin \alpha - \mu_c N = ma_x \rightarrow a_x = \frac{T - mg \sin \alpha - \mu_c N}{m}$$

En la dirección vertical, actúan dos fuerzas que se equilibran y la caja no se mueve en esa dirección por lo que:

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow N - mg \cos \alpha = m a_y^0 = 0 \rightarrow N = mg \cos \alpha$$

donde $a_y = 0$. Resulta: $\vec{N} + \vec{F}_{gy} = 0 \rightarrow \vec{N} = -\vec{F}_{gy}$

Por tanto, para estos casos de cuerpos colocados sobre superficies inclinadas con la fuerza neta vertical igual a cero, se cumple que el valor de la fuerza normal más el valor de la componente vertical de la tensión es igual al valor de la fuerza gravitacional $N - m \cdot g \cos(\alpha) = 0 \rightarrow N = mg \cos(\alpha)$. En este caso, el valor de la normal se calcula de una forma distinta, y su valor es menor comparado con el primer caso, por eso, no hay una ecuación establecida para calcular el valor de la normal, la forma de calcularla depende del tipo de situación la fuerza gravitacional y de la fuerza de roce, con respecto a éstas tienen unas ecuaciones establecidas independientemente de la situación.

Por ello, en este caso, podemos sustituir esta expresión de la normal en la ecuación de la aceleración, y nos queda:

$$a_x = \frac{T - mg \sin \alpha - \mu_c mg \cos \alpha}{m}$$

Observa que si hacemos igual a cero el ángulo del plano inclinado ($\alpha = 0$), la expresión se simplifica a la del caso número 3. Prueba otras formas de mover esta caja usando una cuerda.



El aviso colgante

Considera ahora la situación en que necesites colgar un aviso de 5 kg y utilices para asegurarlo dos cuerdas como se muestra en la figura 14.13. Vamos a determinar el valor de las tensiones que se generan en cada una de las cuerdas. En este caso, las interacciones presentes se muestran en el cuadro. Te preguntará: ¿en cuál cuerda se generará más tensión?

Interacción	Tercera Ley de Newton
Aviso – Tierra	$\vec{F}_{Tierra,aviso} = -\vec{F}_{aviso,Tierra}$
Aviso – Cuerda (1)	$\vec{F}_{cuerda(1),aviso} = -\vec{F}_{aviso,cuerda(1)}$
Aviso – Cuerda (2)	$\vec{F}_{cuerda(2),aviso} = -\vec{F}_{aviso,cuerda(2)}$
Total de fuerzas sobre el aviso	$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_{Tierra,aviso} + \vec{F}_{cuerda(1),aviso} + \vec{F}_{cuerda(2),aviso}$

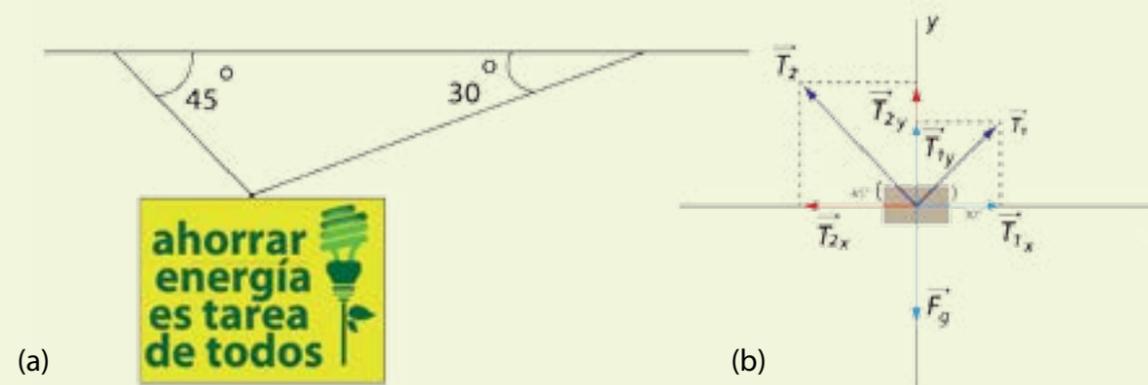


Figura 14.13. a) Aviso que cuelga mediante dos cuerdas, b) DCL de las fuerzas que actúan sobre el centro de masa del aviso colgante. Observa que en la cuerda 2 se debe estar generando más tensión que en la cuerda 1.

Forma polar	Forma cartesiana	
	Componente horizontal	Componente vertical
$\vec{T}_1 = (\vec{T}_1 , 30^\circ)$	$T_{1x} = T_1 \cos(30^\circ)$	$T_{1y} = T_1 \sin(30^\circ)$
$\vec{T}_2 = (\vec{T}_2 , 45^\circ)$	$T_{2x} = T_2 \cos(45^\circ)$	$T_{2y} = T_2 \sin(45^\circ)$

Al aplicar la segunda ley de Newton en esta situación, considerando el sistema de referencia como inercial y a masa constante, tenemos:

$\sum \vec{F}_e = m\vec{a}$, por lo tanto, la fuerza neta se determinará como:

$$\vec{F}_g + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = m\vec{a}$$

Pero como el objeto se encuentra en reposo, la aceleración es igual a cero.

En la dirección horizontal actúan dos fuerzas que se equilibran:

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow T_1 \cos(30^\circ) - T_2 \cos(45^\circ) = 0$$

En la dirección vertical, actúan tres fuerzas que se equilibran y el aviso no se mueve en esa dirección por lo que:

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow T_1 \sin(30^\circ) + T_2 \sin(45^\circ) - mg = 0$$

Ya que tenemos dos ecuaciones con dos incógnitas T_1 y T_2 , planteamos un sistema de ecuaciones que resolvemos por algunos de los métodos conocidos.

$$\begin{cases} T_1 \cos(30^\circ) - T_2 \cos(45^\circ) = 0 \\ T_1 \sin(30^\circ) + T_2 \sin(45^\circ) - mg = 0 \end{cases}$$

En este caso como $\cos(45^\circ) = \sin(45^\circ)$, al sumar las ecuaciones el segundo término se cancela quedando la ecuación expresada de la forma:

$T_1 \cos(30^\circ) + T_1 \sin(30^\circ) - mg = 0$. Sacando factor común T_1 y despejando tenemos:

$$T_1 = \frac{mg}{\cos(30^\circ) + \sin(30^\circ)} \rightarrow T_1 = \frac{5 \text{ Kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,86 + 0,5} = 36,03 \text{ N}$$

Este valor lo sustituimos en cualquiera de las dos ecuaciones para encontrar el valor de T_2 . Vamos a sustituirlo en la primera ecuación.

$$T_1 \cos(30^\circ) - T_2 \cos(45^\circ) = 0 \rightarrow T_2 = \frac{36,03 \text{ N} \cdot \cos(30^\circ)}{\cos 45^\circ} = 44,26 \text{ N}$$

Observa que el valor de la tensión que se genera en la cuerda 2 es mayor que el de la generada en la cuerda 1.



Midiendo el coeficiente de roce entre dos superficies

Una medición muy importante que se realiza en la ingeniería civil es el conocer el coeficiente de roce entre dos superficies. Vamos a utilizar un método sencillo de cómo hacer esta medición, considerando objetos que se deslizan por un plano inclinado.

Cuando tratas de empujar algo "pesado", te habrás dado cuenta de que, inicialmente, si aplicas una fuerza horizontal pequeña, no logras moverlo, esto significa que aparece una fuerza que impide el movimiento, a la cual conocemos como **fuerza de roce estática**. A medida que incrementamos la fuerza aplicada, puede ser que no logramos moverlo porque la **fuerza de roce estática** también ha aumentado.

Finalmente, cuando el cuerpo está a punto de deslizarse es porque la fuerza de roce estático alcanza su valor máximo. Notarás que una vez que el cuerpo empieza a moverse, y queremos que siga moviéndose, se hace necesario aplicar una fuerza un poco menor. Cuando el cuerpo está en movimiento, la fuerza retardadora recibe el nombre de **fuerza de roce cinética o dinámica**.

Ahora bien, vamos a considerar una situación donde un objeto se encuentra en reposo sobre un plano inclinado o bajando por el mismo a velocidad constante. En ambos casos se cumple que la aceleración es igual a cero y al aplicar la Segunda ley de Newton: $\sum \vec{F}_e = 0$

Interacción con la caja	Tercera Ley de Newton
Caja - Tierra	$\vec{F}_{\text{Tierra, caja}} = -\vec{F}_{\text{caja, Tierra}}$
Caja - Superficie de contacto (plano normal)	$\vec{F}_{\text{superficie, caja}} = -\vec{F}_{\text{caja, superficie}}$
Caja - Superficie de contacto (plano tangente)	$\vec{F}_{\text{superficie, caja}} = -\vec{F}_{\text{caja, superficie}}$

Haciendo la sumatoria en cada eje, tenemos:

En el eje (x)

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow mg \sin \alpha - \mu_c N = 0$$

En el eje (y)

$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow N - mg \cos(\alpha) = 0 \rightarrow N = mg \cos(\alpha)$ Sustituyendo esta expresión en la ecuación anterior tenemos que:

$$mg \sin \alpha - \mu_c mg \cos \alpha = 0 \rightarrow \mu_c = \frac{mg \sin \alpha}{mg \cos \alpha} = \tan \alpha$$

Ahora bien, vamos a realizar un diseño experimental que nos permita calcular el coeficiente de roce estático y dinámico midiendo el ángulo máximo en que el objeto se mantiene en reposo sobre el plano inclinado y el ángulo promedio en que desciende con rapidez constante sobre el plano.

¿Qué necesitan?

Una tabla de madera, transportador, tacos de madera, hierro, acero, plástico, entre otros materiales que puedas conseguir con forma de paralelepípedo.



Figura 14.14. Una forma en que se puede construir un plano inclinado, ¿se te ocurren otras?

¿Cómo lo harán?

• **Caso fuerza de roce estática:** levanten lentamente el plano inclinado hasta el momento en que el taco empieza a moverse, observen el valor del ángulo justo en ese momento. Repitan la experiencia varias veces hasta que obtengan un valor muy parecido. Anoten los resultados para cada combinación de superficies en una tabla como la que se muestra a continuación:

Coefficiente estático	Madera/Madera	Hierro/Madera	Plástico/Madera	Otros
$\mu_e = \tan \alpha$				

• **Caso fuerza de roce cinética:** levanten nuevamente el plano inclinado hasta que el taco de madera descienda con rapidez aproximadamente constante durante cierto tiempo y observen el ángulo que tiene la tabla en ese momento. Anoten los resultados para cada combinación de superficies.

Coefficiente cinético	Madera/Madera	Hierro/Madera	Plástico/Madera	Otros
$\mu_c = \tan \alpha$				

Pueden repetir ambas experiencias con otras combinaciones de superficies, tales como lijas de diferentes números y comparar los resultados obtenidos. Comparen los resultados obtenidos con los valores conocidos e indaguen sobre las aplicaciones que tiene el estudio del coeficiente de roce en la vida cotidiana.

Tabla de coeficientes de roce estático y dinámico de algunos materiales.

Superficies en contacto	Coefficiente estático	Coefficiente dinámico
Cobre sobre acero	0,53	0,36
Acero sobre Acero	0,74	0,57
Aluminio sobre acero	0,61	0,47
Caucho sobre concreto	1,0	0,8
Madera sobre madera	0,25 – 05	0,2
Teflón sobre teflón	0,04	0,04

La ciencia del movimiento

Te habrás preguntado qué tendrán en común fenómenos como el día y la noche, la lluvia, un mango que cae de un árbol, las fases de la Luna, las estaciones climáticas, el nacimiento y crecimiento de un ser vivo. Todos estos fenómenos naturales parecen estar unidos a la idea de cambio.

Los cambios que observamos en la naturaleza parecen tener causas en el pasado, y que la explicación de esas causas está en las mismas relaciones que hay dentro de la propia naturaleza. Por ejemplo, si afirmamos que “todo lo que sube baja”, ello se puede explicar por la interacción gravitacional que existe entre la Tierra y todos los objetos que la rodean. Las olas del mar se pueden explicar por la influencia del viento sobre la superficie del agua. El viento se puede explicar por el movimiento del aire debido a diferencias de presiones y cambios en la temperatura de grandes masas de aire más o menos alejadas entre sí.

Muchos fenómenos naturales están relacionados unos con otros. Por lo tanto, podemos sostener la idea de integración en un todo que llamamos naturaleza. Es decir, la naturaleza no es sólo un agregado de cosas materiales, sino que esas cosas materiales están relacionadas unas con otras. Un objetivo del conocimiento científico es buscar el “misterio” que las relaciona, misterio que está en la misma naturaleza.

En ese sentido, las leyes de Newton son un modelo de referencia acerca de cómo buscar en la naturaleza las explicaciones de los cambios que en ella suceden. En principio, la formulación de Newton permite explicar todos los movimientos que ocurren en la naturaleza; pero, desde el siglo XVII cuando fue planteada hasta ahora, se han encontrado situaciones en la que esta formulación no puede explicar todo lo que sucede, tal es el caso del movimiento de objetos con velocidades altas comparadas con la velocidad de la luz, así como en las interacciones que suceden entre la radiación y la materia en partículas muy pequeñas como los electrones.

En ambos casos es necesario aplicar otras formulaciones como, en el primero, relatividad especial o, en el segundo, mecánica cuántica, que en rigor dan unos resultados más precisos. También vale mencionar las ampliaciones al concepto de gravedad que realizó Albert Einstein con su teoría de la relatividad general.

Sin embargo la formulación de Newton sigue siendo válida para estudiar el movimiento de muchas situaciones de la vida diaria y ofrece muy buenos resultados en el límite de sus aplicaciones.

Parece asombroso que en pleno siglo XXI, donde la ciencia y la tecnología han tenido avances tan significativos, estemos todavía analizando conocimientos del siglo XVII. A pesar del tiempo, todavía muchos de esos conocimientos generados por mujeres y hombres de épocas pasadas siguen teniendo vigencia y producen algún beneficio para la sociedad.

Para la historia de la humanidad siempre ha sido muy importante desarrollar los saberes de la ciencia y tecnología del movimiento, ya que éstos le han permitido crear ideas, modelos, mecanismos y sistemas de producción que le sirven para satisfacer sus demandas de subsistencia, sin perjuicio necesariamente de los recursos naturales con que dispone el planeta.



Actividades de autoevaluación

1. Una persona arrastra un cajón a velocidad constante por una superficie horizontal rugosa, aplicando una fuerza que forma un cierto ángulo con la horizontal, considerando que los valores de las fuerzas aplicadas sobre él son: (F = Fuerza aplicada por la persona); (F_r = Fuerza de fricción cinética); (mg = Fuerza gravitacional aplicada sobre el cajón); (N = Fuerza normal); ¿cuáles relaciones se cumplen entre las magnitudes de las fuerzas?

- a) $F_r = F$ y $N = mg$; b) $F_r = F$ y $N < mg$; c) $F_r < F$ y $N > mg$;
 d) $F_r = F$ y $N > mg$ e) $F_r < F$ y $N < mg$

2. Un bloque liso de aluminio y un bloque de madera de igual masa parten al mismo instante del reposo sobre un plano inclinado de 2 m de longitud, que forma un ángulo de 45° con la horizontal. El coeficiente de fricción cinética entre el bloque de aluminio y el plano es despreciable; el del bloque de madera y el plano es de 0,3. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta? Escribe una explicación para tu decisión y compártela.

- a) Ambos bloques alcanzarán el extremo del plano al mismo tiempo y con la misma rapidez.
 b) El bloque de aluminio llegará primero al extremo, pero los dos tendrán la misma rapidez cuando alcancen el extremo.
 c) El bloque de aluminio alcanzará el extremo del plano primero y se moverá más rápido que el bloque de madera cuando éste alcance el extremo.
 d) Ambos bloques llegan al extremo del plano al mismo tiempo, pero el bloque de madera se mueve más despacio que el bloque de aluminio.

3. ¡Un caso curioso!: una señora que viaja en un autobús demanda al conductor señalando que un objeto que este llevaba en la parte delantera del vehículo la golpeó al frenar bruscamente. Si tú fueras el juez, ¿cuál sería el veredicto?

4. Considere una pelota de béisbol que se golpea con un bate. Si la fuerza que ejerce el bate se identifica como la acción, ¿cuál será la reacción? ¿Qué efecto causa sobre el bateador?



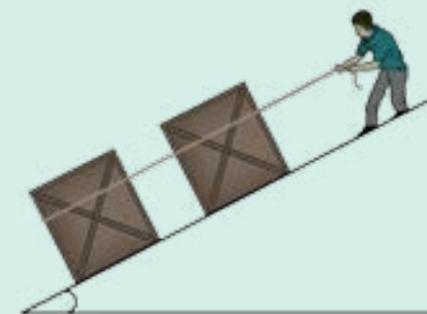
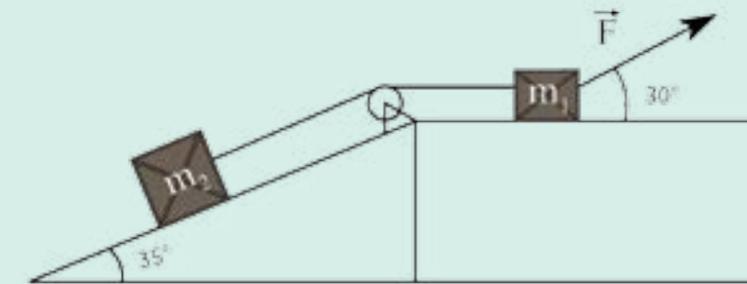
5. Los oficiales de policía que examinan el lugar de un accidente en los que intervinieron dos automóviles miden las marcas de 80 m que dejó uno de ellos al derraparse y casi detenerse antes de chocar. Si el coeficiente de fricción entre las llantas y el pavimento es de 0,8 aproximadamente, calcula la rapidez del automóvil en el momento que se aplicaron los frenos.

6. Si el coeficiente de roce entre las superficies de un cuerpo deslizante de 5 kg es de 0,3, ¿cuánta fuerza se debe aplicar para mantenerlo a una velocidad constante?

7. ¿Cuál es la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo de 5 kg que cae "libremente"? ¿Cuál será la fuerza neta si encuentra una resistencia constante del aire de 4 N?

8. Un escalador de rapel baja por una pared vertical, usando una cuerda atada a su cintura que forma un ángulo de 12° con la pared cuando las fuerzas ejercidas por sus pies son perpendiculares a la cara de la pared. Sabiendo que la masa del escalador es de 62 kg. ¿Cuál es la tensión de la cuerda? ¿cuál es la fuerza ejercida por la pared sobre el escalador?

9. Un cuerpo de masa $m_1 = 6$ kg está sobre una superficie horizontal con la cual hay fricción de coeficiente cinético 0,15; esta masa se conecta por medio de una cuerda de peso despreciable a través de una polea, con una masa $m_2 = 10$ kg que se encuentra sobre un plano inclinado que forma un ángulo de 35° con la horizontal con el cual hay fricción de coeficiente de roce 0,2. Calcula la aceleración del sistema y la tensión de la cuerda, si se aplica sobre m_1 una fuerza constante no equilibrada de valor 49 N que forma un ángulo de 30° con la horizontal, tal como lo señala la figura.



10. Dos masas iguales de 4 kg cada una, se conectan con un cordón delgado y se halan hacia arriba de un plano inclinado 37° con la horizontal, tal como lo señala la figura. El coeficiente de fricción entre M_1 y el plano es 0,5, y el coeficiente de fricción entre M_2 y el plano es cero. Si la fuerza F es constante de 240 N y se mantiene formando un ángulo de 60° con la dirección del plano, determina a) la aceleración del sistema y la tensión de la cuerda; b) describe qué sucederá con el movimiento de las masas si el cordón con que se halan se rompe repentinamente.



"Gravedad" en tu comunidad

Identifica problemas sobre cómo se usa la interacción gravitacional en tu comunidad, por ejemplo, en el servicio de agua, en el uso de escaleras, ascensores, carreteras, rampas, entre otros. Organiza con tus compañeras y compañeros y con la asesoría de tu profesora o profesor un proyecto de construcción de sistemas mecánicos que cumplan alguna función en la solución de los problemas detectados en tu comunidad, usando para ello materiales de bajo costo y aplicando los principios de la formulación de Newton.



En los casos de movimiento que se han trabajado hasta ahora, las trayectorias que los cuerpos realizan están en una dimensión, y así lo reflejan los nombres de las categorías que tienen: movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo variado, lanzamiento vertical, entre otros.

Para el caso de movimiento en un plano, tenemos más categorías, pues los cuerpos no solamente realizan trayectorias parabólicas en el tiempo. Tenemos el caso de trayectorias circulares como el movimiento que tiene la rueda de un carro, o la rueda en un parque infantil, y muchos más ejemplos que citaremos más adelante. También tenemos situaciones en las que el movimiento de un cuerpo pareciera no tener una trayectoria especial, pero sí reconocemos que se mueve en un "ir y venir" o "vaivén" alrededor de un eje imaginario, de forma periódica, tal como ocurre con el movimiento de un péndulo o la expansión y compresión de un resorte y esos casos se denominan movimientos armónicos u oscilatorios.

Todas estas condiciones ocurren dentro del campo de acción de la fuerza gravitacional de la Tierra; en el caso del ascenso o descenso de los cuerpos, recordaremos que la aceleración que éstos adquieren es la aceleración de gravedad, lo que significa que la fuerza que los acelera es la fuerza de gravedad. De manera general y tal como se concluyó en la lectura de interacciones, la aceleración de un cuerpo es consecuencia de la acción de una fuerza neta que actúa sobre éste.

¿Y cuáles serán las fuerzas responsables de acelerar un cuerpo en movimiento circular o en movimientos periódicos? ¿De qué manera podemos describir los efectos causados por esas fuerzas?

Interacciones para hacer girar un cuerpo

Al observar a tu alrededor te darás cuenta de que los movimientos en trayectorias curvas son bastante comunes, los podemos ver en el rodar de las ruedas de una bicicleta, en el movimiento de las aspas de un molino o de un ventilador, hasta en el giro que realizan los discos compactos al momento de escuchar música y en los útiles motores eléctricos de artefactos como licuadoras, ventiladores, batidoras, entre otros.

Aunque no lo veamos, también sabemos que la Luna sigue un movimiento en trayectoria curva alrededor de la Tierra, los planetas alrededor del Sol, el Sol alrededor de la Vía Láctea; también el movimiento de los electrones alrededor del núcleo del átomo, en fin hay muchos movimientos donde la trayectoria curva está presente.

Resulta interesante observar que este tipo de movimiento está asociado a la interacción que tiene un cuerpo con otro que se encuentra fijo y que como consecuencia uno de estos cuerpos se ve obligado a girar en torno al otro. Consideremos al sistema que se muestra en la figura 15.1. en el cual se pone a girar un disco sobre una mesa horizontal utilizando una cuerda amarrada de uno de sus extremos, en este caso debido a las interacciones presentes, el disco se mueve siguiendo una trayectoria curva regular que llamamos circunferencia y por eso lo denominamos movimiento circular.

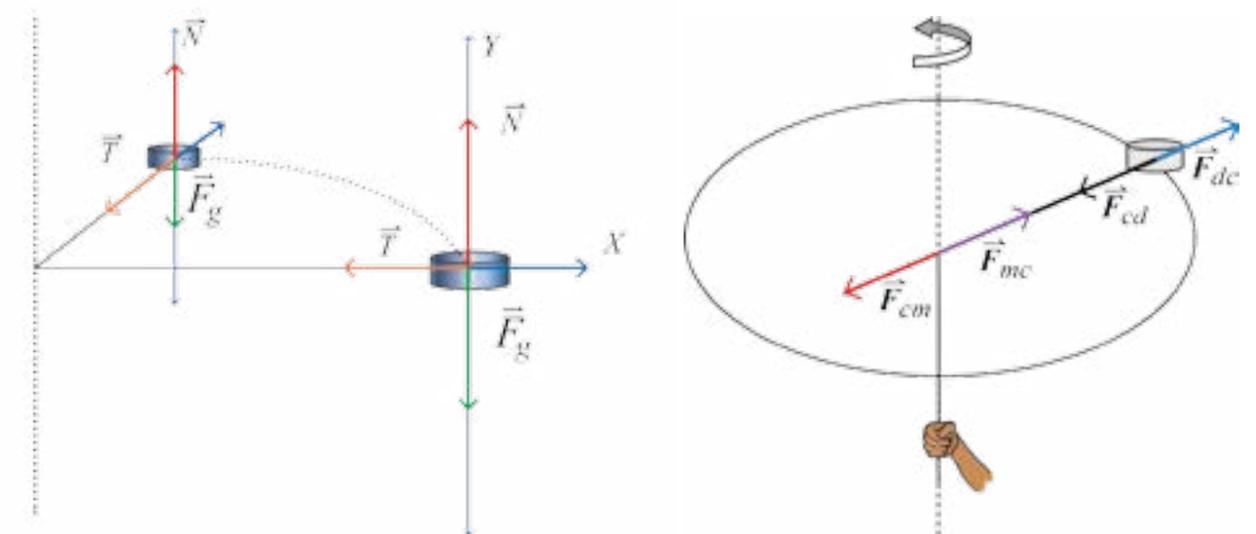


Figura 15.1. Interacciones y fuerzas asociadas al giro de un disco.

Analizando las interacciones, tenemos los siguientes pares de acción y reacción: la fuerza que ejerce la mano de la joven sobre la cuerda \vec{F}_{mc} que por tercera ley de Newton sabemos tendrá una reacción en la misma dirección, pero en sentido contrario y sobre la mano, a la que llamaremos fuerza de la cuerda sobre la mano \vec{F}_{cm} .

Al mismo tiempo, la cuerda ejerce una fuerza hacia el centro sobre el disco \vec{F}_{cd} , a la que llamaremos tensión \vec{T} y cuya reacción es del disco sobre la cuerda \vec{F}_{dc} .

Del mismo modo la mesa ejerce una fuerza sobre el disco llamada normal \vec{N} y su reacción que es \vec{F}_{dm} . Finalmente tenemos la interacción de la Tierra con el disco y que conocemos como la \vec{F}_g y cuya reacción es \vec{F}_{dT} .

Escribiendo estas interacciones en su forma de acción y reacción tenemos:

$$\vec{F}_{mc} = -\vec{F}_{cm} \quad \vec{N} = -\vec{F}_{dm}$$

$$\vec{T} = -\vec{F}_{dc} \quad \vec{F}_g = -\vec{F}_{dT}$$

Como la normal y la fuerza gravitacional sobre el disco se encuentran equilibradas, no provocan movimiento en su dirección de acción. Así como también las fuerzas que actúan sobre la cuerda se equilibran, podemos concluir al ver la trayectoria circular que realiza el disco, que la fuerza neta es la tensión y que actúa permanentemente hacia el centro; por esta razón, se le denomina **fuerza central o centrípeta**. En este caso, su acción constante resulta en los cambios en la cantidad de movimiento del disco, forzándolo a describir un movimiento circular.

Isaac Newton definía a esta fuerza como: "...aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos o empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como un centro de la trayectoria. De esta clase es la gravedad por la que los cuerpos tienden al centro de la Tierra; el magnetismo por el que el hierro tiende hacia el imán; y la fuerza cualquiera que sea por la que constantemente los planetas se ven apartados de las trayectorias rectilíneas y se ven obligados a permanecer girando en líneas curvas".

¿Y cómo ocurre el cambio en la cantidad de movimiento debido a una fuerza centrípeta?

La segunda ley de Newton nos advierte que los cambios de movimiento producidos por la fuerza ocurren en la dirección en que esta fuerza se aplica, si consideramos la masa del disco como constante la segunda ley de Newton se representa de la forma:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Si la fuerza neta está dirigida hacia el centro, entonces la aceleración también lo estará. A esta aceleración también la llamaremos **aceleración centrípeta**.

$$\sum \vec{F}_c = m\vec{a}$$

Ahora, cabe la pregunta: ¿cómo determinamos para estos casos la aceleración centrípeta que adquieren los cuerpos en trayectorias circulares? ¿Podremos utilizar las mismas ecuaciones que utilizamos para los movimientos rectilíneos? Y la respuesta a esta última pregunta es no, ya que por ser una trayectoria curva debemos considerar que la velocidad está cambiando permanentemente de dirección y sentido, esto lo podemos verificar en la siguiente situación:

Supongamos que en el ejemplo anterior alguien decidiera cortar la cuerda en cualquier lugar, ¿el disco continuará dando vueltas? La respuesta es no; en ese caso, el disco dejaría de dar vueltas y saldría disparado en una dirección tangente a la trayectoria que tenía en el justo instante en que se rompió la cuerda.

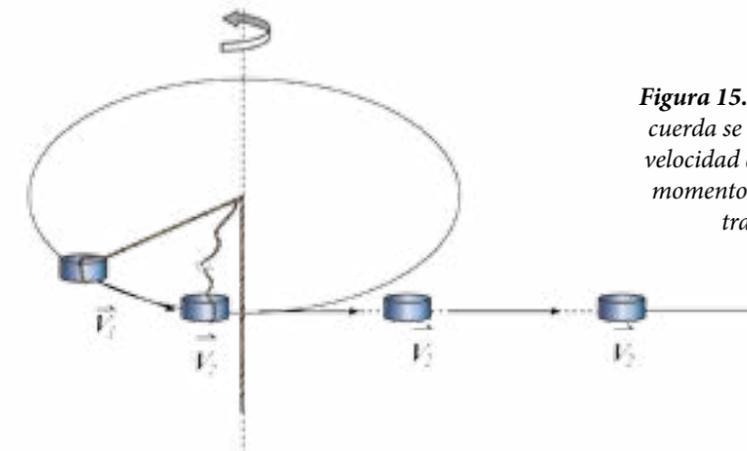


Figura 15.2. Al romperse la cuerda se evidencia que la velocidad del cuerpo en ese momento es tangente a la trayectoria.

Esto sucedería así en cualquier lugar que se rompa la cuerda; por lo tanto, podemos afirmar que la **velocidad siempre estará en una dirección tangente a un punto de la trayectoria**.

Veamos cómo ocurren estos cambios de velocidad de una manera más detallada. En la figura 15.3 tenemos una partícula que describe una circunferencia de radio r . En un instante inicial de tiempo, se encuentra en el punto P_1 , con una velocidad tangencial \vec{v}_1 , al cabo de cierto tiempo, ha recorrido un ángulo θ ubicándose en el punto P_2 y con una velocidad \vec{v}_2 . Ambos vectores son iguales en magnitud, pero con distintas direcciones. Si hacemos coincidir sus orígenes, tenemos el siguiente triángulo (figura 15.4 (a)):

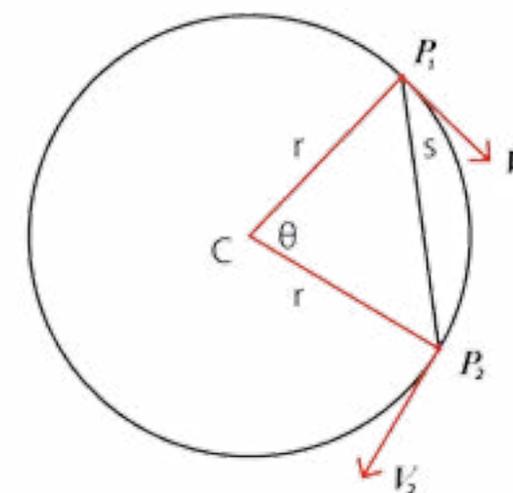


Figura 15.3. En esta figura se muestra el cambio de dirección del vector velocidad en P_1 y P_2 en una trayectoria circular.

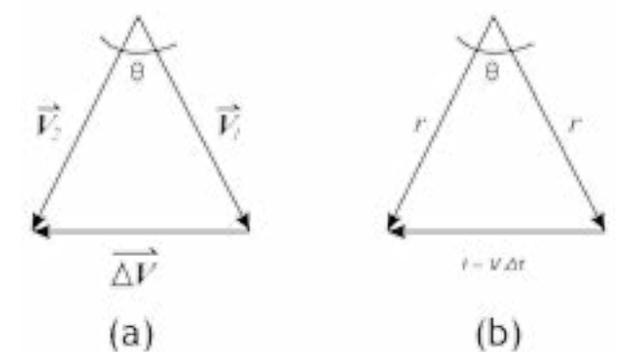


Figura 15.4. (a) y (b) son triángulos semejantes de la velocidad y la longitud de arco respectivamente, que surgen del análisis geométrico para tiempos muy cercanos en un movimiento circular uniforme (MCU).

Resulta ser un triángulo semejante al que forma el radio con los puntos P_1 y P_2 . Cuando el intervalo de tiempo es muy pequeño, la cuerda S se aproxima con el arco de circunferencia. Con esta consideración y sabiendo que la rapidez es constante, podemos decir que $v = \frac{S}{\Delta t}$, relacionando estas dos expresiones tenemos que $v \cdot \Delta t = s$, tal como se señala en la figura 15.4 (b). Nota que el vector Δv apunta aproximadamente hacia el centro del círculo, mientras más pequeño sea el intervalo de tiempo más preciso será su dirección central, como debemos esperar al ser la fuerza aplicada una fuerza central.

Aplicando el teorema de triángulos semejantes concluimos que

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v \Delta t}{r}$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

Como ya lo sabes, los cambios de la velocidad en el tiempo representan la aceleración y si éstos se toman en tiempos muy pequeños, estos cambios apuntarán al centro de la circunferencia. Por esta razón, demostramos que la aceleración también apunta al centro y por eso también la llamamos **aceleración centrípeta**.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow \vec{a} = \frac{v^2}{r} \hat{r}$$

La aceleración centrípeta de cualquier objeto que describa una trayectoria circular es un vector que coincide en todo momento con el radio del movimiento, a esto se debe que en la expresión anterior tenga dirección \hat{r} , además resulta perpendicular al vector velocidad.

En conclusión cuando la fuerza neta es una fuerza central que produce un movimiento circular, se le denomina fuerza centrípeta y se puede expresar de la siguiente manera.

$$\vec{F}_c = m \frac{v^2}{r} \hat{r} \text{ donde } \hat{r} \text{ representa la dirección radial hacia el centro.}$$

Evolución del movimiento circular

De todos los movimientos posibles que resultan de la aplicación de una fuerza central o centrípeta, hay uno de especial interés que es el **Movimiento Circular Uniforme (MCU)**. Este movimiento se caracteriza, como ya lo demostramos, por tener una aceleración centrípeta, también por tener una simetría espacial y temporal. A continuación describiremos cuatro de esas características:

1. La trayectoria es circular

Esto pareciera trivial, sin embargo, tiene una forma matemática de decirse y que parte del hecho, como se ve en la figura 15.5, que en todo movimiento circular la distancia a la que se encuentra el objeto de un punto fijo llamado centro se mantiene constante y esa distancia es la que llamamos el radio del movimiento circular.

Si colocamos un observador en el centro del círculo, él notará que independientemente de las distancias horizontales y verticales recorridas, la distancia al centro será la misma. Estas relaciones espaciales las pudiéramos expresar aplicando el teorema de Pitágoras y las razones trigonométricas fundamentales.

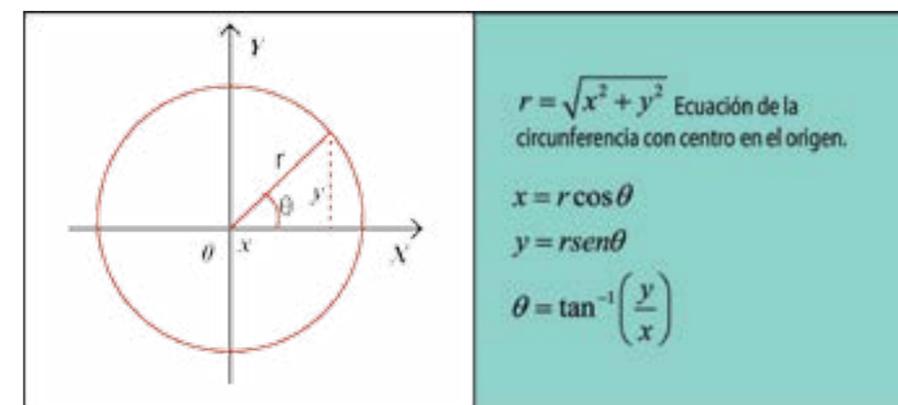


Figura 15.5. Análisis geométrico de la trayectoria circular.

Otro aspecto espacial muy interesante de los círculos es que el cociente entre la longitud del círculo (l) y su diámetro (D) es una constante cuyo valor 3,14159... es un número irracional (π) de lo cual se deduce la ecuación:

$$\frac{l}{D} = \pi \rightarrow l = 2\pi r$$

Siendo $D = 2r$

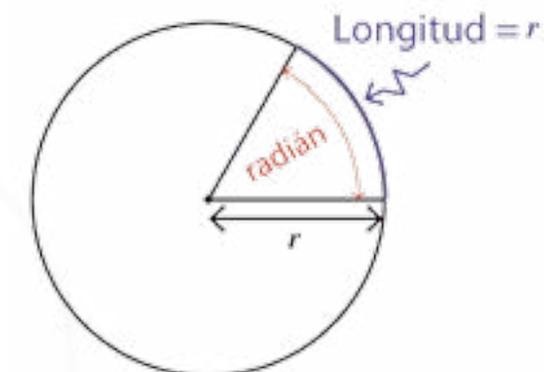
Otro aspecto interesante es que la circunferencia también se puede dividir en arcos iguales de longitud igual al radio de la circunferencia, el ángulo de ese arco es aproximadamente igual a $57,3^\circ$ y a esta cantidad en grados se le denomina radián [rad].

$$[rad] \cong 57,3^\circ$$

Al dividir la circunferencia completa entre el radián expresado en grados resulta el valor de 6,28... que es aproximadamente 2π , por lo tanto, se cumple para toda circunferencia que:

$$360^\circ = 2\pi [rad] \rightarrow 180^\circ = \pi [rad]$$

Figura 15.6. El radián es un arco de circunferencia de ángulo $57,3^\circ$ cuya longitud es igual al radio de dicha circunferencia.



2. El movimiento es periódico

Algo interesante que resulta de estudiar el movimiento circular uniforme es que un objeto que realiza este movimiento siempre tarda el mismo tiempo en dar una vuelta completa y es por esto que se le considera un movimiento periódico.

Al tiempo que tarda el objeto en dar una vuelta completa alrededor del círculo se le denomina **período**, y se determina dividiendo el tiempo total conocido entre el número de vueltas que dio en ese tiempo.

$$T = \frac{t}{n}$$

Por otra parte, si lo que nos interesa es saber cuántas vueltas dio el objeto por unidad de tiempo, determinamos la **frecuencia** dividiendo el número de vueltas totales entre el tiempo que tardó en darlas.

$$f = \frac{n}{t}$$

De lo anterior se demuestra claramente la relación inversa que existe entre ambos términos:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{y} \quad f = \frac{1}{T}$$

La unidad de medida de la frecuencia (f) en el SI es el Hz.

3. Recorre ángulos iguales en tiempos iguales

Otra característica del MCU es el hecho de que en su recorrido "barre" ángulos iguales en tiempos iguales. Esto nos permite establecer una magnitud tal que la llamaremos **velocidad angular**, la cual permanecerá constante a lo largo del movimiento.

El valor de la velocidad angular lo determinaremos de forma análoga a la velocidad media, dividiendo los cambios angulares entre el tiempo que tarda en hacerlos.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

Y si tomamos el instante t_1 , θ_1 como cero, la expresión anterior se puede reescribir como:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \rightarrow \theta = \omega t$$

$$\theta = \omega t$$

Ahora bien, cuando en el movimiento circular uniforme se describe más de una vuelta, el ángulo θ se puede determinar en función de radianes.

$$\theta = n \cdot 360^\circ = n \cdot 2\pi \text{ [rad]} \rightarrow \theta = 2\pi n \text{ [rad]}$$

Si sustituimos en la expresión anterior, resulta:

$$\omega = \frac{2\pi n \text{ [rad]}}{t}, \text{ como } T = \frac{t}{n}$$

$$\omega = \frac{2\pi \text{ [rad]}}{T} \quad \text{ó} \quad \omega = 2\pi \text{ [rad]} f$$

La rapidez angular calculada de esta manera se expresa en [rad]/s.

La dirección de este vector se obtiene aplicando la regla de la mano derecha, entonces al colocar los 4 dedos en el sentido de la velocidad tangencial, el pulgar te dará la dirección de la velocidad angular. Como se muestra en la figura, el cuerpo está girando en sentido contrario a las manecillas del reloj y por el sistema de referencia que usamos, la velocidad angular está orientada hacia arriba, en dirección \hat{z} , perpendicular al plano de giro.

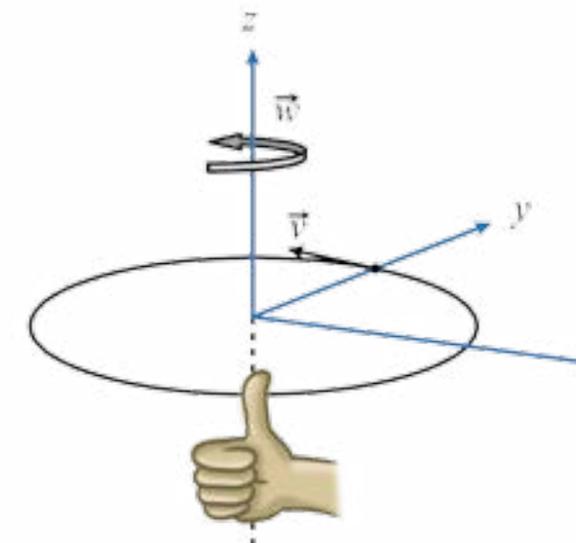


Figura 15.7. La dirección del vector velocidad angular permite distinguir el sentido de giro de un movimiento circular.

4. Recorre distancias iguales en tiempos iguales

Análogamente a la velocidad angular, podemos apreciar que en el movimiento circular uniforme el objeto recorre distancias iguales en tiempos iguales. Esto implica que su rapidez media permanece constante y la denominaremos **rapidez lineal o tangencial** (v_l) para diferenciarla de la angular.

$$v = \frac{l}{t}, \text{ donde } l \text{ es la longitud del arco de circunferencia.}$$

Cuando en el MCU se describe más de una vuelta, la distancia podría calcularse como:

$$l = 2\pi r n$$

$$v_l = \frac{2\pi r n}{t}$$

De la misma forma se puede expresar como:

$$v_l = \frac{2\pi r n}{t} \rightarrow v_l = 2\pi r f \quad \text{ó} \quad v_l = \frac{2\pi r}{T}$$

Ahora bien, si comparamos las ecuaciones de la rapidez angular, rapidez lineal y aceleración centrípeta, se puede demostrar que se establecen las siguientes relaciones:

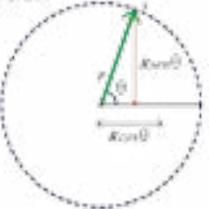
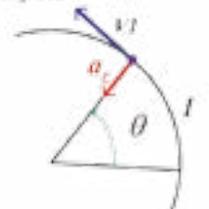
$$\omega = \frac{2\pi n}{t} \quad \text{y} \quad v_l = \frac{2\pi r n}{t} \quad \text{y} \quad a_c = \frac{v_l^2}{r} \quad \text{Se concluye que:}$$

$$v_l = \omega r \quad \text{y} \quad a_c = \omega^2 r$$

Como ya lo mencionamos, la dirección y sentido de la velocidad lineal es siempre tangente a la trayectoria.

Forma vectorial de la evolución de la posición, la velocidad tangencial y la aceleración en función del tiempo en un M.C.U.

En el siguiente cuadro, haremos una síntesis de la forma en que cambian la posición, la velocidad y la aceleración en el Movimiento Circular Uniforme (MCU). Nota que en este movimiento la rapidez del objeto es constante, pero su velocidad no lo es. Ello se debe a que la velocidad es una magnitud vectorial, tangente a la trayectoria, y en cada instante cambia de dirección. Como la velocidad cambia, esto implica que existe una aceleración que, si bien en el MCU no varía al módulo de la velocidad, sí varía su dirección. En el cuadro consideramos que el ángulo inicial es igual a cero. Y recuerda que $\theta = \omega t$.

Representación	Forma Polar	Forma Cartesiana
<p>Posición</p> 	$\vec{r} = (\vec{r} , \theta)$ $\vec{r} = (\vec{r} , \omega t)$	$\vec{r}_{(t)} = r [\cos(\omega t)\hat{i} + \text{sen}(\omega t)\hat{j}]$
<p>Velocidad y aceleración centrípeta</p> 	$\vec{v} = (\vec{v} , (\omega t + 90^\circ))$ $\vec{a} = (\vec{a} , (\omega t + 180^\circ))$	$\vec{v}_{(t)} = \omega r [\cos(\omega t + 90^\circ)\hat{i} + \text{sen}(\omega t + 90^\circ)\hat{j}]$ $\vec{a}_{(t)} = \omega^2 r [\cos(\omega t + 180^\circ)\hat{i} + \text{sen}(\omega t + 180^\circ)\hat{j}]$



La Luna cae a la Tierra

Nuestro satélite natural tarda aproximadamente 27,3 días en dar una revolución completa alrededor de nuestro planeta. Si suponemos que la órbita es circular y que el radio que describe de circunferencia es igual a $3,85 \times 10^8$ m, ¿cuál es la magnitud de la aceleración centrípeta de la Luna?

Sabemos que la velocidad es de magnitud constante, por lo tanto, una revolución completa en términos de longitud se calcula como $2\pi r$, entonces:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \rightarrow v \cong 1026 \text{ m/s} \rightarrow a = \frac{v^2}{R} = 0,00273 \text{ m/s}^2$$

Estima el valor de la fuerza centrípeta que se aplica y compárala con otras conocidas.

Interacciones para hacer oscilar a un cuerpo

Otro caso de fuerzas, pero que cambian su dirección de acción en el tiempo, y que son muy familiares para nosotros, son las **fuerzas elásticas**. De inmediato debe llegar a tu mente la imagen de un resorte que se comprime o se expande, y aunque ésta es una aplicación, no es la única que tenemos en este contexto.

Las trayectorias que realizan los cuerpos que están bajo las fuerzas elásticas son periódicas, es decir, de vaivén, como el ir y venir de un resorte, entre otras. Se caracterizan por ser trayectorias oscilantes, en las que los cuerpos después de que son perturbados buscan recuperar su estado de equilibrio estable, haciendo recorridos que los hacen pasar por estos puntos periódicamente.

Analicemos el caso de una masa unida a un resorte en un plano horizontal sin roce, las interacciones que están presentes en este sistema son: Normal, Fuerza de Gravedad y Fuerza de Resorte. Observa el ejemplo de la figura 15.8. La fuerza neta que está actuando sobre la masa, resulta ser la fuerza del resorte.

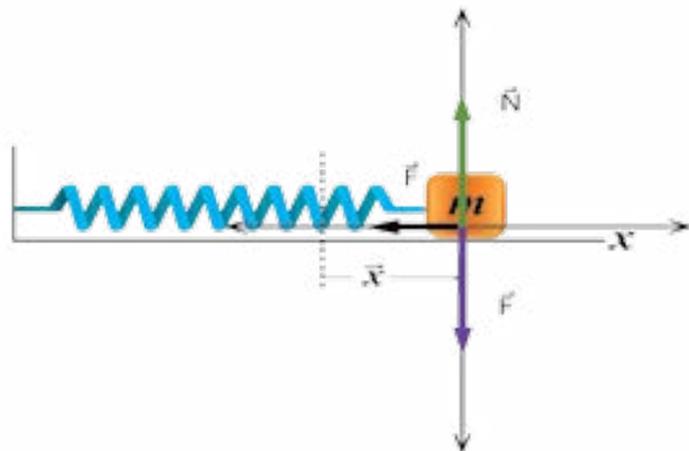


Figura 15.8. Diagrama de interacciones de un sistema masa resorte en el caso de un movimiento armónico simple. En este caso la fuerza restauradora está en sentido contrario al desplazamiento de la masa que va hacia la derecha.

En esta situación, se ha estirado el resorte al desplazar la masa una posición X de su punto de equilibrio. La fuerza que ejerce el resorte es contraria al desplazamiento de la masa, en busca de restaurar el equilibrio en $X=0\text{m}$.

Naturalmente y como objetivo de la mecánica, la idea en estos sistemas es poder hallar las ecuaciones de la cinemática a partir de las interacciones, para así entenderlos mejor.

En las figuras (15.9a) y (15.9b), se muestran dos momentos de la oscilación del objeto. Notaremos que la masa halada por el resorte oscilará entre un punto máximo negativo y otro máximo positivo de desplazamiento pasando por $x=0\text{ m}$. En cada momento la fuerza del resorte estará actuando en dirección contraria al vector posición de la masa, cesando cuando la masa haya retornado a su posición original.

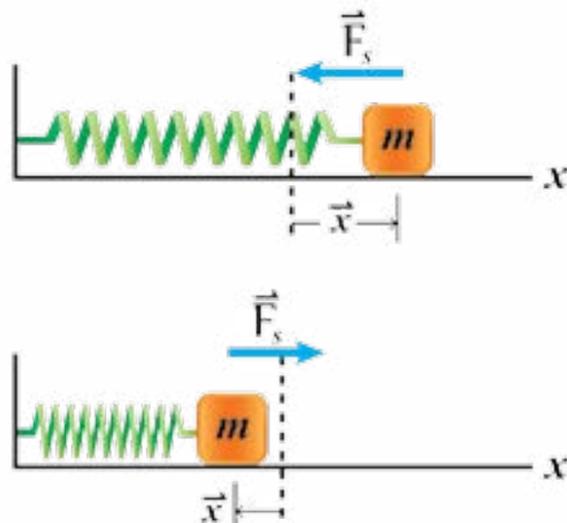


Figura 15.9. (a) y (b) En cada situación se intercambian las direcciones de acción de la fuerza con el desplazamiento de la masa.

A estas fuerzas, se les conoce como fuerzas restauradoras y en su caso más simple se puede escribir como:

$$\vec{F} = -k\vec{x}$$

F = La fuerza restauradora.

K = La constante de elasticidad.

X = El desplazamiento de la masa respecto al punto de equilibrio.

Esta expresión también es conocida como **Ley de Hooke**, y su nombre se debe a Robert Hooke, contemporáneo de Newton que estudió las propiedades elásticas de algunos materiales.

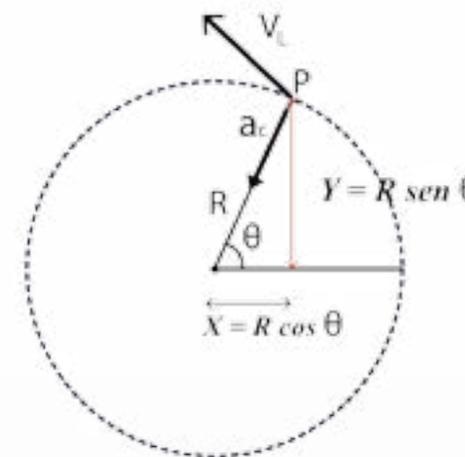
Planteando la segunda ley de Newton, tenemos que:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow -k\vec{x} = m\vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{-k\vec{x}}{m}$$

Se puede ver de esta igualdad que la fuerza elástica es variable en el tiempo por los cambios de dirección que presenta cada vez que oscila alrededor del punto de equilibrio, de manera que para hallar la aceleración nos conviene acudir a un modelo geométrico.

Consideremos un movimiento circular, y hagamos la proyección de la posición de la partícula en el eje X . A partir del punto P , ubicado sobre la trayectoria (figura 15.10), realizamos las proyecciones en el eje X y Y , donde a partir del triángulo formado con R y de las relaciones trigonométricas de $\text{sen}(\theta)$ y $\text{cos}(\theta)$, se tiene que la posición en el eje X es una función del ángulo θ de barrido.

A medida que la partícula se desplaza, la proyección en X puede verse (figura 15.10) como la "sombra" sobre esa dirección, alcanza máximos y mínimos siempre en los mismos ángulos. Como θ es el ángulo barrido por unidad de tiempo, a partir de la expresión $\theta = \omega t$ tenemos que:



De manera que la expresión del desplazamiento para la masa del sistema masa resorte es:

$$x(t) = A \cos(\omega t)$$

En donde $R=A$ es la amplitud máxima de desplazamiento. Haciendo las mismas consideraciones sobre el movimiento circular, se puede deducir que la velocidad para cualquier instante de tiempo es: $v(t) = -A \text{sen}(\omega t)$

Y la aceleración será: $a_{(t)} = -A\omega^2 \cos(\omega t)$

$$a(x) = -\omega^2 x$$

Dejamos la deducción de las expresiones anteriores al estudiante.

El significado físico de ω resulta en la frecuencia angular del movimiento. Analizando la expresión $\omega = \frac{2\pi}{T}$, tenemos que se repite cada cierto tiempo $T = \frac{2\pi}{\omega}$. De la segunda ley de Newton que se planteó anteriormente, tenemos que $\frac{k}{m} = \frac{a}{x}$, y como $a = -\omega^2 x$, al sustituir, resulta:

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$



Figura 15.10. Proyección en los ejes X y Y del movimiento circular de una partícula. Aquí se puede ver como el desplazamiento en X , a medida que avanza el tiempo, alcanza los máximos y mínimos en términos del $\text{cos } \theta$.



Un resorte que mide "peso"

Una aplicación cotidiana de las propiedades elásticas de los resortes, y que nos ha resultado muy útil para resolver problemas en el mercado, es la que tiene que ver con la medición de fuerzas, es decir, con las pesas o balanzas de resorte. Generalmente en los mercados populares encontrarás que para "pesar" alimentos hay balanzas como las que se muestra en la siguiente imagen ¿Cómo realizas la lectura en gramos?



Ya vimos en interacciones que cuando el cuerpo se mantiene en reposo, las fuerzas están equilibradas; por lo tanto, en esta situación, al momento de colocar los gramos de vegetales, internamente en el medidor se está estirando un resorte, y el desplazamiento que está realizando será mayor o menor, de acuerdo con el peso que se está colocando. Haciendo una calibración entre el Δx y la masa en gramos, podemos pesar.

Robert Hooke demostró experimentalmente que la fuerza que ejercen los resortes es directamente proporcional al desplazamiento que experimenta el resorte cuando se estira o comprime con respecto a una posición de equilibrio. Esta fuerza actúa en sentido contrario a dicho desplazamiento y se le suele llamar elástica.

$-F_e \propto x$, esto significa que el cociente entre las dos cantidades es una constante para cada resorte y que se denomina constante de elasticidad (K). Éste es un valor que caracteriza a cada resorte y que señala el nivel de elasticidad que tiene de acuerdo a la cantidad de fuerza necesaria por unidad de desplazamiento. Es evidente que cada uno se estira o comprime de una manera distinta.

$$\frac{F_e}{x} = k \rightarrow F_e = -kx$$

Esta fuerza es la que actúa cuando colocamos un objeto para que sea sostenido por un resorte helicoidal muy rígido, de forma tal que si igualamos esa fuerza a la fuerza gravitacional conocida y despejamos la masa, tenemos:

$$m = \frac{-kx}{g}$$

Te sugerimos que con la ayuda de tu profesora o profesor realices un diseño experimental que te permita calcular la constante de un resorte y que así puedas utilizarlo como dinamómetro para medir la masa. Puedes consultar en la siguiente página de simulaciones <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>



El tic tac de un reloj

Supongamos que tenemos un reloj de péndulo que se encuentra oscilando. La longitud de la barra rígida del reloj es l y su masa es despreciable. Considerando que en su extremo libre tiene unido un cuerpo de masa m , y en un instante determinado se separa la barra un ángulo, que consideraremos muy pequeño, comprendido entre 0° y 20° , ¿cómo determinamos el período de oscilación de este reloj péndulo?

Al aplicar la segunda ley de Newton tenemos:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T - mg \cos \theta = 0 \rightarrow T = mg \cos \theta$$

$$\sum F_x = -mg \sin \theta = ma_x$$

Para ángulos pequeños se tiene que: $\sin \theta \cong \theta$ y el valor de θ lo obtenemos de aproximar a un triángulo rectángulo al arco de longitud S , de catetos (X, Y) e hipotenusa (l) como se muestra en la figura $\theta = \frac{x}{l}$.

Por tanto, la fuerza neta en la dirección de los cambios de movimiento será: $\sum F_x = -mg \frac{x}{l}$

Por analogía con la ecuación de la fuerza restauradora $F = -kx$ se puede afirmar que:

$$k = \frac{mg}{l} \rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{l}$$

Sabiendo también que para los sistemas masa-resorte la rapidez angular se determina como:

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \rightarrow \omega^2 = \frac{g}{l}$$

Y comparando con la ecuación de rapidez angular:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \text{ por lo tanto } \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l}$$

Se obtiene una expresión que permite determinar el período y la frecuencia de oscilación del péndulo simple.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

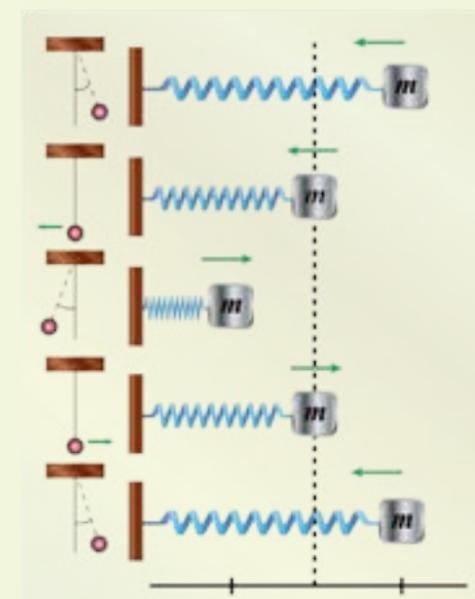
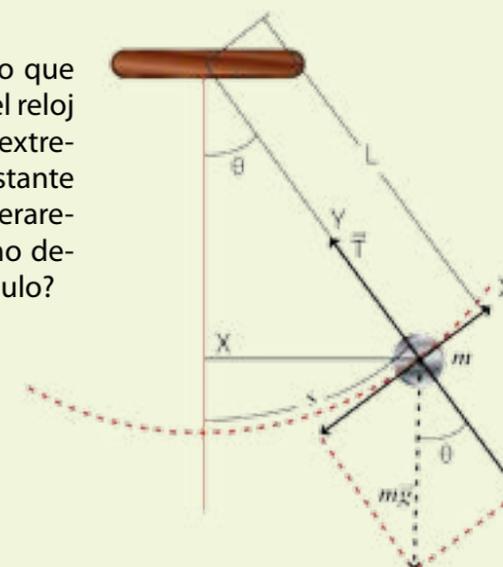


Figura 15.11. Analogía entre los dos sistemas de movimiento armónico simple (MAS). Nota que cuando los cuerpos son separados de su posición de equilibrio, están en su momento de máxima amplitud. Cuando pasan el equilibrio, se encuentran cerca del mínimo de su amplitud y así sucesivamente.



Calculando el valor de la gravedad

¿Qué necesitamos?

Hilo nylon, una masa de 50 gr o 100 gr (puede ser una tuerca grande), un soporte universal (si lo posees), una regla, un transportador, papel bond, cinta adhesiva, tus útiles diarios, cronómetro o reloj de pulsera con cronómetro.

¿Qué haremos?

- Te sugerimos que montes un péndulo en el cual puedas variar su longitud, manteniendo la masa y el ángulo máximo constantes; de esta forma mide el período de oscilación para diferentes longitudes. Vamos a medir los períodos de oscilación de un péndulo a partir de la longitud. Para ello puedes escoger tres hilos de nylon de las longitudes que desees, pueden ser de 30 cm, 50 cm y 1 m si lo deseas.
- Traza en el papel bond un ángulo de apertura que esté entre 5° y 20°, por ejemplo: 10°.
- Ata un extremo del hilo a un clavo en la pared que permita el movimiento libre del péndulo, sin que roce. Si tienes un soporte universal, cuelga de éste. Del otro extremo del hilo amarra la masa.
- Para cada longitud del hilo, abre hasta el ángulo seleccionado, mide el tiempo que tarda la masa en hacer 10 oscilaciones completas, (un ir y venir), repite 10 veces este procedimiento para cada hilo.
- Anota los datos en una tabla:
- Con m y θ constantes:

L (cm)	t_1	t_2	t_3						t_{10}	T(s)	g (cm/s)
30											
50											
100											

- ¿Qué concluyes de los resultados obtenidos, el valor obtenido para la aceleración de gravedad es razonablemente aceptable?
- ¿Qué sucederá si el ángulo de abertura es cerca de los 20°? ¿Se mantiene constante la trayectoria del péndulo? ¿Resulta válida la expresión $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ para ángulos mayores a 20°? ¿Qué mejoras proponen al diseño experimental para obtener medidas más precisas?

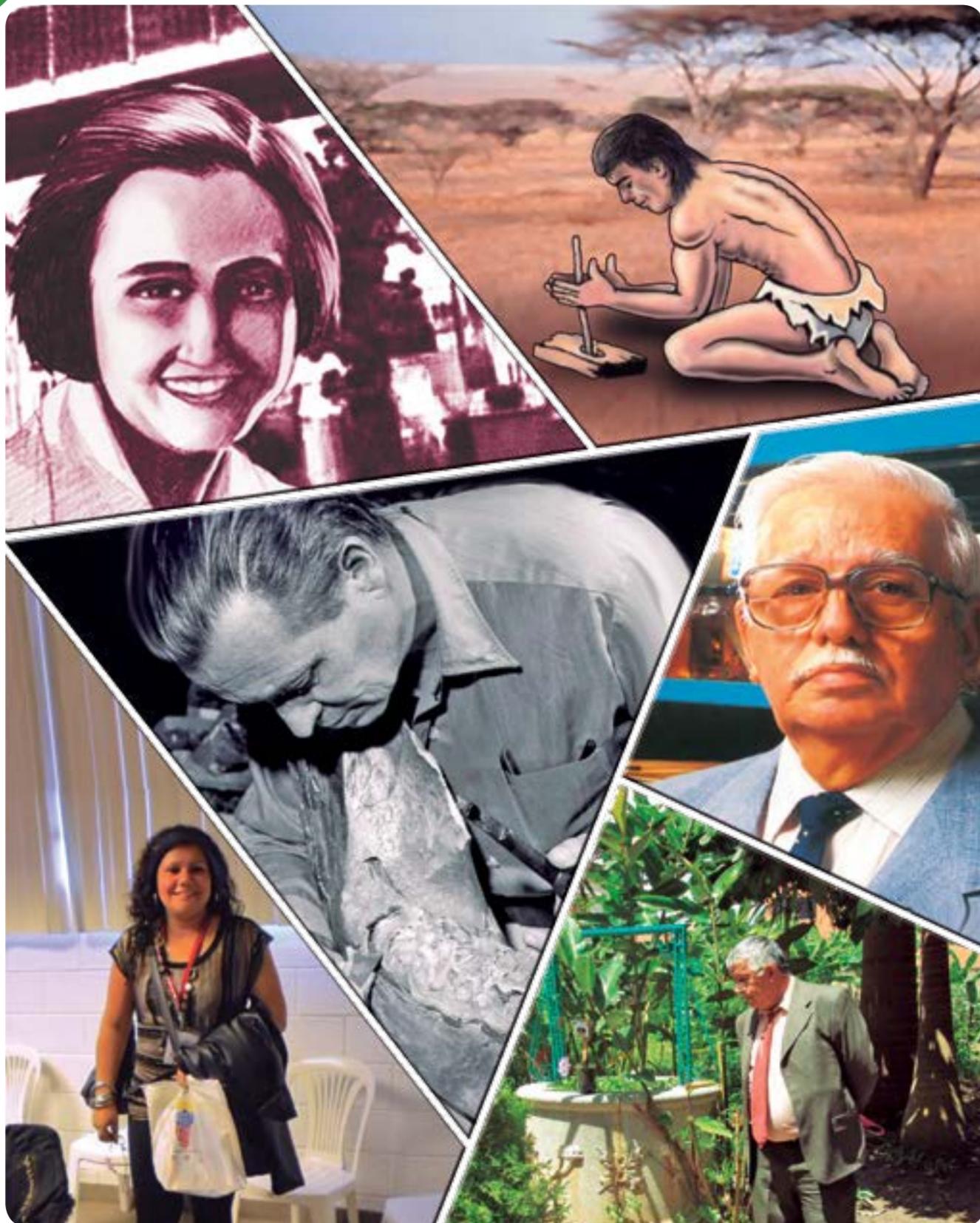


Actividades de autoevaluación

1. Un amigo te comenta que los planetas alrededor del Sol no se aceleran, según lo evidencia la velocidad constante con que realizan su movimiento de traslación alrededor de ese astro. ¿Estás de acuerdo con tal afirmación?
2. El desplazamiento de un objeto se determina por $y(t) = 3\text{sen}(20\pi t)$ cm. ¿Cuáles son la amplitud, la frecuencia y el período de oscilación del movimiento este objeto?
3. Una masa se fija a un resorte cuya constante es $k = 400$ N/m. A esta masa se le desplaza 4 cm de su punto de equilibrio, y se suelta cuando $t=0$, con una frecuencia de 15,6 Hz. ¿Cuál es el desplazamiento, velocidad y aceleración de esta masa en función del tiempo?
4. La aceleración de gravedad varía ligeramente sobre la superficie de nuestro planeta. Si un péndulo tiene un período de 3s en un lugar donde $g=9,803$ m/s² y un período de 3,0024 s en otro lugar. ¿Cuál el valor de la g en ese otro lugar?
5. El aspa de un helicóptero gira a 80 rpm. ¿Cuál es el valor en radianes por segundo? Si el diámetro de la hélice es de 5 m, ¿cuál es la velocidad tangencial del aspa?
6. Un niño de 4 kg se está meciendo en un columpio cuyas cadenas tienen aproximadamente 3 m de largo cada una. Si la tensión de la cuerda en su punto más bajo es de 350 N, ¿cuál es la velocidad lineal del niño en el punto más bajo de la trayectoria? En ese mismo punto, ¿cuánto vale la fuerza que ejerce el asiento sobre el niño?
7. Supongamos que tenemos una lata amarrada a una cuerda, y comenzamos a girar. Si se rompe la cuerda, ¿qué tipo de movimiento hace la lata?, ¿qué fuerza es la responsable de su movimiento a partir de ese momento?
8. Javier y Viviana van en sus bicicletas con la misma rapidez. Pero las ruedas de la bicicleta de Javier son de mayor diámetro que las de la bicicleta de Viviana, ¿cuál bicicleta tiene mayor rapidez angular?

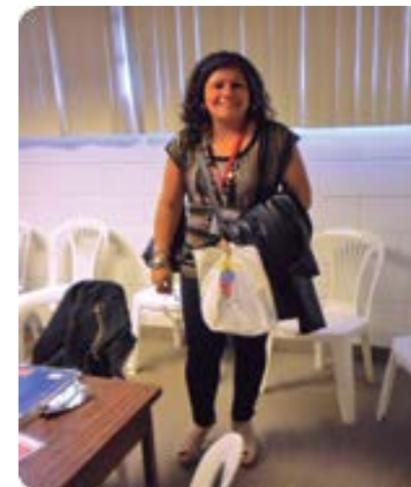


ALGO MÁS PARA SABER SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Ciencia y tecnología popular como esperanza para las personas con artritis

La artritis es una condición que puede llegar a ser muy grave. Se caracteriza por la inflamación o desgaste de las articulaciones, lo que causa fuertes dolores, progresiva inmovilidad y deterioro de la salud general.



Con el empeño de construir una soberanía científico-tecnológica que promueva bienestar para la mayoría de las personas, sobre todo para las de menos recursos económicos, Yenni Pérez, una tecnóloga popular tachirense, creó un medicamento natural contra la artritis, que no contiene esteroides, quita los dolores y favorece la movilidad de las y los pacientes en un 90-95% de los casos comprobados, ¡y ya van más de tres mil!

Esta innovadora presentó su proyecto Venezuela libre de artritis ante el Programa de Apoyo a la Inventiva Tecnológica Nacional, del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación, quien lo aprobó.

Yenni explica que es autodidacta, empezó a estudiar, a revisar materiales y a probar fórmulas hace quince años, junto con su esposo que tenía artritis reumatoidea. Con una de ellas comenzaron a ver mejoría, en él y en otras personas enfermas que la probaron; su preparado está elaborado con ácidos grasos esenciales, vitaminas y un par de plantas que se dan comúnmente.

Yenni es bachiller en Ciencias, con estudios en Medicina Natural y actualmente estudia Química Farmacéutica: “¡Lo que hace falta es amor y trabajo para ayudar a la humanidad con genialidad!”, expresa. Cree importante que podamos desarrollar en Venezuela un tratamiento, con tecnología propia, que le devuelva la calidad de vida a las personas que padecen la enfermedad. Y si el Estado contribuye es mejor, porque podremos ayudar a mucha gente con nuestra invención en cualquier parte del mundo y sustituir las medicinas importadas.

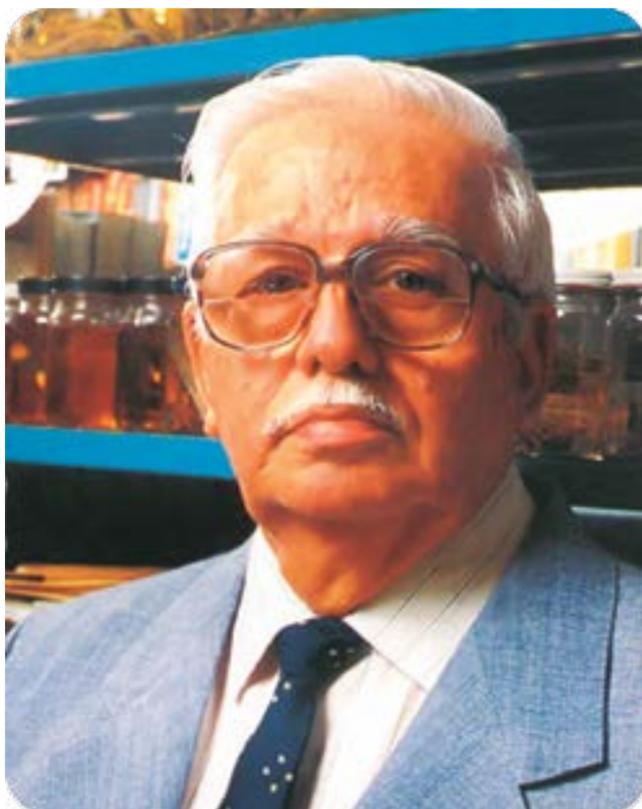
“¿Por qué no vendes tu fórmula a un laboratorio privado, sabiendo que puedes ganar mucho dinero?”, le preguntamos.

“Porque tengo la convicción, en mi mente y en mi corazón, de que en Venezuela tenemos muchísimo talento por desarrollar. En el mundo hay muchas empresas transnacionales que han convertido la medicina en un negocio que explota a las enfermas y enfermos, es una verdadera deshumanización. El tratamiento para la artritis es muy costoso, por lo largo, así que podemos producir nuestra medicina y darla, de forma gratuita o a muy bajo costo, en los centros públicos de salud. Deseo que mi producto diga: Hecho en Venezuela, con calidad de exportación”, responde ávidamente. Agrega que “una empresa, donde participen las comunidades organizadas en la producción, empaquetado y distribución de medicamentos, sería un gran avance comunitario en el área de la salud”.

Si deseas mayor información acerca de este invento y de su creadora, puedes escribir a la Unidad Territorial Fundacite Trujillo (www.fundacite-trujillo.gob.ve/)

Una entrevista a un noble y humilde investigador venezolano, Manuel Ángel González Sponga

Entre los investigadores y educadores venezolanos más interesantes y redescubiertos, se halla el profesor Manuel Ángel González Sponga, un innovador en todos los sentidos, del cual poco conocemos. Hacernos preguntas como las siguientes: ¿cómo fue su infancia?, ¿qué lo motivó a estudiar ciencia?, ¿cuáles fueron sus experiencias, como docente e investigador, más significativas?, pueden ser de utilidad para el crecimiento personal y profesional de cualquier persona, debido a la calidad que lo caracterizó.



El profesor Sponga nació el 30 de abril de 1929 y vivió en Guatire, estado Miranda, en una casa en donde el trabajo era un valor y el cariño una razón para levantarse cada día; allí tuvo su primer contacto con la naturaleza, gracias a las personas que trabajaban en ella quienes le ayudaron a descubrirla.

El profesor compartió, durante su infancia, muchas experiencias en el campo y así inicio sus primeras investigaciones, explorando al Guatire de la década de los años 30. Cuenta que su primera colecta la realiza a los 12 años donde captura una serpiente y encuentra la primera muda de un escorpión, y nos menciona que sin saberlo, se fue enamorando del mundo de la ciencia. En sus palabras nos dice: "Uno no sabe el camino que le pone Dios, pero chico, llegué adonde llegué y no sabía que iba por ahí".

Estas experiencias y otras parecidas le dieron la oportunidad de realizar grandes colecciones zoológicas, convirtiéndose en un artista en este proceso tan metódico. Sus colecciones iban desde una tucuito hasta una ballena, este último ejemplar fue colectado en Carenero, estado Miranda, con la ayuda de sus estudiantes del liceo Dr. Ramón Adolfo Blanco, una vivencia inolvidable tanto para el docente como para el estudiantado.

Esta capacidad y amor tanto, por la naturaleza como por la investigación, la innovación y, sobre todo, por la educación, le permitió entrar al Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) a mediados de los años 60, donde realiza labores de educador. Allí trabaja en los departamentos de Tecnología Educativa y de Biología y Química.

También dictó clases en materia de Sistemática de Vertebrados, realizando grandes aportes para el Departamento de Biología y Química. Esto le permitió promover su pasión por los estudios y desarrollar proyectos en Sistemática de los Arácnidos de Venezuela.

Este proyecto fue un éxito gracias a los valores que rigieron la acción del profesor Sponga, quien planteaba que "en la vida hay que fijarse objetivos. Tú te fijas un objetivo y te propones, como sea posible, lograrlo. No importa los obstáculos que tengas, uno puede vencerlos, con disciplina, esfuerzo, voluntad y con mucho orden; así uno se mantiene en la línea correcta y alcanza sus metas".

Esas sabias palabras y forma de vida le otorgaron su primera publicación en el área, titulada I. Récord del género *Microtityus* para Venezuela. II. *Microtityus biordi* (*Scorpionida: Buthidae*) nueva especie para el sistema montañoso de la costa en Venezuela. Sin embargo, éstas no son sus únicas publicaciones; entre sus aportes investigativos se pueden mencionar brevemente 5 libros en sistemática de arácnidos y más de 70 publicaciones de trabajos taxonómicos. Éstos le permitieron reconocimientos nacionales e internacionales.

Quizás lo más interesante de todos los éxitos que el prof. Sponga forjó con los años, es que siempre partió de la curiosidad y del autodidactismo en su preparación académica, producción intelectual y ejercicio docente, esto lo convierte en un innovador de primera, pues estas capacidades exigen mucha voluntad y determinación para el alcance de sus metas.

Toda su vida, Sponga fue un hombre entregado a la ciencia. Se puede decir que tenía mucho de qué sentirse orgulloso. Se pueden mencionar brevemente algunos de sus logros: profesor de la UPEL-IPC desde 1966 a 1991, miembro fundador de The American Arachnological Society en 1970, académico de Número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, miembro permanente del Comité Internacional del Centro Internacional de Documentación Aracnología (París) y representante del mismo para Venezuela, Colombia y las Antillas entre 1971-1991. La lista es más larga aún, pero en honor a su sencillez y humildad, lo dejamos hasta aquí.

Estas razones lo hacen un verdadero maestro, por su constancia, disciplina, voluntad, pasión por la vida y sobre todo su humildad, pues nunca le gustó hablar de él en público. Fue un hombre discreto, dedicado a su laboratorio, a sus animales y a su familia. Seres humanos como el profesor corren el riesgo de quedarse en el olvido, debido a su discreción y modestia. Tú joven, tienes el deber de indagar sobre aquéllos que han aportado grandes logros para la nación y están a la espera de ser redescubiertos para el desarrollo de la gran patria latinoamericana.

Lya Imber: un ejemplo a seguir

¿Sabían ustedes que los primeros nombres de mujeres estudiantes universitarias en Venezuela comienzan a hacerse visibles a partir de la tercera década de siglo XX?

Entre 1911 y 1939, de tres mil ochocientos veinticuatro egresados de la Universidad Central de Venezuela, apenas el 0,67% representaba la población femenina, conformada por veintiséis mujeres, la mayoría en Filosofía, siete en Farmacia, una en Odontología, y cinco en Ciencias Médicas.

Para que tengan una idea más precisa sobre la exclusión que habían venido sufriendo las mujeres en el país, sobre todo en el ámbito cultural, es bueno que sepan que la Universidad Central de Venezuela (UCV) otorgaba títulos de licenciados y bachilleres en Ciencias Médicas desde 1763, año en que fue creada la disciplina por Lorenzo Campins Ballester. Los títulos de bachilleres médicos fueron entregados hasta 1905. Pues bien, desde el momento en que se crea la carrera de Medicina, hasta 1930, el cien por ciento de los egresados eran hombres.

¿Saben quién fue la primera mujer que se graduó de médico en Venezuela?

Se trata de una joven nacida en Odessa, Ucrania, el 12 de marzo de 1914, quien llegó a Venezuela en 1930. Su nombre era Lya Imber.



Cuando Lya inició sus estudios de Medicina, contaba con sólo 16 años. La joven emprendedora afrontó el reto de una sociedad llena de prejuicios, especialmente los que surgían dentro de la Facultad, a veces hostil y liderada por hombres.

Su ingreso a la Facultad de Medicina constituyó un gran desafío, de tal forma que el hecho se convirtió en un acontecimiento en la Caracas de la época. Fue la única estudiante, junto a 82 varones, y la primera mujer en Venezuela, en iniciar y culminar en el tiempo reglamentario la carrera de Medicina.

Lya Imber fue un ser excepcional, que a pesar de haber nacido en otras latitudes, marcó pauta en el desarrollo de la Puericultura y Pediatría en la medicina venezolana.

Sus aportes fueron muy importantes para el despertar de la conciencia social en el área de la salud en nuestro país, trabajando como pediatra *ad honorem* en varias casas hogares y en consultas externas de Pediatría del Seguro Social.

En su tiempo, Lya se adelanta a principios que conocemos hoy en día, como el de la responsabilidad social. Este concepto, que en aquel momento era visto como caridad, hoy ha dado paso al deber social contenido, incluso en el articulado de nuestra Constitución, el cual expresa en el artículo 132 que: "toda persona tiene el deber de cumplir con sus responsabilidades sociales y participar solidariamente en la vida política, civil y comunitaria del país, promoviendo y defendiendo los derechos humanos como fundamento de la convivencia democrática y de la paz social".

El desempeño de Lya Imber en su vida y profesión fue ejemplo de participación ciudadana, que permitió la iniciativa de hacer caminos tendientes a erradicar la pobreza y mejorar las condiciones de vida en el ámbito de la salud de la población.

Lya Imber fue profesora titular de la cátedra de Clínica Pediátrica y Puericultura de la UCV. Durante toda su carrera, se puede dar fe de más de veinte trabajos científicos publicados, siempre orientados al estudio de la salud con enfoques innovadores, contextualizados a las características socioeconómicas y culturales del país.

Sus trabajos se orientaban, sobre todo, a aspectos relativos a la familia y la niñez abandonada, además, publicó dos textos sobre Puericultura, que constituyen materia obligatoria en los centros universitarios de enseñanza.

Su tesonera personalidad, diligente, inquieta y con gran vocación de servicio, la llevó a fundar la Liga Venezolana de Higiene Mental, a principio de los años cuarenta. Fue directora del Hospital J. M. de los Ríos, en Caracas, y presidió la Unión Internacional para la Protección a la Infancia, domiciliada en Suiza.

Lya Imber falleció en Caracas, el 13 de septiembre de 1981.

Fuentes recomendadas para las y los estudiantes

- Barros, P. y Bravo, A. (s/f). *Móvil perpetuo, antes y ahora*. V. M. Brodianski. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.librosmaravillosos.com/perpetuum/capitulo02.html> [Consulta: 2012, agosto 2].
- CIDA. *El uso de la 3Rs en ecología*. [Recurso en línea] Disponible en: <http://www.cida.gov.ve/~kervinv/3rs/> [Consulta: 2012, agosto, 27].
- Dawkins R. (1989). *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*. [Libro en línea]. Editorial: Salvat. Disponible en: http://www.dgdc.unam.mx/muegano_divulgador/no_27/muestrario.pdf. [Consultado 2012, junio 10].
- *La teoría de la evolución y el origen del ser humano. Acción para la mejora de la enseñanza secundaria*. (2008). [Documento en línea]. Disponible en: amesweb.tripod.com/ccmc02.pdf. [Consultado 2012, junio 10].
- Lacueva, A. (2002). *Más de 400 ideas para actividades y proyectos estudiantiles de investigación*. Caracas: Laboratorio Educativo.
- Ledyard G. (1998). *Proceso de la evolución orgánica*. España-Madrid: Editorial Prentice Hall Internacional.
- Lessa, L. (2004). *Darwin vs Lamarck*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://evolucion.fcien.edu.uy/Lecturas/Lessa1996.pdf>. [Consultado 2012, junio 6].
- Lucas L. y Sforza C. (2000). *Genes, pueblos y lenguas*. España-Barcelona: Editorial Crítica.
- Paniagua, A y otros. (sf). *LABDEMFI* [Recurso en línea]. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/termodinamica/html/termodinamica.html> [Consulta: 2012, julio 12].
- Quesada, L. (2008). *El origen remoto del homo sapiens: una teoría alternativa de la evolución humana*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.biosferanoosfera.it/uploads/files/b8f78d75e9c3eb7b293525a1d17fe6239c3724fc.pdf>. [Consultado 2012, junio 10].
- Teoría Darwin-Wallace. (2008). *Monimbo*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monimbo.us/files/Teoria.pdf>. [Consultado 2012, junio 2].
- Enlace sugerido
<http://treefrog.fullerton.edu/chem/at.html>

Referencias para las y los docentes

- Carbonell, E. y Sala, R. (2000). *Planeta humano*. España-Barcelona: Ediciones Península.
- Desmond, M. (1997). *El mono desnudo, un estudio del animal humano*. España. Ediciones Plaza & Janes.
- *Energía y uso sustentable*. Universidad Nacional de Estudio a Distancia. (2005). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/usuarios/htm#evolucion>. [Consultado 2012, junio 10].
- Escalona, O. y Cabral, G. (sf) *La Física en la cotidianidad*. Cap 1. [Documento en línea] Disponible: software.fundacite.merida.gob.ve/casaciencia/.../capitulo%20i%20.pdf. [Consulta: 2012, agosto 18].
- Franco, A. (2010). *Curso Interactivo de Física por Internet*. [Recurso en línea]. Disponible: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> [Consulta: Julio, 2012, julio 30].
- Hewitt, P. (2005). *Conceptos de Física*. México: Limusa, S.A
- Ledyard, G. (1998). *Proceso de la evolución orgánica*. España -Madrid: Editorial Prentice Hall Internacional.
- Lucas L. y Sforza, C. (1999). *¿Quiénes somos? Historia de la humanidad*. España-Barcelona: Crítica.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (2000). *Primer informe de país sobre la Diversidad Biológica*. Caracas: Autor.
- Lacueva, A. (2002). *Más de 400 ideas para actividades y proyectos estudiantiles de investigación*. Caracas: Laboratorio Educativo.
- *Portalciencia*. (2012). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.portalciencia.net/antroevonean.htm>. [Consulta: 2012, junio 10].
- *Recursos para ciencia física* (2009). [Material en línea]. Disponible en: <http://liceoweblog.wordpress.com/tag/web-educativas/> [Consulta: 2012, agosto 2].
- Redly, M. (1987). *La evolución y sus problemas*. España-Madrid. Ediciones Pirámides.
- Solbes, J. y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: Un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 22(2) 185-194 Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza> [Consulta: 2012, agosto 23].





Cuando una persona mayor y distinguida te hable, escúchala atentamente y con respeto –pero no le creas. Nunca pongas tu confianza en algo mas que en tu propio intelecto. El mayor, no importa si tiene el pelo gris, o ha perdido el pelo, no importa si se trata de un premio Nobel, puede estar equivocado. El mundo avanza, año tras año, siglo tras siglo, mientras los miembros de las generaciones más jóvenes averiguan las cosas erróneas que dijeron sus predecesores. Así que siempre hay que ser escépticos– siempre hay que pensar por uno mismo.

LINUS PAULING

