

CONSTRUYAMOS EL FUTURO

Ciencias Naturales Tomo I



5 to
AÑO

CONSTRUYAMOS EL FUTURO

Tomo I Ciencias Naturales

5^{to}
AÑO



COLECCIÓN BICENTENARIO

Hugo Chávez Frías
Comandante Supremo

Nicolás Maduro Moros
Presidente de la República Bolivariana de Venezuela

Corrección, Diseño y Diagramación
EQUIPO EDITORIAL
COLECCIÓN BICENTENARIO

Coordinación Editorial de la Serie
Ciencias Naturales
José Azuaje

Autoras y autores

Adriana Marchena
Carmen Álvarez
Carolina Franco Duque
Deyanira Yaguare
Franklin Esteves
José Azuaje
Luisa Gajardo
María Maite Andrés
Freddy Mayora
Matilde Castillo

Lecturas Adicionales

Adriana Marchena
Carmen Hidalgo
Lisbehet Dubravskaja Torcatty
José Azuaje Camperos
Lilia Rodríguez
Francisco Rivero
Said Gómez

Revisión de Contenido y Lenguaje

Aurora Lacueva Teruel
Carmen Álvarez
Carlos Buitrago
Gloria Guilarte
Ini Ojeda
Miguel Rios

Ilustración y Edición Fotográfica

Arturo Goitía
César Reyes
Eduardo Arias
Gilberto Abad
Héctor Quintana
José Luis García Nolasco
Julio Marcano
Leidy Vásquez
Leonardo Lupi Dürre
Mariana Lugo Díaz
José Samuel González



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: 978-980-218-341-8
Depósito Legal: lf51620123702599
Tiraje: 400.000 ejemplares

Mensaje a las estudiantes 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 quinto año de Educación Media. En él encontrarás el desarrollo de contenidos y procesos en forma integrada cubriendo tres áreas del saber: Biología, Química y Física. Muchos de sus temas están asociados al uso responsable de los recursos tecnológicos para el estímulo del potencial creativo e innovador hacia una mejor sociedad y por eso lo hemos denominado *Construyamos el Futuro*.

El libro 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 el vivir bien, 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. Esperando que puedas juzgar críticamente qué es lo prioritario, lo justo y lo ecológicamente sustentable para todas y todos, hoy y siempre.

Con la intención de que la obra se acompañe con el ritmo de tu proceso educativo, se han estructurado 28 lecturas organizadas en tres secciones. Cada lectura constituye una unidad integrada de saberes teórico prácticos o divulgativos, referidos a un tema de Ciencias Naturales, presentados con sentido crítico y reflexivo.

La *primera sección* consta de dos (2) lecturas introductorias de contenidos y procesos integradores. En la primera se aborda el desarrollo de proyectos e investigaciones escolares en ciencias naturales, y la segunda considera al petróleo como sistema de producción social, orientador de la realización de posibles proyectos de investigación. Estas lecturas les sugerimos que las discutan al inicio del año escolar y vuelvan a ellas cuando lo requieran.

La *segunda sección* incluye veinticuatro (24) lecturas de contenidos y procesos, en las áreas del saber mencionadas. Un grupo tiene énfasis en Biología y aborda temas de genética, biotecnología y reproducción humana. Las lecturas con énfasis en Química tratan aspectos sobre la química del carbono en toda su variedad y complejidad, contextualizada en los hidrocarburos. El conjunto de lecturas con énfasis en Física atiende tópicos sobre el electromagnetismo y una introducción a la física moderna.

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



AICI
Actividades de Investigación,
Creación e Innovación.



APC
Actividades de Participación
Comunitaria.



ARP
Actividades de Resolución
de Problemas.



AAE
Actividades de
Autoevaluación.

Las **AICI** requieren la aplicación de los contenidos presentados, así como de métodos y técnicas 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.

Mensaje a las profesoras y los profesores y las familias

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. Éstas son una representación de fenómenos, construidas con modelos de la ciencia, y resultan una útil 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 requiera la participación de miembros de la comunidad con experiencia y conocimientos en el tema.

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 **AAE** 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 12 lecturas distribuidas en 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, y organizaciones sociocomunitarias que utilizan, construyen y promueven los saberes de Ciencias Naturales para el beneficio de la comunidad. Todos 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 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	1
II	-----	15, 16, 17, 18	19, 20, 21	22, 23, 24, 25, 26	2 hasta 12

Cuida este libro pensando que pertenece a quienes lo necesitan, ya que te permite 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 hoy y siempre.

Este libro, titulado "Construyamos el Futuro," forma parte de la Serie de Ciencias Naturales de la Colección Bicentenario. Constituye un material didáctico de referencia en el proceso educativo de las y los jóvenes de 5^{to} año de Educación Media, que hemos realizado pensando en la necesidad que se tiene de actualizar el currículo en esta área.

El enfoque didáctico que se plantea promueve la integración de los contenidos de tres áreas del saber: Biología, Química y Física, a través de los procesos de conceptualización, construcción teórica, investigación, creación, innovación y contextualización sociocrítica, propios de cada área. 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 28 lecturas que se han organizado en tres secciones, las cuales rriculares para la creación, participación y evaluación de proyectos educativos integrales comunitarios, y proyectos de desarrollo endógeno, entre otros. Se presenta en dos tomos, cuya distribución 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,	1
II	-----	15,16, 17, 18,	19, 20, 21	22, 23, 24, 25, 26	2 hasta 12

La *primera sección* consta de dos (2) lecturas introductorias que consideran temas integradores y de referencia afines a las cuatro áreas del saber, tales como: procesos de investigación pertinentes en las áreas de las Ciencias Naturales, y el petróleo como sistema de producción social orientador de la realización de posibles proyectos de investigación. Les sugerimos el trabajo didáctico de 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 veinticuatro (24) 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, entre sus aportes, sirvan de referencia para la realización de diversos proyectos integradores de aprendizaje, en la línea de una didáctica centrada en procesos de conceptualización, investigación, creación e innovación.

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 y el lenguaje natural, entre otros, para así promover la construcción de conceptos, definiciones, teorías y modelos explicativos de algunos fenómenos, que servirán para realizar 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 en los *procesos* ya mencionados. Los cuales pueden ser desarrollados a través de actividades como solución de problemas, demostrativas, experimentales, de campo, 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 vivir bien y 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 doce lecturas adicionales que complementan, integran, y a la vez fomentan la reflexión crítica. Todas están asociadas con el tema central del libro: *la innovación científica y tecnológica al servicio ecosustentable de la humanidad*. Además, permiten a las y los jóvenes saber más de una persona destacada en la ciencia, conocer a creadores de tecnología, y acercarse a 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 y desarrollar el vivir bien, 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. Esperando que logren una comprensión de la realidad natural, así como modos de interactuar con ella, respetarla y preservarla para las generaciones futuras.

Como profesoras y profesores, los invitamos a hacer uso de 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 impulsar 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. Donde el vivir bien, el bien común y el desarrollo sustentable sean parte integral de la vida de las y los habitantes del planeta.

Índice

1. Ciencia y tecnología en tu formación integral 10

- Desde el hacha de piedra hasta los satélites espaciales
- Tratando de explicar el mundo
- Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente: el reto de hoy
- Participando en la construcción de alternativas
- Tu formación en ciencia y tecnología
- Actividades para una formación crítica e investigativa en ciencia y tecnología
- Proyectos de aprendizaje investigativo
- Proyectos comunitarios de todo el liceo
- Una invitación a investigar, crear y actuar

2. El petróleo como fuente de energía y sistema de producción 26

- Una breve reseña de la historia del petróleo en Venezuela
- ¿Qué es eso que llamamos petróleo?
- Reservas petroleras de Venezuela
- ¿Y qué hacemos con el petróleo?
- Propiedades relevantes del petróleo
- **Comparemos la densidad y la viscosidad de las sustancias**
- ¿Cómo se obtienen otros productos a partir del petróleo?
- Pdvsa y el desarrollo social de nuestra Venezuela
- ¿Siempre vamos a tener petróleo?
- **Actividades de autoevaluación**

3. Los genes controlan el desarrollo en los seres vivos 40

- Todos los organismos multicelulares se originan de una célula: el cigoto
- ¿De qué manera, durante el desarrollo, se establece el patrón corporal de un organismo?
- La información está en los genes
- Algunos genes implicados en el desarrollo de los animales
- ¿Cómo los genes controlan el comportamiento celular?
- ¿Cómo ocurre el proceso de diferenciación en las plantas?
- Algunos genes implicados en el desarrollo de las plantas
- Las células "madre" y su papel en la diferenciación celular
- El cáncer, una expresión de las alteraciones de los genes
- **¿Existirán diferencias en el desarrollo de los organismos según el grupo taxonómico al cual pertenecen?**
- **La evidencia de los genes Hox se encuentra en los segmentos de la mosca de la fruta**
- **¿Qué conoces sobre el cáncer la comunidad a la cual perteneces?**
- **Actividades de autoevaluación**

4. ¿La causa de la variación en las especies es producto de la interacción entre los genes y el ambiente?58

- El fenotipo es más que la expresión del genotipo
- ¿Cuál es el origen de los términos genotipo y fenotipo?
- Factores que afectan la expresión de un gen
- **Influencia de la luz en las plantas**
- **Influencia del tipo de alimento en los animales**
- Tu entorno transforma tu herencia
- **Nuestro fenotipo y el ambiente**
- **Actividades de autoevaluación**

5. La biotecnología, desde lo tradicional a lo innovador 72

- La historia biotecnológica de la humanidad
- Biotecnología tradicional
- **Multiplica una planta a partir de un pedacito de hoja**
- **Aplicaciones de la Biotecnología en la salud**
- Biotecnología Moderna o Contemporánea
- Ingeniería o manipulación genética
- ¿Has escuchado hablar de las "tijeras moleculares"?
- Algunas aplicaciones de la Tecnología del ADN recombinante
- **Elaboremos un modelo para representar el proceso biotecnológico del ADN recombinante**
- Tecnología de la huella génica
- Algunas aplicaciones de la técnica de la huella génica
- ¿En qué medida las aplicaciones de la biotecnología favorecen a la humanidad?
- Algunas instituciones que realizan investigación en biotecnología en Venezuela
- **Actividades de autoevaluación**

6. La continuidad de las especies 92

- La reproducción como estrategia para la continuidad de la vida
- La fusión de gametos, el milagro de la vida
- **Células germinales, una vida en potencia**
- **¿Cómo crece y se desarrolla un caracol?**
- Innovaciones tecnológicas en la reproducción
- **Actividades de autoevaluación**

7. La naturaleza del enlace químico, en los compuestos orgánicos 110

- Átomos en búsqueda de la estabilidad
- Teoría de G. N. Lewis
- Diversos tipos de enlaces covalentes
- Los extremos de la electronegatividad y la polaridad del enlace covalente
- Insuficiencia de la teoría de Lewis
- Ubiquemos moléculas en el espacio: geometría molecular
- ¿Cómo se conoce la geometría de una molécula?
- La llegada de la mecánica cuántica y su aporte en las teorías de enlace químico
- La revolución del plástico
- **Enlaces químicos en materiales de uso cotidiano**
- **Vamos a reconocer alcanos y alquenos en materiales de uso cotidiano**
- **Actividades de autoevaluación**

8. El protagonista de la vida: carbono 128

- El carbono se encuentra de diferentes formas en la naturaleza
- Los hidrocarburos
- Los avances tecnológicos a base de carbono
- **¿Qué tan beneficioso para la salud es el aceite que usamos?**
- **Construyamos moléculas orgánicas**
- **Actividades de autoevaluación**

9. Se escriben igual pero tienen propiedades diferentes. Isomería 144

- Isomería
- Isómeros estructurales
- Estereoisómeros
- Confórmeros
- Una peligrosa mezcla de isómeros
- **¡El tomate y sus colores...!**
- **Actividades de autoevaluación**

10. Efectos electrónicos en química orgánica 156

- Efecto inductivo
- Resonancia
- Solvatación y puente de hidrógeno
- **Efecto inductivo en los alimentos**
- **Actividades de autoevaluación**

11. Ampliando la información sobre las reacciones químicas 166

- Hay reacciones químicas que demandan energía
- Formando y modificando enlaces covalentes
- Describe las reacciones en química orgánica
- Sustratos y gestores en las reacciones químicas
- Agrupando los tipos de reacciones orgánicas
- Hidrocarburos: restringidos a carbono e hidrógeno
- Las reacciones orgánicas promueven la innovación tecnológica
- **Reacciones orgánicas en busca de los mejores resultados**
- **Actividades de autoevaluación**

12. La interacción eléctrica está en todas partes 188

- El átomo eléctrico
- Electrizando los cuerpos macroscópicos
- La acción a distancia entre cargas
- Superposición de fuerzas eléctricas
- Otra mirada al problema electrostático: el campo eléctrico
- **Identifica el campo y conoce la fuerza**
- La electrostática en el día a día
- **Un espectáculo electrostático**
- **¿En qué se aplican los fenómenos electrostáticos?**
- **Actividades de autoevaluación**

13. La energía potencial y el potencial eléctrico 210

- Energía Potencial debida a la interacción eléctrica
- **Electrón acelerado**
- El campo eléctrico y el potencial eléctrico se relacionan
- **Potencial eléctrico en el entorno de un núcleo de hidrógeno**
- El potencial eléctrico en conductores
- Almacenando energía eléctrica
- **Almacena energía en capacitores serie-paralelo**
- El voltaje, un concepto con grandes implicaciones
- **Determinando campos eléctricos con medidas de potencial**
- **Modelando configuraciones de cargas**
- **Actividades de autoevaluación**

14. Trabaja sin que la veas: la corriente eléctrica 230

- La corriente eléctrica
- Resistencia eléctrica
- **¿De qué grosor tiene que ser el cable?**
- Ley de Ohm
- **El termómetro de platino**
- Fuentes de voltaje
- Energía y potencia eléctrica
- Circuitos eléctricos de corriente continua
- **Circuito mixto**
- **Las baterías reales tienen resistencia interna**
- **No prendas tu carro con las luces encendidas**
- **Almacena energía en capacitores serie-paralelo**
- Impacto ambiental y social de la electricidad
- **¿Será óhmico o no será?**
- **Construyamos pilas ecológicas**
- **Diseñando el circuito eléctrico de las luminarias de una casa**
- **Actividades de autoevaluación**

Algo más para saber sobre ciencia y tecnología 252

- Ciencia y tecnología al servicio de la historia nacional: nueva imagen digitalizada de El Libertador



La ciencia y la tecnología son creaciones humanas con lejanas raíces y que, para su bien o para su mal, se han desarrollado a la par y dentro del contexto de las diferentes sociedades donde han existido. Hoy, es importante avanzar hacia nuevos estilos en el quehacer científico y tecnológico, más acordes con los intereses y necesidades de las mayorías, más democráticos, más pertinentes y más complejos.

Pero con todo lo que debe transformarse en estas áreas, la educación de cada una y cada uno de nosotros no está completa si no incluye el dominio de conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales, porque ellos nos ayudan a entender el mundo y sus procesos naturales y sociotécnicos, nos permiten participar plenamente como ciudadanas y ciudadanos democráticos en los grandes proyectos nacionales, y nos capacitan para muchas decisiones en nuestra vida personal y comunal. Por otra parte, quizás en tu caso has considerado la posibilidad más concreta de inclinarte por una carrera vinculada con la ciencia y la tecnología, posibilidad que saludamos, pues son carreras hermosas y útiles, donde hay mucho por hacer.

En esta lectura, reflexionamos sobre estas áreas del ingenio humano y damos orientaciones para su estudio de manera que se estimulen tu iniciativa, tu reflexión y tu capacidad de crítica e investigación, en tu trabajo junto a tus compañeras y compañeros. La ciencia y la tecnología tienen mucho que ofrecer a cada una y cada uno de nosotros, y se relacionan con muchas otras facetas de la actividad humana en una rica trama de vinculaciones.

Desde el hacha de piedra hasta los satélites espaciales

Un humano sentado bajo un árbol se esmera en tallar una piedra hasta lograr un filo que la convierta en una útil hacha, buena para obtener madera, cavar huecos y despellejar animales. Mucho tiempo después, hace unos 12.000 años, una mujer aprende a recoger semillas y sembrarlas cerca de su choza: así no tiene que recorrer los campos buscando frutos, sino que puede tomarlos de las plantas de su huerto que ha aprendido a cultivar. Estas imágenes evocadas nos recuerdan que desde los primeros tiempos de los homínidos sobre la Tierra, y a lo largo de nuestro devenir, nos hemos esforzado por desarrollar tecnologías que nos ayuden a existir de la mejor manera posible: en la procura de alimento, en la defensa contra el frío o la lluvia, en el transporte, en el tratamiento de enfermedades, entre muchas otras áreas. La tecnología ha estado siempre con nosotras y nosotros, pues la necesitamos para sobrevivir. Más de dos millones de años antes de que apareciera nuestra especie (*Homo sapiens*), ya *Homo habilis* sabía trabajar la piedra de manera rudimentaria, y hace al menos setecientos mil años *Homo erectus* aprendió a producir fuego y lo usó para cocinar sus alimentos.

La capacidad de fabricar y usar herramientas no es exclusivamente humana, está presente de manera limitada en primates superiores como el chimpancé y hasta en algunas aves. Pero nuestro cerebro más desarrollado nos ha permitido, desde los modestos inicios de la piedra tallada, llegar hoy a muy diversos instrumentos, productos, procesos y sistemas tecnológicos.



Figura 1.1. A través del tiempo, los seres humanos hemos desarrollado diversas soluciones tecnológicas.

Tratando de explicar el mundo

Nuestra inquietud no se agota en la elaboración de artefactos ni en la solución de problemas prácticos: nos interrogamos sobre el mundo y la vida, nos hacemos preguntas sobre los fenómenos de la naturaleza y los hechos sociales, y tratamos de darles respuesta. ¿Cuándo empezó todo ello? no podemos saberlo bien, puesto que una idea de hace muchos milenios no deja la misma huella que una punta de piedra o los restos de una fogata. Pero conocemos que las más diversas civilizaciones han tratado de explicar el origen del mundo y de la humanidad, el significado de los rayos y el trueno, el movimiento aparente de los astros, y tantas otras incógnitas. Así se han elaborado mitos, se han convocado dioses, y se ha especulado sobre los poderes mágicos de ciertos seres vivos o factores ambientales. Y también, desde muy antiguo, se ha observado, se han detectado regularidades y, luego, se ha medido, se ha registrado, y se ha ensayado. Todo ello ha permitido pensar de una manera cada vez más sistemática, y generar explicaciones comprobables.

No sólo nuestra curiosidad, sino también las necesidades prácticas nos han obligado a tratar de establecer regularidades y elaborar explicaciones, como al decidir los mejores momentos para la siembra gracias al conocimiento de los ciclos estacionales, o al atender a los enfermos apoyándonos en saberes acumulados sobre el funcionamiento del cuerpo humano y los poderes curativos de diversas sustancias de origen vegetal, animal o mineral.

Desde el siglo XVI, la reflexión sobre qué es el Universo, la Tierra y la vida, y cuáles son las causas de diversos fenómenos, se ha venido basando cada vez más en la observación, la medición y el ensayo riguroso. Así ha surgido la ciencia moderna: una forma de pensar con raíces en las ideas antiguas pero que a la vez rompe con ellas, siguiendo nuevos procesos. Ya no se trata sólo de especular, sino de comprobar las ideas gracias a la observación, la predicción y la experimentación.



Figura 1.2. Con investigadores como Galileo (1564-1642) nace la ciencia moderna.

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente: el reto de hoy

Desde siempre ha habido relaciones entre la ciencia y la tecnología, y hoy en día esa interacción se ha acentuado hasta el punto que se habla de tecnociencia. En efecto, la tecnología ha ofrecido a la ciencia instrumentos que han abierto nuevas posibilidades de observación, medición y cálculo: el telescopio, el microscopio, los sensores digitales, las computadoras... Y también le ha planteado nuevos retos, como ayudar a encontrar maneras más efectivas de combatir plagas de cultivos, o evitar la corrosión temprana de puentes y otras grandes estructuras metálicas. Por su parte, la ciencia le ha abierto a la tecnología nuevas posibilidades de acción, por ejemplo, en el tratamiento de enfermedades transmisibles a partir del conocimiento de sus causantes y vectores, o en la producción de fibras artificiales gracias al esclarecimiento de la estructura y reactividad de ciertas sustancias, entre muchos otros casos, pues hoy más que nunca la tecnología se basa en conocimientos científicos.

Desde luego, estas dos valiosas iniciativas humanas no se desarrollan en un vacío sino que ocurren en sociedades concretas y, a la vez que inciden sobre ellas, reciben el impacto de las fuerzas que allí operan. Hasta cierto punto, han existido siempre estímulos a la innovación y al pensamiento, pero también poderes opresores e influyentes intereses minoritarios que han limitado, coaccionado y desviado muchas iniciativas de ciencia y tecnología: han querido acallar las explicaciones científicas que no coincidían con la "verdad" imperante, han desechado tecnologías que no convenían a sus intereses aunque contribuían al bien común, y de maneras más o menos sutiles han impedido el desarrollo de ciertas finalidades y de ciertas formas de trabajar y han fomentado otras, atendiendo sólo a su conveniencia.



Figura 1.3. Giordano Bruno (1548-1600) apoyó la teoría heliocéntrica de Copérnico y planteó que existían muchos sistemas solares como el nuestro y que el Universo era infinito y todo él compuesto de las mismas sustancias. Murió quemado en la hoguera por la Inquisición de Roma.

Hoy nos encontramos en una etapa difícil y retadora de la historia de la humanidad. Necesitamos establecer una nueva relación con la naturaleza y entre nosotras y nosotros mismos, de manera que todas y todos podamos vivir dignamente y desarrollar nuestras potencialidades sin destruir el planeta que conocemos. Las formas predominantes de producir y consumir ya no nos sirven, y las dolorosas injusticias existentes en el mundo no pueden seguirse soportando. Requerimos organizarnos, actuar políticamente y desarrollar nuestra creatividad en la construcción de sociedades más austeras en lo material y más ricas en producción cultural, armonía y justicia. No se trata de volver a vivir como en épocas remotas, sin nevera, televisor o antibióticos, sino de aguzar el ingenio para alcanzar nuevas tecnologías y, más allá, nuevos estilos tecnocientíficos y nuevos modelos sociales, que rompan con el incesante ciclo de fabricar-vender-usar brevemente-desechar, con la frenética quema de combustibles para movilizar ingentes números

de mercancías y personas a través del mundo, y con la insaciable aspiración a consumir en un contexto de aguda desigualdad, facetas de un modelo tecnológico y socioeconómico que nos está llevando al desastre. Paralelamente, requerimos que este rompimiento no se traduzca en creciente exclusión o mayor explotación de seres humanos, sino que lleve al trabajo liberador y la igualdad.



Figura 1.4. Necesitamos que la investigación científica y tecnológica ayude a dar respuesta a los retos de la sociedad actual. En las fotografías, trabajos en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (Fotos: Aporrea y La Nación).

Participando en la construcción de alternativas

Desde Venezuela, y como parte de esa humanidad que necesita abrir nuevas vías de desarrollo, podemos ofrecer nuestro aporte en la elaboración tecnológica y la creación científica orientadas a la construcción de un mejor futuro. Junto a los trabajos en otras áreas fundamentales de la acción y el ingenio humanos, como el arte, la filosofía, la literatura o el estudio histórico, requerimos acrecentar nuestros esfuerzos en ciencia y tecnología, desde las iniciativas innovadoras en los propios centros productivos hasta los grandes proyectos de institutos especializados. No podemos depender sólo de los conocimientos y los productos que otros elaboren, necesitamos dominar estas áreas claves, generar respuestas, participar en provechosos intercambios, y tomar nuestras propias decisiones con la mejor comprensión de lo que está en juego.

En la actual etapa de nuestro devenir tenemos que priorizar los esfuerzos científicos y tecnológicos dirigidos a ayudar a resolver graves problemas de nuestra sociedad, en áreas como producción agrícola, vivienda y hábitat, protección del ambiente, salud, educación, transporte y comunicaciones, entre otras. Necesitamos también investigar e innovar para el mejor aprovechamiento de recursos fundamentales, en campos como petróleo y petroquímica, energía hidráulica, o hierro, acero y metalmecánica.

En la actual etapa de nuestro devenir tenemos que priorizar los esfuerzos científicos y tecnológicos dirigidos a ayudar a resolver graves problemas de nuestra sociedad, en áreas como producción agrícola, vivienda y hábitat, protección del ambiente, salud, educación, transporte y comunicaciones, entre otras. Necesitamos también investigar e innovar para el mejor aprovechamiento de recursos fundamentales, en campos como petróleo y petroquímica, energía hidráulica, o hierro, acero y metalmecánica.



Figura 1.5. Para Venezuela, es clave la investigación y desarrollo en petróleo y petroquímica. En la fotografía, trabajos en INTEVEP – PDVSA.

Este énfasis en nuestras necesidades presentes no debe significar caer en un afán utilitarista e inmediateista: no podemos abandonar totalmente la ciencia básica, la indagación sobre las grandes preguntas referidas al funcionamiento del universo y de nuestro planeta. Tampoco podemos cerrarnos a la exploración de tecnologías de lejana aplicación. Es un asunto de saber combinar y balancear, para lograr un sistema científico-tecnológico fuerte, pertinente, diversificado y con raíces en las comunidades y en los centros productivos y educativos.

Tu formación en ciencia y tecnología

Destacamos dos facetas de tu formación en ciencia y tecnología: una que debe atender a la preparación que necesitas recibir para ser una ciudadana crítica o un ciudadano crítico, que conduzca de la mejor manera su existencia personal a la vez que se involucre en los problemas y posibilidades de la sociedad, en un contexto de democracia participativa. Y, de manera paralela y con énfasis distintos según sea tu interés, otra faceta que tiene que ver con las oportunidades que mereces para profundizar en ciertos temas y actividades, según tus inclinaciones científicas, tecnológicas, artísticas, sociales, entre otras.

Formación para la ciudadanía consciente

La ciencia y la tecnología no son cuestión sólo de las y los que quieren especializarse en esas áreas, ciertamente necesitamos investigadoras e investigadores pero, más allá de ello, necesitamos ciudadanas y ciudadanos que sepan de ciencia y tecnología y la usen en sus vidas. Esto es, que apliquen conocimientos científicos y tecnológicos para entender el mundo en que viven y para participar en la solución de problemas sociales y personales, pues en muchas áreas de nuestra existencia: en la familia, en el trabajo, en la comunidad, la ciencia y la tecnología nos ayudan a entender mejor las situaciones y a diseñar y desarrollar acciones positivas. Trascendiendo nuestro círculo cercano de acción, en una democracia todas y todos debemos involucrarnos en las grandes decisiones, ellas no son asunto exclusivo de las y los gobernantes, y para participar activamente a ese nivel nos conviene saber de ciencia y tecnología: ¿qué importancia tiene ahorrar energía eléctrica?, ¿debemos cultivar semillas transgénicas?, ¿qué valor reviste el petróleo de la Faja del Orinoco en el contexto mundial?, ¿nos conviene construir un reactor nuclear?, ¿hasta qué punto debe desarrollarse la minería en el Amazonas? Éstas y muchas otras cuestiones que nos afectan como colectivo exigen que consolidemos conocimientos científicos y tecnológicos para participar e influir en las políticas públicas.

Por otra parte, saber más sobre estas áreas no tiene que ser una actividad aburrida pues, si el estudio está bien orientado, resulta interesante y placentero conocer acerca de la vida, la materia, la energía, el complejo funcionamiento de nuestro planeta, las lejanas estrellas que brillan en la noche y tantos otros temas. Así como comprender cómo funcio-



Figura 1.6. Para participar mejor como ciudadanas y ciudadanos de una democracia, nos conviene saber de ciencia y tecnología. Foto: Agencia Venezolana de Noticias.

nan equipos y sistemas que nos afectan: el motor de un vehículo, los rayos X de un consultorio, la cocina de nuestra casa, el teléfono celular que usamos, para mencionar unos pocos. Sin saber de ciencia y tecnología vamos existiendo sin percatarnos de lo que en verdad nos rodea, como si viviéramos encerrados, viendo sólo un pequeño pedazo del mundo.

Fomento de vocaciones científicas y tecnológicas

Todas y todos necesitan usar ciencia y tecnología como ciudadanas y ciudadanos pero, además de ello, en las aulas de los liceos se encuentran hoy quienes en poco tiempo podrían estar desarrollando investigación e innovación científica y tecnológica, para beneficio de nuestra sociedad venezolana. Estos años de la educación media deben ofrecerles a ellas y ellos la oportunidad de poner en práctica actividades estimulantes, que fomenten su vocación y afiancen las bases de su formación. Sin olvidar su uso de estas disciplinas para pensar y para participar en la toma de decisiones sobre los grandes problemas sociales, como ciudadanas y ciudadanos que son.

Paralelamente, estudiantes con otras vocaciones también pueden encontrar en la clase de ciencias naturales oportunidades para vincularse a esta área desde su propia perspectiva e interés. Así, relacionando ciencia y tecnología con arte, historia, geografía, política, etcétera.

Actividades para una formación crítica e investigativa en ciencia y tecnología

Se plantea así para nuestro liceo de hoy la necesidad de desarrollar actividades que preparen esa ciudadanía crítica y consciente, conocedora de la ciencia y la tecnología y capaz de utilizarlas provechosamente en su vida personal y colectiva; actividades que también atiendan al fomento de vocaciones en las diversas ramas de este gran campo de acción humana.

En tal sentido, hay que evitar estancarse en unas pocas rutinas de aula y, por el contrario, hay que fortalecer iniciativas orientadas hacia:

- La reflexión crítica.
- La investigación e innovación a nivel estudiantil.
- El compromiso con el medio socio-natural, considerando ámbitos: local, regional, nacional, latinoamericano-caribeño y mundial.
- Los valores democráticos y humanistas, expresados en nuestra Constitución, como solidaridad, bien común, libertad, participación, corresponsabilidad, latinoamericanismo, equilibrio ecológico.

En los próximos apartes mencionamos algunas posibilidades, que van más allá de la simple división "horas de teoría y horas de práctica".

Laboratorios abiertos y semiabiertos

En ocasiones, son necesarias las actividades de laboratorio bastante guiadas, que orientan en la realización exitosa de procesos poco conocidos. Pero hay que abrirles un creciente espacio en el liceo a los laboratorios semiabiertos y abiertos, que exigen una mayor participación pensante del estudiantado y, de esta manera, los llevan a aprender más y de manera más investigativa. En los laboratorios *semiabiertos* se plantea el problema y el esbozo del diseño y las y los estudiantes completan este esbozo, llevan a cabo la actividad o actividades y establecen sus propias conclusiones, con apoyo teórico. En los *laboratorios abiertos* sólo se establece un área temática y las y los estudiantes plantean el problema, diseñan su trabajo, lo llevan a cabo y llegan a conclusiones. Otra posibilidad, algo menos libre pero también valiosa, es que se ofrezca a los estudiantes un problema amplio para trabajar.

Claro que las fronteras entre los diversos tipos de laboratorio son borrosas. Así, creemos que incluso en actividades de laboratorio estructuradas, el estudiantado puede y debe participar interpretando resultados y estableciendo conclusiones. Pues una actividad de laboratorio no termina simplemente con el registro de lo sucedido.

A partir de varias actividades presentadas en este libro, es posible derivar otras nuevas que atiendan a los intereses e inquietudes del grupo estudiantil y que les permitan enriquecer y profundizar su formación. También resulta provechoso revisar propuestas de libros divulgativos, guías de trabajos de campo, manuales de actividades prácticas, así como ciberpáginas de similares contenidos. De allí se pueden extraer orientaciones para construir las iniciativas propias.

Talleres creativos

Es posible dedicar con cierta frecuencia una o varias sesiones de clase a la realización de un taller, entendido como una actividad práctica orientada hacia el dominio de ciertas destrezas, y que no se limita a un saber hacer sino también a conocer algo de la teoría detrás de lo que se hace, aunque el énfasis está en lo práctico. Hay muchas oportunidades en las clases de ciencias naturales para este tipo de actividad. Por ejemplo: aprender a manejar un instrumento, a elaborar cierto tipo de gráficos, a construir y procesar un cuestionario o una guía de observación de campo, a hacer fotografías de calidad, etcétera.



Figura 1.7. El trabajo de laboratorio puede ser también semiabierto o abierto. Foto: Fundacite – Falcón.



Figura 1.8. Taller sobre webRadio en el Liceo Bolivariano Román Cárdenas (edo. Táchira).

Lo que se aprende en el taller se puede poner en práctica luego en el desarrollo de las clases de ciencias naturales, aisladamente como una aplicación o bien como parte de actividades más complejas. Los talleres pueden corresponder a una sola asignatura o ser interdisciplinarios. En este último caso implican arreglos de horarios novedosos dentro del liceo.

Seminarios

Si el taller enfatiza lo práctico, el seminario es un espacio para la lectura y el debate: se escoge un tema, se seleccionan lecturas comunes y otras de cada quien (libros o capítulos de libros, artículos de prensa, leyes, entradas de blogs, entre otros), y se participa en discusiones que permitan confrontar diferentes puntos de vista y razonar posiciones en torno a lo leído y reflexionado.

Es importante ponerse de acuerdo en temas relevantes, más o menos vinculados a contenidos programáticos, y que abran espacios para contrastar opiniones. Por ejemplo: dieta, ambiente y soberanía: ¿podemos seguir comiendo espaguetis?; ¿los animales tienen derechos?; ¿cuál es el futuro del petróleo?; ¿se acaba el agua en el mundo?

Primeros intercambios con el mundo fuera del liceo

Los llamamos “primeros” pues entendemos que actividades más complejas, como los proyectos de investigación o las unidades didácticas integradas, implican a menudo interacciones con el mundo exterior. En este caso son actividades más sencillas y breves, pero que enriquecen la formación estudiantil y abren nuevos horizontes. Incluso, es posible que en ocasiones resulten la chispa que genera iniciativas más amplias; como una visita guiada: a una fábrica, una granja, un taller mecánico, una panadería... O también a ambientes más organizados para la divulgación científica: un museo, un jardín botánico, un zoológico... Otra posibilidad son las invitaciones a expertas o expertos para que asistan al aula a conversar sobre sus saberes: una señora que cultiva orquídeas, un aficionado a la astronomía, una odontóloga, un ebanista, un investigador en química, entre muchos otros.



Figura 1.9. Las visitas a museos y otros ambientes de interés abren perspectivas en el estudio de la ciencia y la tecnología.

Una vía adicional de abrirse al mundo externo es traer por turnos al aula y compartir brevemente con el resto del grupo una noticia de prensa interesante y que tenga que ver con ciencia y tecnología. En el transcurso del año es posible así enterarse de muchas novedades relevantes y pensar un poco en torno a las mismas. Traer muestras y compartir lo que sabemos de ellas es otra alternativa de apertura a todo lo que sucede y existe fuera de un aula, pensamos en frutos poco conocidos, pequeños animales encontrados (si están vivos deben devolverse a su medio luego de la observación), conchas, algas, rocas, un aparato novedoso (juguete, montaje...), una artesanía, un dulce típico hecho en nuestra casa, entre otros.

Unidades didácticas integradas

Son actividades más complejas organizadas por una profesora o profesor, o por un equipo de profesores, pero es posible que tus compañeras y compañeros y tú colaboren en la propuesta de temas y en el diseño. Cada unidad se centra en un gran tema que se aborda de manera interdisciplinaria o, más allá, transdisciplinaria (en el sentido de que se integran consideraciones de valor, propuestas para la acción y saberes más allá de las disciplinas). El trabajo en ellas no es cosa de un día ni dos, sino que implica un conjunto de labores de corte reflexivo e investigativo desarrolladas por los estudiantes, seguramente englobando laboratorios, talleres, seminarios y visitas, y que pueden extenderse dos o más semanas.

Algunos ejemplos de temas para unidades didácticas integradas serían: el agua en nuestras vidas; el petróleo en Venezuela; el mar Caribe; grandes obras de ingeniería en Venezuela, etc. Puede notarse cómo es factible vincular en estas unidades contenidos de biología, química, física, ciencias de la Tierra, ciencias sociales, tecnología, entre otros. Suponemos la necesidad de que las y los docentes involucrados se pongan de acuerdo para planificar estas unidades y para destinarles un número de horas de su tiempo de clase. Realizar al menos una al año resultaría beneficioso, por el impacto que tiene en la formación estudiantil el abordaje transdisciplinario de los temas.

Proyectos de aprendizaje investigativo

Dada su importancia en la formación más profunda e integral de las y los estudiantes, dedicamos secciones apartes a dos grandes tipos de actividades que necesitan estar presentes en el liceo: los proyectos de investigación de cada grupo-clase y los proyectos de aprendizaje-servicio o grandes proyectos comunitarios de toda la institución.

Abordamos aquí los proyectos de investigación de cada grupo-clase, los cuales-al igual que las Unidades Didácticas Integradas-son transdisciplinarios y se basan en la reflexión y la investigación. Pero en este caso los temas y las actividades a desarrollar deben surgir de los propios estudiantes, contando con el apoyo de sus docentes-sobre todo para el caso de las actividades-. Es decir, se invierte el peso de la participación.

No pretendemos que haya un solo modelo o patrón rígido de proyecto estudiantil, al contrario, creemos en la conveniencia de la variedad en enfoques y metodologías. Pero sí defendemos que para recibir tan estimable calificativo un trabajo debe poseer como rasgos básicos los siguientes:

- Plantea un reto a resolver, una interrogante, un problema, una necesidad de respuesta de algún tipo,
- Este reto ha sido propuesto por las y los estudiantes o, al menos, ellas y ellos lo han escogido entre muchas opciones, y lo han perfilado,
- La resolución del reto planteado implica planificar y desarrollar una metodología de trabajo que abarca tanto la documentación como la confrontación con la realidad.
- Los resultados del esfuerzo realizado se comunican y se discuten con otros.



Figura 1.10. El trabajo en equipo es importante para la investigación, y debe organizarse de manera productiva.

Fases en un proyecto

La primera fase es la selección del tema. ¿De dónde surgen los temas de los proyectos? Hay muchas posibilidades: de visitas y conversatorios con expertos, de otras actividades ya realizadas en clase, de una lectura o una noticia de prensa que nos llamó la atención, de una propuesta del profesorado, de una sugerencia o planteamiento de alguna organización de la comunidad, entre otras. Lo importante es que el tema logre despertar el interés de la mayoría, si no de todo el grupo, y que pueda ser abordado de modo investigativo por estudiantes de este nivel, dadas su complejidad y exigencias. Se requiere dedicar algunas sesiones de trabajo a perfilar un buen tema, oyendo diversas propuestas fundamentadas y decidiendo por consenso o por votación, según el caso.

No tiene sentido que todos los estudiantes trabajen sobre los mismos asuntos: decidido el tema del proyecto, es preferible que se organicen equipos y que cada equipo aborde un subtema diferente dentro del gran tema. Por otra parte, es posible una vez al año abrir la oportunidad para proyectos individuales, los cuales ya no tienen necesariamente que ubicarse dentro de un mismo tema.

Elegido el tema y organizados los equipos, a continuación cada equipo elabora su plan de trabajo, ajustado al tipo de proyecto que se va a realizar y al asunto escogido. Seguramente siempre incluirá, entre otras secciones: objetivos, metodología y recursos. Puede también iniciarse con preguntas de investigación.

La labor dentro del proyecto no debe ser sólo documental sino que, siempre que sea posible, debe incluir indagación empírica real (encuestas, trabajos de campo, experimentos, estudios de caso, observaciones, construcciones, investigación-acción, etcétera).

La comunicación entre equipos y, en ocasiones, extraaula, es una fase necesaria para culminar el proyecto, y puede adoptar diferentes modalidades además del informe escrito: presentación oral, carteleras novedosas, itinerarios, autobiografías imaginarias, exhibiciones, minidemostraciones, entre otras.



Figura 1.11. La comunicación de lo investigado puede extenderse hacia la comunidad. Foto: Funvisis.

Tres tipos de proyectos de aprendizaje investigativo

Creemos útil diferenciar tres grandes tipos de proyectos de investigación estudiantil en el área de ciencias naturales: los científicos, los tecnológicos y los que hemos llamado de **investigación ciudadana**.

En los **proyectos científicos**, las y los estudiantes actúan en buena medida siguiendo las pautas de las científicas y los científicos profesionales, hasta donde se los permiten su edad y formación. Realizan así indagaciones exploratorias, descriptivas o explicativas sobre fenómenos naturales. Por ejemplo, estudian las reacciones de unos invertebrados ante diversos estímulos, investigan las características de un ambiente costanero, exploran fenómenos magnéticos o comprueban hipótesis sobre la influencia de determinados factores en la fotosíntesis de plantas.



Figura 1.12. Los proyectos pueden ser científicos, pero también tecnológicos o de investigación-acción ciudadana.

En los **proyectos tecnológicos** las y los estudiantes trabajan efectivamente como tecnólogos, desarrollando o evaluando un proceso, un producto, un sistema o un ambiente que cumpla una función útil. Sería el caso de estudiantes que diseñan, construyen y prueban diversos tipos de hornos solares, o el de quienes rediseñan el área de secretaría del liceo para un mejor trabajo, o el de quienes innovan con recetas a base de vegetales. También estarían involucrados en un proyecto tecnológico quienes comparan el funcionamiento de diferentes modelos de inodoros, o el de quienes evalúan varias marcas de detergente.

Y en los **proyectos ciudadanos**, los estudiantes actúan como ciudadanos activos y comprometidos, que se enfrentan a problemáticas sociales para tratar de comprenderlas, proponer soluciones y, de ser posible, actuar en consecuencia, siguiendo fundamentalmente las pautas de la investigación-acción. Es posible citar como ejemplos de este tipo de trabajo el estudio de la violencia en la escuela, la investigación de hábitos nutricionales entre los cursantes del plantel, o la indagación sobre los parques de la comunidad.



Figura 1.13. Los proyectos tecnológicos ponen a prueba la ingeniosidad estudiantil generando productos, procesos, sistemas o ambientes. Fuente: LN Antonio José de Sucre (Edo. Táchira).



Figura 1.14. Formarse y actuar como “promotores de la ciencia” puede ser un buen proyecto ciudadano. Foto: IVIC.

Cada uno de estos tipos de investigación implica un enfoque diferente, metodologías características, prioridades propias y vinculaciones específicas con el conocimiento. Incursionar en todos ellos, con mayor o menor énfasis, resulta valioso para los estudiantes. Desde luego, muchos proyectos estudiantiles podrían deslizarse de uno a otro tipo, lo cual nos parece positivo, pues no estamos pretendiendo una categorización rígida y excluyente, sino orientativa, que ilumine sobre posibilidades y opciones.

Actividades posibles en la investigación científica

- Planteamiento de problemas.
- Realización de predicciones.
- Formulación de hipótesis.
- Diseño de experiencias para obtener evidencia empírica: experimentos, estudios de campo, encuestas.
- Montaje y uso de equipos científicos, como por ejemplo: balanza, estación meteorológica escolar, dinamómetro, rampa de prueba de carritos para estudiar movimiento, casa temporal para unas lombrices de tierra.
- Observación y registro de datos.
- Organización de datos.
- Interpretación de resultados a la luz de teorías.
- Fundamentación de conclusiones.
- Reconstrucción de ideas con base en experiencias y reflexiones.

Actividades posibles en la investigación tecnológica

- Al elaborar algo:
 - Determinación del producto, proceso o ambiente que se necesita o desea elaborar.
 - Diseño.
 - Elaboración / Realización.
 - Puesta a prueba.
 - Reformulación.
 - Elaboración final.
- Al evaluar un producto o proceso existente:
 - Formulación de criterios para la evaluación.
 - Aplicación de criterios al producto, proceso o ambiente a evaluar.
 - Registro de información sobre la puesta a prueba.
 - Conclusiones.

Actividades posibles en la investigación ciudadana

- Reconocimiento de un problema societal.
- Caracterización de la situación, estudio directo.
- Recopilación y análisis de información documental de base.
- Toma de decisiones, elaboración de propuestas.
- Desarrollo de las propuestas (de ser posible).
- Evaluación de lo logrado.

Cuadro 1.1. Principales actividades posibles dentro de cada tipo de proyecto.

¿Por qué los proyectos?

La investigación conducida por el estudiantado, adecuada a su edad y propulsora de su desarrollo, es la respuesta más completa y profunda a sus necesidades educativas. Al permitirles participar en la toma de decisiones sobre su propia educación, al incitarlos a interrogarse sobre las cosas, al ubicarlos en un medio rico y diverso, respetuoso de sus diferencias y valorizador de sus fortalezas, moviliza mente, corazón y manos para la empresa formativa.

Partiendo de problemas asumidos por ellos y ellas, los llama a “poner sobre la mesa” sus esquemas conceptuales, sus habilidades y sus valoraciones, les permite confrontarlas con los de compañeras y compañeros, profesores o profesoras, expertos y libros, y con la propia realidad, para llevarlas así a nuevos niveles, a veces de ampliación, otras veces de radical reestructuración. La actividad investigadora conlleva un hacer: en ocasiones científico, otras tecnológico y también en ciertas oportunidades ciudadano o cívico, como lo hemos denominado. Pero siempre es un hacer que permite a los estudiantes el dominio de capacidades nuevas y los va abriendo a ulteriores interrogantes y nuevas perspectivas sobre el mundo. La metacognición se practica y se desarrolla, al poder decidir, dirigir y evaluar la propia acción, en un contexto de apoyo procurado por la profesora o el profesor y el liceo.

Ni la más cuidadosa programación de actividades impuesta desde afuera y cumplida fielmente paso a paso puede igualar la potencia formativa de esta escolarización que se va organizando desde adentro y a medida que avanza, en una estructuración emergente, involucrando a las y los estudiantes de manera auténtica.

Proyectos comunitarios de todo el liceo

Estos grandes proyectos combinan la investigación con la acción solidaria y útil en la comunidad. Para ser más efectivos, consideramos recomendable que cada año liceo y comunidad se pongan de acuerdo en tres o cuatro líneas de trabajo y hagan los arreglos respectivos para la participación estudiantil. Luego, cada estudiante puede elegir en qué línea inscribirse. La participación de cada quien puede durar un número determinado de horas durante un lapso, incluyendo preparación, desarrollo y cierre. Pero el proyecto puede extenderse todo el año o incluso varios años, al ir rotando diferentes grupos de estudiantes.



Figura 1.15. Estudiantes del Liceo Nacional Eduardo Oxford de Guasipati (Edo. Bolívar) presentan al alcalde un proyecto de construcción del comedor estudiantil de su institución. Foto: Roscio Portal.

Algunas posibles áreas para estos proyectos comunitarios: limpieza de playas y campañas de educación a los usuarios y usuarias; colaboración en casas de la alimentación; registro y caracterización de bienes patrimoniales; trabajo como auxiliares de investigación en estudios ambientales; contribución en levantamiento de datos requeridos por proyectos comunales...

En estos casos, la investigación ciudadana de la que hablamos en los proyectos de cada grupo-clase puede desarrollarse con más fuerza, llegando en mayor medida a la fase de la acción auténtica en la sociedad. En la modalidad grupo-clase, siendo siempre valiosa, la intervención en el mundo real tiene un carácter más acotado, por las propias limitaciones de tiempo, tamaño del grupo y estructura no tan estable de las vinculaciones con el medio exterior. En cambio aquí la organización a nivel de toda la institución garantiza una ubicación en ambientes reales por un tiempo prolongado, en actividades de colaboración de mayor impacto.

Es de notar que, en ocasiones, los estudiantes pueden incorporarse a actividades de investigación científica o tecnológica profesional, como asistentes. Viviendo así la experiencia de contribuir según sus posibilidades a un trabajo investigativo y de disfrutar de un buen número de aprendizajes durante el proceso.

Nunca los grandes proyectos comunitarios han de ser simplemente “activismo”, ellos requieren lectura, reflexión y elaboración de conclusiones sobre lo aprendido por cada equipo involucrado. Debe haber acción y reflexión.

Una invitación a investigar, crear y actuar

Te invitamos a desarrollar tu iniciativa junto a tus compañeras y compañeros, para que durante este año escolar puedas seguir explorando el mundo de la ciencia y la tecnología, sabiendo descubrir facetas de tu interés dentro de este variado campo, pues la ciencia y la tecnología tienen mucho que ofrecernos y de una u otra manera pueden relacionarse con lo que ya te llama la atención y abrir tu curiosidad a nuevos temas.

Así mismo, esperamos que puedas poner en práctica actividades diversas y fructíferas, que reten tu imaginación y tu ingeniosidad, y también te permitan aportar algo a tu comunidad. Apóyate en sugerencias que encuentres en este libro y en otras fuentes a tu alcance, comparte con tus compañeras y compañeros, y aprovecha las orientaciones de tus profesoras y profesores. Somos parte de una cadena que se remonta en el tiempo hasta los esfuerzos de *Homo habilis* fabricando sus herramientas, y los de tantos que han aportado en el campo tecnológico. De igual modo, somos descendientes de aquellas científicas y científicos que han trabajado por entender el mundo y sus fenómenos. A partir de ellas y ellos, ¡seguimos adelante!



EL PETRÓLEO COMO FUENTE DE ENERGÍA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN



Como ya sabes, la energía es necesaria para realizar muchísimos procesos; algunos de ellos, tan complejos como los que ocurren en el cuerpo humano y que requieren energía para que se lleven a cabo; ésta es extraída de los nutrientes, por ello es necesario tener una alimentación balanceada.

Así mismo, los automóviles, los aparatos eléctricos, las industrias, entre otros, necesitan energía para funcionar. ¿Te puedes imaginar lo que pasaría en tu comunidad en tan sólo un día, si no tuvieran energía?

Ahora bien, ¿de dónde obtenemos esa energía? Existen numerosas fuentes de energía, pero la principal a nivel mundial, después del Sol, es el petróleo. Venezuela es uno de los países en el mundo con mayores reservas de este material. Adicionalmente, tenemos otras fuentes de energía como el gas natural, el carbón, las caídas de agua, los vientos, entre otras.

Se espera que en algunos años nos transformemos en una potencia energética, para ello se requiere alcanzar el desarrollo tecnológico necesario. En esta misión debemos participar todas y todos, formándonos en materia energética y aplicando y respetando las políticas de Estado que se implementen sobre esta área.

En esta lectura encontrarás aspectos relacionados con el petróleo y los productos derivados de este, también se te presenta una breve reseña de la inversión social que se desarrolla en el país, la cual ha sido posible gracias a la comercialización del petróleo y los productos que obtenemos de él.

Una breve reseña de la historia del petróleo en Venezuela

La historia del petróleo en Venezuela se remonta a 1875, cuando después de un fuerte terremoto en la ciudad de Cúcuta, en Colombia, un ciudadano venezolano llamado Manuel Antonio Pulido, quien vivía en el estado Táchira, descubrió que en sus tierras brotaba una sustancia que reconoció como petróleo. Pulido era un hombre de negocios y, al parecer, conocía sobre la explotación de este líquido debido a que para el momento se hablaba en el mundo de las ventajas que tenía. Luego de comunicarlo al gobierno de la época, en 1878, Pulido obtiene los permisos necesarios para fundar, junto con otros venezolanos, la primera empresa de explotación de petróleo de Venezuela llamada La Petrolia del Táchira.



Figura 2.1. Primeros métodos de producción del petróleo en Venezuela. Instalaciones y balancín de extracción de petróleo, en La Petrolia, estado Táchira.

A partir de allí, comenzaron las iniciativas por parte de los venezolanos para conocer dónde teníamos petróleo y cómo podía extraerse del lugar en que se encontraba. A principios del siglo XX llegaron también grandes compañías extranjeras. De esta manera, se iniciaron las diferentes explotaciones en el país; ciertamente que desde 1875 hasta 1922, la explotación del petróleo era en pequeñas cantidades. Fue sólo en 1922 cuando el estallido de un rico pozo, llamado Barroso 2 y ubicado en Cabimas, estado Zulia, significó el arranque de la producción comercial.

Para saber mas...

El conocimiento del petróleo es muy antiguo, se menciona en algunos documentos históricos de antes de nuestra era. En nuestro país, su uso se remonta a la época de los indígenas, ellos utilizaban este fluido para encender sus antorchas, con fines medicinales y para impermeabilizar sus canoas, y lo llamaban **mene**.

En el estado Táchira, concretamente en la ciudad de Rubio, hoy en día está el Complejo Recreativo Histórico La Petrolia, allí podemos ver el primer balancín del país y disfrutar del lugar, pues es un parque nacional que todos podemos visitar.

¿Qué es eso que llamamos petróleo?

Durante muchos años se han acumulado restos de plantas y animales en la superficie de la Tierra. Éstos, por efecto de los microorganismos, la presión de otras capas de sedimentos que se han depositado sobre ellos por miles y miles de años, y algunos otros factores, como la temperatura, se han transformado en un material que está conformado, principalmente, por carbono e hidrógeno, el cual conocemos con el nombre de **petróleo**; también es denominado como "Aceite de Roca", significado que proviene del latín *petra* (piedra) y *oleum* (aceite). Aunque tenemos la idea de que el petróleo es negro, su color puede variar desde negro hasta ámbar traslúcido.



Figura 2.2. Colores extremos de los diferentes petróleos encontrados en el mundo, la gama de colores que puede presentarse va desde negro hasta ámbar traslúcido.

Era de esperarse que el petróleo estuviera conformado por carbono e hidrógeno porque, como sabes, estos son los principales componentes de los seres vivos. En general el petróleo, y también el gas natural, reciben el nombre de **hidrocarburos**.

Uno de los aspectos más interesantes de la formación del petróleo es que la misma requiere muchísimos años; en ese proceso, también se unen otros elementos y compuestos químicos como azufre, nitrógeno, agua y algunos metales en pequeña cantidad, como níquel, vanadio, hierro.



Figura 2.3. Representación del proceso de formación del petróleo a partir de la descomposición de animales y plantas.

Reservas petroleras de Venezuela

En la actualidad, el Estado venezolano reporta que tenemos casi trescientos mil millones (300.000.000.000) de barriles de petróleo probados, y existen unos dos mil millones (2.000.000.000) de barriles de petróleo de nuevas reservas probadas de petróleo, a nivel nacional, que próximamente se sumarán al total de reservas reportadas, claro que estas cifras tienen un porcentaje de certeza razonable. Las reservas probadas son publicadas en Gaceta Oficial, después de ser certificadas por empresas nacionales e internacionales.

De igual modo, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), anualmente, emite un boletín estadístico donde se reflejan las reservas probadas y certificadas de cada país; en el boletín del 2011, se reporta que para el año 2010, Venezuela tenía 296,5 mil millones de barriles de petróleo certificado.

Para saber mas...

Un barril de petróleo equivale a 158,894 litros. Por lo general, este valor, luego de aproximar por exceso el número, se reporta como 159 litros.

Total reservas actuales (2011)	297.570.543.000 Barriles
Total reservas incorporándose	2.158.764.000 Barriles
Total	299.729.307.000 Barriles

Tabla 2.1. Reservas de petróleo en Venezuela. Fuente: <http://www.pdvsa.com/> (29-05-2012)

En el siguiente mapa se muestran los lugares de nuestro país donde existe petróleo, esto se conoce como **yacimientos**, los cuales son depósitos naturales de petróleo, gas o mezclas de ambos.



Figura 2.4. Cuencas donde se encuentran los principales yacimientos de petróleo (verde) y gas (azul) de Venezuela para el 2010.

¿Y qué hacemos con el petróleo?

En este mundo se utiliza cada vez más energía, la principal fuente de ésta es **el petróleo**; como sabes, este material es una mezcla de compuestos orgánicos formados principalmente por átomos de hidrógeno y carbono, denominados **hidrocarburos**. Para Venezuela, es de vital importancia porque somos un país, casi exclusivamente, monoprodutor y monoexportador de este fluido, el desarrollo y la economía del país dependen, principalmente, de la renta petrolera, por eso habrás oído que somos un país "rentista".

El crudo se ubica debajo de la superficie terrestre y es extraído por medio de diferentes procesos. Éstos consisten, básicamente, en realizar una perforación a través de la tierra hasta donde se encuentra el petróleo y bombearlo desde el final del agujero hasta la superficie terrestre. Luego, es transportado hacia las refinerías donde se somete a varios procesos térmicos y químicos, para convertirlo en una gama de productos de mayor valor y utilidad.

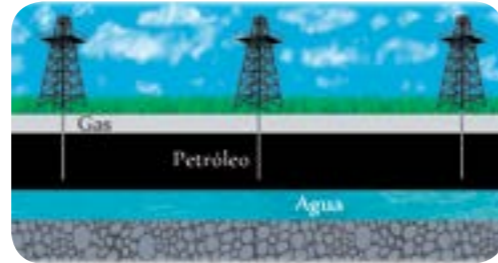


Figura 2.5 Esquema de extracción del petróleo del subsuelo.

Algunos de estos productos son la gasolina de vehículos y aviones, el aceite para motor de automóviles, la materia prima para la producción de plásticos, los gases que utilizamos en la cocina y el asfalto que se usa en las calles. El proceso de separar el petróleo en diferentes productos se conoce como **refinación**, por ello a la planta donde se realiza este proceso de separación la llamamos **refinería**.

En Venezuela tenemos al presente, seis refinerías funcionando, éstas son:

- Refinería de Puerto la Cruz (Anzoátegui).
- Refinería El Palito (Carabobo).
- Refinería San Roque (Anzoátegui).
- Complejo Refinador Paraguaná (CRP) (Falcón): conformado por tres refinerías: Amuay, Bajo Grande y Cardón.



Figura 2.6. Complejo Refinador Paraguaná.

Propiedades relevantes del petróleo

El petróleo debe poseer características determinadas para poder ser procesado en las refinerías, entre las principales tenemos la resistencia que tiene el crudo a fluir, a moverse por una superficie o a derramarse si lo colocamos en un envase boca abajo, esto lo conocemos como **viscosidad**, y la relación que existe entre la masa y el volumen del petróleo que, como recordarás, la conocemos como **densidad**.



Figura 2.7. Viscosidad del petróleo.

En la industria petrolera se utiliza una propiedad particular para caracterizar al crudo que se denomina **Gravedad API**, estas siglas significan en inglés **American Petroleum Institute**, que en español se traduce como **Instituto Americano del Petróleo**. Esta medición permite clasificar el petróleo como *liviano, medio, pesado y extrapesado*. Mientras más grados API tenga el crudo, más liviano será (Tabla 2.2).

Gravedad API	Crudo
> 30°	Liviano
> 22° < 30°	Mediano
> 10° < 22°	Pesado
< 10°	Extrapesado

Tabla 2.2 Tipos de crudo de acuerdo a su gravedad API.

Para saber mas...

El Complejo Refinador Paraguaná (CRP), ubicado en el occidente del país, específicamente en el estado Falcón, procesa casi un millón de barriles diarios de petróleo y es considerado como el complejo refinador de petróleo más grande del mundo.



Comparemos la densidad y la viscosidad de las sustancias

Vas a desarrollar una actividad para comparar la densidad y la viscosidad de diferentes sustancias. Éste es un trabajo a realizar en grupo, cada uno puede tomar una sustancia diferente para luego integrar resultados.

¿Qué necesitan?

Una taza de aceite de maíz, girasol o vegetal (del utilizado para cocinar en las casas), cuatro tazas de agua, envases transparentes o vasos de precipitados de 100 ml, un cilindro graduado de 50 ml, tres cucharadas de crema corporal, tres cucharadas de vaselina.

Una cucharilla, guantes, una balanza micrométrica, mascarilla, lentes y bata de laboratorio o una camisa manga larga. Reloj con cronómetro. Una regla milimetrada.

Determinen la densidad de las sustancias

¿Qué van a hacer?

Recuerden que la densidad es una propiedad que se determina mediante la relación entre la masa y el volumen que ocupa una sustancia. Si colocan en un mismo recipiente dos de las sustancias mencionadas, por ejemplo, agua y aceite, ¿en qué orden se ubicarán? ¿Esta disposición de las sustancias es un indicador de su densidad? Analicen lo que sucedería con cada par de sustancias ¿qué pueden predecir respecto de la densidad de las sustancias a estudiar?



Seleccionen uno o varios líquidos para que determinen su densidad.

Diseñen un plan de acción para contrastar su predicción. Entre otras cuestiones, reflexionen sobre: ¿qué variables interesa medir? ¿Qué procedimiento conviene y pueden usar con los materiales e instrumentos de medición disponibles? ¿Qué cuidados y controles deben hacer para obtener medidas confiables? ¿Cuántas veces conviene repetir cada medida? ¿Cómo se emplean los instrumentos de medición?

Una vez realizadas las mediciones, organícenlas en una tabla de datos. Decidan sobre qué hacer con ellos para obtener la densidad de las sustancias en estudio: ¿los transforman con la relación matemática? o ¿elaboran una representación gráfica entre las variables medidas?

Identifiquemos la viscosidad de las sustancias

¿Qué van a hacer?

Como leíste antes, entendemos por **viscosidad** a la resistencia que ofrece un fluido a moverse en una superficie. Podemos pensar en una manera de evaluar cómo es ese movimiento. Recuerda que para establecer la rapidez con que se mueve un objeto debemos identificar cuánto se desplaza y en cuánto tiempo.

Con estas ideas planteen un procedimiento (plan de acción) para evaluar la *viscosidad* de algunas de las sustancias indicadas. Para ello reflexionen sobre cuestiones como: ¿qué variables interesa medir? ¿Qué procedimiento conviene y pueden usar con los materiales e instrumentos de medición disponibles? ¿Qué cuidados y controles deben seguir para obtener medidas confiables? ¿Cuántas veces conviene repetir cada medida? ¿Cómo se emplean los instrumentos de medición?

Una vez realizadas las mediciones, organícenlas en una tabla de datos. Decidan sobre qué hacer con ellos para establecer un indicador de la viscosidad de las sustancias estudiadas.

¿Qué pueden concluir?

Entre las actividades y preguntas que pueden responder derivadas de la actividad les proponemos:

- Con los resultados de ambas experiencias, pueden elaborar una síntesis de las propiedades de las sustancias en estudio.
- Compárenlas con los valores de densidad y viscosidad de estas sustancias determinadas en algún laboratorio con mayor precisión. Existen tablas de estos valores en diversos textos.
- ¿Cómo es el petróleo comparado con estas sustancias, en función de las dos propiedades?
- ¿Qué aplicaciones en las actividades de producción social de la comunidad puede tener el conocer estas propiedades?
- Integren o comparen los resultados de los diferentes grupos y preparen una presentación para otros grupos-sección o para un curso de primaria.



¿Cómo se obtienen otros productos a partir del petróleo?

El petróleo que tenemos en el país en su mayoría es pesado y extrapesado. Debido a que las refinerías actuales están diseñadas para procesar petróleo clasificado entre mediano y pesado, al petróleo de menor API, para ser llevado a los procesos de refinación hay que aumentarle su valor; para ello, se somete a procesos de acondicionamiento que se llevan a cabo en industrias conocidas como complejos mejoradores de crudo. Como su nombre lo indica, en estas industrias se mejora el crudo haciéndolo más liviano mediante procesos térmicos y químicos, de esta manera se hace posible el transporte del crudo y su posterior ingreso a las refinerías.

El proceso de refinación permite separar el petróleo en mezclas de compuestos similares que comparten ciertas características, por ejemplo, su temperatura de ebullición. Algunos ejemplos de estas sustancias son asfalto, aceites, naftas, entre otros.

El principal proceso en la refinería es el de **separación térmica** que se denomina **destilación**. Como recordarás, es una técnica de separación de los componentes de las mezclas, la cual involucra el cambio de estado (líquido a vapor, vapor a líquido) en los constituyentes de una mezcla de líquidos miscibles. Mediante calentamiento se produce la evaporación mayoritaria de un componente, el cual será colectado luego al condensarlo. Como puedes notar están involucrados dos procesos de cambios de estado: evaporación y condensación. Por lo tanto, se somete al crudo a temperaturas altas para separar sus componentes, productos de mayor valor, que luego serán comercializados. Estos productos y los beneficios derivados de ellos serán aprovechados e invertidos en diferentes áreas del país.

La figura 2.8 representa el crudo como una gran mezcla de hidrocarburos donde cada uno corresponde a un color, imagina que en el globo grande están entrelazadas las partículas con características similares, las verdes que poseen características de gases, las naranjas con características de gasolinas y las azules con características de aceites y grasas. Lo que hace el proceso de destilación es separar estos componentes en mezclas más simples donde ahora los componentes van a ser más parecidos entre sí, obteniéndose productos más útiles para la sociedad.

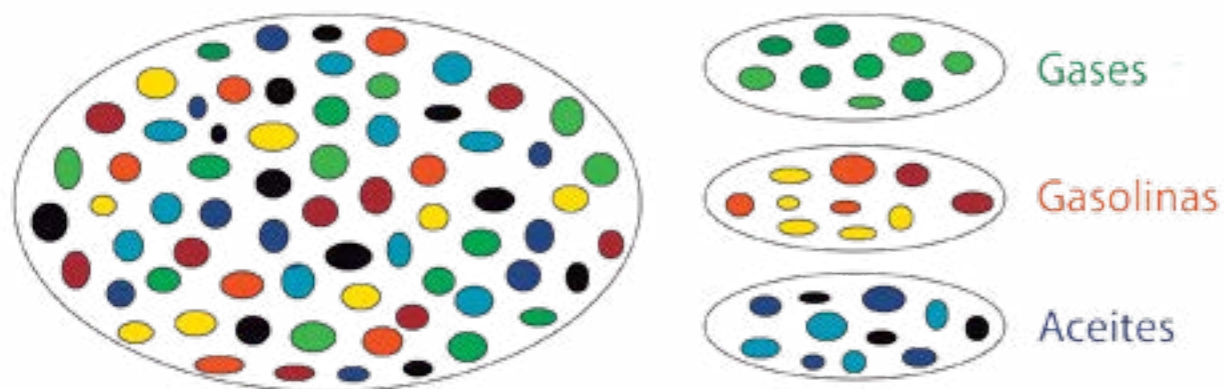


Figura 2.8. Representación de la composición del petróleo en gases, gasolinas y aceites.

En nuestro país, y en muchos otros, el producto principal del proceso de refinación del petróleo es la gasolina, debido a que la mayoría de nuestros vehículos la utilizan como combustible para sus motores; y también es utilizada por los aviones y otros equipos mecánicos. Fíjate que a pesar de ser un producto que vemos a diario en las gasolineras, requiere de todo un grupo de procesos de refinación para poder disponer de ella.

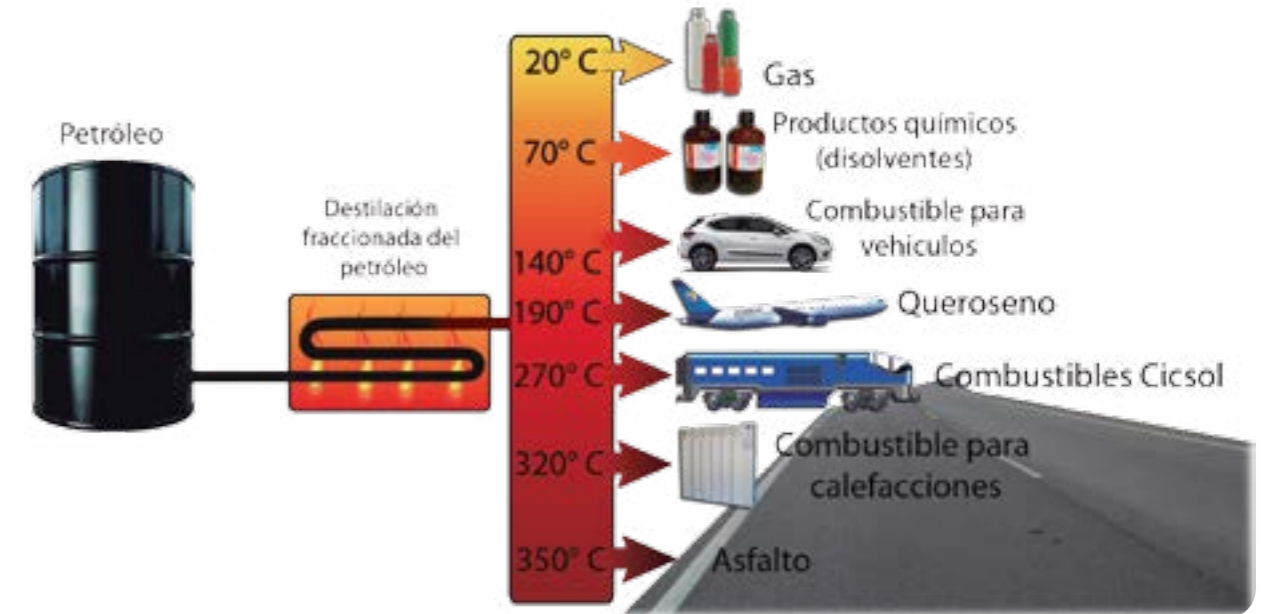


Figura 2.9. Esquema básico de refinación de petróleo y los derivados.

Uno de los productos de refinería es, a su vez, la materia prima para la producción de plásticos. Esto abre otro mundo de posibilidades de producción social, conformado por la industria petroquímica del país, encabezada por la empresa del estado Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (Pdvs) por medio de su filial Pequiven, además de otras empresas privadas que también utilizan dicha materia prima.

En estas industrias, los productos específicos de refinería se transforman en compuestos de mayor uso y costo como son: plásticos, caucho, fertilizantes, detergentes, pinturas, medicinas, entre otros.

Para saber mas...

Hace pocos años para mejorar el rendimiento de los vehículos se le añadía a la gasolina un compuesto químico que contenía un metal venenoso para los seres humanos llamado plomo. A partir de los años 90, la gasolina que se vende en todas las gasolineras de Venezuela es sin plomo. Ésta es una medida del Estado venezolano implementada para evitar el daño a la salud y al ambiente.

Las principales industrias del Estado que se encargan de desarrollar los procesos de transformación química de productos derivados del petróleo son tres **complejos petroquímicos**, que están ubicados en el occidente, centro y oriente del país, y están descritos en la tabla 2.3.

Complejo Petroquímico	Ubicación	Productos principales
Morón	Costa del estado Carabobo	Fertilizantes Ácido Sulfúrico
Ana María Campos	Costa Oriental del Lago Maracaibo	Plásticos Fertilizantes Cloro
General de División José Antonio Anzoátegui	Norte del estado Anzoátegui	Fertilizantes Metanol

Tabla 2.3. Los tres complejos petroquímicos de Pdvsa y los productos que generan.

Como sabes, nuestro país posee la reserva más grande del mundo de petróleo, ubicada en la Faja Petrolífera del Orinoco; ésta tiene un área de un poco más de 55.000 km² y está ubicada al sur de los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas. La característica principal de este crudo, según lo que leíste anteriormente, es que en su mayoría se trata de petróleo extrapesado, lo que hace más compleja su extracción.

La Faja Petrolífera del Orinoco está dividida en cuatro grandes áreas, llamadas Boyacá, Junín, Ayacucho y Carabobo (figura 2.10), donde varias empresas internacionales asociadas a Pdvsa, como empresa nacional, se encuentran actualmente trabajando para la extracción y mejoramiento del petróleo.



Figura 2.10. Faja petrolífera del Orinoco. En la imagen ampliada, están las cuatro zonas de la faja.

En Venezuela se desarrolla actualmente un proyecto, denominado Magna Reserva, en el que se considera la faja petrolífera del Orinoco como el eje impulsor del desarrollo económico, social y hasta tecnológico del país. Para esto es necesario cuantificar y certificar la cantidad de recursos en esta zona, en lo cual ya se está trabajando. Se estima certificar más de doscientos mil millones de barriles entre crudo pesado y extrapesado (200.000.000.000 bls).

Por tratarse de crudos pesados y extrapesados, el reto que se tiene para el progreso de la faja petrolífera del Orinoco está en la investigación y desarrollo de nuevos procesos de extracción, además de la optimización de los ya existentes, tal forma que permitan el mayor aprovechamiento posible de los recursos presentes.

Pdvsa y el desarrollo social de nuestra Venezuela

PDVSA, la principal industria nacional, fue creada el 30 de agosto de 1975, y desde entonces lleva el mismo nombre. El objetivo de su creación fue cumplir y ejecutar todas las políticas sobre hidrocarburos dictadas por el Ministerio de Energías y Minas de la época.

Hoy en día, esta empresa se encarga de la exploración, producción y comercialización del crudo y sus productos derivados. Las ganancias obtenidas de la comercialización del petróleo y sus derivados han permitido realizar aportes sociales importantes para las ciudadanas y los ciudadanos del país. Así como también ha servido para apoyar a las poblaciones de otros países, en su trabajo por lograr un vivir bien.

Desde su creación hasta el año 2002, PDVSA fue manejada como si fuese una empresa privada a pesar de ser del Estado venezolano. En ese año 2002, se produce un paro petrolero impulsado por su directiva que trajo como consecuencia la paralización del país. Fueron días muy difíciles para todas y todos, con un impacto negativo sobre la economía y el desarrollo de nuestra nación.

Esta situación fue superada gracias a la organización de la ciudadanía, y de muchos trabajadores petroleros, quienes retomaron la empresa petrolera, lo que permitió reiniciar sus actividades hasta el presente. Desde esa fecha, se trabaja y controla la producción de crudo y las ganancias que genera esta industria como empresa del Estado venezolano.

Esta empresa representa la principal fuente de ingreso del país. Para el año 2003 se inició un proceso de inversión de las ganancias petroleras a favor de todas y todos. Múltiples programas se han implementado para el beneficio directo de la ciudadanía, de los cuales mencionaremos dos. Los primeros programas sociales impulsados por nuestra industria petrolera fueron dirigidos a erradicar el analfabetismo en el país, meta que se cumplió para el año 2005, cuando se declara a Venezuela territorio libre de analfabetismo, con reconocimiento de la Unesco. Este primer programa se continuó con el proceso de masificación de la educación hasta el nivel universitario.

También, se está realizando inversión social con el beneficio obtenido del petróleo en materia de salud, con la implementación de diversos programas dirigidos a poner al alcance de la ciudadanía un sistema integral de salud, lo cual, al igual que el anterior, se traduce en lograr el vivir bien de todas y todos.

Así pues, la industria petrolera, bajo la administración del Estado venezolano, ha estado contribuyendo con el desarrollo del país en todas las áreas. Asumiendo, como parte de su finalidad principal, el brindarle al pueblo venezolano el vivir bien. Entonces, el petróleo es un recurso venezolano, por lo tanto es patrimonio de todas y todos, así que no sólo tenemos derecho a beneficiarnos de las ganancias que de él se obtienen, sino que también tenemos la responsabilidad de cuidarlo y utilizarlo de manera eficiente y responsable.



Transformación del crudo en inversión social.

¿Siempre vamos a tener petróleo?

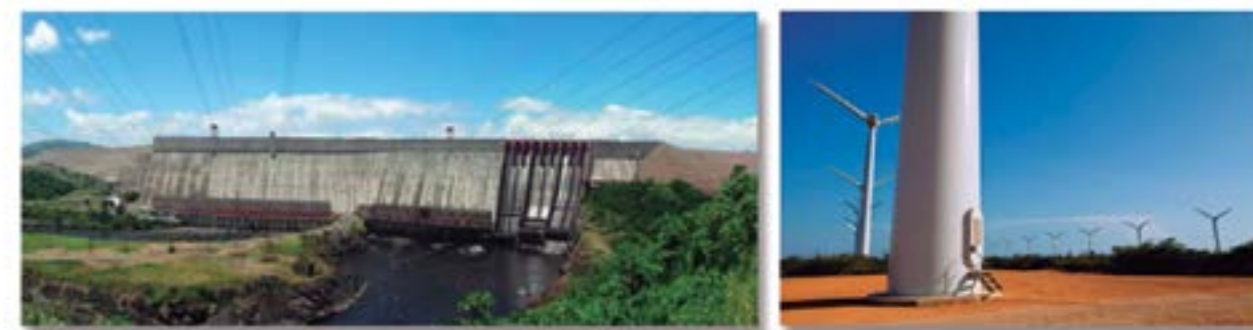
El petróleo se encuentra dentro de los recursos conocidos como **no renovables**, es decir, lo vamos consumiendo y va a llegar un momento en el que se acabe, por lo tanto no vamos a tener petróleo para siempre. Debido a que mientras se va consumiendo se agota sin posibilidades de reponerlo, al menos, en millones de años.

Hace poco menos de ciento cincuenta años, el petróleo fue un gran descubrimiento que permitió el desarrollo de la industria y mejoras en la forma de vida de la ciudadanía. Sin embargo, también ha significado un alto precio para el ambiente debido a su uso poco responsable y sin pensar en las consecuencias que ello podía tener. Esto ha generado una alta contaminación ambiental que se encuentra evidenciada, entre otros, por los cambios climáticos que han ocurrido hasta hoy; los cuales continuarán, si los países no toman conciencia e implementan políticas que mejoren los procesos relacionados con el petróleo y su uso, con menos impacto para el ambiente.

También, debemos desarrollar nuevas tecnologías, que nos permitan satisfacer las necesidades energéticas que cubrimos con el petróleo con otras fuentes de energía, que sean eficientes y más amigables, es decir, que resulten más seguras en el momento de desarrollarlas e implementarlas, de tal modo que generen menores efectos dañinos al ambiente.

Estas fuentes de energía están siendo denominadas como alternativas, debido a que generan energía útil a partir de otros recursos, como el agua, el aire o el Sol. Por ello, hablamos de energía eólica, solar, biomasa, hidroeléctrica, entre otras.

Te habrás dado cuenta de que Venezuela es un país rico en fuentes de energía no sólo no renovables, sino también renovables o alternativas. Hoy en día, el petróleo es lo más utilizado, y esto será así por muchos años. La posibilidad que tienes como estudiante es formarte en áreas relacionadas con la energía, para que el país pueda desarrollarse con independencia y de manera sustentable, y así llegar a ser una potencia energética.



Guri: Central Hidroeléctrica Simón Bolívar

Parque Eólico de Paraguaná

Figura 2.11. Todas las fuentes de energía son importantes.



Actividades de autoevaluación

1. ¿Está el petróleo presente en la vida diaria? Reflexiona sobre los derivados del petróleo que son utilizados diariamente, busca en tu casa y en tu comunidad al menos 10 productos derivados del petróleo, realiza un informe o un cartel sobre la importancia de estos para la vida.
2. Construye un mapa de Venezuela y señala las regiones donde se pueden aprovechar las fuentes de energía alternativa, de acuerdo a sus potencialidades; por ejemplo, donde hay mar, ¿podría utilizarse la energía producida por el movimiento del mismo como fuente? ¿cómo? o dónde existen extensiones de tierras amplias en las que sople mucho viento, ¿es factible de ser utilizado como energía eólica? Evalúa por cada región la potencialidad de cada fuente de energía, establece conclusiones para representarlas en el mapa y haz una propuesta sobre otras fuentes que se pueden desarrollar.
 - a. Para realizar la actividad anterior se te sugiere buscar información sobre los proyectos de aplicación de energías alternativas que se están desarrollando en el país. ¿A qué poblaciones benefician? ¿Dónde se encuentran ubicados? ¿Se podrán desarrollar también en otras regiones?
3. Evalúa las características de la región donde vives y elabora un proyecto para aprovechar los diferentes recursos energéticos. Puedes presentar tu trabajo con una maqueta y compartirlo con otros grupos.

LOS GENES CONTROLAN EL DESARROLLO EN LOS SERES VIVOS



En años anteriores pudiste conocer los procesos biológicos que hacen posible la transmisión de los caracteres hereditarios. También has podido estudiar cómo las células de organismos procariontes y eucariotes poseen la información genética necesaria para sintetizar proteínas, coordinar las funciones celulares y producir nuevas células.

Con respecto a la información genética, aprendiste que está codificada en la secuencia de los tripletes del ADN y/o del ARN y que se pueden expresar gracias a la transcripción y traducción de dicha información, siendo las proteínas el resultado final de la expresión génica.

En esta lectura, tendrás la oportunidad de comprender cómo intervienen los genes en el desarrollo del individuo, específicamente, en la diferenciación y especialización de las células, y cómo durante el desarrollo tienen éstas la capacidad de agruparse hasta formar diversos tipos de tejidos, estructuras y órganos, para permitir que el cuerpo funcione de manera correcta.

Alguna vez te has preguntado, **¿cómo se forma un organismo multicelular completo a partir de una sola célula?** Esta pregunta ha sido motivo de interés y curiosidad por parte de mujeres y hombres en todas las épocas de la humanidad.

La ilustración anterior se refiere al desarrollo de un feto humano, dibujo elaborado por Leonardo Da Vinci entre los años 1510 y 1512, que demuestra el interés de este inquieto hombre dedicado a las ciencias y al arte por tratar de comprender el proceso de diferenciación y desarrollo humanos.

Todos los organismos multicelulares se originan de una célula: el cigoto

En la mayoría de los seres vivos el desarrollo comienza con la **fecundación** y posterior formación del **cigoto**, este último es la primera célula que posee el individuo, y como consecuencia de esta fusión, el **genoma** de ese individuo resultante proviene de la unión de la información genética de cada progenitor. En la Figura 3.1 puedes observar varios espermatozoides tratando de fecundar a un óvulo.

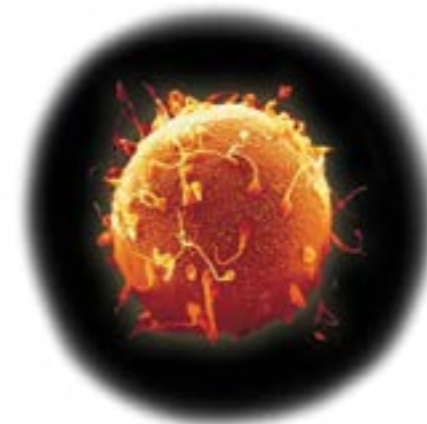


Figura 3.1. Imagen de la fecundación en humanos. Espermatozoides llegando al óvulo, sólo uno participará en la fecundación.

Las principales consecuencias de la fecundación son la combinación de los genes de ambos progenitores y la formación del cigoto. Luego, comienza una serie de situaciones maravillosas, referidas a su desarrollo.

En algunos organismos, como los anfibios y algunos peces, las células sexuales o gametos se fecundan en el ambiente, por lo que se dice que la **fecundación es externa**, y generalmente se realiza en el agua. En otros organismos como las aves, los mamíferos, los reptiles y las plantas superiores que poseen semillas, **la fecundación es interna** porque se realiza en el interior del aparato reproductor femenino.

En las plantas con semillas, este asombroso proceso comienza con **la polinización**, que permite al grano de **polen**, que contiene la célula sexual masculina, unirse a la célula femenina llamada **oosfera**, que se encuentra en el fondo de una estructura con forma de botella de cuello largo: el **pistilo**. El grano de polen se adhiere a la parte superior del pistilo, llamada **estigma**, la perfora y se alarga en forma de un tubo, el tubo polínico, siguiendo la forma del pistilo hasta llegar al fondo o saco embrionario. Por último, una célula sexual masculina, de las dos que viajan dentro del tubo polínico, se une a la oosfera u óvulo. (Ver Figura 3.2).

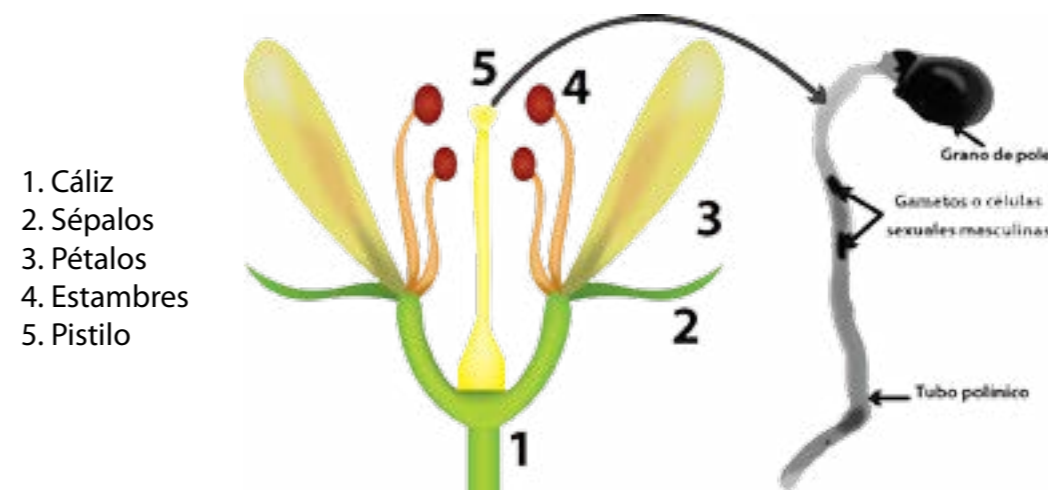


Figura 3.2. Se observan los gametos masculinos y el núcleo del tubo polínico avanzando dentro del tubo.

Ahora, ¿cómo un organismo pluricelular se origina de una sola célula, es decir, del óvulo fecundado?, ¿qué permite que diferentes tipos de células se organicen para formar los tejidos y órganos?

El proceso de transformación se lleva a cabo de manera gradual, lo que posibilita que comiencen a aparecer estructuras organizadas a partir de un grupo de células muy simples. En los primeros estadios, el cigoto se divide continuamente y produce muchas células, pero no aumenta de tamaño. Estas divisiones se presentan en secuencia, es decir, una célula se divide en dos, las dos primeras células en cuatro, luego en ocho, dieciséis células, y así, sucesivamente. El producto de esta serie de continuas divisiones es una estructura llamada **mórula**. El número de células de la mórula varía según el organismo, por lo general entre 16 (como en el caso de los seres humanos) y 64 células.

El embrión, al llegar a tener esta estructura, debe tomar forma y especializarse, pues si se continuara dividiendo sin un plan establecido se obtendría una masa de células irregulares, que no se parecería en nada a un organismo vivo. La figura 3.3 ilustra el proceso de división celular del cigoto de un erizo de mar, animal invertebrado que pertenece al grupo de los equinoideos.



Figura 3.3. Serie de microfotografías de la división celular que se lleva a cabo durante el desarrollo del erizo de mar.

¿De qué manera, durante el desarrollo, se establece el patrón corporal de un organismo?

En los animales, las células de la **mórula** se dividen sucesivamente hasta transformarse en una estructura llamada **blástula**. Inmediatamente después, sus células comienzan a migrar en grupo y a plegarse. Luego, la blástula se transforma en una esfera hueca llamada **gástrula** que posee tres capas de células, llamadas: **endodermo** (la más interna), **mesodermo** (la capa intermedia) y **ectodermo** (la más externa).

Cuando el embrión ya posee la forma de gástrula, sus células comienzan a moverse, esto indica que se empieza a desarrollar su forma; este proceso se denomina **morfogénesis**.

En la medida en que se desarrolla la gástrula, sigue aumentando el número de células. Es importante resaltar que las células de cada una de las tres capas de la gástrula son muy parecidas. Como las células crecen antes de dividirse, el embrión aumenta de tamaño y llega un momento en que es necesario que ellas se organicen en estructuras específicas y se especialicen para realizar una función particular. Así, las células embrionarias de cada capa de la gástrula empiezan a transformarse en células especializadas, que se agruparán en tejidos y éstos formarán órganos. Esta serie de transformaciones que ocurren en las células se llama **diferenciación** y la información para que ello ocurra está en los **genes**.

Este proceso es común en la mayoría de los animales y al final cada capa se transformará en determinados sistemas, órganos o tejidos.

En otros seres vivos, como las plantas, la diferenciación celular también permite la formación de células especializadas que se agrupan para formar tejidos, como el xilema, el floema, la epidermis y órganos como las raíces, los tallos, las ramas y otros.

Ectodermo	Mesodermo	Endodermo
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nervioso, incluye médula espinal, nervios. • La capa externa de la lengua, de las ventanas de la nariz y del ano. • La epidermis, glándulas sudoríparas, cabello y uñas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Huesos y músculos. • Sangre y vasos sanguíneos. • La capa interna (dermis) de la piel. 	<ul style="list-style-type: none"> • La cubierta del tubo digestivo. • La cubierta de la tráquea, bronquios y pulmones. • Hígado y páncreas. • Tiroides, paratiroides, timo. • Vejiga urinaria.

Tabla 3.1. Capas de la gástrula, tejidos y órganos que se forman de ellas.

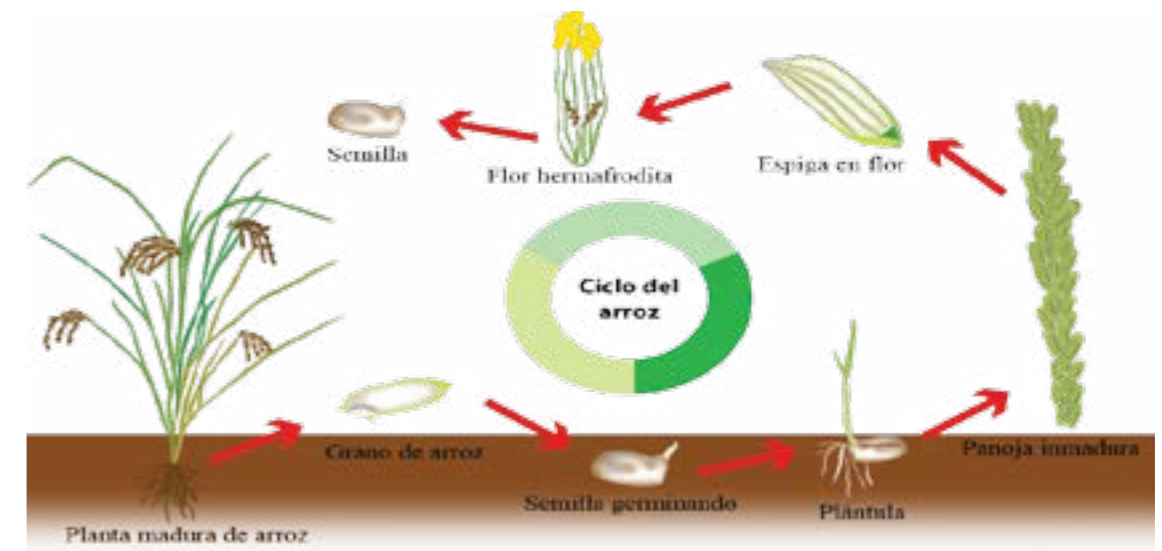


Figura 3.4. Ciclo de vida del arroz (*Oryza sativa*).

En el ciclo de vida de las plantas de arroz ilustrado en la Figura 3.4, es posible observar cómo, a partir de una semilla o grano de arroz, se desarrolla un organismo completo, el cual está formado por diferentes tipos de células que forman tejidos y estructuras especializadas.



Figura 3.5. Imágenes humanas en diferentes momentos de la vida. En todas ellas se realiza el proceso de diferenciación, regeneración y especialización celular.

La información está en los genes

¿Cómo existen diferentes tipos de células en un mismo organismo si la información que está en sus genes es la misma en todas ellas? Cuando se diferencian y especializan, ¿qué hace posible que las células sean diferentes, tanto en sus formas como en sus funciones?

Como sabes, en el ADN está la información genética. En cada célula, hay ciertas secuencias de ADN cuya información se **activa**, mientras que hay otras secuencias cuya información se **desactiva**. Cada célula logra así cumplir una función específica, por ejemplo, las células musculares tienen activada la secuencia de ADN que controla la síntesis de proteínas musculares y no la secuencia para controlar la síntesis de proteínas de los nervios.

Una rama de la Biología que se ha desarrollado de manera importante durante este siglo, gracias al conocimiento actual que se tiene sobre los genes, es la **Biología del Desarrollo**, cuyo objetivo es comprender cómo la información contenida en el genoma de cada individuo controla su desarrollo embrionario.

Además de investigar cómo ocurre el desarrollo embrionario, la Biología del Desarrollo estudia cómo algunos animales pueden regenerar órganos perdidos y cómo el crecimiento del individuo es controlado, es decir, cómo se controla su metamorfosis y el envejecimiento.

En relación a la reparación de tejidos y a la regeneración parcial o total de partes del cuerpo, algunos animales invertebrados como las planarias y las estrellas de mar, entre otros, además de tener la capacidad de regenerar partes perdidas del cuerpo, también pueden, a partir de cada parte, dar origen a un organismo completo.

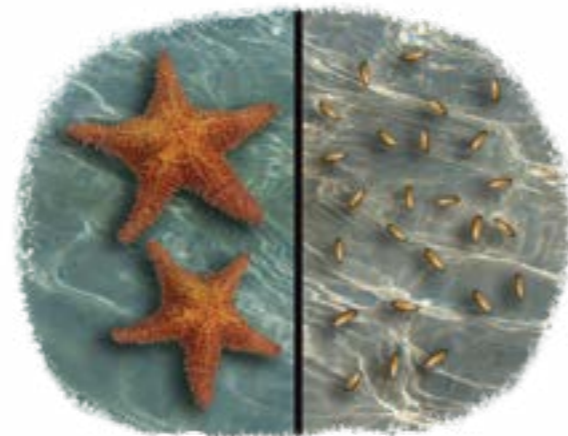


Figura 3.6. Estrellas de mar y planarias.

Esto se debe a que tienen “células madre adultas” con la propiedad de dividirse constantemente y transformarse en otras células especializadas, para sustituir las perdidas. Ellas tienen en su **genoma** los genes que les permiten regenerar una parte del cuerpo, así como asegurar que las células nuevas terminen en el sitio correcto con el tamaño, la forma, la orientación y la función adecuadas.

El significado de lo que es un gen ha cambiado a través del tiempo. Actualmente es mucho más complejo que la definición dada por Wilhelm Johannsen (1909) a comienzos del siglo XX, quien consideró a los genes como “unidades de la herencia de los caracteres.”

¿Has escuchado sobre los actuales avances de la genética? ¿Y sobre las innovaciones tecnológicas que han dado origen a nuevas ciencias como la Genómica y la Proteómica?

A partir del proyecto Genoma, y de los trabajos que desde entonces se llevan a cabo, se ha podido determinar que la secuencia de nucleótidos que conforman un gen no es continua, sino que se ve interrumpida por fragmentos de ADN que no codifican información; éstos se denominan **intrones** y se eliminan durante la formación del ARN mensajero (ARNm). Los fragmentos de ADN con información específica se denominan **exones**.

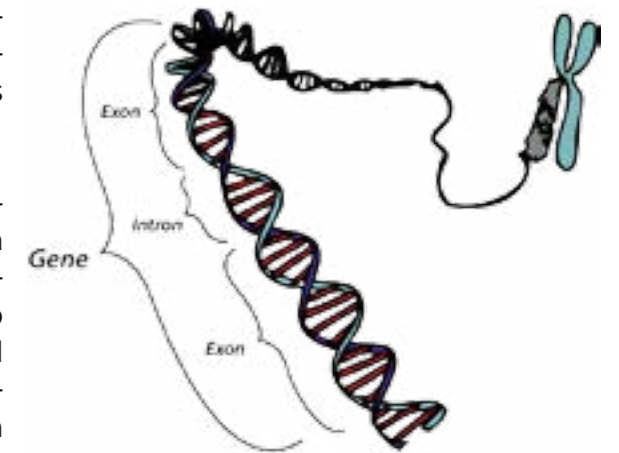


Fig. 3.7. Desde los genes intrones y exones al cromosoma.

Las investigaciones realizadas en Biotecnología, Biología Celular y en Biología Molecular, así como el establecimiento de la Bioinformática, nos permiten señalar la existencia de diversos tipos de genes, tales como: complementarios, de regulación, estructurales, represores, supresores de tumores, entre otros, lo cual evidencia las distintas funciones con las que están asociados.

Dependiendo de la información que contienen los genes se pueden organizar en dos categorías: **genes estructurales y genes reguladores**. Los genes estructurales se llaman así porque contienen la información codificada con la cual se sintetizarán las proteínas, y éstas a su vez son los materiales que estructuran a cualquier organismo, por ello podríamos decir que estos genes son equivalentes a los ladrillos en una construcción. Los genes reguladores, como su nombre lo indica, regulan o controlan la función de otros genes.

A continuación se mencionan algunos tipos de **genes reguladores** de acuerdo a la información y función que tienen:

- Secuencias de replicación, cuya información señala el sitio donde se inicia y se termina la replicación del ADN.
- Genes de recombinación, que poseen información acerca de los sitios de unión para las enzimas de recombinación.
- Genes de segregación o de sitios específicos, cuya función es permitir que los cromosomas se adhieran a las fibras del huso mitótico durante la mitosis o división celular.

- Genes que reconocen e interactúan con proteínas, hormonas y otras moléculas intra y extra celulares.

Para comprender cómo la información contenida en el genoma de cada individuo controla su desarrollo embrionario, la Biología del Desarrollo estudia las mutaciones que alteran el desarrollo en algunos aspectos específicos, lo que ha permitido a los investigadores e investigadoras identificar aquellas mutaciones en determinados genes que afectan profundamente el desarrollo de los organismos, porque producen patrones anormales o alteran las funciones vitales de mantenimiento, sin las cuales el organismo no puede vivir.

Algunos genes implicados en el desarrollo de los animales

Los trabajos realizados por investigadoras e investigadores del campo de la Biología del Desarrollo, han tratado recientemente de identificar cómo y cuáles genes están implicados en el desarrollo de ciertos animales, además de buscar si hay uno o varios genes correspondientes en otros animales. Para ello, comparan sus genomas y si las secuencias de nucleótidos poseen cierto grado de semejanza, esto les indica que se han generado de un gen ancestral común. Cuando los genes tienen cierto grado de semejanza se dice que son **homólogos**. Esto ha permitido identificar una clase de genes en animales vertebrados que regulan el patrón de desarrollo de la cabeza a la cola, específicamente, el desarrollo de diferentes tipos de vértebras y la posición de éstas a lo largo de la columna vertebral. También, estos genes se han identificado como homólogos de otros genes que especifican cada uno de los segmentos del cuerpo de la mosca *Drosophila*, un invertebrado.

La *Drosophila* es uno de los organismos que más se ha estudiado en cuanto a sus bases genéticas y, gracias a ello, se han identificado muchos genes del desarrollo.

Los estudios realizados durante las dos últimas décadas del siglo pasado, revelaron que la mayoría de los genes que controlan el desarrollo de estas moscas son homólogos a los que controlan el desarrollo de los vertebrados y de muchos otros animales. El desarrollo de los humanos y de las moscas de la fruta (*Drosophila*) se asemeja más de lo que cualquiera se podría imaginar.



Figura 3.8. *Drosophila melanogaster*.

Generalmente, miles de genes intervienen en el control del desarrollo del embrión, y lo hacen señalando dónde y cuándo se sintetizan las proteínas, estableciéndose dentro de las células redes de interacciones entre las proteínas y los genes. Este control genético proporciona a cada célula **las propiedades** que la caracterizan. Por ejemplo, la capacidad que tiene una célula de comunicarse con otras. Estas interacciones entre células son las que determinan cómo se desarrolla el embrión, y son conocidas con el nombre de señalización célula-célula.

¿Cómo los genes controlan el comportamiento celular?

El control del comportamiento de las células es posible a través de las proteínas que se codifican debido a la información que tienen los genes. Por ejemplo, existen proteínas receptoras, factores de crecimiento, proteínas de señalización intracelular y proteínas que regulan a otros genes. Muchos de estos genes son especialmente, los que codifican a las proteínas receptoras y moléculas de señalización.

De esta manera, se estudian diferentes organismos y sistemas de desarrollo, con la intención de comprender las características básicas de este proceso, ya que hay principios generales que se aplican a todos los animales. En tal sentido, los estudios se han centrado en un número relativamente pequeño de organismos, a los que se llama **modelos**, y sobre los que hoy existe un profundo conocimiento de su genética del desarrollo.

Algunos animales considerados como modelos entre los vertebrados son: la rana del género *Laevis*, el ratón (*Mus musculus*), el pollo (*Gallus gallus*) y el pez cebra (*Danio rerio*). Entre los invertebrados se encuentran los erizos de mar, la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) y el gusano nemátodo (*Caenorhabditis elegans*). Parecería que, una vez que la evolución encuentra un camino satisfactorio mediante el establecimiento de un patrón corporal en los animales, éste se repite en otros, utilizando los mismos mecanismos y moléculas, salvo con algunas modificaciones.

A partir del estudio genético de moscas *Drosophila* que presentan alteraciones en su cuerpo, producto de, mutaciones (Ver figura 3.9 a), se han identificado genes que son responsables de la formación de ciertas estructuras corporales. Estas mutaciones son: la mutación Bithorax, que se caracteriza porque la mosca presenta un par de alas extra, tal como se ilustra en la Figura 3.9 b, y la mutación Antennapedia, que se caracteriza porque la mosca tiene un par de patas en el sitio donde se deberían encontrar sus antenas, es decir, éstas se han transformado en patas (Ver Figura 3.9 c).



Figura 3.9. Moscas *Drosophila* normales y mutantes.

Para llegar a identificar cuáles eran los genes responsables de ambos tipos de mutaciones y cómo ellos actúan, las investigadoras e investigadores han estudiado el desarrollo embrionario de estas moscas, y han analizado su genoma. Gracias a sus trabajos han llegado a concluir que cada uno de los segmentos que posee la larva (una de las etapas de la vida del insecto) a lo largo del cuerpo, tiene un patrón de formación bien definido. Durante el proceso de diferenciación, cada segmento se desarrolla y es diferente al resto. Esta diferencia se logra por la actuación de genes **reguladores** que controlan la identidad de cada segmento y se denominan **genes homeóticos**, o **genes Hox**. Tal tipo de gen controla la actividad de otros genes y se necesitan para mantener la expresión genética.

Es importante resaltar que este mismo tipo de gen ha sido descubierto prácticamente en todos los animales y controla la actividad del eje antero posterior, es decir, el eje que va desde la cabeza a la cola del animal.

¿Cómo ocurre el proceso de diferenciación en las plantas?

Desde el punto de vista del desarrollo, todas las plantas con semillas muestran el mismo plan básico de estructura y sus etapas tempranas de crecimiento son parecidas. El proceso comienza con la fecundación de la oosfera, es decir, la célula sexual femenina y luego con la formación del cigoto, la primera célula de la planta que se transformará gradualmente hasta llegar a ser un organismo adulto.

En los primeros estadios, todas las células del embrión tienen la capacidad de realizar la división celular. Llega un momento en que empiezan a transformarse y a especializarse en tejidos y éstos en órganos, es decir, empiezan a diferenciarse. Sin embargo, algunas partes del embrión no se diferencian y sus células mantienen la capacidad de dividirse. Estas partes en las plantas se llaman **regiones meristemáticas** y sus genes tienen la información necesaria que permite la diferenciación y especialización celulares durante el desarrollo.

Durante el proceso de **diferenciación**, el embrión adopta una forma específica donde se puede reconocer un eje y a cada lado unos apéndices. Las células del embrión que se desarrollan en uno de los extremos del eje son pequeñas y gruesas, y formarán el vástago o parte superior de la planta. Las células del embrión que se desarrollan en el extremo opuesto del eje se caracterizan porque son grandes, y formarán la raíz. Los apéndices se corresponden con los cotiledones. Los cambios que se producen en cada célula afectan el contenido celular y la estructura de la pared celular; inclusive afectan las relaciones entre células vecinas como los espacios entre las células o el crecimiento diferencial de unas células respecto a otras.

Al llegar al estado adulto, la planta está formada por tejidos diferenciados y tejidos no diferenciados, llamados **meristemáticos** (ver figura 3.10).

Cada uno de los tejidos diferenciados tiene una función específica. Por ejemplo, el xilema y el floema están a lo largo de toda la planta y permiten el transporte de agua y nutrientes, respectivamente; el parénquima está en las hojas y sirve de soporte; y la cutícula tiene la función de protección.

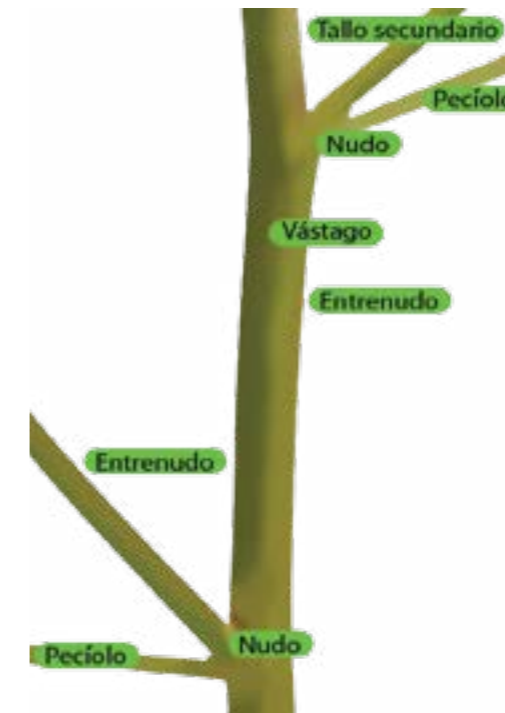


Figura 3.10. Regiones del tallo donde se ubican tejidos meristemáticos.

Los tejidos meristemáticos se encuentran en varios sitios. En el extremo superior de la planta se encuentra el **meristemo apical**, que permite el alargamiento del tallo. En el extremo inferior de la planta está el **meristemo radical**, que permite el alargamiento de la raíz. También existe tejido meristemático en otras partes de la planta, entre otras: dentro de los tejidos que crecen hacia los lados, para dar grosor al tallo; alrededor de sus órganos; en las axilas de las hojas.

Es importante resaltar que las células adultas, aunque hayan alcanzado la especialización, pueden recobrar su actividad meristemática, es decir se pueden des-diferenciar. Esta habilidad que tienen las células diferenciadas para generar nuevos tipos celulares se denomina **totipotencia**, ya que implica ser capaz de crear un individuo completo.

Algunos genes implicados en el desarrollo de las plantas

Al igual que en los organismos del Reino Animalia, los organismos del Reino Plantae poseen la información necesaria para la diferenciación y especialización en los genes; y en el estudio del desarrollo de las plantas también se utilizan “modelos”.

Dos ejemplos de modelos de plantas son *Arabidopsis thaliana* y *Solanum lycopersicum* que se ilustran en las figuras 3.11 y 3.12. Estas plantas se utilizan para descifrar las funciones de los genes de su genoma.

La *Arabidopsis thaliana* es una planta que tiene aproximadamente 30 cm de altura, pertenece a la familia de las crucíferas, al igual que el rábano, la coliflor, la pimienta blanca y la pimienta negra y se encuentra en diferentes partes del planeta a excepción de América del Sur. Es una planta que se autofecunda sin la intervención humana, cada planta puede producir hasta 10.000 semillas, y su genoma haploide es pequeño. *Solanum lycopersicum* es conocida comúnmente como la planta de tomate



Figura 3.11. Flores de una planta de *Arabidopsis*.



Figura 3.12. Frutos de una planta de tomate (*Solanum*).

Para llegar a conocer cuáles genes intervienen y controlan el desarrollo embrionario de ésta y otras especies de plantas, los investigadores e investigadoras han analizado aquellas plantas que presentan alguna mutación que altera su desarrollo en algún aspecto específico.

Para ello se ha estudiado el desarrollo embrionario de esta especie, y conjuntamente se ha analizado su genoma. Para la década de los noventa ya se habían identificado 19 genes, por ejemplo, el gen mutante GNOM(*GN*) que provoca una elongación insuficiente del cigoto; el gen mutante GURKE (*GK*) que ocasiona la ausencia de cotiledones y meristemo apical y el gen *Monopteros* (*MP*) que ocasiona la ausencia de raíces, entre otros.

Tanto en la especie *Arabidopsis thaliana* como en *Solanum lycopersicum* se han identificado a los genes *WOX4* como responsables del control en el desarrollo de los haces vasculares de la raíz y en el brote de los órganos laterales.

Las células madre y su papel en la diferenciación celular

El proceso de formación de nuevas células es posible debido a la existencia de cierto tipo de células llamadas **células madre**, que tienen la capacidad de generar uno o más tipos de células diferentes. Ellas se caracterizan porque no se diferenciaron completamente y se pueden dividir indefinidamente. Sin embargo, en su momento pueden diferenciarse en uno o más tipos y se encuentran tanto en embriones como en organismos adultos.

En los mamíferos solamente el cigoto y las células embrionarias jóvenes son **totipotentes**, es decir, pueden dar origen a todos los tipos de células de un organismo adulto; mientras que en las plantas, todas las células que forman parte de las regiones meristemáticas son totipotentes a lo largo de su vida. Los avances científicos más recientes han permitido alterar células animales diferenciadas para que puedan ser totipotentes.

Las células madre embrionarias, provienen del cigoto y pueden dar origen a todas las células del organismo, así como a las estructuras necesarias para llevar a cabo la formación del embrión, la placenta y el cordón umbilical, por lo que se les considera totipotentes. Las células derivadas de la **blástula**, en cambio, son **pluripotenciales** ya que tienen la capacidad de dar origen a los diferentes tipos celulares presentes en el organismo.

En la inmensa mayoría de los organismos pluricelulares las células son diferentes y, como se ha dicho anteriormente, se derivan de una sola célula inicial o cigoto después de la fecundación, debido a la **diferenciación celular** que hace posible que una célula no

especializada dé lugar a los diferentes tipos de células que forman el cuerpo; por ejemplo, células musculares, células del hígado, células del sistema nervioso, entre muchas otras.

La diferenciación celular produce modificaciones en la expresión de los genes de las células, lo que les permite a estas adquirir la morfología y las funciones de un tipo específico de células que las hace diferentes a estas otras células del organismo. Durante este proceso, ciertos genes se expresan mientras que otros se reprimen. Ello ocurre gracias a distintos mecanismos de regulación de la expresión genética de las células, así, en cada célula diferenciada se expresarán sólo ciertos genes y ella adquirirá determinadas funciones.

Para saber mas...

En citopatología, es decir, en el estudio de las células asociadas a enfermedades, la diferenciación celular se utiliza como una medida para conocer la progresión del cáncer.

El cáncer, una expresión de las alteraciones de los genes

El cáncer es hoy en día una de las enfermedades que con mayor frecuencia afecta a las venezolanas y los venezolanos de todas las edades. Esta enfermedad ocasiona que en el organismo se produzca un exceso de células conocidas como **cancerígenas**, cuyo crecimiento y división celular va más allá de los límites normales, produciendo la invasión del tejido circundante, lo que se denomina **metástasis**.

Es una enfermedad producida por alteraciones en la división celular, relacionada tanto con la información genética como con la acción de agentes carcinógenos, tales como la radiación ionizante, la radiación ultravioleta, la acción de productos químicos procedentes de la industria, el humo del tabaco, la contaminación en general y agentes infecciosos. Aunque en el genoma pueda existir la información genética que pudiera expresarse para producir cáncer, no es posible pensar en una causa única para esta enfermedad, pues más bien es el resultado final de la interacción de múltiples factores.

El cáncer puede afectar incluso a los fetos, pero el riesgo se incrementa con la edad. Muchos cánceres pueden ser tratados y algunos curados, dependiendo del tipo, la localización y la etapa o estado en el que se encuentren al diagnosticarlos. Una vez detectados, se tratan con la combinación apropiada de cirugía, quimioterapia y radioterapia. La clasificación histológica (del tipo de tejido) y la presencia de marcadores moleculares específicos pueden ser también útiles en el diagnóstico, así como para determinar tratamientos individuales.

Existen genes que son más susceptibles a sufrir mutaciones y pueden desencadenar un cáncer. Esos genes, cuando están en su estado normal, se llaman **protooncogenes**, y cuando están mutados se llaman **oncogenes**. Estos genes suelen codificar a los receptores de factores de crecimiento, de manera que la mutación genética hace que los receptores producidos estén permanentemente activados y produzcan factores de crecimiento en exceso y sin control. El cáncer se clasifica según el tejido donde se originan las células cancerosas. Un diagnóstico definitivo requiere un examen histológico, es decir de los tejidos, aunque las primeras señales de la existencia de cáncer son posibles a partir de los síntomas y de las imágenes que se obtienen en las radiografías.

En todo el país existen 22 centros asistenciales gratuitos especializados en oncología, para atender a la población que padece algún tipo de cáncer. El Instituto Oncológico Luis Razetti y el Centro de Oncología del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales, anteriormente Oncológico Padre Machado, son instituciones del Estado dedicadas al estudio y tratamiento gratuito del cáncer. Desde 2009 se suministran de manera gratuita medicamentos para la enfermedad a través de las 58 farmacias de alto costo distribuidas en todo el país, cuya sede central está en la zona industrial de Los Ruices, en Caracas.

SOCIEDAD
ANTICANCEROSA
DE VENEZUELA



Para saber más...

¡Un estilo de vida saludable, es una manera eficaz de **prevenir** esta terrible enfermedad!

La atención médica especializada y el tratamiento adecuado son las armas necesarias para **afrentar** el cáncer.



¿Existirán diferencias en el desarrollo de los organismos según el grupo taxonómico al cual pertenecen?

Como pudiste observar, en la información contenida en la tabla 3.1 se presentan algunos ejemplos de órganos y sistemas que se originan durante el desarrollo embrionario, los cuales surgen de los cambios que ocurren en las células de cada una de las capas: ectodermo, mesodermo y endodermo de la gástrula. Aunque hay un patrón común en la mayoría de los seres vivos, ¿existirán diferencias entre los organismos de los diferentes grupos taxonómicos que has estudiado en años anteriores?

Te proponemos investigar sobre ello. Para lo cual te recomendamos trabajar en grupo y que cada uno decida sobre cuál de los diferentes grupos taxonómicos les interesa.

¿Qué necesitan?

- Materiales impresos, audiovisuales, electrónicos u otros relacionados con el propósito de la investigación.
- Cuaderno, lápiz, creyones y otros materiales similares.

¿Cómo lo harán?

- Cada grupo busca información del proceso de desarrollo de aquellos seres vivos que escogieron. Pueden buscar información en libros u otros materiales impresos y en páginas de Internet.
- Elaboren tablas o cuadros, como la referida anteriormente, para registrar la información.
- Comparen los registros de cada equipo, analicen la información y elaboren un resumen sobre posibles diferencias encontradas en el proceso de **especialización** celular, en los seres vivos de los diferentes grupos taxonómicos.
- Expongan sus trabajos al resto de los equipos de su clase y elaboren un informe que publicarán en una cartelera bajo las orientaciones e instrucciones de su profesora o profesor.
- Orientados por su profesora o profesor, elaboren sus conclusiones sobre el papel de los **genes** en el proceso de **diferenciación y especialización** celular que ocurre durante el desarrollo, para los organismos que han estudiado.



La evidencia de los genes Hox se encuentra en los segmentos de la mosca de la fruta

La *Drosophila melanogaster*, tiene su cuerpo dividido en varios segmentos. Estos últimos se pueden observar en el embrión, la larva y el adulto, y son consecuencia de la expresión de un grupo de genes **homeóticos** llamados genes *Hox*. Basado en lo anterior planteamos las siguientes preguntas: ¿Cuáles serán las partes de la mosca de la fruta que pertenecen al complejo de genes Hox Antennapedia y al Bithorax? ¿Habrá correspondencia entre los segmentos del embrión o la larva y la mosca adulta?

¿Qué necesitan?

Pinceles, moscas de la fruta en diferentes etapas de su ciclo de vida, acetona, algodón, cápsulas de Petri, portaobjetos y cubreobjetos, agua, gotero, inyectadoras para insulina.

¿Como lo harán?

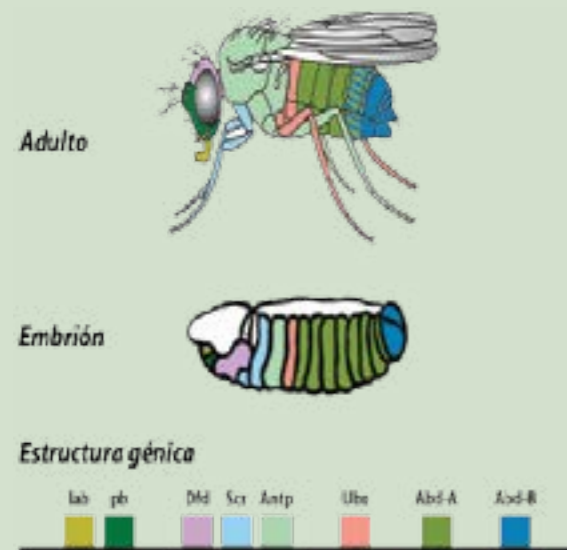
- *Preparación de las muestras para la observación:* para preparar las muestras es importante conocer el ciclo de vida de la mosca de la fruta, esto nos permitirá conseguir las larvas en los primeros estadios o los huevos para observar el embrión. En la siguiente imagen se detalla el ciclo de vida de la *Drosophila* y el tiempo (en días) que tarda cada etapa en el ciclo.

- Si consiguen uno de los huevos sin eclosionar (con el organismo dentro), tómenlo con el pincel, colóquenlo sobre una lámina de portaobjetos y agréguele una gota de agua.
- Observen directamente con la lupa (microscopio estereoscópico), rompan el huevo con mucho cuidado utilizando la aguja de la inyectadora de insulina. En la siguiente imagen se muestran distintos momentos en el desarrollo del embrión de la mosca de la fruta.



A la izquierda, embrión en una etapa temprana. En el centro, embrión con un desarrollo intermedio. A la derecha, embrión en desarrollo avanzado al que se le observan los segmentos producidos por la expresión de los genes *Hox*.

- Al localizar el embrión, colóquenle una lámina de cubreobjetos y obsérvenlo al microscopio. Identifiquen los segmentos y, con la ayuda de la siguiente imagen, identifiquen los genes que participan en la formación de cada uno de ellos.



lab: labial
 pb: proboscipedia
 Dfd: deformado
 Scr: comba sexual reducida
 Antp: Antennapedia
 Ubx: ultrabithorax
 Abd-A: abdominal A
 Abd-B: abdominal B

- Estos segmentos también se pueden ver en las larvas pequeñas del primer estadio. Para observarlos, coloquen la larva en un portaobjetos con una gota de agua y cúbranla con el cubreobjetos cuidando de no aplastarla. Observen al microscopio.

- Para observar la mosca adulta deben dormirla con acetona. Primero, coloquen un algodón humedecido con acetona en el recipiente donde están las moscas. Esperen unos minutos a que estén inmóviles. Segundo, tomen una de las moscas con un pincel y colóquenla en una cápsula de Petri. Tercero y último, observen con la lupa y traten de identificar los segmentos.

¿Cómo observarán?

Elaboren tablas que les permitan recoger los dibujos, descripciones e identificaciones de lo observado, tomen fotografías de los fenómenos estudiados para tener una secuencia de los acontecimientos vividos.

¿Cómo pueden interpretar y explicar?

Orienten la discusión con las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los genes que intervienen en la formación de cada uno de los segmentos que pudieron identificar? ¿Qué diferencias encontraron entre los segmentos de los tres organismos? ¿Qué evidencia los cambios en los tres organismos, si los hubo?, y ¿qué explicación le dan ustedes a esos cambios, si hubo alguno? Comuniquen a sus compañeras y compañeros los resultados a través de una exposición que contenga una introducción, el procedimiento que siguieron, resultados y las principales conclusiones.



¿Qué conoce sobre el cáncer la comunidad a la cual perteneces?

Como se ha referido anteriormente, el cáncer es una enfermedad frecuente en la población venezolana, de allí la importancia de estar informados sobre los servicios que el Estado ofrece a los ciudadanos, tanto para su diagnóstico como para recibir tratamiento adecuado.

¿Te gustaría realizar un proyecto sobre las necesidades que tiene tu comunidad acerca de esta enfermedad y cómo prevenirla?

Organizados en equipos de trabajo, y con la asesoría de tu profesora o profesor, elaboren una encuesta que les permita recoger información entre los miembros de su comunidad.

Una vez aplicada, analicen sus datos y elaboren un plan para llevar a cabo una campaña informativa al respecto.

¿Qué necesitan?

- Materiales de referencia documental, informativa, educativa sobre el cáncer.
- Materiales de oficina para elaborar dípticos, trípticos, afiches y otros medios informativos.

Identificar radios comunitarias de su localidad para participar en programas de información a la comunidad.

- Identificar y contactar, entre los integrantes de su comunidad, médicos, enfermeras y otros profesionales de la salud, así como educadores que puedan participar en las diferentes acciones que programen.

¿Cómo lo harán?

Organizados en equipos de trabajo busquen información en la prensa, en Internet, en los Centros de Salud cercanos a su lugar de vivienda, sobre:

- ¿Cuáles instituciones existen en su comunidad o región para atender a personas con posibilidad de tener cáncer?
- ¿Qué tipo de servicio se ofrece a la población para la prevención, despistaje, diagnóstico y tratamiento del cáncer?
- En los centros respectivos, ¿qué información se ofrece a las personas para tener acceso, de manera gratuita, a drogas antineoplásicas, que son muy costosas?
- ¿Cuáles tipos de cáncer son más frecuentes en la localidad, estado o región donde viven?
- Decidan el tema que cada equipo atenderá de manera específica, y los medios que cada uno seleccione para la difusión de la información que han encontrado.
- Planifiquen las acciones, tratando de que cada equipo se aboque a un tipo específico de actividad, de esta manera será posible ampliar y diversificar sin repeticiones.
- Compartan con los especialistas y voluntarios de su comunidad el plan que han elaborado y decidan la manera de llevarlo a cabo.
- Apliquen los planes en las escuelas, en los espacios decididos con los consejos comunales, en su liceo, entre otros.
- Evalúen, mediante la aplicación de encuestas cuya información será registrada en cuestionarios o grabaciones, la opinión de las comunidades sobre la actividad desarrollada.

- Elaboren tablas que les permitan recoger los datos, tomen fotografías, graben las entrevistas y con la orientación de su docente organicen el informe que deben presentar para comunicar el trabajo realizado.
- Analicen en cada equipo de trabajo comunitario, las fortalezas y debilidades de las actividades realizadas en cada fase.
- Evalúen y tomen decisiones de cómo mejorar lo inicialmente proyectado.

¿Cómo pueden interpretar y explicar?

Utilicen la información que obtengan de la evaluación de la planificación inicial, de las actividades desarrolladas por cada equipo, de las replanificaciones, y de la opinión de la comunidad, esto les permitirá elaborar conclusiones consensuadas.

¿Qué otras maneras efectivas habrá para realizar la experiencia?

Realicen comparaciones de sus resultados con los de los otros equipos.

Elaboren materiales de difusión que llevarán a los centros de salud, a las mesas de salud de los consejos comunales, a las escuelas y a los liceos. Especialmente sobre cómo prevenir el cáncer y maneras de atender a las personas para un diagnóstico a tiempo.



Actividades de autoevaluación

1. Toda la información genética de un organismo forma su genoma. El genoma humano y el de otros organismos vivos tienen genes homólogos. Señala cuáles genes son comunes en el desarrollo de especies evolutivamente tan diferentes como la *Drosophyla* y los humanos.
2. Explica por qué en las plantas las células meristemáticas son llamadas totipotentes y describe en qué regiones de la planta se ubican.
3. Elabora un esquema, resumen u otro organizador para señalar cuál es el papel de los genes en el proceso de diferenciación y especialización celular durante el desarrollo embrionario.
4. Considerando el trabajo realizado en tu comunidad para informar a los integrantes sobre el cáncer, explica cuál es el papel de los genes represores.

Para conocer más sobre la vida de las planarias, como por ejemplo dónde viven, qué las caracteriza, así como sobre su capacidad de regeneración, rasgos curiosos, te invitamos a visitar las siguientes páginas en internet u otras que, con la ayuda de tu profesora o profesor, puedan localizar.

<http://biologia-lif.blogspot.com/2011/11/reproduccion-asexual-en-planarias.html>
<http://universitam.com/academicos/?p=17758>

4 ¿LA CAUSA DE LA VARIACIÓN EN LAS ESPECIES ES PRODUCTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS GENES Y EL AMBIENTE?



En lecturas anteriores estudiamos cómo se hereda la información genética en las especies: trabajamos cómo los descendientes de una generación presentan características similares que han sido heredadas de sus antepasados. Sin embargo, la expresión de los genes heredados se encuentra sujeta a otra serie de factores que influyen de manera significativa, por eso diferenciamos entre el genotipo heredado y el fenotipo que se observa de un ser vivo.

Si te fijas en la vegetación del patio de tu liceo, el jardín de tu casa o de algún parque cercano, notarás que a pesar de que existan plantas de una misma especie las características de cada una pueden variar, presentándose diferencias entre ellas, por ejemplo, entre las que estén en zonas de sombra en comparación con otras que se encuentren en una zona donde reciban incidencia solar directa. También puedes observar los animales, ellos presentan diferencias, por ejemplo, en su tamaño, aun cuando sean de la misma especie. Es natural pensar que estas diferencias se deban a que cada individuo tiene un genotipo diferente, sin embargo, aún cuando en una pareja de progenitores sus descendientes sean genéticamente muy similares, el ambiente influirá en la expresión de dicha información genética.

En esta lectura, trabajaremos cómo los factores externos e internos, que actúan sobre un organismo, tienen influencia en los patrones de herencia, es decir, cómo la expresión del genotipo se ve afectada por la interacción de donde se encuentra el organismo.

El fenotipo es más que la expresión del genotipo

El **genotipo** y el ambiente donde un organismo habita afectan su fenotipo, es decir, sus características observables internas y externas. No existen dos organismos idénticos, cada uno presenta diferencias aun cuando todos pertenezcan a la misma especie, estas diferencias se deben, además de a la variabilidad genotípica, a la influencia de las condiciones en las que se desenvuelve el organismo, es decir, a su hábitat.

Las condiciones del medio donde crecen y se desarrollan los organismos nunca son idénticas de un lugar a otro, ni de una época a otra, lo que implica que esto influye en la expresión del genotipo, y se puede evidenciar básicamente en lo que podemos observar en su fenotipo, a estas variaciones que se presentan por causa del medio se les conoce como **variaciones ambientales**.

Las condiciones ambientales influyen en la expresión del genotipo actuando antes de la formación de un organismo, durante su desarrollo embrionario y después de su nacimiento, es decir, que la presión ambiental sobre un ser vivo se manifiesta en todo momento, incluso desde la formación de los gametos que le dieron origen (figura 4.1).

Esta relación de factores la podemos resumir de la siguiente forma:

$$\text{Fenotipo} = \text{genotipo} + \text{ambiente}$$

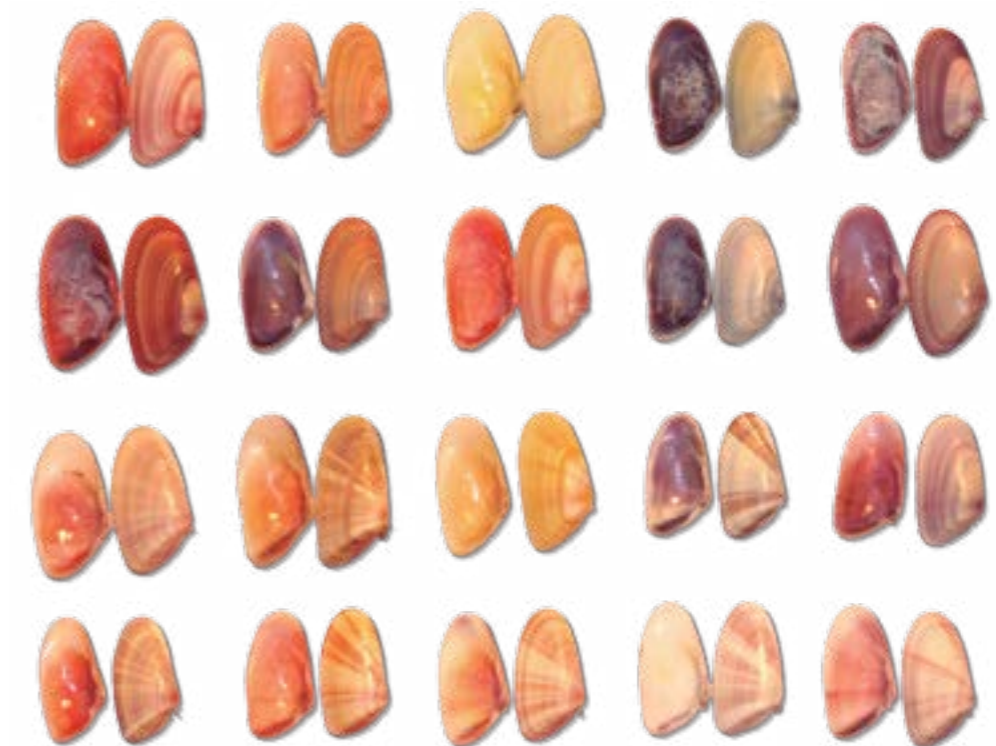


Figura 4.1. Las conchas de este molusco varían su fenotipo de acuerdo a variaciones del ambiente.

¿Cuál es el origen de los términos genotipo y fenotipo?

En los primeros años del Siglo XX el danés Wilhelm Johannsen, por la misma época en que se redescubrieron las leyes de Gregorio Mendel, llevó a cabo experimentos con plantas de caraota con el propósito de aclarar las interrogantes con relación al origen de la variabilidad. Johannsen seleccionó semillas de caraota de dos tipos, a un grupo las catalogó como "livianas" y a las otras como "pesadas", de acuerdo con la masa que les determinó. Sembró las semillas y permitió que las plantas se autopolinizaran, es decir, que los óvulos de cada planta se fecundaran sólo con el polen de la misma planta. Esto le permitió obtener líneas puras.

Posteriormente, separó las semillas que se originaron de la autopolinización y las cultivó. Encontró que tanto las semillas pesadas como las livianas "puras" producían plantas hijas con la misma distribución de pesos de semilla: desde muy pesadas a muy livianas, con predominio de las de peso medio. Es decir, que las plantas puras de semillas livianas y pesadas en realidad eran iguales genéticamente. Concluyó que las diferencias en el peso de las semillas se debían a factores ambientales, como la cantidad de nutrientes recibidos por la planta, entre otros.

Para saber mas...

Wilhelm Ludvig Johannsen fue un científico que nació en Dinamarca en 1857 y murió en 1927. En 1909 asignó por primera vez el término "gen", como abreviatura de la palabra "pangen" que había sido utilizada por Hugo de Vries en 1889. En la fotografía, puedes observar el gráfico que sostiene en sus manos, donde se muestra la variabilidad entre plantas con el mismo genotipo pero diferentes condiciones ambientales.



La explicación de Johannsen establece que, aun cuando el genotipo de las semillas sea el mismo, no es idéntico el medio en el que crecen y se desarrollan, incluso en un mismo terreno las plantas pueden estar sometidas a distintas condiciones. Una planta puede crecer en la sombra, otra a pleno sol, en terreno abonado o carente de nutrientes, con mucha o poca disponibilidad de agua, todos esos factores influyen. Johannsen, en su experimento, pudo demostrar que cuando se consiguen líneas puras, la variabilidad depende única y exclusivamente de los factores ambientales (figura 4.2).



Figura 4.2. El genotipo de un bonsai es el mismo de un árbol normal, ¿a qué se debe su tamaño?

Factores que afectan la expresión de un gen

Nutrición

Los nutrientes son sustancias químicas que requiere la célula para realizar sus funciones, resultan por lo tanto esenciales para el crecimiento y desarrollo de los organismos.

Cuando hay carencia de nutrientes en el sustrato donde se desarrolla una planta cuyo genotipo requiere de abundancia de los mismos, su desarrollo se ve afectado y esto se puede observar en la debilidad del vegetal, su escasez de frutos o escaso crecimiento, entre otros rasgos. Por el contrario, si la cantidad de nutrientes es la adecuada en el sustrato donde crece la planta, ésta tendrá abundancia en frutos y crecimiento normal (figura 4.3).

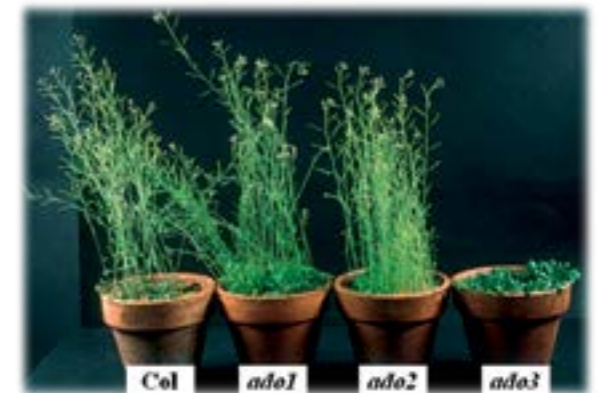


Figura 4.3. Variaciones entre plantas de la misma especie sometidas a condiciones ambientales diferentes.

También en los animales, la falta de nutrientes esenciales puede afectar su crecimiento, así como la producción de hormonas que controlan funciones en el organismo, y puede causar complicaciones en el funcionamiento de los órganos. Por ejemplo, en los humanos la deficiencia en la ingesta de yodo puede causar un tipo de bocio, es decir, un aumento en el tamaño de la glándula tiroides (figura 4.4). Por esta razón es importante que en la dieta diaria exista un equilibrio en el consumo de nutrientes.

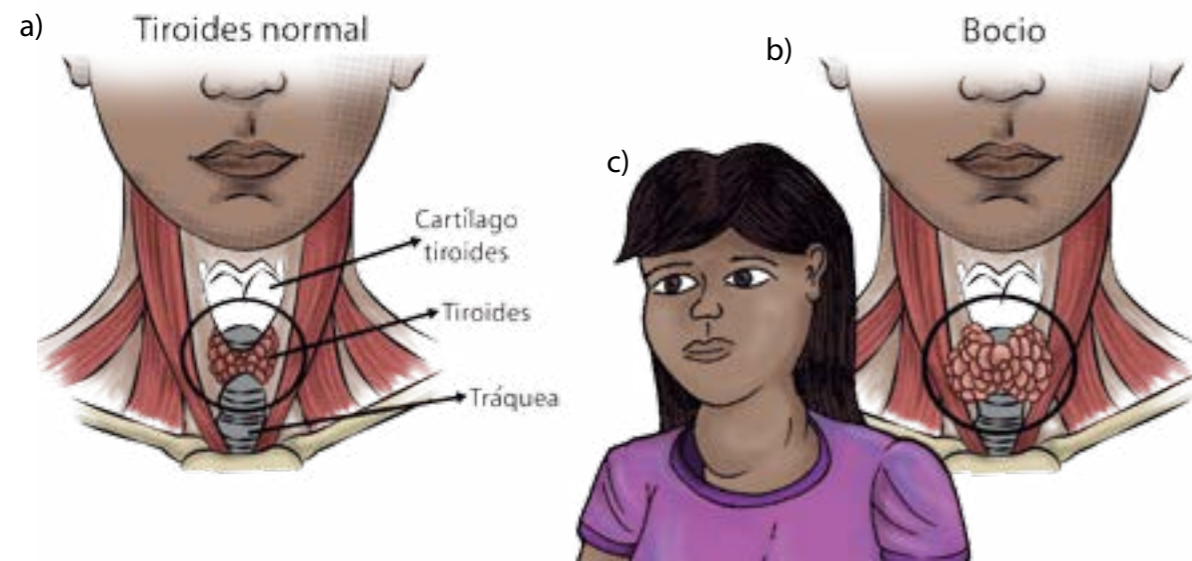


Figura 4.4. Representación de la glándula tiroides.

a) Tiroides normal. b) Tiroides crecida por causa de la deficiencia de yodo. c) Persona con bocio.

Temperatura

Cada ser vivo se mantiene a una cantidad de energía térmica ideal en la que se debe desenvolver para poder llevar a cabo sus funciones. Este factor influye en las reacciones químicas que ocurren en su interior, en particular en la síntesis de proteínas.

En el caso de la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* la temperatura juega un papel importante en el ciclo de vida, ya que a temperaturas por debajo de los 20 °C su ciclo se extiende y puede hacer que la fertilidad de las moscas se vea afectada, mientras que temperaturas por encima de 30 °C pueden causar esterilización o muerte. Así mismo la temperatura puede afectar el desarrollo de diversas estructuras de la mosca, como por ejemplo, provocar la aparición de alas enrolladas (figura 4.5).



Figura 4.5. Mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* con alas enrolladas.

Otro ejemplo del efecto de la temperatura es el caso de los conejos del Himalaya (figura 4.6). Estos animales son de una coloración blanca en la mayoría del cuerpo, pero sus extremidades, hocico, cola y orejas son de una coloración negra. Esto se debe a que la temperatura en esas regiones del cuerpo se encuentra por debajo de 35 °C, mientras que a temperaturas superiores a 35 °C el pelaje se vuelve blanco. Si a uno de estos animales se le corta el pelo blanco en una región del cuerpo y se le aplica frío de manera continua, el pelo crecerá de color negro, por el contrario si se aplica calor el pelo crecerá blanco. Esto nos indica que lo que se hereda es la potencialidad para producir el pigmento y que según la temperatura el genotipo se expresa con un fenotipo en particular.



Figura 4.6. Conejo del Himalaya.

El color del pelaje en los gatos siameses también se encuentra influenciado por la temperatura, ya que el pelo en esta especie crece más oscuro en las partes del cuerpo más frías, como lo son el hocico, la cola y las patas. Cuando nacen estos gatos son totalmente blancos debido al calor en el interior del útero de la madre.

En las focas del ártico, el color de su pelaje se debe a una enzima que se activa con las bajas temperaturas, es por ello que las focas recién nacidas son de color blanco y se oscurecen hasta volverse pardas a medida que se exponen a la temperatura de su entorno.

Presión atmosférica

En la especie humana se observa la adaptación a la presión atmosférica en las personas que habitan en zonas de altitudes elevadas donde las temperaturas son bajas; en ellas la producción de glóbulos rojos aumenta con el propósito de compensar la baja concentración de oxígeno que existe en la atmósfera. Asimismo, en estas personas aumenta la cantidad de capilares sanguíneos, para incrementar el intercambio gaseoso y así suministrar el oxígeno requerido por las células (figura 4.7).



Figura 4.7. Adaptarse a la vida en las altas montañas implica cambios en el fenotipo de las personas. En la fotografía, pastor y llamas en Bolivia. Fuente: Cades Bolivia.

Radiación solar

Las plantas como el maíz, sometidas a escasa luz, presentan una coloración pálida o incluso albina, pudiendo llegar a ocurrir la muerte del vegetal debido a la ausencia del proceso de fotosíntesis. La luz es un estímulo para que se expresen los genes encargados de la producción de clorofila, por lo que la escasez de luz afecta el desarrollo adecuado de estas plantas.

En los seres humanos el color de la piel, además de estar determinado por el genotipo, se ve afectado por la incidencia de luz solar, ya que a mayor incidencia de luz solar se produce un oscurecimiento de la piel porque se estimula la producción de melanina; en el caso de las personas albinas esto no ocurre ya que carecen de este pigmento.

Además, la falta de radiación solar en los humanos puede causar raquitismo, ya que este tipo de energía es indispensable para que ocurran las reacciones químicas necesarias para la síntesis de vitamina D en el organismo. Las personas que padecen de raquitismo poseen huesos débiles y su estatura tiende a ser menor que el promedio de la población, a pesar de que su genotipo sea normal, ya que la vitamina D favorece la absorción de calcio en el organismo, lo que contribuye en la formación de los huesos (figura 4.8).



Figura 4.8. El genotipo de este niño es normal, pero sus piernas arqueadas (parte de su fenotipo) se deben a huesos débiles por falta de vitamina D, la cual se sintetiza en el cuerpo gracias a la luz del Sol.

Así como los **factores externos** intervienen en la expresión de los genes, también existen **factores internos** de los seres vivos que influyen; entre estos factores se encuentran la presencia y concentración de hormonas y enzimas.

Un ejemplo de la influencia de las hormonas en la expresión del fenotipo en humanos es el gigantismo y el enanismo hipofisarios. Como recordarás, las **glándulas** producen **hormonas** y estas sustancias químicas activan, regulan o inhiben procesos y funciones del organismo. En el caso de estas dos enfermedades la causa es el mal funcionamiento de la glándula hipófisis, ubicada en el cerebro.

El **enanismo hipofisario** tiene su origen en una producción escasa de la hormona del crecimiento durante la niñez, mientras que el **gigantismo** se basa en el crecimiento desmesurado, en especial en los brazos y en las piernas, acompañado del correspondiente crecimiento en estatura de todo el cuerpo (figura 4.9). Cuando aparece en la infancia, antes de que la osificación normal haya finalizado, su origen suele estar en una sobreproducción de la hormona del crecimiento en la hipófisis anterior. Por otra parte, la **acromegalia** es producida por la síntesis excesiva de hormona del crecimiento en la edad adulta.

El hombre más alto del mundo fue Robert Pershing Wadlow, que llegó a medir 2,72 metros con un peso de 222 kg. Su exagerado crecimiento se debía a un tumor en la glándula pituitaria, encargada de la segregación de la hormona del crecimiento. Para hacerse una idea de su desmesurado crecimiento, basta decir que a los 8 años ya medía 188 cm. Murió muy joven, a la edad de 22 años.



Figura 4.9. Gigantismo.

La **diabetes melitus** es un tipo de diabetes que se caracteriza porque la persona que la padece presenta **hiperglucemia**, un aumento de los niveles de glucosa en la sangre. Una de las causas de esta enfermedad es la baja producción de la hormona **insulina**, secretada por las **células beta de los islotes de Langerhans** del páncreas (figura 4.10), o por el inadecuado uso de la hormona por parte del cuerpo, lo que afecta el metabolismo de los carbohidratos.

Después de observar todos estos casos de la respuesta del genotipo y su interacción con el ambiente, podemos decir que cuando varios organismos tienen la misma información genética, o muy similar, y se encuentran en medios de desarrollo diferentes la **respuesta es ambiental**, pero si tienen genotipo diferente y están en medios de desarrollo similares la **respuesta es genética**. También es importante considerar que las **mutaciones** contribuyen a los cambios que se puedan presentar en los individuos, ya que al heredarse e interactuar con otros genes, producen diversas combinaciones expresadas en el fenotipo.



Figura 4.10. Islotes de Langerhans del páncreas.

Actualmente, las condiciones del ambiente en nuestro planeta han cambiado a causa de las diferentes actividades de los humanos. Estos cambios en el ambiente pueden causar incluso un efecto **mutagénico** en las poblaciones de todos los seres vivos, es decir, un cambio en sus genes, con lo que se puede poner en peligro su supervivencia. Nos referimos, por ejemplo, a sustancias químicas que se utilizan, como el plomo, el mercurio, o las drogas, y a la exposición a rayos X u otro tipo de radiación, entre otras condiciones que afectan nuestros organismos y el de otros seres vivos.

Actualmente, las condiciones del ambiente en nuestro planeta han cambiado a causa de las diferentes actividades de los humanos. Estos cambios en el ambiente pueden causar incluso un efecto **mutagénico** en las poblaciones de todos los seres vivos, es decir, un cambio en sus genes, con lo que se puede poner en peligro su supervivencia. Nos referimos, por ejemplo, a sustancias químicas que se utilizan, como el plomo, el mercurio, o las drogas, y a la exposición a rayos X u otro tipo de radiación, entre otras condiciones que afectan nuestros organismos y el de otros seres vivos.



Influencia de la luz en las plantas

Esta experiencia te permite estudiar de manera directa la influencia que tiene sobre las plantas un factor clave para ellas: la luz del Sol.

¿Qué necesitan?

- 30 semillas de caraota o de alpiste.
- 6 recipientes de plástico (preferiblemente reutilizables).
- Tierra y abono.
- Papel celofán de varios colores (transparente, amarillo, verde, azul, rojo).
- Cilindro graduado o una taza con medidas.
- Balanza.
- Una bolsa negra.
- Regla.
- Hojas.
- Lápiz.
- Ligas o cinta adhesiva.
- Agua.

¿Cómo lo harán?

Organizados en equipos, de cuatro integrantes cada uno, realicen el siguiente experimento:

- Preparen y enumeren los seis (6) recipientes. En cada uno coloquen la misma cantidad de tierra abonada, y siembren cinco (5) semillas de caraota o de alpiste en cada uno.
- Coloquen los recipientes en un lugar donde todos reciban similar iluminación.
- Recuerden regar las semillas diariamente con la misma cantidad de agua.
- Esperen hasta que las plantas crezcan y tengan aproximadamente 10 cm.
- Elaboren una hoja de registro de observaciones para cada planta.
- Cubran cada recipiente con sus plantas con un papel celofán de color diferente: verde, amarillo, azul, rojo, otro con la bolsa negra, y uno con papel celofán transparente.
- Procuren que queden bien sellados, asegúrenlos cada uno con las ligas o con la cinta adhesiva como se indica en la figura 4.11.
- Registren en cuadros o tablas, previamente elaboradas para ello, las observaciones que hagan durante 2 semanas, consideren la longitud del tallo y la cantidad de hojas; anoten las características de cada vegetal.



Figura 4.11.

Traten individualmente de dar respuesta a las siguientes interrogantes:

Comparte tus respuestas y argumentos con tus compañeros de equipo. Socialicen las predicciones de cada equipo.

¿Qué explicaciones darán a lo observado?

- ¿Existen diferencias entre las plantas?
- ¿Qué sucedió con su color?
- ¿Es diferente la longitud del tallo en cada una?
- ¿Es igual el número de hojas y su forma?
- ¿Se cumplieron tus predicciones?
- ¿A qué crees que se deban los resultados?

Comparen las observaciones y explicaciones dadas en los diferentes equipos, lleguen a acuerdos consensuados y elaboren un informe sobre el trabajo realizado y las conclusiones a las cuales han llegado.



Influencia del tipo de alimento en los animales

El alimento, como se estableció en la lectura, es importante para los individuos ya que brinda los nutrientes necesarios para que puedan realizar sus funciones vitales. Con la siguiente actividad aprenderemos cómo las condiciones alimentarias influyen en el crecimiento de los organismos y en algunas de sus características como especie.

¿Qué necesitas?

- Cepas de gorgojos, que consigues en alimentos almacenados como harina, arroz, granos, entre otros.
- 4 Recipientes de vidrio o de plástico pequeños (preferiblemente reutilizables).
- Lápiz.
- Pinceles.
- Regla.
- Harina de trigo leudante.
- Afrecho.
- Pan.
- Maíz molido grueso.
- Hojas blancas.
- Servilletas.
- Ligas.
- Bandejas o platos grandes.
- Colador.
- Balanza (apreciación, 1 gramo).

¿Cómo lo harás?

- Llena los recipientes con harina de trigo leudante, afrecho, pan y maíz molido grueso respectivamente, con la misma cantidad de cada uno, para ello utiliza la balanza.
- Selecciona 30 gorgojos para ser colocados en cada recipiente, utiliza los platos y los pinceles para que los puedas manipular con cuidado y sin problemas.
- Antes de colocar los gorgojos en los recipientes con alimento mide la masa de cada grupo. Cada tres días, cuela el contenido de los recipientes y separa los gorgojos adultos de sus crías (huevos y larvas). Cuenta el número de éstas y pesa el grupo de adultos para determinar su masa.
- Elabora una tabla para registrar la masa de los gorgojos cada 3 días, y otra tabla para registrar la cantidad de crías de los gorgojos. Observa en la figura 12 el ciclo de este tipo de gorgojos para que logres distinguir cada una de las fases de su desarrollo.
- Realiza las mediciones durante un mes.

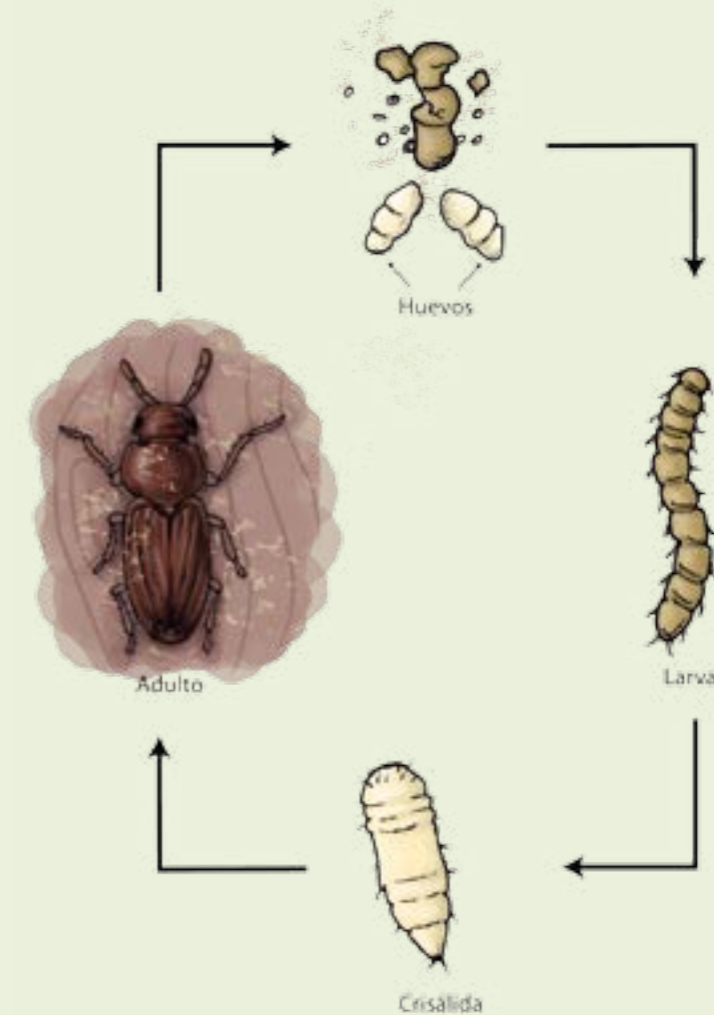
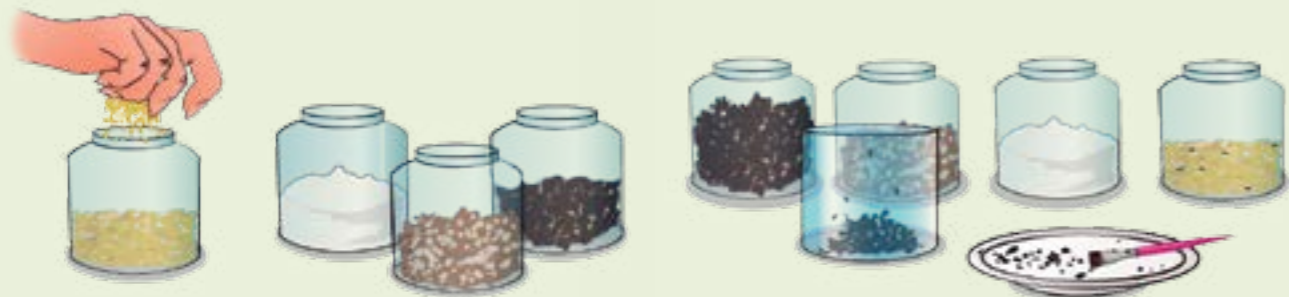


Figura 4.12. Ciclo de vida de un gorgojo.

¿Qué explicaciones darás a lo observado?

- ¿Existen diferencias en la masa de cada grupo? ¿Existirá alguna relación con el alimento que les colocaste?
- ¿Es igual el número de crías en cada frasco? ¿A qué se deberá?
- Si viste detalladamente todo el ciclo del gorgojo, seguramente lograste observar diferencias en el tamaño de las larvas y de los gorgojos. ¿A qué se deberán?
- En función de las experiencias que realizaste, ¿qué otros cambios se pueden establecer en el ambiente para tratar de observar variaciones en el fenotipo de las plantas o de los gorgojos? Crea nuevas experiencias de laboratorio.

Tu entorno transforma tu herencia

Todas las condiciones externas e internas de un organismo influyen de una u otra forma en la expresión de los genes, es decir, la herencia de los antepasados se encuentra sujeta a la influencia del entorno. Es por ello que los seres humanos debemos cuidar nuestro patrimonio natural y comprometernos con la conservación del equilibrio de nuestro planeta, ya que cada acción del ser humano que cambie su hábitat también lo cambiará a él mismo.

Tener una visión holística y comprometerse con la valoración de los espacios naturales trae beneficio por los servicios ambientales que estos nos suministran, en pro de la mejora de la calidad de vida del ser humano, y también es un modo de cuidar nuestro organismo. Pero además, tenemos una responsabilidad con los demás seres vivos que habitan la Tierra.

En la actualidad el conocimiento del genoma humano ha permitido a la medicina iniciarse en una rama llamada **farmacogenética**, la cual se encarga de estudiar cómo las variaciones genéticas que posee un individuo responden a los medicamentos que puedan ser suministrados para el tratamiento de una enfermedad; este tipo de estudio puede hacer más eficiente la acción médica. Asimismo, la medicina está interesada en el modo como se pueden minimizar las manifestaciones de una enfermedad reduciendo los factores internos o externos que la causan.

Es beneficioso para la salud de los seres humanos utilizar el conocimiento del genoma humano para modificar los entornos y así prevenir afecciones o complicaciones futuras.

Por otra parte, el ser humano ha incorporado al ambiente organismos genéticamente modificados (OGM) de los que no posee un control para evitar su cruce con organismos silvestres, lo que puede traer como consecuencia alteraciones en la genética de las poblaciones.



Nuestro fenotipo y el ambiente

Les invitamos a organizarse en equipos para que cada uno se dedique a investigar un factor ambiental diferente que puede influir en el fenotipo de los seres humanos. Para su estudio pueden consultar diversas fuentes electrónicas e impresas, así como entrevistar a personas conocedoras del asunto o a personas que hayan vivido experiencias al respecto. También pueden realizar observaciones en su entorno, aplicar encuestas y/o consultar datos estadísticos, entre otras actividades.

Algunos factores que pueden investigar:

- Exceso en la ingesta de algunos alimentos.
- Sustancias químicas en el ambiente (plomo, mercurio, arsénico...).
- Consumo de alcohol.
- Hábito de fumar.
- Consumo de drogas.
- Medicamentos y su suministro durante el embarazo.
- Ejercicio físico.
- Ruido fuerte.
- Estimulación cognitiva.
- Cómo la dieta diaria puede contribuir a potenciar la expresión de nuestro genotipo y de qué forma podemos afectarlo si no consumimos los nutrientes necesarios.



Actividades de autoevaluación

1. Da dos ejemplos que no se expliquen en la lectura de cómo el ambiente puede interactuar con el genotipo de un ser vivo y afectar su fenotipo.
2. A medida que mejora su nutrición, la población de un país tiende a aumentar su estatura promedio hasta un cierto máximo. ¿Cómo se aplica aquí la fórmula Genotipo + Ambiente = Fenotipo?
3. Explica qué ocurre con la descendencia de un individuo cuyo fenotipo fue afectado por cualquiera de los factores nombrados en la lectura.
4. Qué condiciones ambientales crees que requiera una semilla para poder germinar. Explica cómo cada una de ellas puede influir en el crecimiento y desarrollo de la futura planta.
5. Piensa en cómo las condiciones climáticas pueden influir en el fenotipo de la diversidad de especies de nuestro planeta.

La biotecnología, desde lo tradicional a lo innovador



La palabra **biotecnología** empezó a utilizarse en la década de los sesenta y resulta de la combinación de *bio* que significa vida y *tecnología*, que se refiere a la aplicación de conocimientos para la solución de un problema práctico. Según el Convenio sobre Diversidad Biológica del año 1992, de carácter internacional, la biotecnología se refiere a “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”. En la lectura tendrán la oportunidad de conocer cómo los humanos han utilizado, desde épocas remotas, diversos productos y procesos biológicos para seleccionar plantas y animales de mejor calidad y para producir alimentos y bebidas, incluso antes de conocer sobre los microorganismos involucrados, y cómo se aplican los actuales conocimientos sobre la genética.

La lectura les permitirá comprender las diferencias que hay entre algunas técnicas de biotecnología tradicional y la biotecnología moderna, siendo que ambas han permitido mejorar la calidad de vida de los humanos. De igual forma podrán indagar sobre algunas tecnologías que se emplean en la producción de tejidos de plantas, fabricación de fármacos y otras aplicaciones, y podrán analizar y tomar posiciones de manera crítica y responsable. De allí que los invitamos a aprender sobre la biotecnología, sus procesos y aplicaciones.

La historia biotecnológica de la humanidad

La biotecnología tiene una larga historia, que se remonta a cuando los seres humanos descubrieron que podían obtener vino de la fermentación de la uva, así como transformar la leche en queso o en yogur, o hacer cerveza fermentando soluciones de malta y lúpulo.

Por ejemplo, en el año 6.000 antes de nuestra era los **sumerios**, habitantes de una región histórica del Oriente Medio, que formaba la parte sur de la antigua Mesopotamia, elaboraban cerveza. También los **egipcios** fabricaban pan a partir del trigo y vino a partir de la uva, al menos desde 4000 años antes de nuestra era (a.n.e). (Ver Figura 5.1).

En nuestro continente los **incas**, al menos desde el 1200, salaban la carne y preservaban las papas extrayéndoles el agua.



Figura 5.1. Imagen de la elaboración del vino en el Antiguo Egipto. Ubicada en la Tumba de Najt, en el Valle de los Nobles.

Durante miles de años las mujeres y los hombres de todas las poblaciones del mundo practicaron esas técnicas, sin saber los detalles de los procesos que les permitían obtener los productos, y sin conocer la existencia de microorganismos. Igualmente, durante siglos han cruzado especies vegetales y animales, además de seleccionar las mejores variedades. También han elegido aquellas semillas más agradables para su consumo, menos tóxicas o más productivas, a partir de la observación y de la experiencia ensayo-error.

Todas estas actividades tienen implícito el manejo del material genético. En Mesopotamia, hace diez mil años, se comenzó a cultivar cereales y leguminosas, los cuales eran escogidos porque tenían ciertas características que no cumplían otros tipos de plantas, podían asimilarse a nivel digestivo y tenían sabor agradable.

Mucho tiempo después, en la segunda mitad del siglo XIX, las investigaciones realizadas por Luis Pasteur permitieron demostrar que los procesos de fermentación son consecuencia de la actividad microbiana. Los trabajos de Mendel permitieron el desarrollo de la genética y con ello la biotecnología moderna. En el momento en que se comenzaron a utilizar microorganismos seleccionados, tales como bacterias y protozoarios, algas y hongos, se comenzó a considerar a las fermentaciones antiguas como biotecnología tradicional.

Biotecnología tradicional

Como se ha referido anteriormente, consiste en la aplicación de técnicas que utilizan organismos vivos o compuestos provenientes del metabolismo de ciertos microorganismos, para obtener productos útiles para los seres humanos. Actualmente, las científicas y los científicos comprenden mucho más de cómo ocurren los procesos biológicos que permiten la fabricación de productos biotecnológicos. Esto ha permitido desarrollar nuevas técnicas para modificar o imitar algunos de esos procesos y lograr una variedad mucho más amplia de productos.

¿Te gustaría conocer algunas aplicaciones de la biotecnología tradicional?

La fermentación. Utilización de microorganismos

Todos hemos visto cómo el guarapo de piña fermentando tiene burbujas sobre su superficie y su sabor es ligeramente ácido. ¿Te has preguntado cuál es el origen de ello? Esto se debe a que ciertas bacterias, que estaban en el aire, llegaron al agua o líquido del guarapo y transformaron el azúcar de la piña en alcohol, liberando un gas en forma de burbujas que es el dióxido de carbono. Este proceso se puede repetir con otros frutos o con granos, por ejemplo con cebada, uva, soya.

En años anteriores, estudiaste sobre el proceso de la fermentación y los dos aspectos que forman parte de ella: la transformación de una sustancia orgánica en un producto con ciertas características y la liberación del dióxido de carbono. Este proceso se debe a la acción de microorganismos como bacterias o levaduras y otros hongos, en condiciones anaeróbicas.

Te presentamos dos ejemplos de la biotecnología tradicional: la fermentación láctica y la alcohólica.



Figura 5.2. El yogur, un producto biotecnológico.

En la **fermentación láctica**, la leche se transforma en *yogur*, quesos, cuajada o crema ácida, mediante la intervención de las bacterias lácticas, las cuales transforman a la lactosa, que es un tipo de azúcar que contiene la leche, en ácido láctico. Los productos de este proceso tienen consistencia cremosa y un pH ácido (ver figura 5.2). El ácido láctico inhibe la producción de microorganismos indeseables y tiene excelentes propiedades conservantes de los alimentos.

En la **fermentación alcohólica**, como por ejemplo la que da origen a la cerveza, la sustancia orgánica es el almidón contenido en las semillas de cebada, el cual es transformado en alcohol y dióxido de carbono (CO_2); el organismo que realiza esta transformación es la levadura, un hongo microscópico del género *Saccharomyces*. La mezcla de los productos de este proceso con otros componentes permite obtener cerveza. De acuerdo a la especie de levadura que se utilice, se obtiene vino de la uva o ron de la caña de azúcar.

En la fabricación de pan, se muelen las semillas de trigo para obtener harina que se mezcla con agua y con levadura de la especie *Saccharomyces cerevisiae*. La levadura transforma los azúcares presentes en las semillas de trigo, en alcohol y CO_2 . En este caso, el CO_2 que se desprende en forma de burbujas infla la masa y el alcohol producido se elimina durante la cocción (Ver figura 5.3).



Figura 5.3. Diferentes tipos de panes, biotecnología muy antigua.

Cruces de especies vegetales

Las plantas que hoy se cultivan son distintas de sus antepasados silvestres, ya que los seres humanos han modificado y seleccionado sus propiedades a lo largo de más de diez mil años en función de sus necesidades. La civilización moderna basa su agricultura en agroecosistemas, es decir, ecosistemas fuertemente alterados por las actividades humanas, con el objetivo de la producción agrícola. La gran mayoría de las especies que se cultivan actualmente han sido generadas por cruzamientos selectivos, en centros dedicados a la producción de nuevas variedades. Estos cruzamientos se basan en seleccionar determinadas especies o variedades de plantas, que presentan ciertas características fenotípicas y genotípicas que les permiten ser exitosas en determinados ambientes. Una vez que la planta ha sido seleccionada, se cruza con la planta que se cultiva para reproducirla. Estos mecanismos inducidos se denominan **técnicas de mejoramiento vegetal**, a continuación se detallan algunas de ellas.

Selección artificial y cruzamientos selectivos: es la selección de una variedad de una especie de planta que ofrece más ventajas, por ejemplo, mejores frutos, mayor crecimiento, mayor resistencia a enfermedades, entre otras ventajas, de esta manera se realizan cruces con otras variedades de la especie, para obtener descendencia con mejores rendimientos. Así, las diferentes variedades de coles, como son el brócoli, la coliflor, el repollo y el repollito de Bruselas, son descendientes de una especie original de col.

Hibridación, se lleva a cabo mediante cruzamientos entre especies diferentes, lo que se denomina hibridación **interespecífica** (ver tabla 5.1) y también entre diferentes géneros, lo que se denomina hibridación **intergenérica** (ver tabla 5.2). Estos tipos de cruzamientos, entre individuos sexualmente compatibles, da como resultado una descendencia cuya combinación de genes será al azar y diferente de los progenitores. De esta manera, se han generado individuos **híbridos**.

En la Tabla 5.1 se presentan ejemplos de cruces entre individuos de una misma especie y la característica que se transfiere desde la especie donante.

Especie cultivada	Especie donante (silvestre)	Característica
<i>Avena sativa</i> (avena)	<i>Avena sterilis</i> (avena loca)	Un incremento en el rendimiento de 25 a 30%
<i>Beta vulgaris</i> (remolacha)	<i>Beta procumbens</i>	Resistencia al nemátodo de la remolacha azucarera.

Tabla N° 5.1. Ejemplos de cruce entre especies.

En la Tabla N° 5.2 se presentan ejemplos de cruces entre individuos de diferentes géneros y la característica que se transfiere desde el individuo del género donante.

Género cultivado	Género donante	Característica
<i>Triticum estivum</i> (trigo para hacer pan)	<i>Aegilops comosa</i> (trigo bastardo)	Resistencia a la roya (hongo)
<i>Triticum estivum</i> (trigo para hacer pan)	<i>Agropyron elongatum</i> (pasto)	Tolerancia a la sequía

Tabla N° 5.2. Ejemplos de cruce entre géneros.

Aunque se logran buenos resultados, las transferencias sexuales entre especies y entre géneros, por medio de hibridación, son laboriosas y llevan mucho tiempo. En algunos casos, aún después de seis generaciones, muchas veces se observan características que afectan la calidad, el rendimiento o la adaptación del cultivo, acompañadas de las características del gen deseado.

El cultivo de tejido vegetal, tecnología más moderna, consiste en colocar células, protoplastos (agrupaciones de células que no tienen pared celular), secciones de tejidos u órganos completos, en un medio nutritivo adecuado y estéril, de manera de establecer un sistema vegetal **in vitro** (significa en vidrio), donde se regenerarán una o muchas plantas.

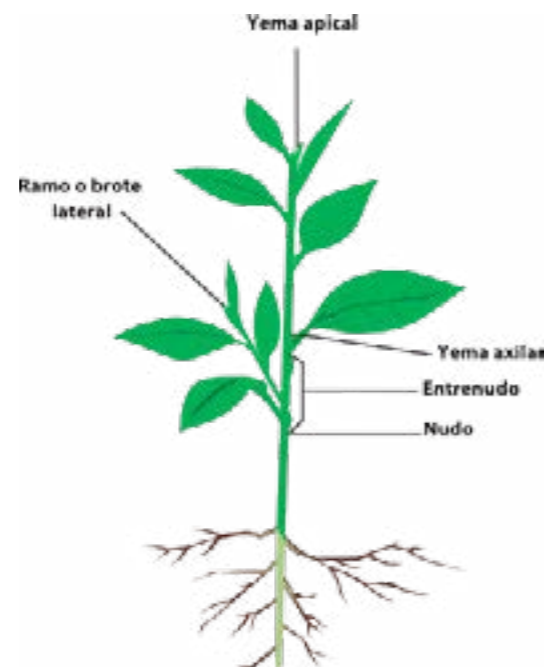


Figura 5.4. Regiones de la planta donde se encuentran tejidos meristemáticos.

El cultivo de tejidos se basa en la **totipotencia** que poseen las plantas. Consiste en que las células de las plantas tienen la potencialidad de regenerar partes de una planta o la planta completa, igual a la original, bajo condiciones especiales. A menos que se desee cultivar el tejido de una región particular, se recomienda cultivar tejidos de aquellas partes de la planta donde se encuentran los tejidos formados por células que se mantienen siempre jóvenes y tienen la capacidad de división, llamados tejidos meristemáticos. Este tipo de tejido se encuentra en el extremo superior de la planta, llamado región apical, en las axilas de las hojas, en la punta de la raíz, y en los entrenudos de las ramas (ver figura 5.4). Recuerda que las células que forman parte de un tejido meristemático son iguales a las que contiene un embrión antes de diferenciarse.

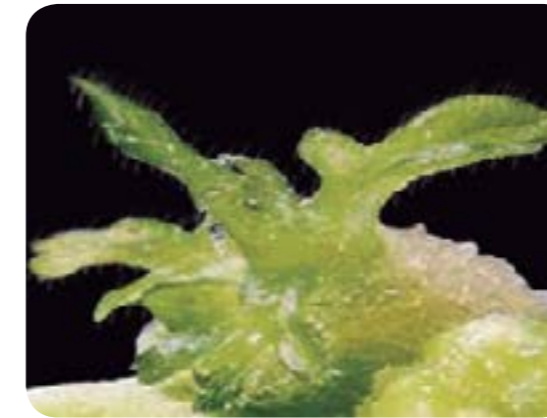


Figura 5.5. Brotes de tomate de la variedad Unapal-Arreboles.

Una vez sembrado el tejido, ocurren una serie de cambios que dependen de la región que se ha escogido. Si se selecciona un tejido formado por células meristemáticas y se coloca en una mezcla de soluciones donde la proporción de las hormonas vegetales auxinas/citoquininas sea menor a 1, entonces las células comienzan a diferenciarse y surgen poco a poco los vástagos o brotes, tal como se ilustra en la figura 5.5. Luego, este tejido se transfiere a un medio de cultivo con una mezcla de soluciones donde la proporción de las hormonas vegetales auxinas/citoquininas sea mayor a 1, entonces a los vástagos les comienzan a salir raíces. De esta manera, se obtiene una planta pequeña o plántula con todas sus partes.

Si se escoge un tejido diferenciado, por ejemplo, trozos de hojas, de polen o de pistilo y se coloca en una mezcla de soluciones donde la proporción de las hormonas vegetales auxinas/citoquininas es igual a 1, entonces, las células se diferencian y se agrupan en masas llamadas "callos". Sus células son como las células meristemáticas, que tienen la capacidad de formar tejidos (ver figura 5.6). Luego, este tejido se transfiere a un medio de cultivo, y se le agrega una proporción de hormonas vegetales auxinas/citoquininas menor a 1, entonces las células del callo se comienzan a diferenciar y surgen los brotes o yemas. Después, este tejido se transfiere a otro medio de cultivo, donde la proporción de las hormonas vegetales auxinas/citoquininas es mayor a 1. A los pocos días comienzan a salir raíces y el resultado final es una plántula.



Figura 5.6. Callos provenientes de estambres de botones de flores de cacao (*Theobroma cacao* L.).



Figura 5.7. Plántula con hojas y raíces.

Como se puede observar, el final de las transformaciones que sufre el tejido, sea meristemático o diferenciado, es una plántula con todas sus partes, que puede sembrarse en tierra, tal como se ilustra en la Figura 5.7.

A continuación se presentan ejemplos de tipos de tejidos y la finalidad del cultivo:

Tejido haploide, proveniente de células de anteras, polen o de pistilos. La planta que se genere de las células de estos tejidos es haploide, que luego se utilizará para formar híbridos.

Protoplastos, se cultivan con la intención de introducirles ADN de otra planta o también para fusionarlos con protoplastos de otra especie o de otro género. De esta manera se forman híbridos entre especies sexualmente incompatibles.

Tejidos no diferenciados o "callos": es el caso de cultivos de tejidos de plantas que se caracterizan porque producen algún tipo de sustancia que se utiliza como fármaco, se busca obtener callos porque producen mayor cantidad de compuestos medicinales que la planta en sí.

¿Qué ventajas tiene el cultivo de tejidos? Este proceso biotecnológico permite obtener plantas vigorosas y libres de agentes patógenos. Además, la tasa de multiplicación es mayor que con métodos tradicionales, por ejemplo, mientras se llegan a producir 50.000 plantas de fresas a partir de una sola planta, en un año, con el método tradicional se producen solamente 50 plantas en el mismo tiempo.



Multiplica una planta a partir de un pedacito de hoja

Con esta actividad tendrán la oportunidad de observar los cambios en el tejido de la hoja de una planta, hasta llegar a transformarse en otra planta, exactamente igual. Es decir, van a multiplicar una planta de manera diferente a las tradicionales ya que usarán técnicas de propagación vegetativa.

Los invitamos a adaptar la técnica de cultivo de tejidos vegetales que se utiliza en los laboratorios de cultivos de tejidos, utilizando materiales y nutrientes que pueden sustituir a los propuestos en la técnica original.

¿Qué necesitan?

Dos o tres trozos de hojas de violeta imperial (*Saintpaulia ionantha*) o cualquier otra variedad. También, pueden utilizar hojas de plantas de zanahoria o de cayena.

La técnica de propagación tiene varias condiciones, específicamente se requiere:

- Escoger el tipo de tejido que se va a cultivar, puede ser meristemático o diferenciado.
- Disponer de un medio de cultivo, que actúa de soporte para sostener el tejido y permite la absorción de agua y de nutrientes.
- Envases de vidrio o plástico. En algunos se preparará el cultivo y otros serán los recipientes que contendrán el cultivo.
- Temperatura ambiente e iluminación: 12 horas de luz solar o artificial y 12 de oscuridad.
- Condiciones de asepsia para manipular y cultivar el tejido. Es importante esterilizar o desinfectar el medio de cultivo y todos los frascos o envases y utilizar tapa boca y guantes de plástico.

Componentes del medio de cultivo: agua destilada; sacarosa como fuente de carbono; macroelementos (N, P, K, Ca, Mg, S) y microelementos (Fe, Co, Zn, Ni, B, Al, Mn, Mo, Cu, I), en una proporción adecuada para la planta elegida, vitaminas B1, B2, B6, vitamina H, vitamina E, ácido fólico, ácido nicotínico, entre otras; fitohormonas: auxinas y citoquininas; agar o gelatina sin sabor como soporte.

Los invitamos a que consulten bibliografía especializada, a agricultores, personas que trabajan en viveros y a especialistas en química, para conseguir **las sustancias que contengan estos nutrientes, que sean fáciles de conseguir y económicas.**

¿Cómo lo harán?

La técnica de propagación o multiplicación se basa en cuatro procesos: cultivar el tejido; formar brotes, multiplicar los brotes; formar raíces y con ello plántulas, y sembrar las plantas en tierra.

- Para cultivar el tejido, en este caso son trozos de hojas, es necesario asegurarse de que la proporción de las fitohormonas auxinas/citoquininas sea igual a 1, con ello se estimula la formación de callos. El cultivo de tejido comprende una secuencia de pasos, los cuales se muestran en el diagrama 5.1.



Diagrama 5.1. Pasos para cultivar el tejido.

- Para formar los brotes se traspasan los callos a un medio de cultivo que contenga una proporción de auxinas/citoquininas menor que 1.
- Para multiplicar los brotes, estos se separan y se colocan en diferentes envases con cultivo.
- Para formar las raíces deben asegurar que la relación de auxinas /citoquininas sea mayor a 1. Esto da lugar a la formación de plántulas.
- Esperar que crezcan las plántulas y sembrarlas en envases pequeños con tierra. Colocarle una paleta de madera y envolver la planta con plástico, cerrándola en la parte superior. La paleta sirve de soporte para evitar que la bolsa aplaste la planta.



Aplicaciones de la biotecnología en la salud

Posiblemente, cuando has tenido una fuerte infección y dolor de garganta te han practicado un exudado en esa zona. Las técnicas de cultivo también se utilizan para analizar el exudado de garganta, y determinar la causa. Específicamente, los antibiogramas permiten determinar la susceptibilidad, sensibilidad o resistencia de una bacteria a un grupo de antibióticos. Son utilizados en el laboratorio de microbiología para estudiar la actividad de los antimicrobianos frente a los microorganismos responsables de infecciones.

Investigar en qué principio biotecnológico se fundamentan los antibiogramas y qué relación existe entre el cultivo de tejidos y cultivos de bacterias.

¿Qué necesitan?

Libros, revistas, otros materiales impresos sobre esta temática; computadora con conexión a Internet.

¿Cómo lo harán?

Organizados en grupo, decidan sobre cuáles técnicas biotecnológicas, aplicadas al campo de la salud, quisieran investigar, argumenten las razones y distribuyan el trabajo que cada equipo va a realizar.

Consulten a los miembros de su comunidad que trabajan en salud sobre los antibiogramas. Elaboren dípticos, trípticos y otros medios para difundir la información registrada, colóquenlos en lugares apropiados para informar a la comunidad.

Biotecnología moderna o contemporánea

Se refiere a la aplicación de conocimientos, dentro del área de la biología y de otras ciencias, que se basan en el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN y sus implicaciones en los procesos celulares, con la intención de manipular el material genético de los organismos y modificar su actividad, de forma selectiva, buscando una utilidad práctica en la medicina, la agricultura, la alimentación, la energía, el ambiente o la producción industrial.

Las aplicaciones de la biotecnología moderna pueden organizarse en:

Tecnología del ADN/ARN: es decir del código genético; incluye la genómica, farmacogénica, ingeniería genética, secuenciación-síntesis y amplificación del ADN, expresión genética.

Proteínas y otras moléculas: (también llamadas unidades funcionales) secuenciación y síntesis de proteínas y péptidos, nuevos métodos de administración de fármacos macromoleculares, proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, señalización celular, identificación de receptores celulares.

Tejidos y cultivos celulares: se refiere al cultivo de células y tejidos, ingeniería de tejidos, fusión celular, vacunas, manipulación de embriones.

Biotecnología de procesos: como la fermentación, para lo cual se usan biorreactores, bioprocesos, biorremediación, biofiltración y fitorremediación.

Organismos subcelulares: terapia génica, vectores virales.

Bioinformática: que comprende las bases de datos de genomas y secuencias de proteínas, formación de modelos de procesos biológicos complejos.

Nanobiotecnologías: o aplicaciones de las técnicas de nano/microfabricación para construir aparatos para el estudio de sistemas biológicos, administración de fármacos, diagnósticos.

Otra manera de clasificar las aplicaciones biotecnológicas es organizarlas de acuerdo al área o sector donde se desarrollan:

- **Sector industrial:** comprende la aplicación de técnicas biotecnológicas para mejorar procesos industriales o crear nuevos. Un ejemplo es la producción de nuevos materiales biodegradables, como bioplásticos, fibras y nuevos biocombustibles (ver figura 5.8).



Figura 5.8. Bolsa elaborada con material biodegradable.

- **Sector salud:** incluye técnicas dedicadas a la prevención, diagnóstico y tratamiento de un gran número de enfermedades. Las tecnologías asociadas a esta área contribuyen cada vez más al descubrimiento de nuevos fármacos y a la producción de otras sustancias farmacéuticas. Por ejemplo, la insulina (ver figura 5.9)



Figura 5.9. Insulina, hormona que deben inyectarse las personas diabéticas.



Figura 5.10. Papa transgénica resistente al virus PVY transmitido por un áfido o pulgón.

- **Sector de cría de animales y agricultura:** para mejoras de las características de plantas o animales. Por ejemplo, en la agricultura, el conocimiento del ADN ha permitido aislar genes de interés para realizar mejora de especies vegetales (ver figura 5.10).

Ingeniería o manipulación genética

Hasta 1970, el ADN era la molécula celular que planteaba más dificultades para su análisis bioquímico, por ser excesivamente larga y químicamente monótona. La secuencia de sus nucleótidos se estudiaba por caminos indirectos, como lo es la determinación de la secuencia de proteínas codificada por ese ADN. Actualmente, es posible separar regiones determinadas del ADN, obtener cantidades ilimitadas de esos fragmentos, conocer la secuencia de sus nucleótidos, identificar genes y sus propiedades específicas, poder seleccionarlos del genoma de un organismo, cortarlos y trasladarlos o pegarlos al genoma de otro, es decir, pasar el ADN de unas células a otras, sin necesidad de que sean de la misma especie y ni siquiera del mismo reino.

Estos adelantos técnicos complejos, se incluyen dentro de la tecnología del ADN recombinante, que resulta de técnicas nuevas y de otras ya utilizadas en genética microbiana. La tecnología del **ADN recombinante**, o tecnología del ADN/ARN, permite obtener una molécula de ADN que proviene de la unión artificial de dos fragmentos de ADN. Resulta de la confluencia de varias líneas de investigación, como por ejemplo el conocimiento de las enzimas de restricción, de la enzima ligasa y de la presencia de plásmidos dentro de las bacterias.

¿Qué papel juegan las enzimas de restricción, los plásmidos y la enzima ligasa en el proceso de producción del ADN recombinante y la clonación celular?

La enzima **endonucleasa** o **enzima de restricción** es una proteína que actúa como "tijera molecular"; en el sentido de que puede reconocer una secuencia concreta de nucleótidos en una molécula de ADN y cortarla en un punto preciso, llamado sitio o **diana de restricción**. Generalmente, las enzimas que reconocen 4 letras del ADN lo cortan con más frecuencia que cuando reconocen 6 u 8 letras, o más. Este tipo de enzima fue descubierta por los microbiólogos Daniel Nathans y Hamilton O. Smith, debido a lo cual estos investigadores ganaron el premio Nobel en 1978 y dieron origen a la ingeniería genética.

Las enzimas de restricción son producidas por bacterias como método de defensa contra virus, ya que degradan el ADN extraño. A su vez, el propio genoma bacteriano está protegido contra sus enzimas de restricción gracias a otras enzimas que modifican su ADN, añadiendo un grupo metilo [-CH₃] en un átomo específico de ciertos nucleótidos.

Las enzimas de restricción reciben su nombre de la bacteria de la que fueron aisladas; por ejemplo, EcoRI de *Escherichia coli*, BamHI de *Bacillus amyloliquefaciens*. Las tres primeras letras del nombre de la enzima corresponden a la primera letra del género (E) y las dos primeras letras de la especie (co) a la que pertenece la bacteria. Las tres primeras letras pueden ir seguidas por otra letra, por ejemplo (R), es el nombre de la cepa, y un número romano (I) que indica el orden del descubrimiento. El tipo más común de enzimas de restricción (tipo II) proviene de bacterias *E. coli*.

Las enzimas de restricción cortan la molécula de ADN, sea de un organismo eucarionte o de una bacteria, y como consecuencia se obtienen fragmentos de ADN cuyos extremos reciben un nombre. Si la enzima corta la cadena de ADN de forma asimétrica, entonces los extremos libres se denominan extremos cohesivos, y como consecuencia del corte se forman dos cadenas complementarias entre sí. Los extremos cohesivos o adherentes son particularmente útiles en la construcción de moléculas de ADN híbridas. Si la enzima corta las cadenas de ADN por el mismo lugar, se forman dos cadenas dobles y los extremos se denominan extremos romos. Estas dos formas de cortes en el ADN se ilustran en la figura 5.11. Luego, los fragmentos de ADN que resultan de la acción de la enzima de restricción se separan por electroforesis.



Figura 5.11. Las enzimas de restricción y los tipos de extremos que pueden resultar.

La **enzima ligasa**, es una proteína capaz de catalizar la formación de puentes entre dos fragmentos de moléculas de ADN; de ahí su nombre, que significa "pegar".

Los **plásmidos**, son pequeñas moléculas de ADN de doble cadena, de forma circular, la mayoría contienen genes resistentes a antibióticos y se encuentran dentro de células bacterianas bajo ciertas condiciones. Los plásmidos se duplican de manera independiente del genoma de la bacteria donde se encuentren, porque tienen una secuencia de iniciación. Debido a su tamaño relativamente pequeño, los plásmidos contienen sólo algunos sitios únicos donde pueden actuar las enzimas de restricción. En la figura 5.12 se ilustran plásmidos dentro de una bacteria.



Figura 5.12. Dibujo de un plásmido en una bacteria.

La producción del ADN recombinante comprende:

- La preparación del gen que se quiere clonar.
- El corte o escisión del ADN del virus o del plásmido que llevará el gen que se clonará, mediante la enzima de restricción correspondiente.
- La unión del gen que se desea clonar con el ADN del plásmido, por medio de la enzima ADN-ligasa. El plásmido contiene además un gen resistente a un antibiótico.
- La introducción del plásmido a las bacterias, las cuales se denominan **bacterias transformadas** porque su ADN contiene el gen que se desea clonar y un gen resistente a un antibiótico.
- Las bacterias transformadas se colocan en un medio de cultivo que contiene un antibiótico y solamente se reproducirán y multiplicarán las bacterias transformadas. Esta técnica lleva el nombre de **clonación** porque el gen, que proviene de una sola molécula de ADN, se multiplica a medida que se reproduce la bacteria que lo contiene.

En la figura 5.13 se observa de manera general la producción de ADN recombinante, y en la figura 5.14 se observa, en detalle, cómo actúa la enzima de restricción EcoRI cortando la molécula de ADN del plásmido y luego la inserción del gen que se quiere clonar. A partir de ese momento el gen introducido se **combina** con el ADN del plásmido, de allí proviene la expresión "técnica del ADN recombinante".

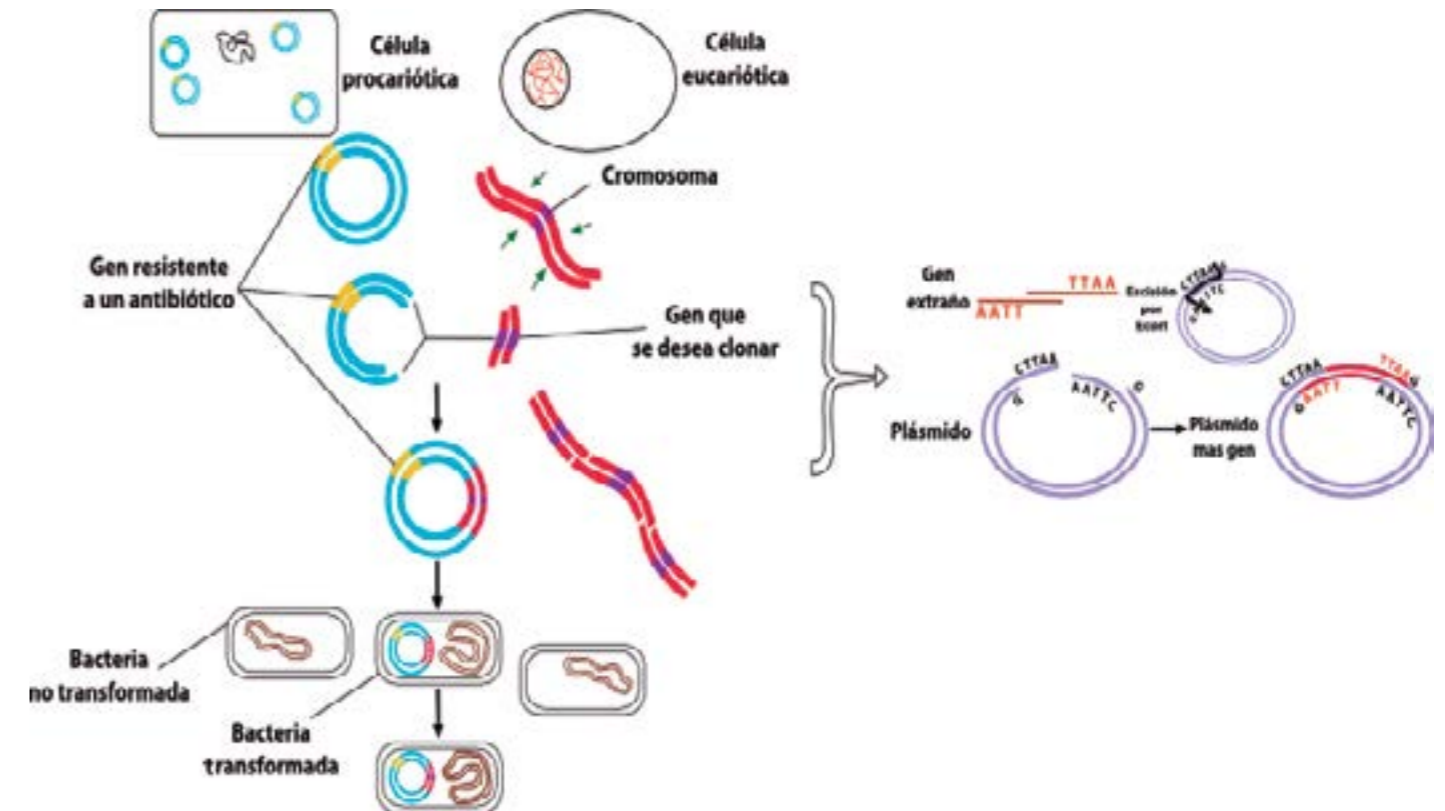


Figura 5.13. Producción del ADN recombinante o clonación celular.

Aunque en el ejemplo anterior se estudia la transferencia de un gen al ADN de una bacteria, también puede transferirse un gen determinado al ADN de una planta o de un animal. De manera general, el organismo receptor del gen se denomina **organismo transgénico** u organismo modificado genéticamente (OMG).

Algunas aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante

La aplicación de la tecnología del ADN recombinante es variada y se usa en los distintos sectores mencionados anteriormente.

Para hacer queso se le debe colocar a la leche un compuesto llamado cuajo, el cual produce la vaca y se le extrae de su cuarto estómago. Esta sustancia es realmente una enzima llamada **quimosina** que provoca que cuaje la leche. Desde el principio de la década de los noventa, se logró que una bacteria transgénica produjera cuajo, para ello se le introdujo en sus genes la información contenida en los genes de la vaca, correspondiente a sintetizar la enzima quimosina. Así, al crecer en un tanque, la bacteria se encuentra con esta nueva orden genética.

La ingeniería genética también es una herramienta fundamental para el mejoramiento de los cultivos vegetales. En 1996, el tomate fue la primera especie de planta transgénica, al aprobarse la transferencia de un gen que retrasa la maduración, con el fin de evitar las pérdidas por descomposición temprana del producto.

Países como los Estados Unidos, Argentina, Canadá, Brasil, China y nueve países más son los mayores productores de plantas transgénicas. Los vegetales más utilizados son la soya, el maíz, la colza y el algodón. La soya es el más exitoso, lo que hace que más de la mitad de la soya que se consume en el mundo sea transgénica. Muchas plantas cultivadas tienen ahora el gen de una bacteria que les permite producir una proteína que impide que los insectos se las coman, de esta manera se reduce o se elimina el uso de insecticidas y plaguicidas.

Otro ejemplo de transferencia de un gen proveniente de una bacteria a una planta, es el del maíz Bt; en este caso, los bacilos del suelo fabrican una proteína que mata a las larvas de un insecto que normalmente destruye los cultivos de maíz. La transferencia del gen del bacilo, que expresa ese carácter, al ADN del maíz, trae como consecuencia que la planta fabrique esta proteína y por lo tanto resulte resistente al ataque del insecto.

Hoy, muchos aditivos y alimentos transformados industrialmente se elaboran con enzimas transgénicas, como es el caso de la glucosa, la fructosa y otros edulcorantes, o el aspartame que se encuentra en los refrescos de dieta, y los productos derivados de aceites, emulsificantes, sustitutos de grasa y margarinas, así como de almidones como las ciclodextrinas, por citar algunos ejemplos.



Elaboremos un modelo para representar el proceso biotecnológico del ADN recombinante

Elaboremos un modelo para representar el proceso biotecnológico del ADN recombinante, que lleva a la formación de bacterias transformadas, así como las condiciones para que ocurra.

¿Que necesitarán?

Consulten y decidan sobre los materiales apropiados para simular las estructuras que intervienen en el proceso. Pueden utilizar plastilina, cables de plástico de colores, u otros que consideren. Un ejemplo de ello son los colores que tienen las imágenes que se ilustran en la figura 5.14.



Figura 5.14. Procesos de inserción del gen al ADN del plásmido.

¿Cómo lo harán?

Decidan en consenso el diseño del modelo que representa los componentes y cada uno de los pasos del proceso de la tecnología del ADN recombinante.

- Elaboren un diseño tridimensional para representar: el ADN del núcleo de la célula que contiene el gen que se va a transferir; el ADN del plásmido, que contiene un gen resistente a un antibiótico; la enzima de restricción; la enzima ligasa; la bacteria y su ADN que va a recibir el plásmido vector.
- Seleccionen los colores que se van a utilizar para representar: al ADN del plásmido, el gen resistente a un antibiótico; la secuencia de ADN o gen que se va a introducir; el ADN de la bacteria que va a contener también el plásmido; y el ADN contenido en el núcleo de la célula que se va a modificar.

La estructura tridimensional deberá contener todos los componentes del proceso.

- Nombren un secretario por consenso, para recopilar los criterios que orientaron la selección del diseño, los materiales, los instrumentos y los colores.
- Presenten el modelo elaborado a los otros equipos.
- Analicen los criterios utilizados por cada equipo, así como las fortalezas y debilidades de cada modelo elaborado y propuestas para mejorarlo.

Tecnología de la huella génica

EL ADN de un individuo es una identificación muy precisa, ya que es una larga secuencia de 3.000 millones de letras que sólo coincide exactamente con las de un mellizo idéntico o con un clon. Pero como el 99 % de la secuencia del genoma es igual entre los seres humanos, es difícil encontrar las diferencias en ésta puesto que solamente se encuentran en el 1 % restante.

En el año 1985, un genetista inglés, Alec Jeffreys, descubrió un método o técnica para conseguir una huella genética (o "huella dactilar" de ADN), que distinguía con facilidad a unos individuos de otros. La clave está en que hay regiones del ADN en las que se presentan unos pequeños fragmentos (minisatélites), que consisten en numerosas repeticiones de cadenas cortas de nucleótidos.

El análisis de ADN se basa en que es muy poco probable que dos seres humanos tengan la misma cantidad de minisatélites.

La técnica para obtener una huella génica se ilustra en la figura 5.15 y consiste en:

- Extraer el fluido, piel, cabello o sangre de una persona.
- Luego, el ADN se rompe en fragmentos y se coloca en una placa con un gel.
- Los fragmentos de ADN se separan con una corriente eléctrica, y se agrupan en bandas, según su tamaño, las cuales son invisibles.
- Las bandas se transfieren a una banda de nailon.
- La banda de nailon se sumerge en un líquido, que vuelve radioactivas las bandas de ADN.

- Luego, se cubre la hoja con una placa fotográfica. Al revelar las placas, las bandas aparecen como bandas negras, cada una con un grosor determinado. El resultado es algo parecido a un código de barras de los que se usan para codificar los precios de los productos en los automercados.

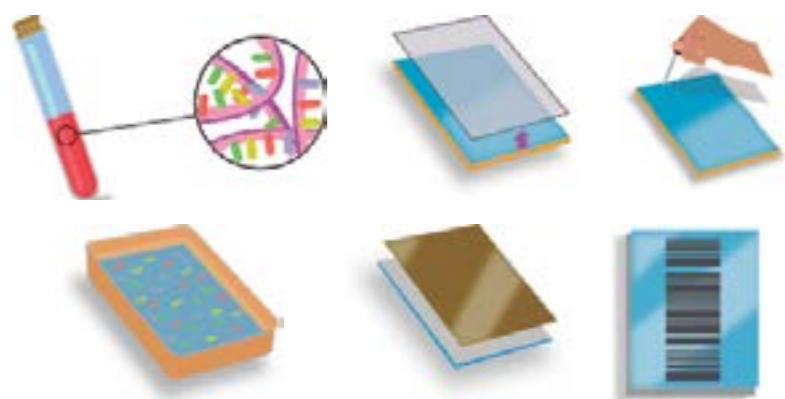


Figura 5.15. Técnica para obtener una huella genética.

Algunas aplicaciones de la técnica de la huella genética

¿Has escuchado o leído sobre las aplicaciones de esta técnica? Las pruebas de paternidad, la identificación de sospechosos, el estudio de compatibilidad en la donación de órganos, y la identificación de restos humanos, al compararlos con familiares, son algunos ejemplos de su uso.

Pruebas de paternidad

La huella genética o genética no asegura al 100 % la paternidad, pero sí da una probabilidad muy alta. En este caso se comparan las huellas genéticas de la madre, del hijo y del posible padre. Las bandas genéticas del hijo coincidirán con una serie de bandas que corresponden a la madre y si el resto de las bandas del hijo coinciden con las del supuesto padre, entonces la prueba será positiva. Si no coinciden, entonces el señor no es el padre y la prueba es negativa.

Esta técnica también sirvió para certificar que el criminal nazi doctor Mengele fue enterrado en Brasil con una identidad falsa.

Identificación de sospechosos

También se usa para identificar al criminal y descartar a posibles sospechosos: se compara el ADN obtenido de muestras de sangre u otros tejidos conseguidas en la escena del crimen con las de los posibles sospechosos. En la Figura 5.16 se ilustran las bandas de ADN obtenidas en la escena del crimen, la del sospechoso A y la del B, respectivamente. En este caso el sospechoso B es el criminal, porque sus bandas de ADN coinciden con las obtenidas de las muestras de sangre en la escena del crimen.



Figura 5.16. Huellas genéticas obtenidas en la escena de un crimen, la del sospechoso A y la del sospechoso B.

¿En qué medida las aplicaciones de la biotecnología favorecen a la humanidad?

Las aplicaciones del conocimiento científico, cualesquiera sean éstas, más tarde o más temprano repercuten en la vida del individuo y de su comunidad. Con las aplicaciones biotecnológicas modernas, los científicos están manipulando la naturaleza en una forma tal que los futurólogos del siglo XIX nunca imaginaron.

Es por ello que ha surgido la necesidad de normar las actividades que se realizan en la investigación sobre la biotecnología. En este sentido, nuestro país ya posee un Código de Bioética y Bioseguridad, cuya definición de bioética y algunas aplicaciones en diversos ámbitos se describen en la lectura "Ética en la Investigación Científica y Social", que forma parte del tomo 2 de este texto.

La bioética propone debatir los problemas que pueden afectar a la sociedad y elaborar recomendaciones que se basen en la evaluación de los pros y los contras, que puedan orientar a la sociedad a la hora de tomar decisiones.

Hay muchos ejemplos de aplicaciones biotecnológicas, algunos beneficiosos porque han mejorado la calidad de vida de los humanos, en cambio, otros pueden ser dañinos o potencialmente peligrosos. Mientras mayor es el conocimiento que se tenga sobre una situación, mayor es la probabilidad de que la decisión que se tome sea la más acertada. En consecuencia, como ciudadanas y ciudadanos que formamos parte de una sociedad, que cada día está más tecnificada, hay que estar muy bien informados y asomarse con mucho cuidado a las posibilidades de las aplicaciones biotecnológicas, ya que pueden repercutir en el bienestar de la humanidad, interpretándose bienestar no solo desde el punto de vista de la salud humana, sino desde el punto de vista de la salud ambiental y del planeta.

La biotecnología se ha anotado algunos éxitos, como los derivados de la modificación de bacterias para que produzcan insulina y hormona del crecimiento humano. Otros productos farmacéuticos, generados de la manipulación genética de microorganismos, son el interferón, que es utilizado para el tratamiento de algunas hepatitis y ciertos cánceres, y la eritropoyetina, que se suministra a pacientes sometidos a diálisis, para reponer los eritrocitos o glóbulos rojos perdidos durante este proceso.

En la búsqueda de mejoramiento de plantas, la biotecnología ofrece soluciones que van desde crear cultivos cuyos rendimientos superan con creces las variedades naturales, hasta sembrar especies transgénicas que producen su propio plaguicida. Sin embargo, el conocimiento genético actual dista mucho de ser tan completo como para predecir todas las transformaciones que la transgenia pudiese producir en las nuevas especies, y eso significa que no se sabe ni se puede medir con certeza si los efectos producidos son irreversibles o tienen consecuencias no previstas, y si repercutirán en futuras generaciones.

Ante el aumento del número de hectáreas de cultivos transgénicos en algunos países, la polémica se incrementa; así, algunas organizaciones ecologistas han solicitado la prohibición total de cualquier tipo de producción de transgénicos. Estas organizaciones no gubernamentales (ONG) invocan el "principio de precaución" ante los posibles riesgos derivados de tal tecnología y se oponen a la liberación de organismos genéticamente modificados al ambiente.

La evaluación del impacto de los transgénicos debe apuntar a usarlos siempre y cuando el riesgo de su aplicación sea “aceptable”, y su impacto directo beneficioso. Los beneficios de tipo económico no deben imponer su utilización.

Sin embargo, la relación entre conocimiento y aplicación tiene implicaciones económicas, debido a los altos costos del desarrollo tecnocientífico, que generalmente es financiado por empresas privadas de países poderosos, lo cual implica una fuerte presencia de valores comerciales. En consecuencia, a la hora de tomar decisiones para desarrollar los productos transgénicos a gran escala, los intereses monetarios predominan sobre otros en la actualidad.

Buena parte de los alimentos que ingerimos contienen derivados de soya y de maíz, en gran medida importados de países que producen a gran escala cultivos transgénicos. Estos productos son parte de nuestras dietas sin control alguno y sin nuestro consentimiento, puesto que los países productores y la industria no aceptan segregar y etiquetar los productos transgénicos, violando el derecho fundamental que tenemos todos de decidir libremente lo que producimos y consumimos.

La intervención genética en general, y especialmente en los humanos, es tremendamente difícil. El equilibrio funcional de los genes es altamente complejo y, por tanto, cualquier modificación es susceptible de introducir cambios de consecuencias impredecibles. El riesgo es grande, a pesar del alto desarrollo tecnológico, pues cualquier alteración genética tiene implícitos los riesgos inherentes de la forma en que finalmente ocurra la expresión génica.

Parece que se impone la cautela como la mejor recomendación en este tipo de intervenciones. Esto no significa renunciar a las investigaciones en este campo, siempre y cuando se hagan para el beneficio de todo el planeta hoy y siempre.

Algunas instituciones que realizan investigación en biotecnología en Venezuela

- Universidad Central de Venezuela (UCV):
Facultad de Agronomía: Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA); Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales.
Facultad de Ciencias, Escuela de Biología.
Facultad de Farmacia: Centro de Biotecnología.
Biotecfar, S.A., Rebiotec S.A., Renfagro S.A. y Emprevet S.A.
- Universidad de Los Andes (ULA) Agropula, C.A.; Upaula, CA.
- Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria (Fonaiap): Departamento de Biotecnología, Ceniap. Maracay, edo. Aragua.



Figura 5.17. Debemos estar informados sobre el tipo de alimentos que consumimos.

- Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe, edo. Miranda.
- Universidad del Zulia (LUZ): Laboratorio de Biotecnología y Virología Vegetal.
- Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA).
- Universidad de los Andes (ULA): Facultad de Ciencias, Centro de Innovaciones Tecnológicas (Citec): Comercializa tecnologías y capacidades técnicas.
- Universidad Simón Bolívar (USB).
- Universidad de Carabobo, Biomed: Dependencia de la Facultad de Ciencias de la Salud.
- Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap), Maracay, edo. Aragua, y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Organismo que depende del Ministerio de Agricultura y Tierra.
- Danac: Fundación para la Investigación Agrícola (Fundación Polar).
- Cultivos y Biotecnología Marina Biotecmar, C.A.: productora comercial de algas en Venezuela, Cantaura, edo. Anzoátegui.
- Agroproductos Selectos, Agrosetlet, C.A. Propagación de cultivos, Belén, edo. Aragua.
- Fundación, Servicio para el Agricultor Fusagri: Promueve y desarrolla fundaciones dirigidas al mejoramiento agrícola.
Probiagro. Acarigua, edo. Portuguesa.



Actividades de autoevaluación

1. Señala al menos tres diferencias entre la biotecnología tradicional y la biotecnología contemporánea.
2. Da ejemplos de nuestra cultura y tradiciones donde se evidencien los procesos de fermentación láctica y alcohólica como biotecnología tradicional.
3. Describe en qué consisten las técnicas de mejoramiento vegetal y qué ventajas producen.
4. Señala en qué consiste la ingeniería o manipulación genética.
5. ¿Cómo se puede probar hoy en día que alguien es el padre de otra persona? ¿Cómo se hacía antes? ¿Conoces algún caso famoso al respecto?
6. Elabora un resumen crítico sobre los beneficios y aspectos de cuidado en la aplicación de la Biotecnología moderna.



La diversidad de especies que se encuentran en nuestro planeta es producto de la multiplicación y la adaptación de ellas a su hábitat. Gracias a diversos mecanismos reproductivos, los organismos pueden poblar el planeta e interactuar con su medio circundante para mantener el equilibrio de los sistemas ecológicos de la Tierra.

Ya hemos trabajado sobre la premisa de que “todo ser vivo procede de otro preexistente”; también acerca de la forma en que los genes pasan de una generación a otra. Sin embargo, aún falta por conocer cómo es posible que se den estos procesos en las especies.

En nuestro planeta existe gran cantidad de seres vivos, al igual que diversidad de ciclos de vida y modos de mantener la continuidad en las especies. Pero, te has preguntado: ¿cómo hacen los seres vivos para reproducirse?, ¿la reproducción es igual en todos?, ¿qué diferencias existen entre la diversidad de formas de vida que hay en nuestro planeta? Piensa, ¿cómo formas de vida, simples o complejas, son capaces de formarse a partir de otro ser vivo de su misma especie?

En esta lectura nos centraremos en conocer las variadas formas de reproducción y las distintas estrategias que poseen los seres vivos para reproducirse. Haremos especial énfasis en la forma en como el género humano se ha mantenido desde su aparición en el planeta hace aproximadamente 2,6 millones de años.

La reproducción como estrategia para la continuidad de la vida

El objetivo primordial de la reproducción es transmitir la información genética de una generación a otra, por ello es la clave para mantener la continuidad de las especies en el planeta, además de que constituye una de las características que definen la vida.

¿Sabes que los seres vivos tienen como premisa biológica la transmisión de sus genes? Esto se debe a que los seres vivos, en sí, procuran lograr las condiciones ideales para la reproducción. Es por ello que necesitan una preparación biológica para lograrla, y también psico-social en el caso de los humanos.

Los procesos de **reproducción** en las diversas especies que habitan en nuestro planeta puede ser de dos tipos: sexual o asexual.

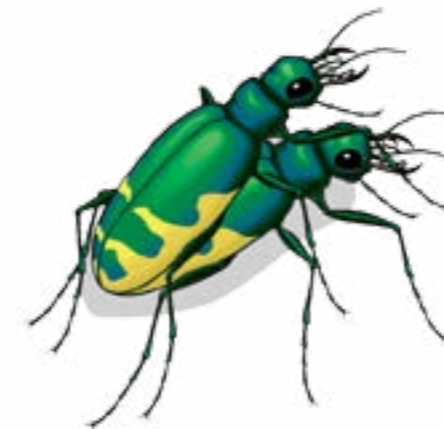
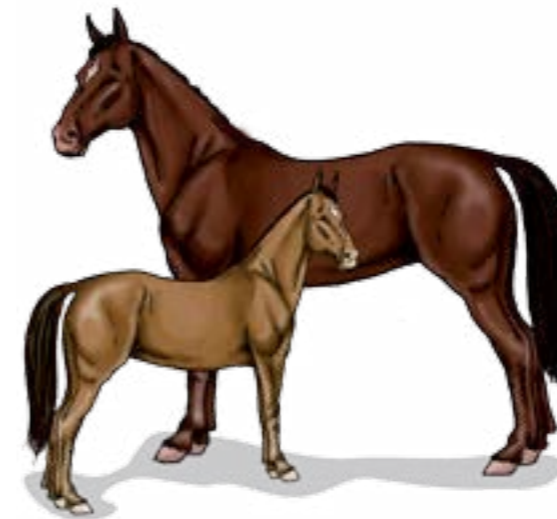


Figura 6.1. La diversidad de seres vivos en el planeta presenta distintas formas de mantener su especie.

En la **reproducción asexual** un sólo individuo produce su descendencia gracias al proceso de mitosis; por lo tanto, la descendencia es idéntica a su progenitor, es decir, presenta el mismo genotipo. Algunos organismos que poseen este tipo de reproducción no tienen órganos ni células reproductoras diferenciadas. Entre las ventajas que presenta este tipo de reproducción se encuentran:

- Desde el punto de vista de gasto energético la reproducción asexual es beneficiosa, ya que no requiere la búsqueda de pareja y tampoco la producción de células especializadas para que se dé la fecundación.
- Es ventajosa en hábitats estables ya que los organismos se encuentran bien adaptados.
- La variabilidad genética en estas especies depende de las mutaciones.
- Se producen una gran cantidad de descendientes, en los que se mantienen fielmente las características del progenitor.

Existen distintos tipos de reproducción asexual, estos dependen de la forma en la que se genere el nuevo organismo. Algunos de estos tipos de reproducción asexual se reseñan en el siguiente cuadro:

Tipo de reproducción asexual	Tipos de organismos en los que ocurre (Ejemplos)	¿Qué ocurre?
Bipartición o fisión binaria	Arqueobacterias, bacterias, levaduras, algas unicelulares y protozoos.	El individuo se divide en dos, para dar origen a dos organismos idénticos (figura 6.2).
Gemación	Levaduras, cnidarios como la hidra, anémonas y poríferos.	Se basa en una división celular mitótica aislada de una parte del individuo progenitor, dicha parte al crecer e iniciar su desarrollo, alimentándose de su progenitor, se separa para dar origen al nuevo individuo (figura 6.3). En el caso en que los nuevos individuos permanezcan unidos a su progenitor formarán una colonia.
Esporulación	Musgos, helechos (en una etapa de su ciclo), hongos y algunas bacterias.	En este tipo de reproducción, el núcleo de la célula se divide repetidas veces antes de la división del citoplasma, dando origen a varias células rodeadas de una pequeña parte de citoplasma envuelto por una membrana resistente. Las células hijas son liberadas al romperse la membrana de la célula madre como esporas, las estructuras donde se producen se denominan esporangios (Figura 6.4 a, b y c).

Fragmentación o escisión	Animales pluricelulares invertebrados como la estrella de mar y la planaria (estas especies también pueden reproducirse sexualmente).	El progenitor se divide en dos o más partes, y cada una es capaz de formar un individuo completo (figura 6.5).
Reproducción vegetativa	Plantas vasculares.	Ocurre en las plantas que tienen capacidad para formar nuevos individuos a partir de un fragmento de sí mismas, estas poseen el tejido de crecimiento en unas estructuras llamadas yemas (figura 6.6).



Figura 6.2. Bipartición o fisión binaria en un paramecio. Este protozoo de forma ovalada y que posee cilios se reproduce también mediante conjugación, lo que implica el intercambio o transferencia de micronúcleos entre dos organismos.



Figura 6.3. Gemación en una hidra de agua dulce, hidrozoo. La hidra es un organismo que también se puede reproducir sexualmente y es hermafrodita.

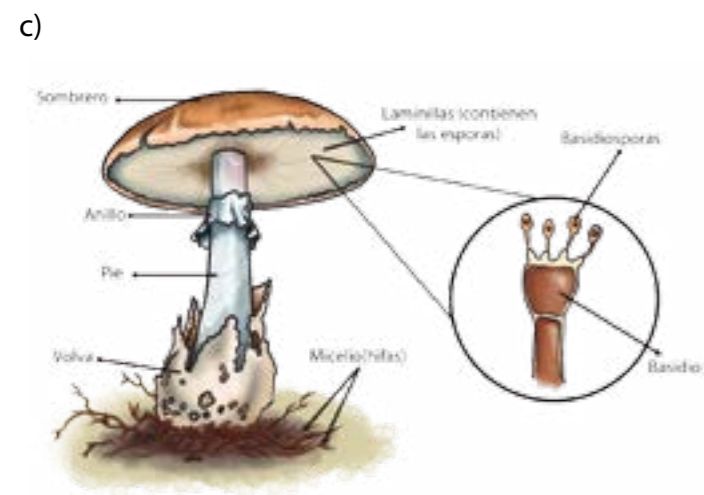
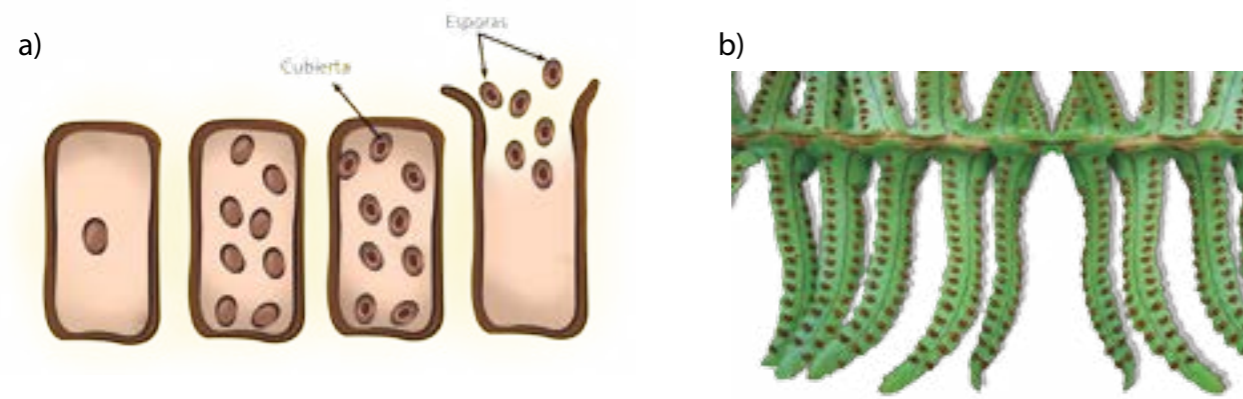


Figura 6.4. Reproducción asexual por esporas. a) Representación de la formación y liberación de las esporas a partir de la célula madre. b) Esporangios de un helecho. c) Ubicación de las laminillas que contienen las esporas en los hongos tipo sombrero.

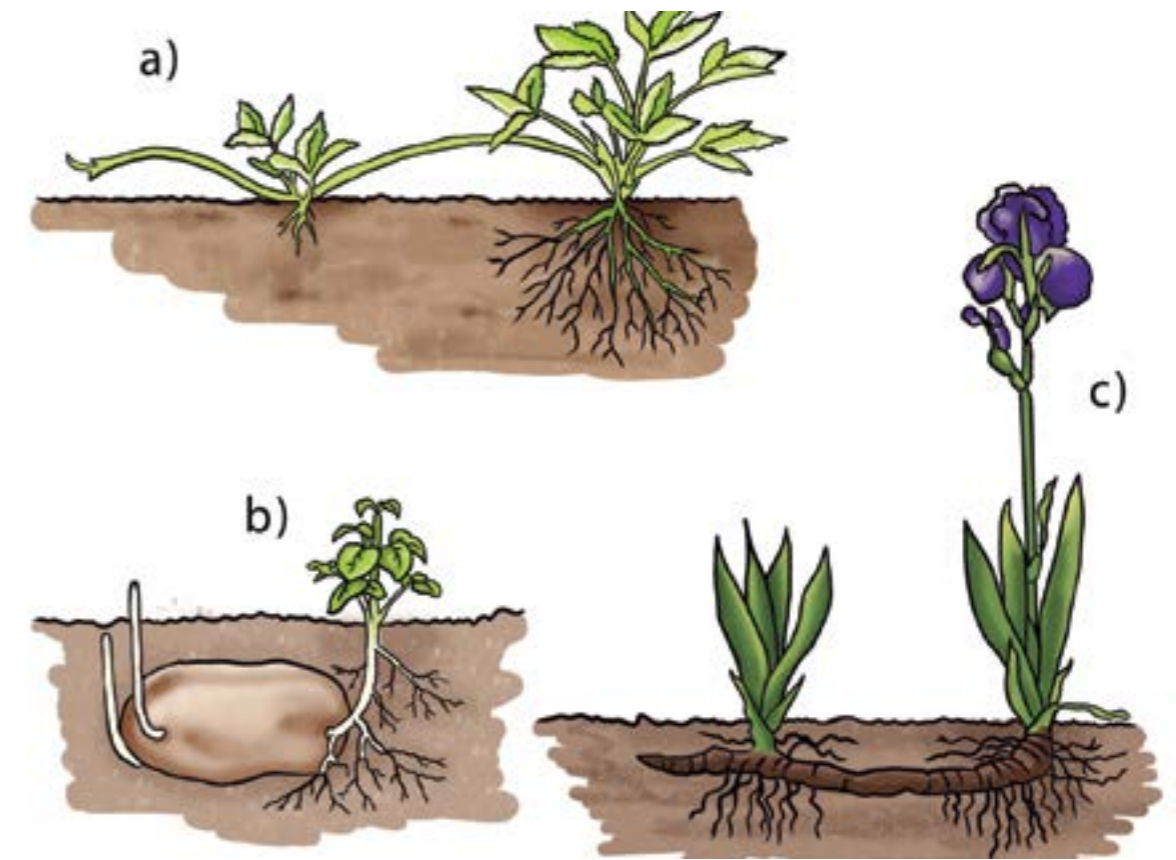


Figura 6.6. Algunos tipos de reproducción vegetativa en plantas. a) Por estolones: se da en algunas plantas donde aparece un tallo rastrero a partir del tallo principal. b) Por bulbos: en plantas donde el tallo es subterráneo y suculento, este puede dar origen a otra planta a partir de yemas. c) Por rizomas: estos son tallos subterráneos que presentan yemas de donde surgen nuevos brotes de plantas.



Figura 6.5. Representación del proceso de fragmentación y formación de un nuevo individuo en estrellas de mar, equinodermos.

En la **reproducción sexual** se necesitan los gametos de dos progenitores, que se producen durante la meiosis, los cuales se fusionan para formar un individuo diploide. En la descendencia el fenotipo será el producto de la interacción de los genes de ambos progenitores, presentándose características dominantes o recesivas, y por lo tanto el individuo será diferente a sus progenitores. La reproducción sexual presenta las siguientes características:

- Requiere de un gasto energético adicional, ya que necesita la producción de células especializadas para que ocurra la fecundación.
- Permite la combinación de la información genética, es decir, un individuo genéticamente único.
- Aumenta la supervivencia de las especies, dando mayor probabilidad a las poblaciones para que se adapten al ambiente, contribuyendo al proceso evolutivo.
- Las mutaciones no se manifiestan inmediatamente hasta que no estén presentes dos condiciones: 1) mayor frecuencia de individuos con el alelo mutante en homocigosis y 2) que la población sea capaz de producir descendencia fértil.

La fusión de gametos, el milagro de la vida

¿Sabes qué diferencia existe entre la fecundación y la reproducción? Como ya has estudiado en lecturas anteriores, en la **fecundación** los gametos de dos progenitores se unen y forman un **cigoto**, ello permite el restablecimiento del número de cromosomas de la especie.

¿Recuerdas cómo ocurre el proceso en las plantas con flores? Lo que primero ocurre es la **polinización**, que permite que los granos de polen provenientes de los estambres lleguen hasta el estigma para fecundar al óvulo, resultando la producción de semillas y de frutos (ver figura 6.7).

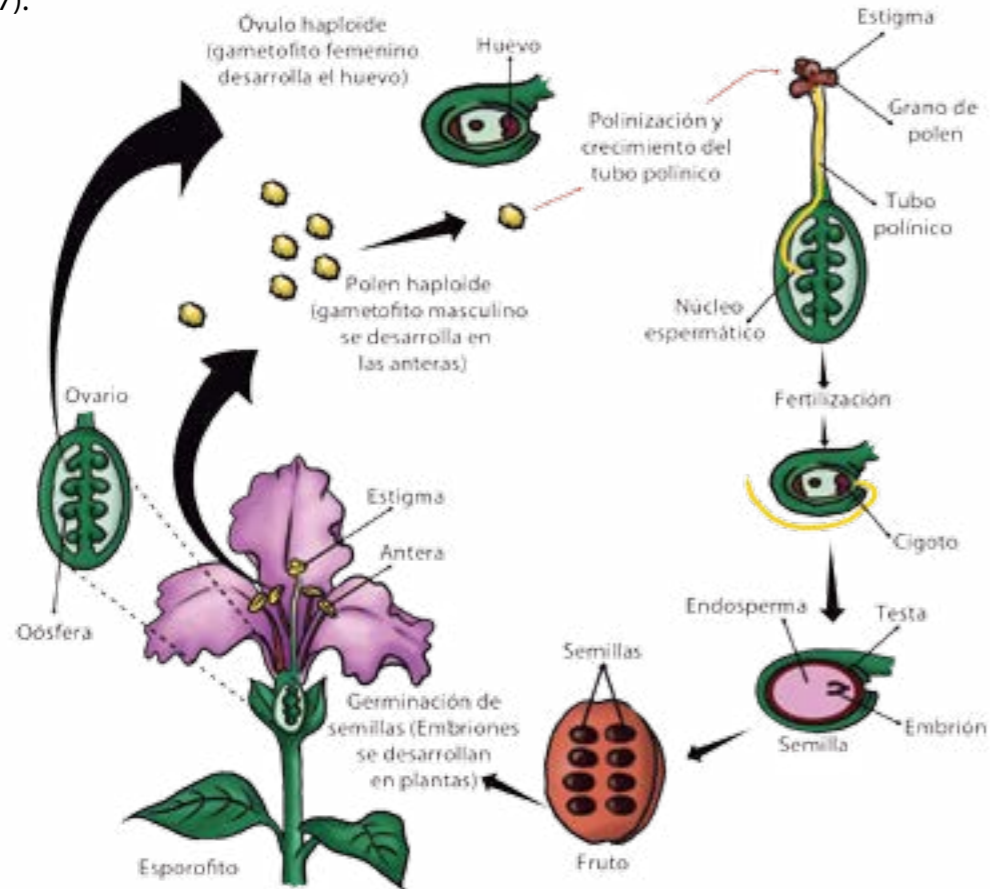


Figura 6.7. Reproducción sexual en plantas con flores.

En la mayoría de los animales vertebrados e invertebrados, la reproducción es sexual, lo que involucra a dos progenitores, quienes aportan los gametos masculinos y femeninos que se forman por meiosis en sus respectivas gónadas. Dependiendo de la forma como se realice este proceso la fecundación puede ser externa o interna.

La **fecundación interna** requiere que las células masculinas sean depositadas en los órganos femeninos durante el acto sexual. Ocurre en animales terrestres y algunas especies acuáticas, por ejemplo, insectos, mamíferos marsupiales y placentarios, entre otros.

La **fecundación externa** ocurre en la mayoría de las especies de peces, en anfibios y en muchos invertebrados, se presenta cuando los gametos de los progenitores son liberados en el exterior, en un medio acuático donde ocurre la unión de los mismos.

La gametogénesis se refiere a la formación de las **células germinales o gametos**, en el caso de los espermatozoides se le llama **espermatogénesis** (figura 6.8a), en la especie humana son células haploides móviles, casi no tienen citoplasma ya que sólo aportan el núcleo durante la fecundación. La **ovogénesis** permite la formación de los óvulos o células sexuales femeninas (figura 6.8b), que en los humanos son células haploides no móviles, que contienen la información genética y las reservas alimenticias necesarias para el desarrollo del cigoto.

Para saber más...

Algunas especies son hermafroditas, debido a que presentan tanto órganos masculinos como femeninos. En algunos animales, como la lombriz de tierra, es necesario el apareamiento de dos individuos mientras que otros pueden autofecundarse.



Lombriz de tierra

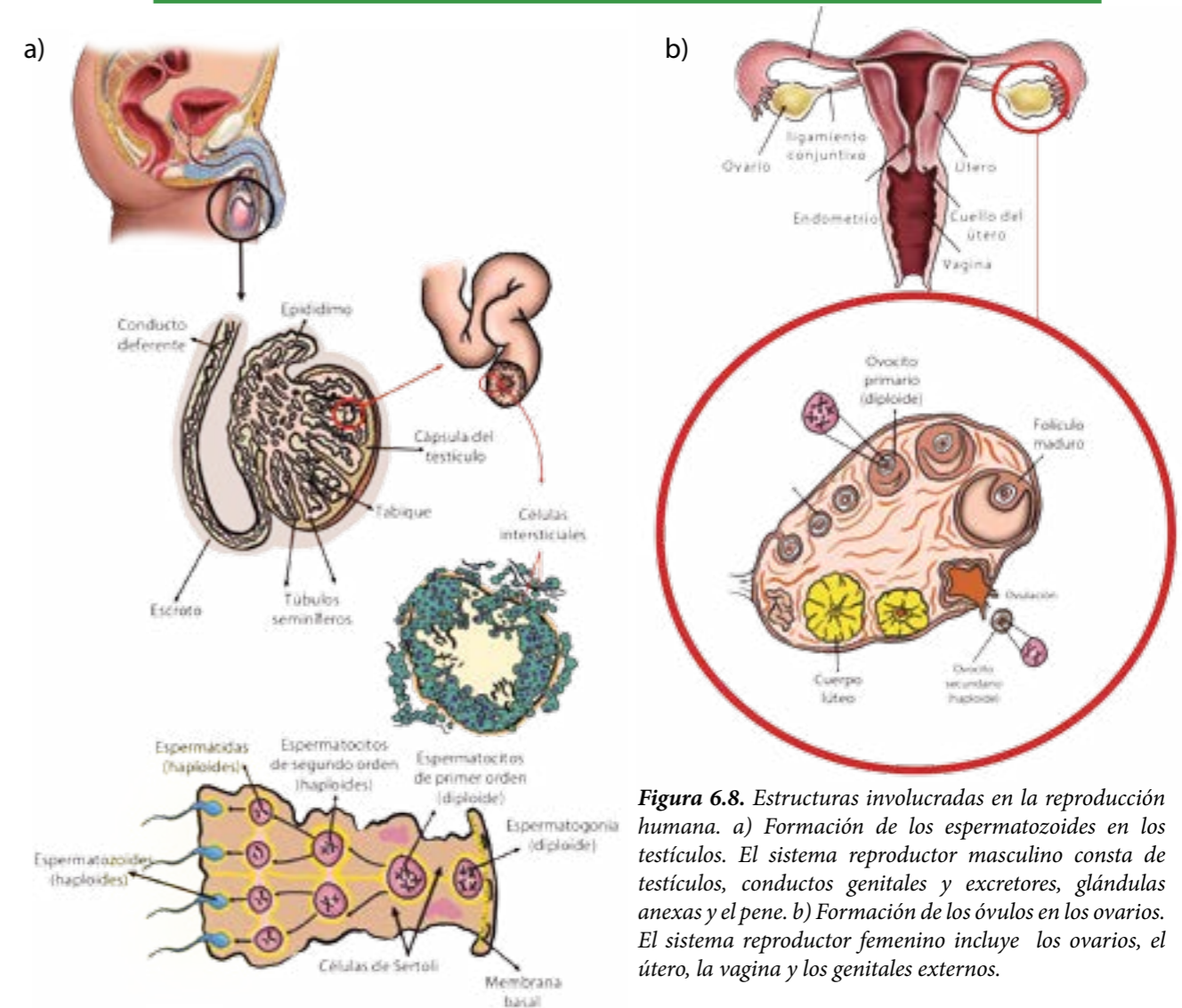


Figura 6.8. Estructuras involucradas en la reproducción humana. a) Formación de los espermatozoides en los testículos. El sistema reproductor masculino consta de testículos, conductos genitales y excretorios, glándulas anexas y el pene. b) Formación de los óvulos en los ovarios. El sistema reproductor femenino incluye los ovarios, el útero, la vagina y los genitales externos.

Fecundación en humanos

En la especie humana, durante el acto sexual el órgano copulador masculino o pene, que se encuentra en comunicación con los testículos, transmite las células germinales o espermatozoides a la hembra a través de la vagina, que es un conducto que se comunica con el útero y las trompas de Falopio, lugar donde se fusionará el óvulo con el espermatozoide si la relación sexual se efectúa cerca o durante el período de ovulación (Figura 6.9).

En la mujer la producción de óvulos y la preparación del endometrio para que se pueda implantar el embrión es un proceso cíclico, llamado **ciclo menstrual**, que es controlado por hormonas como gonadotropina, folículo estimulante y luteinizante.

Los millones de espermatozoides que son depositados en la vagina, después de la eyaculación, inician un viaje desde allí al cuello uterino, pasan por el útero y posteriormente a las trompas de Falopio, donde alcanzan a llegar aproximadamente entre 50 o 100 espermatozoides, pero uno sólo fecundará al óvulo.

Para que pueda ocurrir la fertilización de un óvulo en la trompa de Falopio, el espermatozoide que lo fecunde debe atravesar las células de la membrana granulosa, unirse a la zona pelúcida, penetrar esa zona y fusionarse con la membrana del óvulo, esto último ocurre gracias a que el espermatozoide libera enzimas que le permiten atravesar dicha membrana.

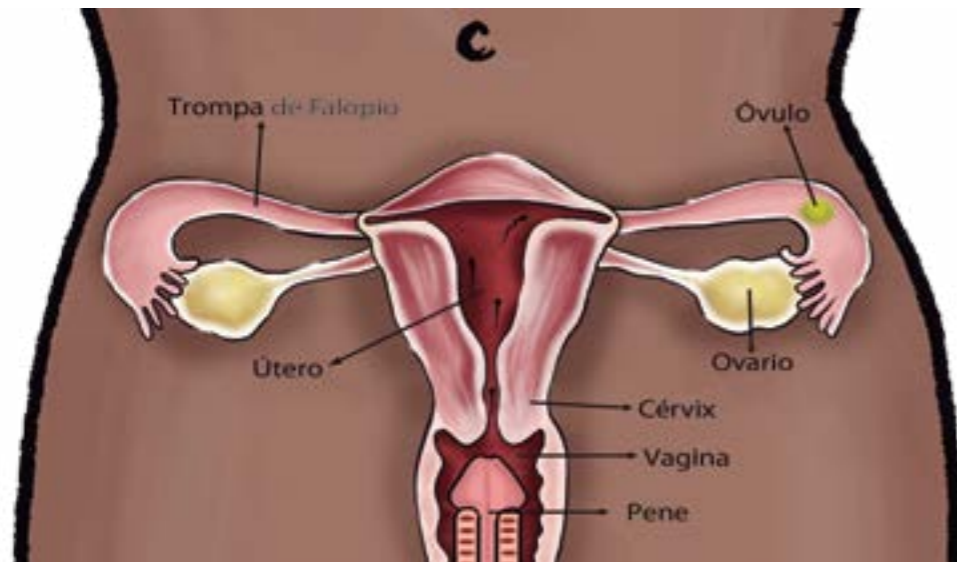


Figura 6.9. Representación del acto sexual; se observa la entrada del órgano reproductor masculino o pene y la liberación de los espermatozoides en el interior del aparato reproductor femenino. También se señala la ubicación del óvulo, después del proceso de ovulación, en las trompas de Falopio, lugar donde ocurre la fecundación interna.

Al ingresar la cabeza del espermatozoide al óvulo éste pierde su cola, y se activa para completar la segunda división meiótica, el material genético en forma de cromatina compactada contenida en el pronúcleo del espermatozoide se fusiona con el pronúcleo del óvulo, también se libera el segundo cuerpo polar del óvulo y se produce la asociación de los cromosomas de los progenitores (ver figura 6.10), el cigoto engrosa su membrana exterior para impedir la entrada de otros espermatozoides.

Con la fertilización y la unión de los gametos se tiene una célula dotada de 46 cromosomas. Luego comenzará el proceso de división celular o mitosis.

Dos días después de la fecundación el cigoto, desciende desde las trompas de Falopio hasta el útero impulsado por la acción muscular de las trompas y el movimiento de vellosidades microscópicas llamadas cilios, en este período el cigoto ha realizado sucesivas divisiones celulares por mitosis.

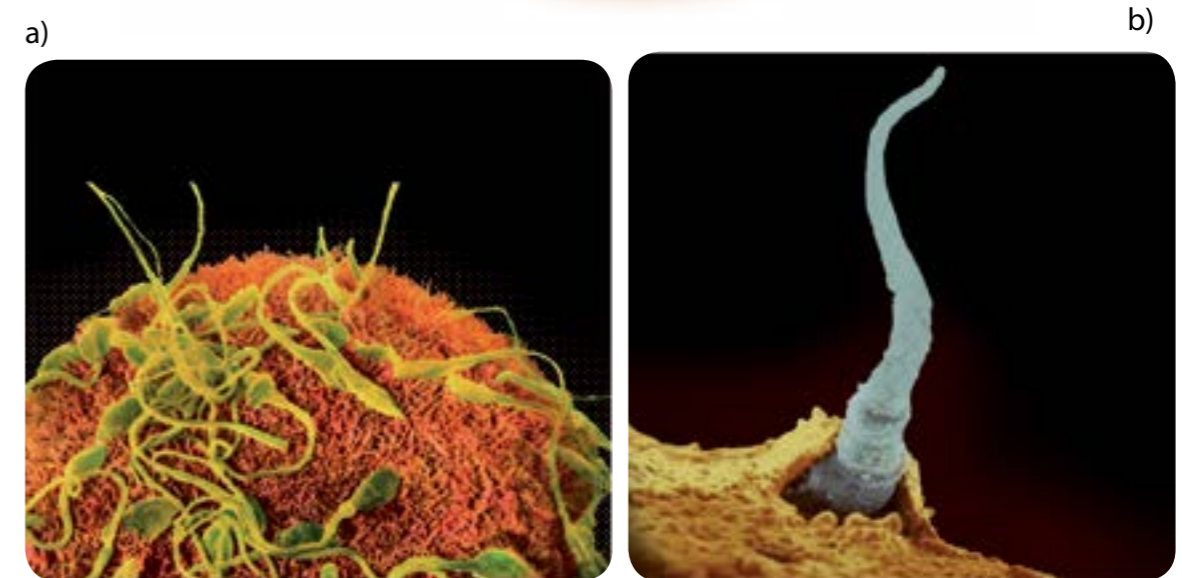
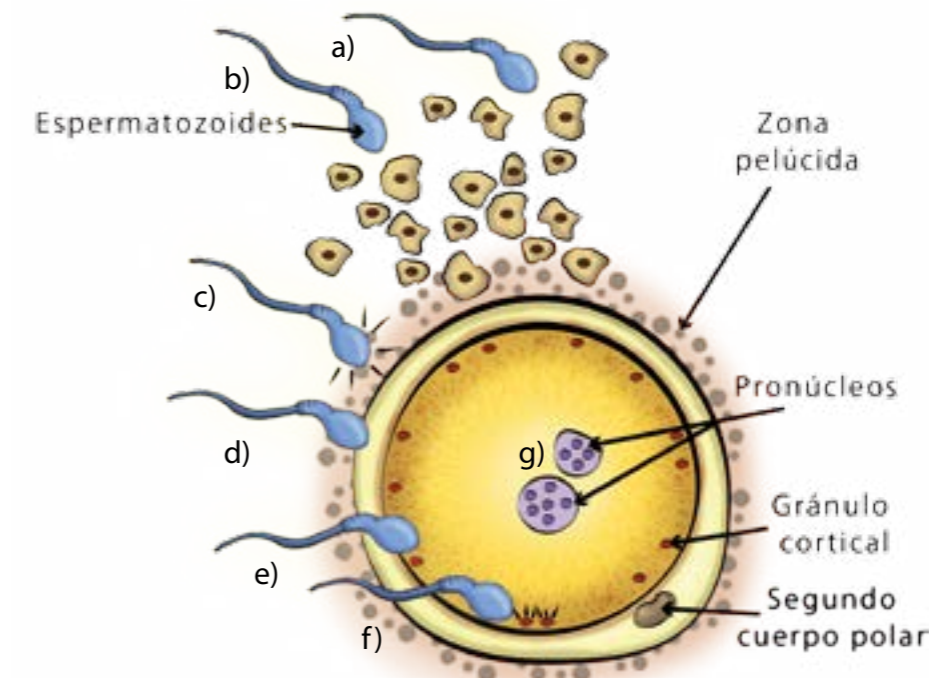


Figura 6.10. Fases en la fecundación humana a) Proceso de capacitación. b) Paso del espermatozoide a través de las células de la granulosa que rodean el óvulo. c y d) Unión y penetración del espermatozoide a la zona pelúcida. e) Fusión espermatozoide y óvulo. f) Activación del óvulo. g) Formación de los pronúcleos que luego se fusionarán. a y b) Imágenes reales de la llegada de los espermatozoides al óvulo.

Al inicio de la fecundación y durante parte de la anidación, el cigoto depende de los nutrientes que fueron almacenados por el óvulo, además el control genético depende de las proteínas, el ARN y las mitocondrias presentes en este gameto, pero posteriormente se activan los procesos genéticos del embrión.

Durante la segmentación el cigoto pasa por una serie de divisiones celulares, sin embargo las células sólo aumentan en número pero no en tamaño, por lo que las nuevas células son pequeñas. Como recordarás, las etapas siguientes del desarrollo forman la **mórula** (ver figura 6.13), luego de 3 días, en la mórula las células más externas forman una capa llamada trofoblasto, y las células más internas se agrupan, dejando una cavidad llena de líquido denominada **blastocela** para formar el **blastocito**, esta etapa se alcanza después de 1 semana (ver figura 6.12).

Después de aproximadamente dos semanas, el embrión se implanta en el útero, es decir, 14 días luego de la fecundación, mediante un proceso denominado **anidación** o implantación, penetrando al endometrio donde se nutrirá durante unas dos semanas mientras se forma la placenta; de ésta, el embrión recibirá nutrientes y oxígeno, y a ella enviará los desechos, los cuales pasarán a la circulación de la madre. El embrión es endocrinológicamente activo antes de la implantación; produce estrógenos y gonadotropina coriónica humana, la cual estimula al cuerpo lúteo o amarillo y éste a su vez continúa la producción de estrógenos y progesterona, impidiendo así la menstruación y protegiendo de esta manera el embarazo.

El trofoblasto forma una estructura de soporte llamada **corion** que es parte de la placenta, a medida que se desarrolla el blastocito se forman dos cavidades: el saco vitelino (cuya función es producir las células sanguíneas) y la cavidad amniótica que, a medida que avanza el desarrollo, se transforma en un saco lleno de líquido en el cual el embrión va a flotar durante su desarrollo.

Durante la **gastrulación**, entre los 15 y 18 días, se forman las tres capas fundamentales del embrión: ectodermo, mesodermo, endodermo y de éstas se formarán los órganos. El **endodermo** o capa germinal interna forma el revestimiento de varios órganos o glándulas y el sistema digestivo. El **mesodermo** o capa germinal media forma el esqueleto, los músculos, el sistema circulatorio, la dermis y varias glándulas. El **ectodermo** o capa germinal externa da lugar a parte del sistema nervioso (médula espinal y el cerebro), piel y estructuras accesorias tegumentarias (pelos, uñas, entre otras).

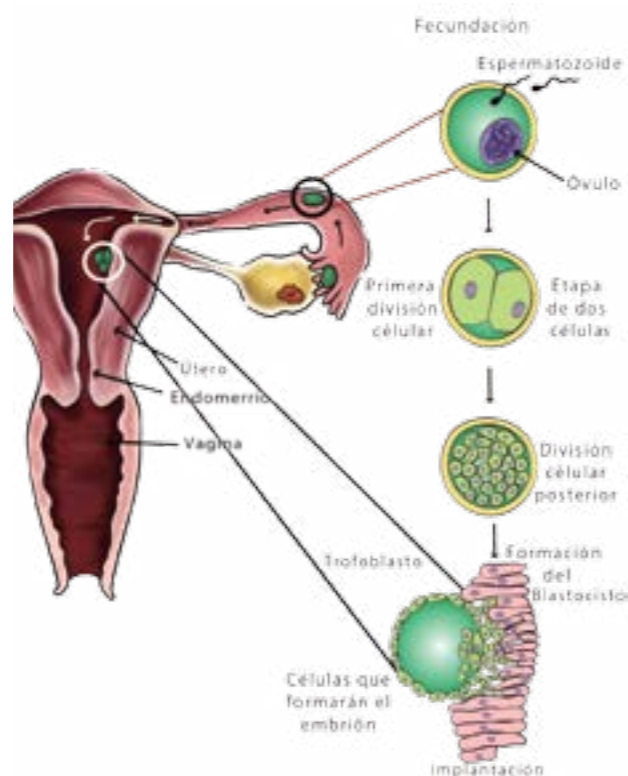


Figura 6.11. Representación del proceso de fecundación y las sucesivas divisiones celulares hasta la etapa de implantación o anidación.

Al final de la gastrulación, comienzan a aparecer los primeros signos visibles de diferenciación.

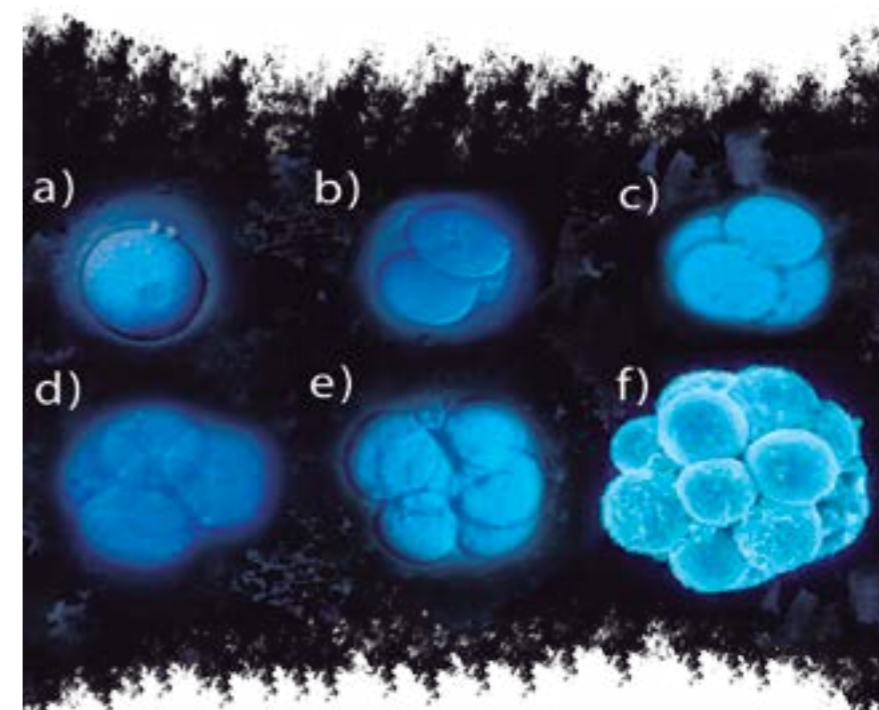


Figura 6.12. a) Cigoto. Desde b) hasta e) divisiones celulares sucesivas. f) Mórula.

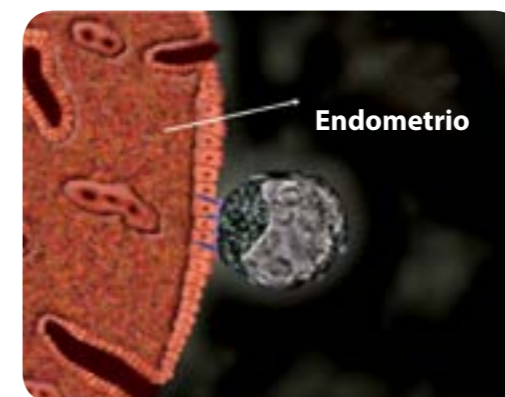


Figura 6.13. Implantación o anidación del blastocito en el endometrio.

Para saber mas...

Los gemelos monocigóticos o univitelinos, también llamados gemelos idénticos, se forman por fisión de un embrión temprano. Los gemelos dicigóticos o bivitelinos se forman por la fecundación de dos o más óvulos por distintos espermatozoides (gemelos fraternos).





Células germinales, una vida en potencia

La producción y maduración de las células germinales ocurre en las gónadas. Dentro de éstas se forman los gametos o células germinales que al fusionarse darán origen a otra vida. Con estas actividades lograrás *observar, reconocer e identificar este tipo de células*.

¿Qué necesitan?

- Ovarios de vaca, oveja, cochino o gallina, lo más frescos posible (mantenerlos congelados hasta el momento de la actividad)
- Testículos de res, oveja, cochino o pollo, lo más frescos posible (mantenerlos congelados hasta el momento de la actividad)
- Información y fotografías sobre las características de los folículos ováricos durante la formación del óvulo y sobre los gametos masculinos
- Vaso de precipitados 500 mL o recipiente de vidrio
- Bandeja
- 1 L de solución fisiológica (NaCl 0.9%)
- Inyectadora con su aguja
- Agujas de disección
- Cápsulas de Petri
- Bisturí
- Guantes quirúrgicos
- 1 pinza de metal
- Servilletas
- Láminas cubreobjetos y portaobjetos
- Microscopio y lupa estereoscópica

¿Cómo lo harán?

Observación de óvulos

- Para poder trabajar con los ovarios es necesario descongelarlos primero y luego lavarlos 2 o 3 veces con la solución fisiológica, para eliminar los restos de sangre y así mantener conservado el tejido que se va a observar.
- Tomen los ovarios y procedan, con ayuda de la inyectadora, a extraer el contenido de los folículos de cada uno, teniendo cuidado de no dañarlos. Posteriormente coloquen el contenido de los folículos en una cápsula de Petri que contenga solución fisiológica.
- Preparen varias muestras para ser observadas al microscopio.
- Traten de identificar en cada una de las muestras la estructura y la etapa de maduración en la que se encuentra.
- Para ayudarse con la identificación de cada etapa, dibujen cada aspecto observado.



Figura 6. 14. a) Ovarios de ganado en solución fisiológica. b) Ovario con folículos visibles.

Observación de espermatozoides

- Para trabajar con los testículos es necesario descongelarlos primero y luego lavarlos 2 o 3 veces con la solución fisiológica, para eliminar los restos de sangre y así mantener conservado el tejido que se va a observar.
- Coloquen los testículos descongelados en una bandeja y con el bisturí realicen un corte en el plano longitudinal que contenga el epidídimo. Procuren realizar un corte continuo para evitar dañar su anatomía interna y poder realizar la observación.
- Extiendan ambas partes de los testículos sobre la bandeja y realicen un dibujo de las estructuras que observan, recuerden ayudarse con la información que investigaron.
- Con ayuda de una jeringa, colecten una muestra de espermatozoides extraídos del epidídimo y preparen varias muestras para observarlas al microscopio. Traten de identificar las partes de estas células germinales y la forma que presentan.

¿Qué explicaciones pueden dar a lo observado?

- ¿Qué características presenta cada muestra?, ¿qué diferencias aprecian? ¿Por qué creen que sea importante que cuando hay reproducción sexual interna uno de los gametos presente movilidad y el otro almacene nutrientes?
- Discutan y compartan los resultados obtenidos con sus compañeros y compañeras considerando los objetivos de esta actividad.



¿Cómo crece y se desarrolla un caracol?

El estudio del desarrollo embrionario de una especie permite observar directamente cómo se realiza la división celular en las primeras etapas de la vida, y cómo es su evolución a lo largo de dicho desarrollo. Con la siguiente actividad, aprenderemos a realizar un microambiente para la cría de caracoles de agua dulce del género *Pomacea*, los cuales son moluscos que presentan reproducción sexual. Además observaremos el desarrollo embrionario de esta especie y lo podremos comparar con el de nuestra especie.

¿Qué necesitan?

- Caracoles de agua dulce (caracol manzano, el cual es común en los acuarios). Te sugerimos adquirir estos caracoles en una tienda, ya que esto asegura que se encuentren libres de enfermedades.
- Cápsulas de Petri.
- Alimento para los caracoles: comida de peces, lechuga, pepino, espinaca, zanahoria.
- Microscopio o lupa estereoscópica.

- Agujas de disección.
- Portaobjetos.
- Bisturí.
- Cámara fotográfica.
- Algodón, servilleta o papel de filtro.
- Pecera, recipiente grande de vidrio o reciclable de plástico.
- Tapa plástica transparente.
- Rocas pequeñas.
- Plantas acuáticas.

¿Cómo lo harán?

- Lo primero que deben construir es un microambiente adecuado para la cría de los caracoles.
- Recuerden investigar sobre el desarrollo embrionario de esta especie para que puedan comparar lo que observen con la teoría.
- Elijan dos parejas de caracoles, para poder reconocerlos observen las imágenes e intenten identificar el macho y la hembra, para ello les recomendamos que tomen al caracol por la parte superior de la concha y lo giren de modo que puedan observar su parte inferior. Deben tener paciencia si el caracol se ha escondido en su concha. Cuando salga, al intentar adherirse a una superficie, conseguirán observar su parte inferior.
- Coloquen los caracoles en el recipiente y tápenlo para evitar que se escapen. Observen a diario la superficie de la pecera y el envés de las hojas de las plantas acuáticas para conseguir las masas de huevos.
- Recuerden alimentar a los caracoles, para ello pueden considerar las sugerencias que conseguirán en el siguiente enlace:
<http://www.elcaracolmanzana.blogspot.com/2006/12/la-hora-de-comer.html>
- Extraigan las masas de huevos, sáquenlas y colóquenlas en las cápsulas de Petri, colocando en ellas un trozo de algodón, servilleta o papel de filtro humedecido con agua del microambiente para mantener la humedad de los huevos. Les aconsejamos separar las masas de huevos en varias porciones para facilitar su observación posterior. Deberán revisar todos los días las masas para asegurarse de

Hembra



Macho



- que estén húmedas.
- Observen al microscopio, o con la lupa, la masa de huevos, realicen sus anotaciones, además realicen dibujos de lo observado.
- Realicen una tabla para registrar las observaciones, es decir, los cambios en el desarrollo del embrión. Para ello piensen en: ¿qué indicadores pueden establecer para ver las diferencias en cada etapa?, ¿cuántas fases del desarrollo embrionario de este caracol esperan distinguir?, ¿cuántas muestras es conveniente observar en cada etapa?, ¿de qué manera es conveniente organizar las observaciones?
- Realicen observaciones durante 2 o 3 semanas, a diario, del desarrollo de los embriones, para poder tener una secuencia de las etapas de formación del caracol.
- Les sugerimos revisar los siguientes enlaces donde hallarán información sobre los huevos de caracol y su desarrollo:
 - <http://www.elcaracolmanzana.blogspot.com/2006/11/huevos-de-caracol-manzana.html>
 - <http://www.elcaracolmanzana.blogspot.com/2006/11/desarrollo-de-un-racimo-de-huevos-de.html>
- Cuando los huevos estén más desarrollados, será necesario abrirlos para poder observar lo que ocurre en su interior, para ello les sugerimos que coloquen el huevo en el portaobjetos, realicen un corte fino con el bisturí con mucho cuidado, y luego hagan presión con la aguja de disección para que salga el contenido interno del huevo y así poder ver con detalle el embrión:
 - <http://biblioteca.portalpez.com/index.php>
 - <http://biblioteca.portalpez.com/articulo-caracol-manzana-pomacea-bridgesii-vt2756.html>
 - <http://biblioteca.portalpez.com/el-caracol-manzana-pomacea-bridgesii-2-parte-vt2784.html>

¿Qué explicaciones pueden dar a lo observado?

- Al observar con detalle los huevos, podrán detectar una masa gelatinosa interna. ¿Qué creen que sea? ¿Qué función tendrá?
- ¿Hay diferencias en los huevos a medida que transcurre el tiempo? ¿Cuántas etapas del desarrollo embrionario pueden identificar?
- ¿Se parece en algo la evolución del desarrollo embrionario de este caracol al humano? ¿En qué?

Les dejamos algunos enlaces que les ayudarán a conocer más esta especie de caracol:

- <http://atlas.portalpez.com/caracol-manzana-pomacea-bridgesii-vt2527.html>
- <http://biblioteca.portalpez.com/articulo-caracol-manzana-pomacea-bridgesii-vt2756.html>
- <http://biblioteca.portalpez.com/el-caracol-manzana-pomacea-bridgesii-2-parte-vt2784.html>

Como investigadores: ¿Qué actividades propondrían realizar para observar y estudiar la reproducción y desarrollo de plantas, insectos o protozoarios?

Los invitamos a dividirse en varios equipos, seleccionen una especie para trabajar en laboratorio, realicen un proyecto de investigación y luego presenten sus resultados a todos, para compartir sus experiencias de aprendizaje.

Innovaciones tecnológicas en la reproducción

En la actualidad, gracias a los avances en el conocimiento de la genética, el desarrollo embrionario y la reproducción, aquellas parejas que deseen tener hijos pero que no puedan por infertilidad o esterilidad pueden acudir a la **reproducción asistida o fecundación artificial**.

La reproducción asistida o fecundación artificial requiere de la manipulación directa de los gametos, con el propósito de ayudar en el proceso de reproducción, en caso de que exista algún problema por parte de uno o de ambos progenitores. Entre las técnicas alternativas que contribuyen a mejorar la fertilidad de las parejas se encuentran: el coito programado, tratamientos para la inducción de la ovulación, inseminación artificial, fecundación *in vitro*.



En nuestro país existen diversas instituciones que asisten con éxito la reproducción. La reproducción asistida se toma en cuenta en el Código Civil y en la Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela; y en muchos países se ha avanzado en otras normativas jurídicas que protegen a las familias que realizan estas prácticas. Normar al respecto es importante pues permite de manera legal dilucidar problemas acerca del parentesco en este tipo de reproducción.

Para saber mas...

La reproducción asistida en nuestro país comenzó gracias al doctor Juan Aller, quien en 1985 consigue el primer embarazo de este tipo con éxito en los laboratorios Fertilab, primera unidad de reproducción humana de Venezuela.



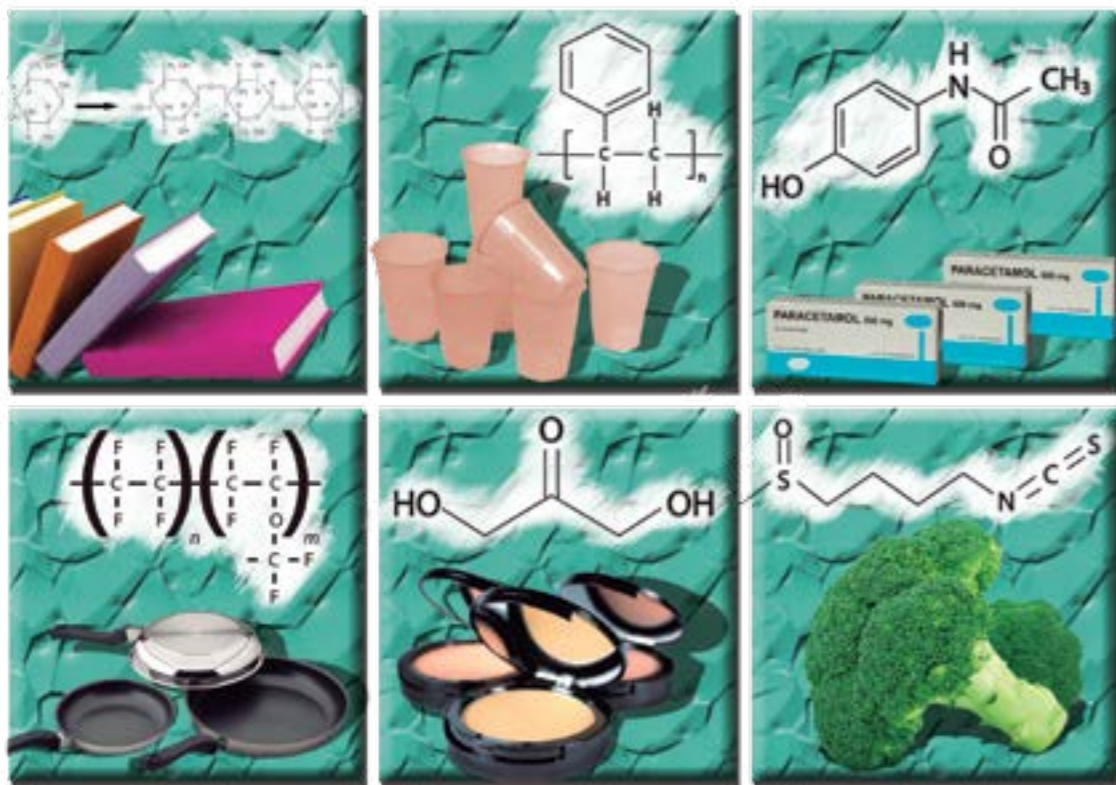
Actividades de autoevaluación

1. Realiza un esquema resumen de las etapas del desarrollo embrionario humano y elabora modelos del desarrollo en humanos y otros organismos. Organiza una galería donde cada grupo presente sus trabajos.
2. Socializa en clases la forma en la que intervienen los procesos de división celular de mitosis y meiosis en la fecundación y el desarrollo de los primeros días del embrión. ¿Qué ventajas presenta cada uno de acuerdo con la etapa del desarrollo embrionario? Piensa, ¿qué ocurriría si uno de estos procesos fallara?
3. En la lectura se citaron las características y las ventajas de cada tipo de reproducción. De acuerdo con tus conocimientos de genética, ¿cuáles crees que podrían ser las desventajas de cada una?
4. Te invitamos a indagar sobre las estructuras reproductivas presentes en otras especies animales y a compararlas con las del ser humano.
5. Organiza un debate sobre los beneficios y los problemas éticos de la fecundación asistida.
6. Organiza un debate, un foro de especialistas o un juego de roles en clase para discutir cuándo inicia la vida de un ser humano: ¿en la fecundación o en la implantación?, incluyan las implicaciones éticas, biológicas y humanas de interrumpir el embarazo.

Enlaces de videos, simulaciones y animaciones sobre reproducción humana

- Recursos sobre biología en internet.
http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/profesor/recursos_animaciones7.htm
- Ciclos biológicos
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2ESO/Reprodycoordinacion/contenidos7.htm>
- Icarito. Cuerpo humano-La fecundación
<http://www.icarito.cl/herramientas/despliegue/multimedias/2010/03/377-104-6-cuerpo-humano-la-fecundacion.shtml>
- Ovulación e implantación.
<http://www.youtube.com/watch?v=N50SEOdW7s&feature=related>
- De la fecundación al parto, parte1.
<http://www.youtube.com/watch?v=VVvNduFqB0Q&feature=related>
- De la fecundación al parto, parte2.
<http://www.youtube.com/watch?v=9VGU6hF6TVo&feature=relmfu>
- Animación fecundación, gestación y parto
<http://www.ceip-diputacio.com/MITJA%20I%20SUPERIOR/naturals/cos%20humana/reproduccio/embarazo.swf>

La naturaleza del enlace químico, en los compuestos orgánicos



En la actualidad, se ha logrado un gran desarrollo en la tecnología de los materiales, ofreciendo una inmensa diversidad de productos de uso cotidiano como jabones, detergentes, aceites, perfumes, medicamentos, fertilizantes, telas sintéticas, plásticos, alcoholes y derivados del petróleo, los cuales han contribuido con el mejoramiento del nivel de vida de las ciudadanas y los ciudadanos.

Entre otros de los beneficios que ha tenido el ser humano, está la producción de herramientas, máquinas, dispositivos y procesos que lo ayudan a aprovechar y a utilizar de diferentes formas los recursos naturales. Sin embargo, para lograr comprender estos avances tecnológicos, es necesario conocer y comprender las propiedades de los materiales, lo cual está estrechamente vinculado a la naturaleza de sus enlaces químicos, es decir, a la manera como los átomos que los forman se unen, debido a que las características de los materiales son el resultado de la interacción entre sus partículas y no de las propiedades aisladas de cada una de ellas.

Es por esto que te invitamos a seguir leyendo, para conocer un poco más sobre la estabilidad de los átomos, y las diferentes teorías que han explicado la naturaleza del enlace químico. Así como también sobre la hermosa geometría molecular de los diferentes compuestos que encontramos a nuestro alrededor.

Átomos en búsqueda de la estabilidad

¿Qué viene a tu mente cuando hablamos de estabilidad? Por ejemplo: estabilidad laboral, cuando una persona logra obtener un empleo seguro que le ofrece buenas condiciones de trabajo; cuando estamos en presencia de una persona que ha sufrido un accidente, lo primero que se debe hacer es chequear que tenga los signos vitales estables; o en la construcción de una edificación, se debe asegurar que el terreno sea estable. En este sentido, podemos decir que son muchas las áreas donde la estabilidad tiene un papel determinante en nuestra vida.

De igual manera, los átomos andan en búsqueda de la estabilidad, lo cual pueden lograr a través de la formación de enlaces químicos. Esto quiere decir que en la naturaleza son pocos los átomos que se encuentran de forma aislada, solamente los de los gases nobles como helio, neón, xenón y argón, mientras que el resto se encuentran unidos con otro u otros átomos iguales o diferentes. En términos generales, los átomos se enlazan entre sí debido a que la formación del enlace químico cuando esto ocurre se reduce la energía potencial entre las subpartículas involucradas (iones de cargas opuestas o núcleos atómicos y electrones), lo cual confiere estabilidad. Por lo tanto, mientras mayor sea la disminución de la energía en la unión entre átomos, mayor será la estabilidad del enlace formado.

Otras de las consideraciones que se deben tomar en cuenta en la estabilidad de los átomos son las teorías que han surgido para dar explicación a la formación del enlace químico. Como vimos en la lectura de cuarto año relacionada con el enlace químico, en el período de 1916 a 1919 dos fisicoquímicos estadounidenses, **Gilbert Newton Lewis** e **Irving Langmuir** y el físico alemán **Walter Kossel**, en forma independiente, establecieron que *un átomo en combinación química tiende a alcanzar su estabilidad cuando logra una configuración electrónica en su último nivel de energía similar a la de un gas noble (helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón), para lo cual puede ceder, ganar o compartir electrones con otro átomo*. De acuerdo con esto, existen tres modelos de enlaces: iónico, covalente y metálico, como se muestra en la figura 7.1.

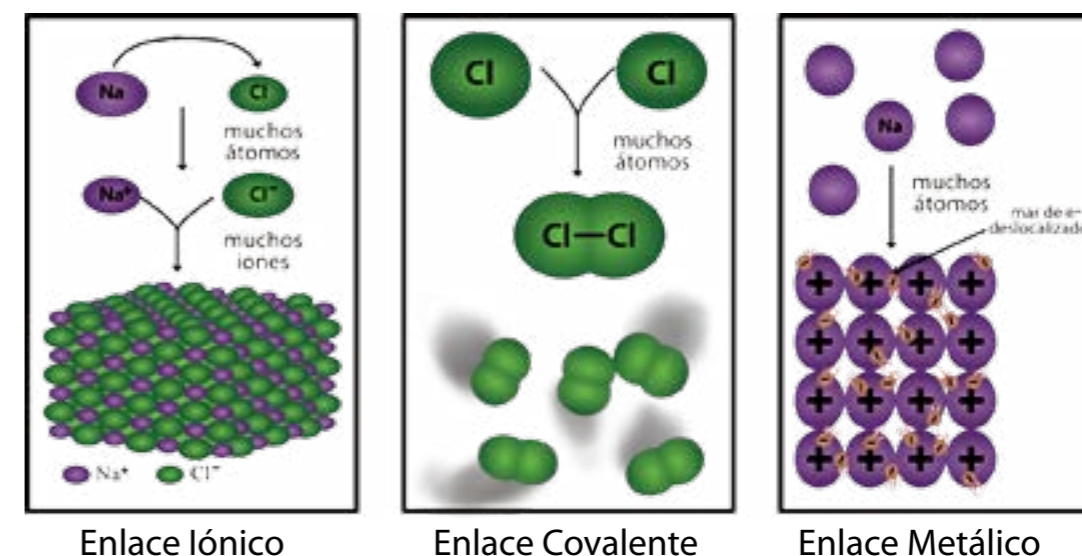


Figura 7.1. Representación de los modelos de enlace: iónico, covalente y metálico.

En el enlace iónico, los átomos metálicos transfieren uno o varios electrones a los átomos no metálicos, quedando así iones con cargas opuestas que se atraen entre sí para formar un sólido. El enlace covalente se forma cuando dos o más átomos no metálicos comparten pares de electrones, constituyendo generalmente moléculas individuales, cada una de ellas compuesta por dos o más átomos. En cuanto al enlace metálico, muchos átomos metálicos agrupados comparten sus electrones de valencia para formar un "mar de electrones" deslocalizados, que atraen entre sí a los centros de los iones metálicos (figura 7.1).

Teoría de G.N. Lewis

En la lectura de cuarto año, se abordó la **Teoría de Lewis**, la cual plantea que los átomos en un enlace químico alcanzan una estabilidad cuando tienen una configuración electrónica de ocho electrones en su último nivel de energía, similar a la de los gases nobles (con excepción del hidrógeno, que alcanza la configuración electrónica del helio en dos electrones en su único nivel). Para ello, los elementos tendrán la tendencia de transferir o compartir electrones, con la finalidad de alcanzar ocho electrones en su último nivel de energía. Lewis plantea una estructura para representar los enlaces químicos entre los átomos, la cual consiste en un símbolo químico que representa el núcleo y los electrones internos del átomo, y alrededor de éste se encuentran unos puntos que constituyen los electrones de valencia (los del último nivel de energía, el más externo), a esto se le conoce como **símbolo de Lewis**.

Es importante resaltar que los trabajos desarrollados por este científico se centraron principalmente en el enlace covalente, siendo este tipo de enlace el que resaltaremos en esta lectura, debido a que los compuestos orgánicos que se abordarán en el libro se consideran covalentes. Al representar la estructura de Lewis del componente principal del gas natural, el metano (CH_4); cada átomo de hidrógeno (H) tiene un electrón de valencia ($1s^1$), que se representa con un punto, mientras que el átomo de carbono (C) posee cuatro electrones de valencia ($1s^2 2s^2 2p^2$).

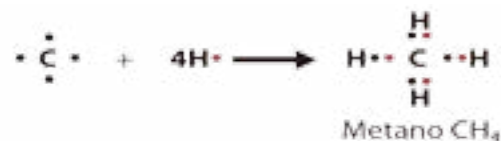


Figura 7.2. Representación de la estructura de Lewis de la molécula del metano, componente principal del gas natural.

De acuerdo a la estructura de Lewis del metano (figura 7.2), se puede evidenciar que la cantidad de enlaces covalentes que forma un átomo dependerá de cuántos electrones de valencia tenga y de la cantidad de electrones que necesite para cumplir con la regla del octeto. Por lo tanto, los cuatro electrones de valencia del carbono le confieren la capacidad de formar cuatro enlaces covalentes, lo

cual se denomina **tetravalencia**. Esto es debido a que todos los átomos se combinan formando moléculas para tratar de completar ocho electrones en su capa más externa, ya que de esta manera ellos se encuentran estables.

Por otra parte, los electrones que no participan en los enlaces químicos que se conocen como **electrones libres**, o par de **electrones sin compartir**. Por ejemplo, el átomo de nitrógeno (N) del amoníaco, comparte tres electrones de los cinco que dispone en su último nivel de energía. Deja dos electrones libres o solitarios y forma tres enlaces covalentes con el aporte de los electrones de los átomos de hidrógeno (figura 7.3).

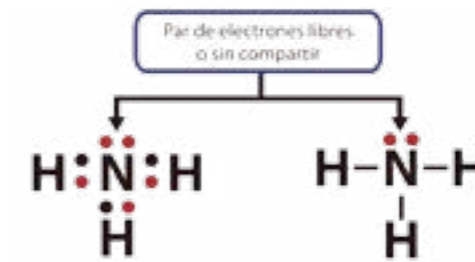


Figura 7.3. Representación de la estructura de Lewis del amoníaco, con sus pares de electrones sin compartir (electrones libres o solitarios).

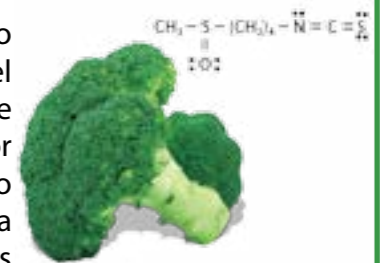
Es importante destacar que las estructuras de Lewis son de gran utilidad, porque nos permiten contabilizar los electrones que comparten en un enlace químico, así como también nos facilitan recordar la cantidad de electrones de valencia presentes. Posteriormente, el químico alemán **Friedrich August Kekulé** propuso una forma más sencilla de estructuras de líneas o guiones (-) por enlaces. La representación de un enlace covalente de dos electrones se realiza a través de una línea trazada entre los átomos (tabla 7.1).

Nombres	Estructuras de Lewis	Estructuras de Kekulé
Agua (H_2O)	$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$	$\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$
Amoníaco (NH_3)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\ddot{\text{N}}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Metano (CH_4)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$

Tabla 7.1. Representación de estructuras de Lewis y Kekulé de algunas moléculas sencillas.

Para saber más...

Los científicos recomiendan una dieta rica en brócoli. Esto se debe a que estudios realizados han demostrado que el brócoli posee un producto llamado sulforafano, el cual se piensa que protege contra ciertos cánceres y bacterias. Por ejemplo, entre las bacterias más comunes en el humano se encuentra la *Helicobacter pylori*, la cual se considera responsable en el desarrollo de diversas enfermedades estomacales, incluyendo inflamación, cáncer y úlceras.



Diversos tipos de enlaces covalentes

¿Alguna vez has considerado que la formación de enlaces químicos, entre átomos con propiedades idénticas o similares, nos garantiza la permanencia en el planeta y la vida? Por ejemplo: el oxígeno que utilizamos en el proceso de respiración está conformado por dos átomos idénticos de oxígeno debidamente enlazados, mientras que el ozono que nos protege de los rayos ultravioleta del Sol posee tres átomos de oxígeno; la molécula de nitrógeno, elemento que representa aproximadamente el 78% del aire de la atmósfera, y la del agua, indispensable para los seres vivos, también se mantienen unidas por enlaces covalentes.

Ejemplo 1: representemos el enlace covalente de la molécula de agua (H_2O):



Figura 7.4. Representación del enlace covalente simple de la molécula de agua, a través de la estructura de Lewis (A) y estructura de Kekulé (B).

Como se puede observar en la figura 7.4, el átomo de oxígeno comparte *un* par de electrones de valencia con cada átomo de hidrógeno, para alcanzar la configuración de los gases nobles. De esta manera, cuando dos átomos se unen a través de un par de electrones se le denomina **enlace covalente simple**.

Ejemplo 2: representemos el enlace covalente de la molécula de oxígeno (O_2):



Figura 7.5. Representación del enlace covalente doble de la molécula de oxígeno (O_2), a través de la estructura de Lewis (A) y la estructura de Kekulé (B).

En la representación de la molécula de oxígeno (Figura 7.5), a diferencia de la del agua (H_2O), los átomos de oxígeno comparten *dos* pares de electrones, formando un **enlace covalente doble**.

Ejemplo 3: representemos el enlace covalente de la molécula de nitrógeno (N_2):



Figura 7.6. Representación del enlace covalente triple de la molécula de nitrógeno (N_2), a través de la estructura de Lewis (A) y la estructura de Kekulé (B).

Por último, tenemos la representación de la molécula de nitrógeno (figura 7.6), donde los átomos de nitrógeno comparten *tres* pares de electrones, formando un **enlace covalente triple**.

Los extremos de la electronegatividad y la polaridad del enlace covalente

Hasta ahora se han venido trabajando los modelos de enlace iónico y principalmente, de enlace covalente, los mismos implican la transferencia completa o la compartición completa de los electrones. Sin embargo, la gran mayoría de los compuestos tienen enlaces que, de manera más precisa, se entienden como parcialmente iónicos y parcialmente covalentes. De acuerdo con la información que aprendiste sobre los modelos ideales, podemos continuar considerando la naturaleza del enlace químico "real" que se encuentra entre estos dos extremos.

Para ello, es necesario recordar lo que se abordó en la lectura de cuarto año en relación con la electronegatividad (EN), la cual nos permite medir la tendencia de un átomo de atraer hacia sí electrones, en un enlace químico. Por lo tanto, la contribución de cada átomo al enlace químico dependerá de su electronegatividad y de la electronegatividad de los otros átomos que intervienen en el mismo. Por ejemplo, cuando dos átomos de flúor se unen forman una molécula de flúor (F_2), y como tienen la misma electronegatividad, su diferencia (ΔEN) es igual a cero, lo cual significa que comparten de forma equitativa los electrones de valencia.

Este tipo de enlace entre dos átomos de un mismo elemento no metálico, se conoce como **enlace covalente no polar o covalente apolar**. Generalmente, este tipo de enlace da origen a moléculas homooatómicas, es decir, moléculas que comparten electrones entre dos átomos idénticos; por ejemplo, hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), bromo (Br_2), cloro (Cl_2) y flúor (F_2), como se muestra en la figura 7.7.

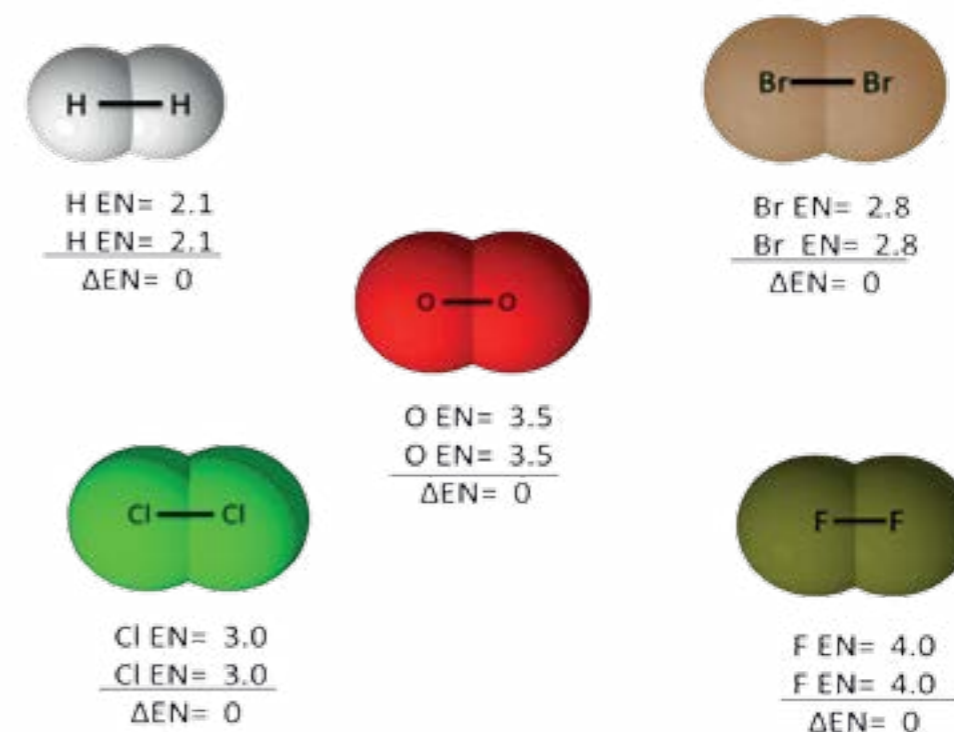


Figura 7.7. Representación del modelo de enlace covalente no polar de las moléculas de hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), bromo (Br_2), cloro (Cl_2) y flúor (F_2). La diferencia de electronegatividad es igual a cero, lo cual permite compartir equitativamente los electrones.

En cuanto al **enlace covalente polar**, se forma cuando la diferencia de electronegatividad (ΔEN) es mayor que cero pero inferior a 1,7, dando origen a compuestos covalentes conocidos como moléculas diatómicas, por ejemplo, el ácido fluorhídrico (HF), como se muestra en la figura 7.8.

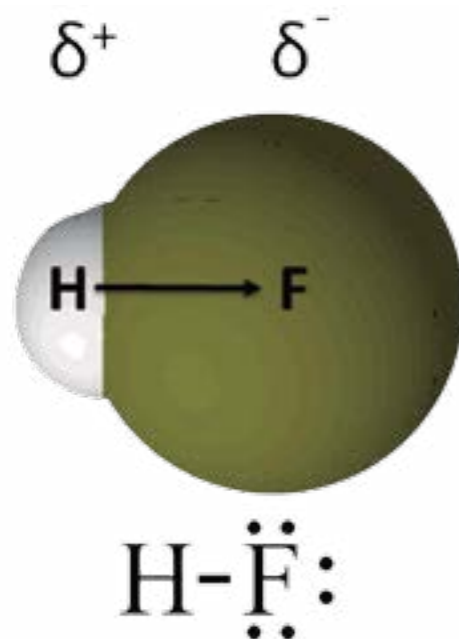


Figura 7.8. Representación del enlace covalente polar del ácido fluorhídrico. Los símbolos δ^+ y δ^- (delta más y delta menos), se utilizan para representar la carga parcial negativa para el flúor y la carga parcial positiva para el hidrógeno. La flecha apunta en la dirección del extremo negativo del enlace.

Insuficiencia de la teoría de Lewis

La teoría de Lewis permite predecir la estructura de muchos compuestos y establece, a partir de los electrones de valencia de los átomos enlazantes, la configuración estable de los gases nobles. Átomos como los del carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el flúor cumplen con la regla del octeto. Sin embargo, como todo modelo, esta teoría tiene sus excepciones. Algunos átomos, por ejemplo el fósforo, el azufre, el cloro y otros elementos no metálicos del período 3 y posteriores períodos de la tabla periódica, no cumplen con la regla del octeto, esto se debe a tres razones principales:

1. Octeto incompleto: En ocasiones, la cantidad de electrones que rodea al átomo central de una molécula estable es inferior a ocho. A estos compuestos se les denomina compuestos deficientes de electrones. Por ejemplo, el hidruro de berilio (BeH_2), cuya estructura de Lewis, se muestra en la figura 7.9

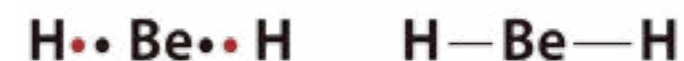


Figura 7.9. Estructura de Lewis del hidruro de berilio (BeH_2). Como se observa, sólo hay cuatro electrones alrededor del berilio, lo cual no cumple con la regla del octeto. Pero a pesar de ello la molécula es estable.

2. Número impar de electrones: por ejemplo, dos gases que se obtienen como subproducto en la combustión de la gasolina en los automóviles, como son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2), con cinco electrones de valencia (figura 7.10).



Figura 7.10. Estructura de Lewis del óxido nítrico (A) y dióxido de nitrógeno (B), ninguna de las dos cumple con la regla del octeto.

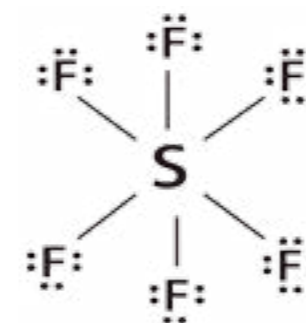


Figura 7.11. Representación del hexafluoruro de azufre (SF_6), el cual no cumple con la regla del octeto.

3. El octeto expandido: en este caso, los átomos de los elementos que pertenecen al tercer período de la tabla periódica en adelante forman algunos compuestos que tienen más de ocho electrones de valencia alrededor del átomo central. Por ejemplo, entre los compuestos para los que se extiende el octeto se encuentra el hexafluoruro de azufre (SF_6), con seis electrones de valencia del azufre. En el SF_6 , cada electrón de valencia forma un enlace covalente con un electrón de un átomo de flúor, lo cual suma doce electrones alrededor del átomo central de azufre (figura 7.11).

Para saber mas...

El flúor es un elemento esencial para el ser humano, debido a las diversas aplicaciones que tiene. Entre las cuales se destacan: el politetrafluoroetileno (PTFE), también denominado teflón, el cual ha sido ampliamente utilizado como revestimiento de diversas superficies, principalmente como aislante en utensilios de cocina; el hexafluoruro de uranio, se emplea para obtener uranio enriquecido, el cual es un elemento reactivo que conforma una de las principales materias primas de la energía nuclear; y el fluoruro de sodio que lo encontramos en las pastas dentales.



Ubiquemos moléculas en el espacio: geometría molecular

La estructura y la forma de las moléculas tienen un rol fundamental en los procesos químicos y biológicos, por eso los científicos han realizado grandes esfuerzos para conocer, a través de diversos instrumentos, la **geometría molecular**.

No obstante, existen métodos teóricos que permiten una aproximación a esta estructura. En 1957, **R. J. Gillespie** y **R. N. Nyholm** propusieron un modelo basado en criterios electrostáticos para predecir la geometría molecular, denominado **Repulsión de Pares de Electrones de Valencia (RPEV)**, cuya idea central es que los electrones de valencia en torno a un átomo tienden a ubicarse en las posiciones que minimizan la repulsión electrostática entre ellos. Pues recordemos que partículas con la misma carga eléctrica se rechazan.

El modelo de RPEV considera para el diseño de la geometría molecular el siguiente esquema:



Donde **A** corresponde al átomo central; **X**: ligandos unidos al átomo central; **n**: número de ligandos unidos al átomo central **A**; **E**: pares de electrones libres o sin compartir en el átomo central, entendidos éstos como los electrones que le quedan al átomo en las estructuras de Lewis y que no forman enlaces; **m**: número de pares de electrones libres. Con este modelo se presentarán sólo seis geometrías moleculares distintas, las mismas se pueden observar en la tabla 7.2

Pares de electrones	Electrones libres	Geometría Molecular	Figura representativa	Ejemplo
2	0	Lineal AX_2		$BeCl_2$
3	0	Plana trigonal AX_3		BF_3
2	2	Angular AX_2E_2		SO_2
4	0	tetraédrica AX_4		CH_4
3	2	Piramidal trigonal AX_3E		NH_3
2	4	Angular AX_2E_2		H_2O

Tabla 7.2. Geometrías moleculares. El átomo central con dos, tres o cuatro pares de electrones en la capa de valencia. La figura representativa en la columna derecha proporciona una manera conveniente de expresar la forma de una molécula dibujada en una superficie plana.

¿Cómo se conoce la geometría de una molécula?

Para determinar la geometría, es necesario recordar cómo construir una estructura de Lewis. Por ejemplo: determinemos la geometría molecular del dióxido de azufre (SO_2).

1. El azufre (S) presenta seis electrones de valencia, al igual que el oxígeno (O).
2. Las electronegatividades del S y el O son 2,5 y 3,5 respectivamente.
3. Un esquema simétrico sería: O - S - O. Por último, puedes observar que existe entonces un átomo central (S) y dos ligandos (O). El átomo central presenta tres pares de electrones y sólo dos podrán ser utilizados. En resumen: AX_2E , por lo tanto su geometría es angular (tabla 7.2), como se muestra en la figura 7.12.

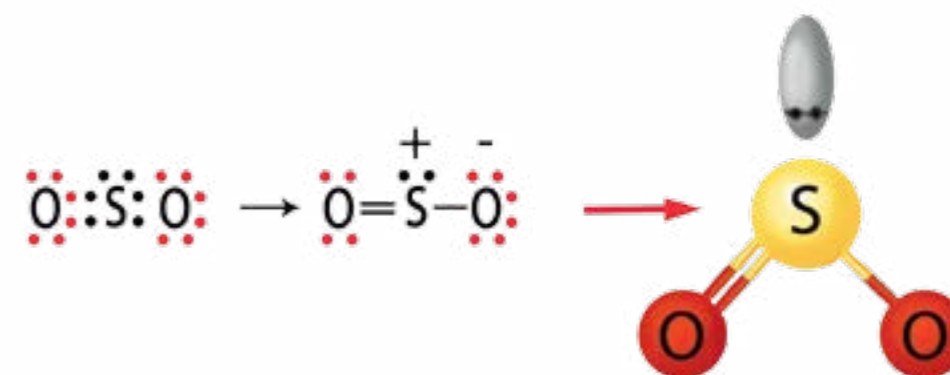


Figura 7.12. Estructura de Lewis y modelo tridimensional del dióxido de azufre.

La llegada de la mecánica cuántica y su aporte en las teorías de enlace químico

Las ideas propuestas por Lewis en relación al enlace químico fueron desarrolladas antes de la llegada de la mecánica cuántica. En 1927, un año posterior a la publicación de la ecuación de Schrödinger, se aplicó ésta a los electrones implicados en la formación de enlaces covalentes, para buscar estructuras electrónicas de energía mínima. Para ello, surgieron dos modelos generales. El primero de ellos, el de electrones de valencia, propuesto por **W. Heitler** y **F. London** en 1927, el cual sirvió para que calcularan la fuerza de enlace en la molécula del hidrógeno. Posteriormente **Linus Pauling** y **J. C. Staler** extendieron sus ideas hasta elaborar la teoría general del enlace químico, conocida como la **teoría del enlace de valencia (TEV)** o **teoría HLPS**, en honor de Heitler, London, Staler y Pauling.

La teoría del enlace de valencia propone que la formación del enlace covalente simple tiene lugar cuando los orbitales correspondientes a dos electrones desapareados de átomos diferentes se superponen o solapan, dando lugar a una región común en la cual los dos electrones con espín opuestos, tal y como exige el principio de exclusión de Pauli, ocupan un mismo orbital. Ese compartimiento constituye el elemento de enlace entre los dos átomos. Así, por ejemplo, cuando dos átomos de H se aproximan suficientemente, existe una disposición en la cual sus nubes electrónicas están parcialmente solapadas y para la que la energía potencial del conjunto es mínima, constituyendo, pues, una situación de enlace.

En términos electrónicos puede afirmarse que el orbital 1s de cada átomo de hidrógeno, semiocupado por su electrón correspondiente, es completado por el electrón del otro átomo de hidrógeno. Los dos electrones con espín opuestos de este par, son atraídos entonces por cada uno de los núcleos, constituyendo el par de enlace. La existencia de este par común es lo que determina que los núcleos estén ligados entre sí con las limitaciones que, en cuanto a proximidad, imponen las fuerzas de repulsión nuclear (figura 7.13).

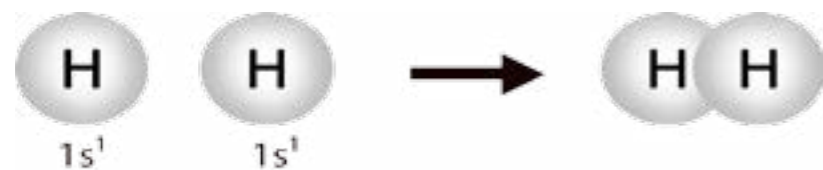


Figura 7.13. Formación del enlace en la molécula de hidrógeno.

Así, la teoría del enlace de valencia (TEV) proporciona una visión más clara sobre la formación de los enlaces químicos en comparación con la teoría de Lewis. La TEV establece que una molécula estable se forma a partir de la reacción de los átomos, cuando la energía potencial del sistema es mínima; la teoría de Lewis ignora los cambios energéticos en la formación de un enlace químico. Sin embargo, el planteamiento de compartición de electrones de Lewis se mantiene, de algún modo, presente en la teoría del enlace de valencia, aunque se abandona la regla del octeto y se sustituye por la condición de que dos electrones desapareados puedan ocupar un mismo orbital. El número de enlaces covalentes posible depende, entonces, del número de electrones desapareados presentes en el átomo.

Hibridación de orbitales

La teoría del enlace de valencia, para explicar la geometría de las moléculas, propone que previamente a la formación del enlace covalente se deberá producir la **hibridación de orbitales atómicos**, es decir la "mezcla" de orbitales que da lugar a otros nuevos con características geométricas diferentes a los orbitales originales. Las hibridaciones más comunes son las siguientes:

- **Hibridación sp^3** , es cuando un orbital **s** y tres orbitales **p** producen cuatro orbitales híbridos dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular, formando un ángulo de $109,5^\circ$ (figura 7.14)

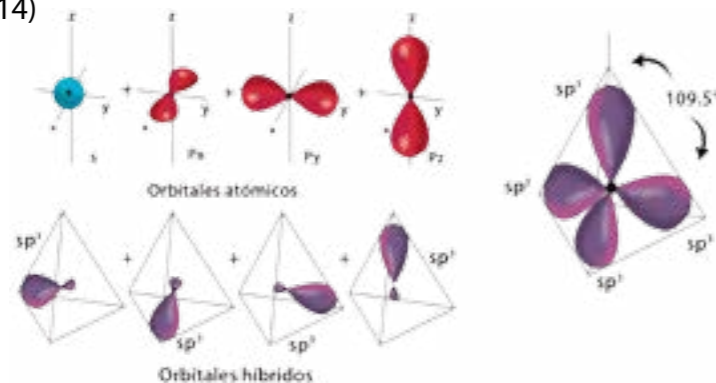


Figura 7.14. Hibridación de un orbital *s* (color azul) con tres orbitales *p* (color rojo), producen los cuatro orbitales híbridos (color morado), y dan lugar a un tetraedro.

Por ejemplo en el caso del metano (CH_4), el átomo central es el carbono, que se encuentra unido a cuatro átomos de hidrógeno, formando cuatro enlaces sencillos carbono-hidrógeno (C-H). En estos cuatro enlaces existe una superposición de orbitales sp^3 y orbital **s** del hidrógeno. Este tipo de enlace se le denomina **sigma**. En general, el **enlace sigma** se forma en la zona interatómica donde se encuentran solapados dos orbitales híbridos y a través del mismo se produce la compartición de un par de electrones (figura 7.15).

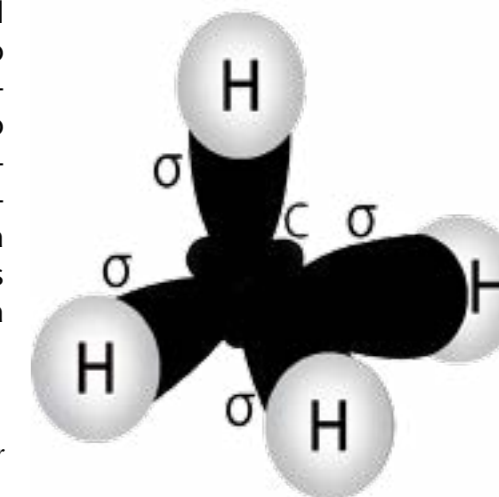


Figura 7.15. Modelo de la molécula de metano, caracterizada por enlace simple carbono-hidrógeno y por su geometría tetraédrica.

- **Hibridación sp^2** , es cuando un orbital **s** y dos orbitales **p** produce tres orbitales híbridos dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero, con un ángulo de 120° (figura 7.16).

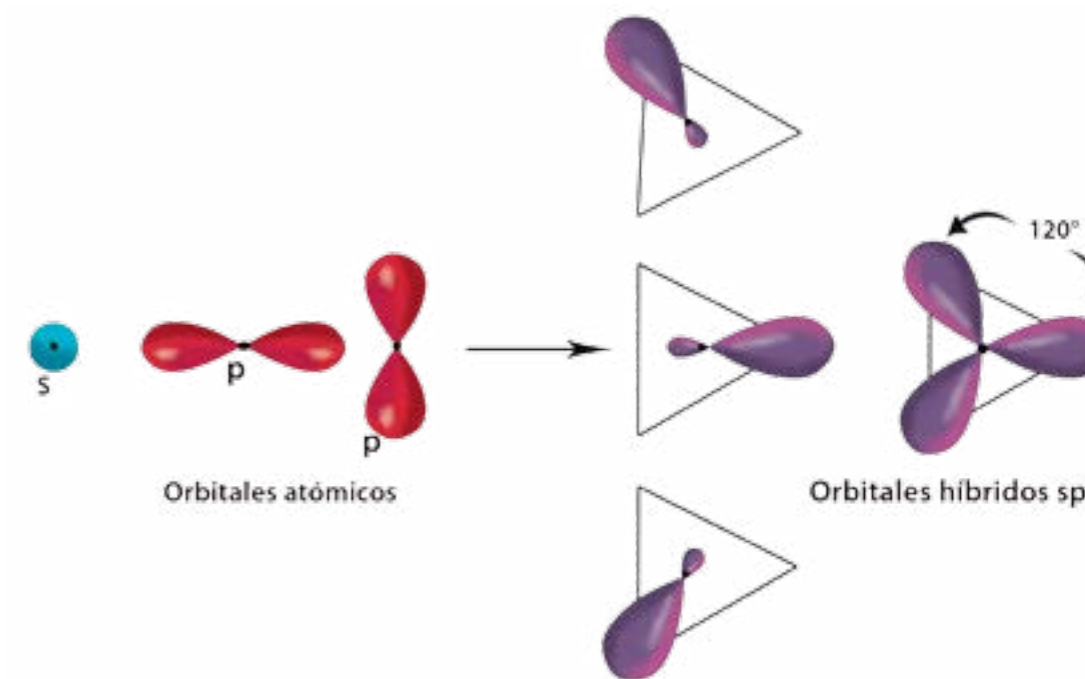


Figura 7.16. Hibridación de un orbital *s* (color azul) con dos orbitales *p* (color rojo), forma tres orbitales híbridos (color morado), dando lugar a un plano trigonal.

Por ejemplo el etileno (C_2H_4), sus átomos de carbono se combinan cada uno con sólo tres átomos, formando dos enlaces sencillos con los átomos de hidrógeno (C-H) y un enlace doble con otro átomo de carbono (C=C). En cuanto a los dos átomos de carbono forman un enlace doble a partir de la hibridación sp^2 y de un orbital **p** sin hibridar. Este tipo de enlace se denomina pi (π) (figura 7.17).

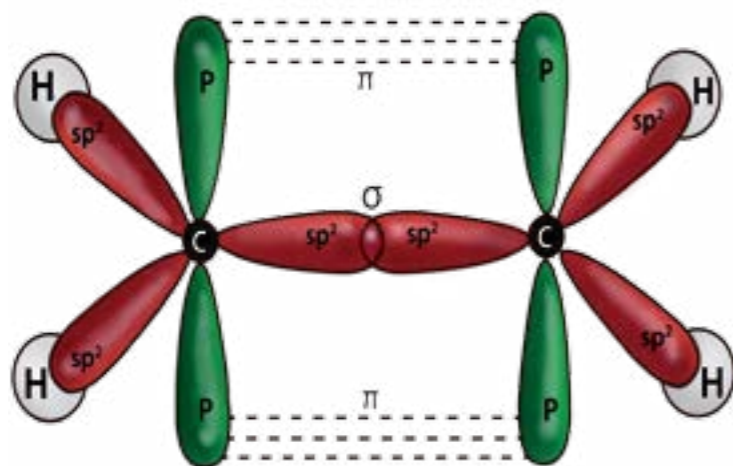


Figura 7.17. Modelo de la molécula de etileno, caracterizada por el doble enlace carbono-carbono y por su geometría trigonal plana.

En general, un **enlace π** se forma por la superposición de orbitales **p** desapareados, lo cual lo podemos encontrar en el doble enlace carbono-carbono (C=C), donde la hibridación es de tipo **sp²**, quedándole a cada carbono un orbital **p** incompleto (sin hibridar).

- **Hibridación sp**, es la combinación lineal de un orbital **s** y un orbital **p**, la cual produce dos orbitales híbridos sobre el mismo eje, con un ángulo de 180°.

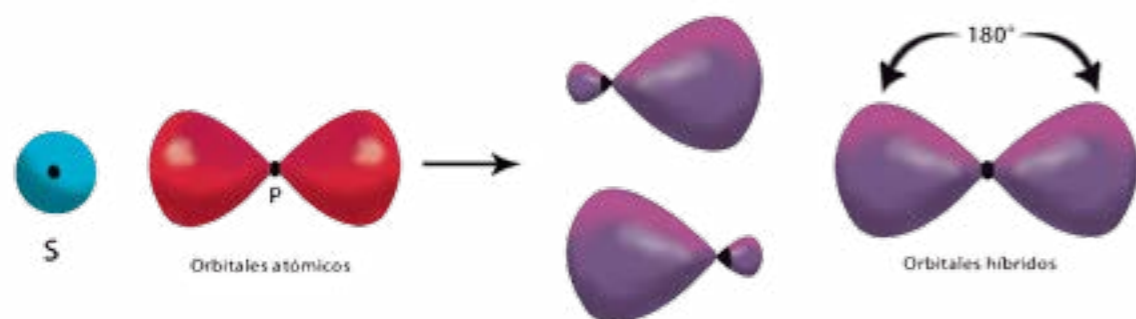


Figura 7.18. Hibridación de un orbital *s* (color azul) con un orbital *p* (color rojo) forma dos orbitales híbridos (color morado), dando lugar a una forma geométrica lineal.

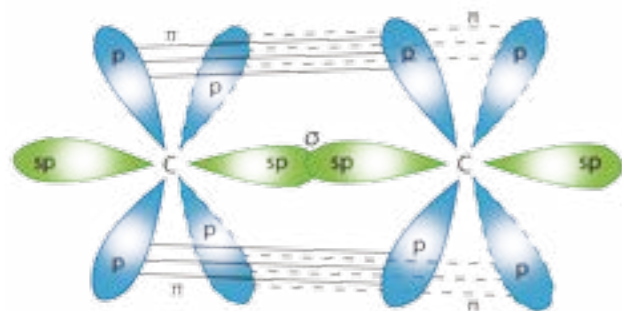


Figura 7.19. Modelo de la molécula de acetileno, caracterizada por el triple enlace carbono-carbono y por su geometría lineal.

Por ejemplo el acetileno (C₂H₂), sus átomos de carbono se encuentran unidos cada uno sólo a dos átomos, formando un enlace sencillo con los átomos de hidrógeno (C-H) y un enlace triple con otro átomo de carbono (C ≡ C). En este caso, sólo se une un enlace triple, a partir de la hibridación de dos orbitales **sp** y dos orbitales **p** no hibridados (7.19).

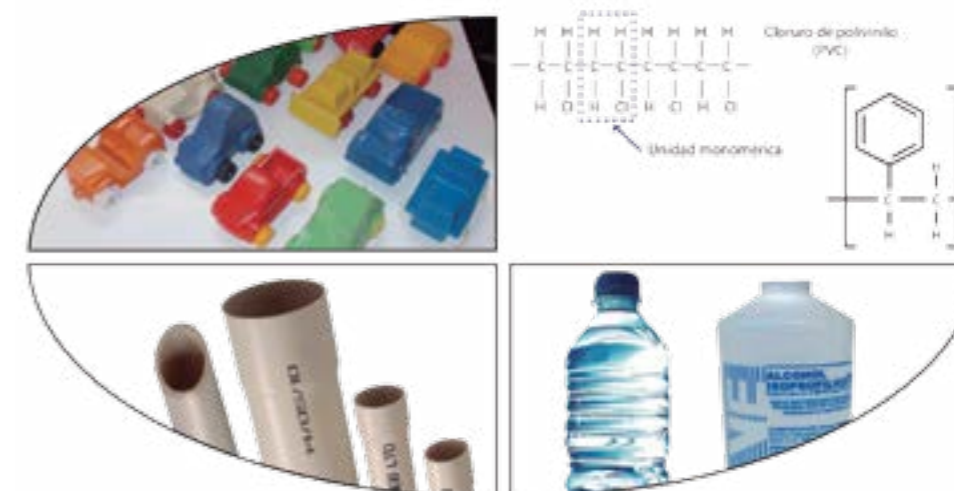
Compuesto orgánico	Tipo de hibridación	Angulo de enlace	Geometría molecular	Tipo de enlace entre carbono	Ejemplo
Alcano	sp ³	109,5°	Tetraédrica	Sencillo (σ)	Metano (CH ₄)
Alqueno	sp ²	120°	Trigonal plana	Doble (σ y π)	Etileno o eteno (C ₂ H ₄)
Alquino	sp	180°	Lineal	Triple (σ y dos π)	Acetileno o etino (C ₂ H ₂)

Tabla 7.3. Principales características de los diferentes tipos de hibridación de los compuestos orgánicos.

La revolución del plástico

Uno de los avances que ha revolucionado a nuestra sociedad es el de los **materiales de plástico**. Muchos de nosotros llamamos plásticos a materiales con los que se fabrican objetos tales como: vajijas, juguetes, bolsas, pero no llamamos plástico a otros materiales, como la "espuma" utilizada en colchones o las láminas de "corcho", que también lo son.

En un sentido más amplio, la palabra plástico describe a todo material que, durante un intervalo de temperatura, tiene la propiedad de elasticidad y flexibilidad que permite moldearlo y adaptarlo a diferentes formas y aplicaciones. Por ejemplo: el polietileno, uno de los plásticos más utilizados en el mundo, tiene infinitas aplicaciones, desde envases a bolsas de supermercado, desde tuberías a recubrimientos, pasando por piezas de mecánica, utensilios o contenedores. ¿A qué se debe esta gama de aplicaciones de los plásticos?



Las aplicaciones con estos materiales están relacionadas con la estructura atómica, en particular a los enlaces múltiples de átomos que van a dar a la existencia de polímeros (del griego *poly*: muchos y *mero*: partes). Sin embargo, estos polímeros sintéticos no son degradables por la acción del tiempo o de los microorganismos. Se calcula que una bolsa de plástico puede tardar unos 240 años en degradarse, por esta razón los plásticos han contribuido en gran parte con la contaminación del ambiente. Se estima que el 60% de los desechos que se encuentran en las playas son materiales plásticos. Es por esto que en la actualidad han surgido los **plásticos biodegradables**, polímeros que se fabrican a partir de productos vegetales como el almidón, celulosa, melaza, entre otros, los cuales al desecharse son procesados por hongos, bacterias o algas. *¿Qué podemos hacer nosotros por el ambiente?*

Debemos hacer un buen uso de los plásticos, rechazando la excesiva proliferación de envases, prefiriendo aquellos que son reutilizables. Todos los humanos tenemos como obligación contribuir individual y colectivamente a la conservación del ambiente, modificando nuestros hábitos de consumo. Si queremos solucionar los problemas ambientales que amenazan la integridad ecológica de nuestro planeta, debemos modificar nuestro estilo de vida buscando el bienestar colectivo, lo que nos obliga a respetar el ambiente.



¡Enlaces químicos en materiales de uso cotidiano!

En nuestro quehacer cotidiano, estamos inmersos en el mundo de la ciencia. Por ejemplo, a la hora de desayunar probablemente no consideramos un espacio para pensar acerca de los átomos y de cómo se unen para formar los materiales que nos rodean. Sin embargo, si te sientas a la mesa con un sentido observador, podrás encontrar algunos secretos revelados del conocimiento científico: seguramente habrás usado un poco de azúcar sobre tu cereal o jugo, y tal vez has sazonado los huevos con un poco de sal. Estos dos ejemplos, la sal y el azúcar, resultan ideales para poner en evidencia algunas de las diferentes formas como los átomos se enlazan en los materiales que conforman el mundo.

¿Cuáles modelos de enlaces están involucrados en la sal de mesa y el azúcar?

¿Qué propiedades físicas presentan dichos materiales de acuerdo a su modelo de enlace?

¿Qué necesitan?

- Sal de mesa (cloruro de sodio NaCl), azúcar (sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$), agua.
- Envases, cápsulas de Petri.
- Cocina eléctrica, mechero o plancha de calentamiento.
- Bombillo, cable, batería de 9 voltios, 20 cm de cable tw n° 16, un bombillo de linterna (3 voltios) y dos clavos de acero.

¿Cómo lo harán?

- ¿Qué pasará cuando calentemos a una elevada temperatura el azúcar? Se recomienda medir el tiempo del cambio y registrar la temperatura.
- ¿Qué pasará cuando calentemos a una elevada temperatura sal de mesa? Se recomienda medir el tiempo del cambio y registrar la temperatura.
- ¿Qué comportamiento tendrá una disolución de cloruro de sodio (sal de mesa) en agua cuando se mida la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el bombillo?
- ¿Qué comportamiento tendrá una disolución de la sacarosa (azúcar) en agua cuando se mida la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el bombillo?

Para determinar la conductividad eléctrica, se sugiere el montaje que se muestra en la figura 7.20. Planifiquen la actividad experimental, incluyendo tablas de registros, discútanla con su profesora o profesor y realícenla.



Figura 7.20. Montaje del equipo para determinar la conductividad eléctrica.

¿Cómo lo pueden interpretar?

- ¿Cuál de los dos materiales se funde al calentarlo?
- ¿Qué evidencias tienen de la respuesta? Justifiquen sus respuestas en función de las propiedades físicas de los diferentes materiales.
- Construyan un modelo material (en dos dimensiones) que explique por qué la disolución de sal conduce la corriente eléctrica y la de azúcar no.
- ¿Cuál es el modelo de enlace de la sal y el azúcar? ¿Qué geometría molecular presenta cada una?

¿Qué otras maneras efectivas habrá para realizar la experiencia?

En esta actividad puedes utilizar otros materiales de uso cotidiano como por ejemplo: vinagre, urea, sal de Epson.

Proyecto de aprendizaje: “Un compuesto químico que nos afecta”

En equipo de trabajo, y con las orientaciones de la profesora o el profesor, seleccionen un compuesto químico de gran relevancia en la vida cotidiana, y elaboren modelos moleculares a través de diferentes materiales de bajo costo. Además, indaguen acerca de las propiedades, usos, procesamiento e impacto social del compuesto seleccionado. Para mayor orientación de cómo diseñar el proyecto, revisen las lecturas sobre investigación en este libro.



¡Vamos a reconocer alcanos y alquenos en materiales de uso cotidiano!

A nuestro alrededor, encontramos una gran diversidad de materiales de uso cotidiano y muchas veces no llegamos a pensar en su composición química. Siendo la gran mayoría de estos materiales compuestos orgánicos que presentan en su cadena enlaces simples (alcanos) o enlaces múltiples (alquenos o alquinos). Por ejemplo, entre los compuestos del carbono que pertenecen a los hidrocarburos, encontramos la parafina, que es utilizada en la elaboración de velas y productos relacionados, y también en la fabricación de cosméticos, creyones, chicles, textiles, calzados, entre otros. Por otra parte tenemos las grasas, que son indispensables en nuestra dieta, y las podemos encontrar en la mantequilla, las carnes rojas, y en los aceites comestibles. Sin embargo, a simple vista no podemos conocer si estos materiales están conformados por enlaces simples o múltiples. Por lo tanto, te invitamos a realizar la actividad experimental, la cual te permitirá reconocer la presencia de enlaces múltiples a través de la decoloración de una disolución café rojiza de yodo al mezclarse con la parafina y los aceites comestibles.

¿Qué tipo de enlace químico está presente en los materiales de uso cotidiano, como la parafina y los aceites comestibles?

¿Cuáles modelos de enlaces están involucrados en la parafina y los aceites comestibles?

¿Qué necesitan?

- Parafina, aceites comestibles (cualquier marca comercial) y agua.
- Vasos de precipitado o envases.



¿Cómo lo harán?

- ¿Qué pasa cuando disolvemos una disolución de yodo en parafina? Se recomienda registrar las observaciones.
- ¿Qué pasa cuando disolvemos una disolución de yodo en los aceites comestibles? Se recomienda registrar las observaciones.
- ¿Cuál de los dos materiales cambia de color? ¿qué evidencias tienen de la respuesta?

¿Cómo lo pueden interpretar?

- Justifiquen sus respuestas en función de las propiedades físicas de los diferentes materiales.
- Construyan un modelo material (en dos dimensiones) que explique por qué algunos de los materiales ensayados se decoloran y otros no.

¿Qué otras maneras efectivas habrá para realizar la experiencia?

- En esta actividad puedes utilizar otros materiales de uso cotidiano como por ejemplo cera, o aceite de niños.



Actividades de autoevaluación

1. Siguiendo las teorías de G.N. Lewis y Linus Pauling sobre el modelo de enlace:
 - ¿Cuáles son los aportes de cada uno de estos científicos al modelo de enlace?
 - ¿Qué relación tienen las teorías de Lewis y Pauling con la evolución del modelo atómico?
 - ¿Cuál teoría de enlace prevalece en la actualidad? Justifica tu respuesta.
2. Representa la estructura de Lewis en cada caso y señala la geometría molecular:
 - Dióxido de carbono (CO_2)
 - Etileno (C_2H_4)
 - Amoníaco (NH_3)
 - Ácido clorhídrico (HCl)
3. ¿Por qué es importante conocer la naturaleza de un enlace químico?
4. Explica por qué la unión del monóxido de carbono (CO) con los átomos de hierro de la hemoglobina causa daños en el organismo.



El carbono es uno de los elementos no metálicos más ampliamente distribuidos en la naturaleza aunque sólo constituye un 0,025% de la corteza terrestre, donde existe principalmente en forma de carbonatos. Además las plantas, los animales e inclusive los seres humanos están formados por compuestos orgánicos complejos donde el carbono está combinado con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos.

Estos compuestos orgánicos que se encuentran en todos los organismos vegetales y animales, entran en la composición de nuestros alimentos: pan, carne, legumbres. Son de gran utilidad para la confección de diversas vestimentas tales como nailon, algodón, entre otros. También se utilizan como medicamentos, materias colorantes, como medio de protección en la agricultura a través de insecticidas, y fungicidas, en diferentes tipos de combustibles entre otras aplicaciones.

Como se puede evidenciar, existe una gran diversidad de compuestos orgánicos, los cuales son muy importantes en la vida cotidiana y a nivel industrial. Para conocer un poco más de estos compuestos que forman parte de nuestra vida, te invitamos a seguir leyendo esta información, la cual te permitirá responder las siguientes interrogantes: ¿cuáles son las diferentes formas en las que podemos encontrar el carbono en la naturaleza?, ¿cuáles compuestos se estructuran con carbono?, ¿cómo logra formar tantos compuestos el carbono? Así como también aprenderás a representar y nombrar según el sistema de nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (siglas en inglés IUPAC) los diferentes compuestos orgánicos.

El carbono se encuentra de diferentes formas en la naturaleza

Seguramente alguna vez has visto un precioso diamante reluciendo con todos los colores del arcoiris, el grafito gris oscuro (que se conoce como la mina de los lápices), o un trozo negro de carbón. Estos materiales con toda la gran diversidad como se presentan en la naturaleza, tienen algo en común; están constituidos por átomos de carbono unidos a través de enlaces covalentes. Entre las diferentes formas o **alótropos** como se puede encontrar el carbono se destacan las siguientes:

El grafito, constituido por carbono puro, donde los átomos se encuentran enlazados por enlaces covalentes, formando una lámina continua de hexágonos (figuras de seis lados), siendo esta estructura organizada a través de capas holgadas, lo cual permite que el grafito pueda ser utilizado en las puntillas de los lápices (figura 8.1).

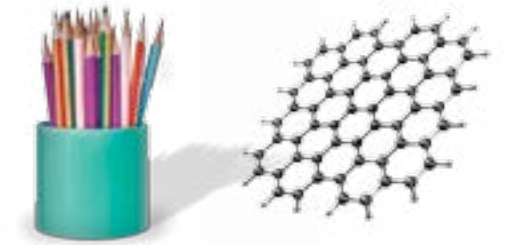


Figura 8.1. Estructura del grafito.



Figura 8.2. Estructura del carbón.

El carbón o negro de humo es una de las formas más comunes de encontrar el carbono. Los átomos adoptan una estructura irregular y desordenada, que suele ser producto de la descomposición lenta y progresiva de plantas que quedaron enterradas hace muchos siglos. Suele ser utilizado como combustible para la producción de energía térmica, y también se usa como filtro, debido a que su estructura interna permite captar impurezas en su interior (Figura 8.2).

El diamante, es otra forma del carbono elemental que podemos encontrar en la naturaleza. Además de tener un alto valor como piedra preciosa de joyería, el diamante es el material más duro del mundo. La organización cristalina de los átomos de carbono unidos por enlaces covalentes, explica la dureza del diamante. Si tratas de escribir con un diamante sólo romperás el papel, porque las capas de átomos de carbono no se dislocan como en el caso del grafito (figura 8.3).

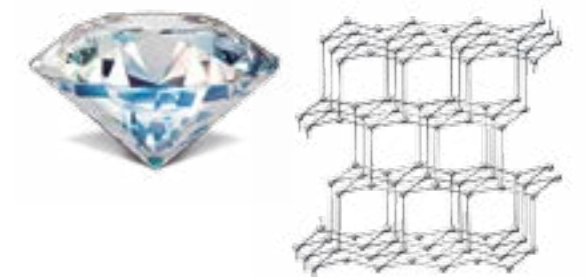


Figura 8.3. Estructura del diamante.

Los fullerenos y los nanotubos han sido estudiados desde los años ochenta y son estructuras de unos pocos átomos de carbono (apenas sesenta o setenta) con forma de esfera (fullerenos) o tubo (nanotubos).

Los primeros reciben su nombre de Buckminster Fuller, en honor al ingeniero y arquitecto de cúpulas sorprendentemente similares a la estructura de este alótropo. Pueden ser útiles para transportar en su interior ciertos compuestos que posteriormente sean liberados. Se detectan en el Universo, por ejemplo, se encuentran como restos en la explosión de alguna estrella. En cuanto a los nanotubos, son estructuras que resultan al enrollar una lámina de grafito sobre sí misma. Según sea la forma en que se haga este enrollamiento las propiedades serán diferentes, por esto, en la actualidad tienen diversas aplicaciones, por ejemplo, en la fabricación de materiales para la práctica deportiva (figura 8.4).

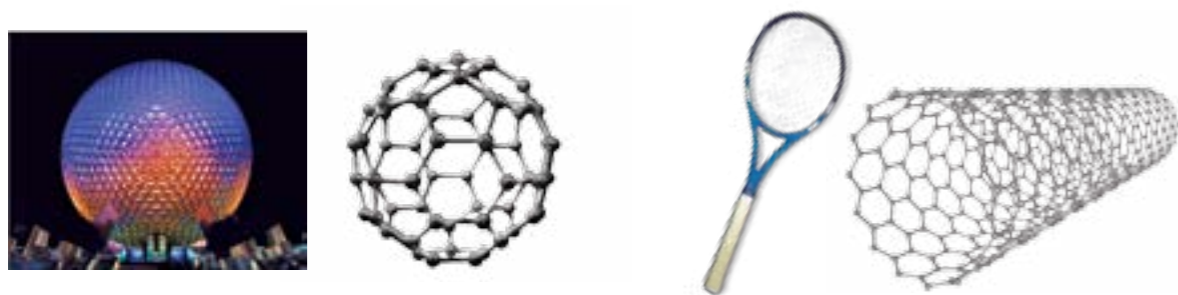


Figura 8.4. Estructuras de fullerenos (lado izquierdo) y de nanotubos (lado derecho).

El carbono y sus compuestos

El carbono es uno de los elementos químicos que tienen la particularidad de unirse con otros átomos de su tipo para formar cadenas, que en su caso pueden ser muy largas o muy cortas, con ramificaciones o sin ellas, abiertas o cerradas. Además, el carbono se puede unir fuertemente con otros elementos, como oxígeno y nitrógeno, y formar enlaces dobles y triples. De esta manera, el carbono forma parte central de un número enorme de compuestos con cadenas y anillos de diferentes tamaños, cada uno de ellos con una gran variedad de tipos de enlaces. Según sus estructuras y la composición de sus cadenas, los compuestos tienen propiedades que los distinguen. Dadas estas características, se les ha clasificado en grupos, como puedes ver a continuación en el mapa conceptual, los mismos se clasifican de acuerdo a su composición química (figura 8.5).



Figura 8.5. Diferentes compuestos que puede formar el carbono.

¿Cómo logra formar tantos compuestos el carbono?

Para comprender la gran diversidad de compuestos que forma el átomo de carbono, es indispensable recordar alguna información que aprendimos en años anteriores. Como por ejemplo, el carbono es un elemento no metálico, que se encuentra ubicado en el grupo IVA de la Tabla Periódica. Esta posición en la tabla le confiere la posibilidad de tener cuatro electrones de valencia, siendo los responsables de su capacidad para formar cuatro enlaces covalentes con otros átomos de carbono formando **cadenas carbonadas** o de que pueda unirse con otros elementos formando los diferentes compuestos orgánicos destacados en la figura 8.5.

Por otra parte, la naturaleza única del átomo de carbono es la autosaturación, que es la elevada energía de disociación del enlace C-C, comparado con los de otros elementos. Es decir, la formación del enlace C-C libera más energía y, por tanto, se estabiliza mejor que los enlaces de otros tipos de átomos. Por lo tanto, esta propiedad de la autosaturación que posee el carbono determina que forme cadenas carbonadas mediante enlaces simples, dobles y/o triples, abiertas, cerradas, con o sin ramificación, generando con pocos elementos una infinidad de compuestos, siendo responsable de que más del 90% de los compuestos químicos sean orgánicos.

Esta capacidad de los átomos de carbono para unirse de diferentes formas es análoga a la formación de cadenas elaboradas con aros o anillos individuales (figura 8.6). Esta representación corresponde a cadenas carbonadas simples o normales "lineales".

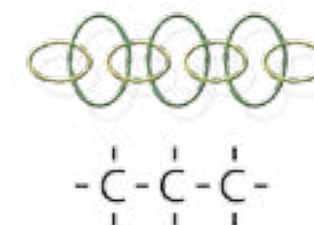
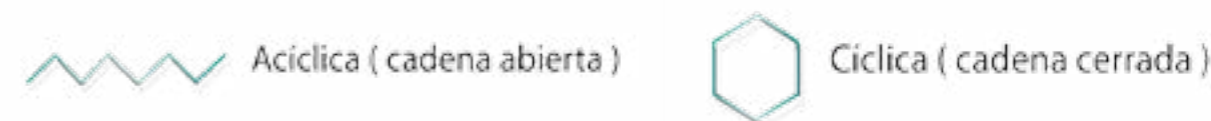


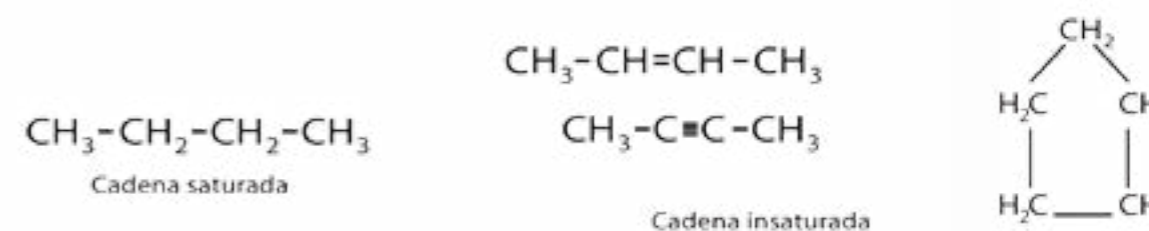
Figura 8.6. Analogía de la formación de cadenas con aros individuales y las cadenas carbonadas.

Los criterios para clasificar las cadenas orgánicas son muy diversos, sin embargo te proponemos los principales, con la finalidad de comprenderlos mejor vamos a considerar sólo el esqueleto carbonado.

1. Según su estructura, las cadenas se dividen en dos: **Acíclicas**, cuando la cadena es abierta; **Cíclicas**, si la cadena es cerrada.



2. Con base en su tipo de enlace, las cadenas pueden clasificarse en: **saturadas**, donde los carbonos se unen exclusivamente por medio de enlaces simples (cadenas abiertas y cumplen con la fórmula $C_nH_{(2n+2)}$ en donde "n" es el número de átomos de carbono); **insaturadas**, presentan enlaces dobles, triples o son de cadena cerrada. Cumplen con la fórmula C_nH_{2n} .



¿Cómo podemos representar las cadenas carbonadas?

A fin de facilitar el estudio de los compuestos orgánicos, se utilizan tres tipos de fórmulas para representar las moléculas: las condensadas, las semidesarrolladas y las desarrolladas, cada una puede representar el mismo compuesto pero con diferente nivel de especificidad.

Fórmulas condensadas, es una representación plana que incluye los símbolos químicos, para indicar los elementos que constituyen a la cadena, además se incorpora como subíndice la cantidad total de cada elemento presente en la cadena.

Fórmulas desarrolladas, esta es una representación plana en la que se incluyen, igualmente que la anterior, los símbolos químicos para indicar los elementos que conforman la cadena y se incluyen líneas para señalar los enlaces entre ellos. Aunque respeta la estructura de la molécula, no considera los ángulos de enlace.

Fórmulas semidesarrolladas, es una representación similar a la anterior, en la cual se sobreentienden los enlaces entre el carbono y sus hidrógenos. Así, sólo se indican los enlaces carbono-carbono de la cadena y con subíndices se muestra el número de hidrógenos enlazados a cada carbono.

Fórmula Condensada	Fórmula Desarrollada	Fórmula Semidesarrollada
C_2H_6	$ \begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-H \\ & \\ H & H \end{array} $	CH_3-CH_3

Tabla 8.1. Representación del etano, a través de sus fórmulas: condensada, desarrollada y semidesarrollada.

Por ejemplo, el etano, un hidrocarburo utilizado como combustible, se puede representar a través de las diversas fórmulas mencionadas anteriormente (tabla 8.1).

Es importante destacar que la representación de los compuestos orgánicos, a través de las diferentes fórmulas anteriormente señaladas, se realiza de forma plana, lo cual no toma en cuenta los ángulos de enlace. Sin embargo, para los diferentes compuestos orgánicos se pueden utilizar los modelos tridimensionales, donde se tome en cuenta la geometría en el espacio con sus respectivos ángulos y longitudes de enlace.

En este sentido, la representación se puede elaborar con esferas y barras, donde los átomos se simbolizan con esferas de colores, mientras los enlaces se representan con barras. Al diseñarla, es muy importante respetar la distribución de los átomos de la molécula, los ángulos de enlace y, en general, la estructura de la cadena. En la figura 8.7 se muestra el modelo del etano.



Figura 8.7. Representación geométrica del compuesto orgánico etano. Con las esferas de color gris (carbono) y blanco (hidrógeno).

Los hidrocarburos

Muchos de nosotros estamos familiarizados con la palabra hidrocarburo, reconociendo que denota compuestos formados por carbono e hidrógeno y en particular lo asociamos con uno de los productos principales del país, el petróleo.

Por ejemplo, el gas natural, utilizado principalmente como combustible para generar energía térmica que nos permite cocinar los alimentos, está conformado por una mezcla de compuestos orgánicos (metano, propano, butano...). Los mismos son llamados hidrocarburos, debido a que sólo contienen átomos de hidrógeno y carbono.



Figura 8.8. Clasificación de los hidrocarburos.

Existen dos grupos principales de hidrocarburos, **alifáticos** y **aromáticos**, cada uno de los cuales se subdivide a su vez en varias clases de compuestos, como se muestra en la figura 8.8.

Los alcanos

Los hidrocarburos en los que todos los átomos de carbono están unidos a través de enlaces sencillos se conocen con el nombre de **hidrocarburos saturados**, o también se denominan **alcanos**.

En general, los alcanos son conocidos como combustibles (por ejemplo, el metano), sin embargo, también pueden ser utilizados como disolventes en los removedores de pinturas, en pegamentos y en otros productos. Los alcanos se clasifican, dependiendo de su estructura, en tres tipos: alcanos de cadena normal (lineales), alcanos ramificados, donde el átomo de carbono tiene una o varias ramificaciones, y alcanos cíclicos o cicloalcanos.

Alcanos de cadena normal; son hidrocarburos acíclicos (cadena abierta), saturados (enlaces sencillos), los cuales responden a la fórmula general $C_nH_{(2n+2)}$, y a medida que aumenta n , obtenemos las fórmulas de una familia de compuestos (una serie homóloga). Los cuatro primeros miembros de esta familia son los siguientes:

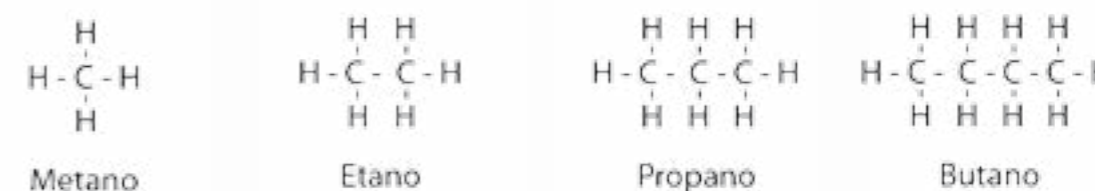


Figura 8.9. Familia homóloga de los cuatro primeros miembros de los alcanos de cadena lineal.

¿Cómo se nombran los alcanos de cadena normal?

La nomenclatura IUPAC (siglas en inglés de la Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada) es la forma sistemática de nombrar estos compuestos, siendo los alcanos el punto de partida para todo el sistema de nomenclatura de los compuestos orgánicos. Este sistema se basa en identificar a las cadenas hidrocarbonadas. Estas cadenas de hidrocarburos saturados lineales o alcanos normales son nombradas con un prefijo numérico griego que indica el número de átomos de carbono que tiene la cadena, y el sufijo "ano", como se muestra en la tabla 8.2.

Número de carbonos	Nombre del alcano de cadena lineal	Fórmula semidesarrollada
1	Metano	CH ₄
2	Etano	CH ₃ -CH ₃
3	Propano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃
4	Butano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
5	Pentano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
6	Hexano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
7	Heptano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
8	Octano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
9	Nonano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
10	Decano	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃

Tabla 8.2. Nombre y fórmula semidesarrollada de algunos alcanos de cadena lineal, de acuerdo al número de carbonos en la cadena.

Sin embargo, la nomenclatura de las moléculas orgánicas más sencillas (metano, etano, propano y butano) no es completamente sistemática, debido a que los compuestos se conocieron y nombraron mucho antes de que se comprendieran sus estructuras. Por ejemplo, el nombre **butano** se derivó de un compuesto relacionado (ácido butírico), que se aisló de la mantequilla rancia. Los homólogos superiores tienen nombres sistemáticos basados en números griegos.

Todos estos hidrocarburos y otras clases de compuestos (alquenos y alquinos), que se abordarán en la lectura, se conocen como hidrocarburos alifáticos, del griego *aleiphar*, que significa grasa.

Grupo Alquilo: son los sustituyentes más frecuentes que se encuentran en los compuestos orgánicos. Tienen un hidrógeno menos que los alcanos, por lo cual tienen una valencia libre que les permite unirse a la cadena principal. Se nombran sustituyendo el sufijo **-ano** por **-ilo -ilo**, como se muestra en la tabla 8.3. Los prefijos *sec-* y *ter-* hacen referencia al tipo de carbono, secundario o terciario. El prefijo *iso* significa que la cadena es ramificada.

Nombre	Estructura
Metil	CH ₃ -
Etil	CH ₃ -CH ₂ -
Propil	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -
<i>iso</i> -Propil	CH ₃ -CH- CH ₃
Butil	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -
<i>iso</i> -Butil	CH ₃ -CH-CH ₂ - CH ₃
<i>sec</i> -Butil	CH ₃ -CH ₂ -CH- CH ₃
<i>ter</i> -butil	CH ₃ -C- CH ₃ CH ₃

Tabla 8.3. Nombre y estructura de algunos sustituyentes alquilo.

Vamos a darle nombre a los hidrocarburos saturados

Para nombrar estos compuestos, deberás tomar en cuenta la tabla 8.2, donde se presentan los diez primeros alcanos de cadena (alcanos normales), los cuales se utilizan como base para nombrar la mayoría de los compuestos orgánicos. Además, en los alcanos ramificados debemos tomar en cuenta las recomendaciones de las reglas IUPAC, como se muestra a continuación:

1. Selecciona la cadena principal: es aquella que contiene el mayor número de átomos de carbonos unidos consecutivamente. En el caso de existir dos o más cadenas con la misma longitud se elige como principal aquella que tiene mayor número de sustituyentes.

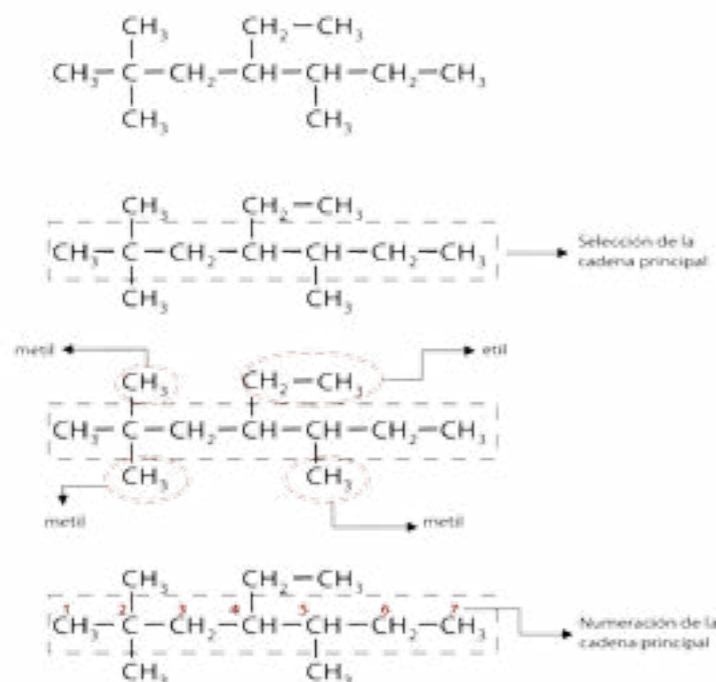
2. Ubica e identifica los sustituyentes en la cadena principal.

3. Enumera los carbonos de la cadena principal comenzando por el extremo que está más próximo a un sustituyente. Si hay dos sustituyentes a igual distancia desde los dos extremos de la cadena, utiliza el orden alfabético del sustituyente.

4. Escribe el nombre del alcano poniendo en primer lugar todos los sustituyentes en orden alfabético (cada uno precedido por el número del carbono al que está unido y un guión) y añadiendo el nombre de la cadena principal. Si la cadena principal contiene dos o más sustituyentes iguales, su nombre irá precedido por el prefijo di, tri, tetra, penta, según el caso.

Las posiciones de unión a la cadena principal se pondrán todas antes del nombre del sustituyente e irán separadas por comas. Los prefijos no se consideran en la ordenación alfabética, excepto cuando son parte del nombre de un sustituyente complejo.

¿Cuál será el nombre del siguiente alcano ramificado?



Nombre del alcano: 4-etil-2,2,5-trimetilheptano

Alcanos cíclicos o cicloalcanos

Son hidrocarburos que contienen átomos de carbono unidos por enlaces sencillos formando anillos. Tienen una fórmula general C_nH_{2n} , por lo cual son compuestos insaturados, ya que tienen dos hidrógenos menos que los alcanos. Para darle nombre a estos compuestos orgánicos, se antepone el prefijo **ciclo**, de acuerdo al nombre del alcano de igual número de átomos de carbono. En cuanto a los radicales (sustituyentes) derivados de los cicloalcanos por pérdida de un átomo de hidrógeno, son radicales **cicloalquílicos**. En general, la unidad más pequeña se considera como sustituyente; por ejemplo propilciclopentano (no ciclopentilpropano) y ciclohexiloctano (no octilciclohexano).

En cuanto a la representación de los cicloalcanos, se puede simplificar usando líneas rectas para representar el anillo. En estas estructuras de los anillos, cada ángulo representa un átomo de carbono, y como ya sabemos que este átomo forma cuatro enlaces, se entiende que están unidos los hidrógenos suficientes para que cada carbono tenga los enlaces completos. Los anillos que contienen cinco o seis carbonos se dibujan como un pentágono o un hexágono respectivamente (figura 8.10).

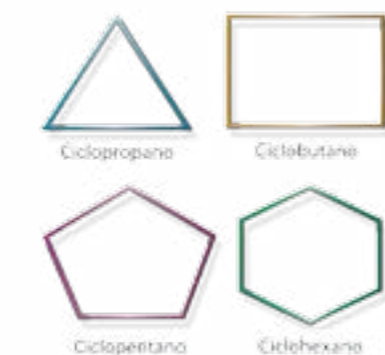
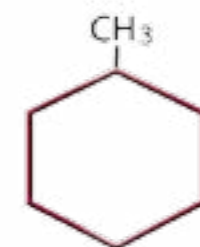


Figura 8.10. Representación simplificada de alcanos cíclicos (cicloalcanos).

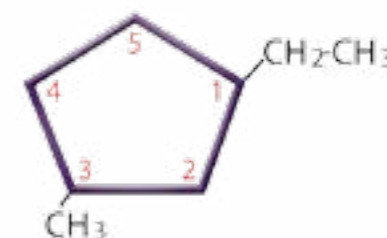
¿Cómo se nombra un cicloalcano ramificado?

- Cuando hay ramificaciones se nombra el sustituyente y luego el cicloalcano, por ejemplo;



Metilciclohexano

- En el caso de existir más de un sustituyente en la cadena, se numera de forma tal que los mismos tengan el menor localizador posible. Por ejemplo;



1-Etil-3-Metilciclopentano

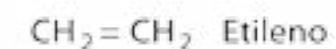
Los alquenos y alquinos

Son hidrocarburos insaturados, los que tienen dobles enlaces $C=C$, se denominan alquenos. Responden a la fórmula general: C_nH_{2n} , al igual que los cicloalcanos.

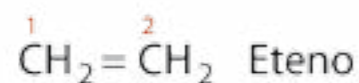
¿Cómo se nombran los alquenos?

Para nombrar los alquenos, las reglas IUPAC son similares a los alcanos, pero utilizando el sufijo **-eno**.

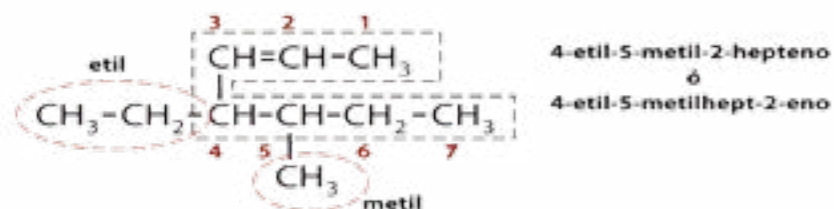
Además, al seleccionar la cadena principal debes tomar en cuenta la que contenga el doble enlace, y la enumeración de la misma debe comenzar por el extremo más próximo al enlace $C=C$. El número de la cadena que corresponda al doble enlace indicará su posición y el mismo se debe colocar antes del nombre del alqueno. En el caso de existir más de dos enlaces dobles, la terminación cambia a **-dieno-**, **-trieno-** y así sucesivamente. Por ejemplo, el etileno es el nombre común del compuesto que se encuentra de forma natural como una hormona vegetal, el cual tiene la función de acelerar la maduración de los frutos y legumbres. La fórmula semidesarrollada de este compuesto es la siguiente:



Para darle nombre a este compuesto, partiendo de las reglas IUPAC, el mismo quedaría:



Otro ejemplo de un alqueno sería el siguiente;

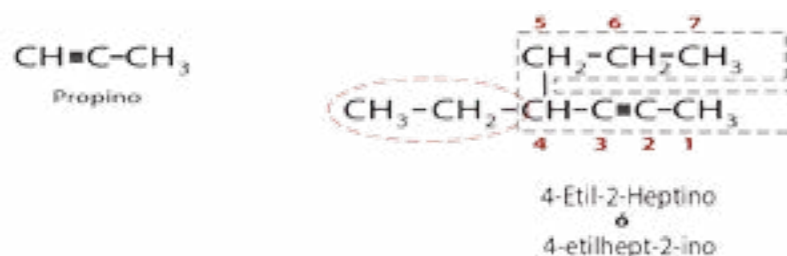


En cuanto a los alquinos, presentan en su cadena carbonada triples enlaces $\text{C}\equiv\text{C}$. La fórmula general $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

¿Cómo se nombran los alquinos?

Para nombrar los alquinos se utiliza el sufijo **-ino**. En cuanto a las normas de nomenclatura son las mismas aplicadas en los alquenos.

Por ejemplo, ¿Cuál será el nombre de los siguientes compuestos?



Adicionalmente, también es posible la existencia de compuestos que presenten en su estructura dobles y triples enlaces carbono-carbono llamados **alquenininos**. Debes tomar en cuenta que es posible que te consigas con compuestos cíclicos con dobles y triples enlaces carbono-carbono, cicloalquenos y cicloalquinos respectivamente.

Hidrocarburos aromáticos

A estos hidrocarburos se les asignó el nombre de "aromáticos" debido a que muchos de los primeros compuestos de su tipo analizados provenían de plantas y originaban olores intensos, casi siempre agradables. Actualmente la idea de "aromático" se asocia a su estructura molecular. Se consideran aromáticas aquellas moléculas que reproducen la estructura del **benceno**, el cual posee la fórmula C_6H_6 , que es el compuesto fundamental de toda la familia aromática. Sin embargo, para que un compuesto sea considerado como aromático debe cumplir con cuatro requisitos que discutiremos más adelante.

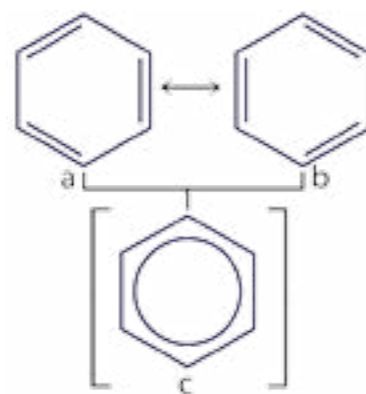


Figura 8.11. Estructuras moleculares del benceno. Las estructuras a y b son equivalentes, mientras que la c, indica que el benceno es un híbrido de las anteriores.

En cuanto a la estructura molecular del benceno, consiste en un anillo de seis átomos de carbono que se encuentran unidos por enlaces simples y dobles conjugados. Sin embargo, en la estructura del benceno se pueden representar los dobles enlaces a través de un círculo en el centro del anillo. Esto se conoce como **híbrido de resonancia**, ya que en realidad no hay enlaces simples ni dobles sino híbridos entre ellos (figura 8.11).

Los compuestos de carbono se unen con otros elementos: oxígeno, nitrógeno y halógenos

En la actualidad los avances científicos y tecnológicos en el área de la medicina han tenido gran importancia en la mejora de esperanza de vida de los seres humanos, no sólo por los nuevos métodos quirúrgicos, sino por el desarrollo de nuevos medicamentos, los cuales, en su mayoría, son compuestos orgánicos. La estructura de este tipo de compuestos es similar a la de los hidrocarburos, con la diferencia de que se sustituye un átomo de hidrógeno por otro elemento como: oxígeno, nitrógeno o halógenos, o por un grupo de átomos, a los cuales se les denomina grupos funcionales.

Compuesto orgánico	Grupo funcional	Sufijos	Propiedades	Usos	Ejemplos
Alcohol	-OH	-ol	Punto de ebullición elevado. Solubles en agua.	Disolventes, desinfectantes, ingredientes de los enjuagues bucales, entre otros.	Metanol, etanol, isopropanol
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-OH} \end{array}$	-oico	Ácidos. Solubles en agua.	Vinagre, saborizantes de pasteles, en productos para el cuidado de la piel, en la producción de jabones.	Ácido acético (en el vinagre) Ácido cítrico (en los limones)
Aldehído	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-H} \end{array}$	-al	Muy reactivos. Olores característicos.	Disolventes, saborizantes, para la fabricación de plásticos y adhesivos.	Acetona, formaldehído, sabor canela, vainilla y almendras
Cetona	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C-} \end{array}$	-ona			
Amina	-NH ₂	-amina	Son básicas. Olor parecido al amoníaco.	Disolventes, fertilizantes, en síntesis del nailon.	Putrescina, cadaverina y espermina

Tabla 8.4. Algunos grupos funcionales, con sus propiedades, usos y ejemplos.

El grupo funcional es la parte de la molécula que es responsable del comportamiento químico del compuesto. Estos grupos pueden ser átomos, grupos de átomos o arreglos de los enlaces. Es importante resaltar que, al reemplazar parte de un hidrocarburo con grupos funcionales, cambia su estructura, propiedades y usos, como se muestra en la tabla 8.4, y de lo cual hablaremos más adelante en la lectura "Química de la vida".

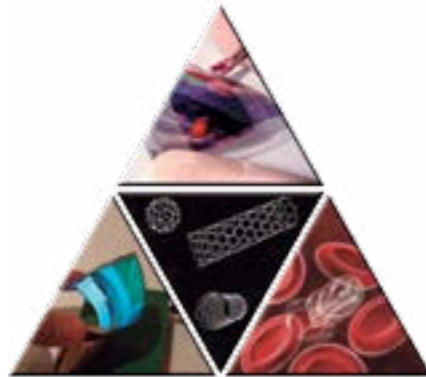
Para saber mas...

Los clorofluorocarbonos (CFC) son compuestos que contienen átomos de cloro y flúor unidos al carbono. El CFC más común, el freón, tiene la fórmula CCl_2F_2 . Estos compuestos se han utilizado como propulsores en los aerosoles; disolventes; agentes espumantes para fabricar objetos con espumas plásticas y como refrigerantes en aire acondicionado, refrigeradores y congeladores. Sin embargo, para el año 1987 las principales industrias a nivel mundial llegaron al acuerdo de reducir gradualmente el uso de los CFC, debido al daño que los mismos producen a la capa de ozono.



Los avances tecnológicos a base de carbono

Hoy en día, el conocimiento de las diferentes estructuras y propiedades de los compuestos del carbono ha permitido el avance tecnológico, como es el caso de los **nanotubos**, que están constituidos por átomos de carbono dispuestos en una red hexagonal cilíndrica, de forma que su estructura es la misma que se obtendría al enrollar sobre sí misma una lámina de grafito.



Los nanotubos presentan propiedades excepcionales, que dependen fuertemente de sus dimensiones; diámetro (que se encuentra en el orden de nanómetros) y longitud (que puede variar desde unas micras hasta milímetros, incluso centímetros). Así como también dependen de la forma en que están dispuestos los hexágonos de la lámina de grafito. Por lo tanto, son materiales únicos con propiedades mecánicas, eléctricas, ópticas, térmicas y químicas excepcionales, que los hacen aptos para mejorar numerosos productos ya existentes e incluso para generar otros nuevos.

Muchas son las aplicaciones que pueden generar importantes beneficios al incorporar nanotubos de carbono. Por ejemplo, los materiales compuestos reforzados con nanotubos, las pantallas planas que utilizan los nanotubos como emisores de campo, los sensores biológicos y químicos para detectar sustancias contaminantes, la administración de fármacos, o las pilas de combustible, son sólo algunas de ellas.

En general, los sectores como electrónica, materiales sensores, biotecnología, química, energía, mecánica, entre otros, podrían verse favorecidos por la introducción de nanotubos en muchos de sus productos. La gran diversidad de aplicaciones de los nanotubos, en el futuro próximo, es bastante prometedora para el beneficio de la sociedad. **¿Qué opinas de estos avances tecnológicos? ¿Crees que será necesario el avance tecnológico para la sociedad?**



¿Qué tan beneficioso para la salud es el aceite que usamos?

Muchas de las grasas animales y algunas vegetales son hidrocarburos saturados, y la mayoría se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente, como por ejemplo, la mantequilla, la manteca de cerdo, la crema de cacao. Por otra parte, se encuentran los hidrocarburos insaturados en gran parte de las grasas vegetales, y los mismos se presentan en estado líquido a temperatura ambiente. Ambos tipos de grasas son indispensables en nuestra dieta, sin embargo, las investigaciones médicas han demostrado que ingerir cantidades de grasas saturadas puede ocasionar problemas de salud, en particular enfermedades cardíacas. Se puede investigar el grado diferente de insaturación de las grasas por medio de la rapidez con que se decolora una solución café rojiza de yodo al mezclarla con la grasa.

¿Cuál será el grado de insaturación en los diferentes aceites de uso cotidiano?

¿Qué necesitan?

- Diferentes muestras de aceites de uso cotidiano.
- Tintura de yodo.
- Vasos precipitado o envases de vidrio.
- Gotero.



¿Cómo lo harán?

- Colocar en los envases las diferentes muestras de aceite de uso común. Se recomienda etiquetar cada envase de acuerdo a la muestra.
- Agregar 4 o 5 gotas de yodo a cada aceite y agitar la mezcla.
- Calentar la disolución anterior a baja temperatura y observar.

¿Qué observan?

De acuerdo con las diferentes muestras de aceite:

- ¿Cuál es la coloración del aceite al agregar el yodo?
- ¿Cuál aceite recupera primero su color, luego de calentarlo?

¿Cómo lo pueden explicar?

- Lean la etiqueta de cada uno de los frascos de aceite y determinen si los resultados de su prueba están de acuerdo con el contenido de grasas insaturadas que se indica en la etiqueta de cada aceite. Justifiquen sus respuestas.
- ¿Qué ocurre con el yodo, si se agrega a un aceite relativamente insaturado?



Construyamos moléculas orgánicas

Los modelos de compuestos orgánicos que aprendistes a nombrar y fórmular se encuentran en el mismo plano, sin embargo se conoce que la estructura molecular de cada uno de estos compuestos, de acuerdo a los ángulos de enlace, presenta una determinada geometría molecular. Es por esto que te invitamos en esta actividad a construir modelos de diferentes compuestos orgánicos en tres dimensiones.

¿Qué necesitan?

- Pelotas de anime de dos tamaños diferentes.
- Palillos.
- Marcador o pintura al frío u otro y hoja blanca.
- Transportador de ángulos.

Recomendación: la cantidad y tamaño de las pelotas de anime dependerán de los átomos de carbono e hidrógeno que vayan a incorporar (figura 8.12).

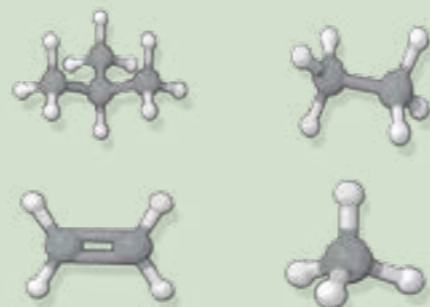


Figura 8.12. Algunos modelos de compuestos orgánicos.

¿Cómo lo harán?

Para realizar los diferentes modelos moleculares que se muestran en la figura 8.12 deberán:

- Preparar las pelotas de anime que representarán a los distintos átomos de la molécula, para ello se recomienda utilizar las pelotas grandes para el átomo de carbono y para el hidrógeno las pequeñas, las mismas pueden identificarlas a través del color.
- Enlazar los átomos (pelotas de anime) mediante palillos, para formar las moléculas teniendo en cuenta la disposición espacial de las mismas.
- Medir los ángulos de los enlaces con el transportador, para verificar y, si es necesario, corregir el modelo molecular.
- Colocar a cada molécula la leyenda, indicando el nombre y las fórmulas condensada, semidesarrollada y desarrollada.

¿Qué otras maneras efectivas habrá para realizar la experiencia?

La construcción de modelos moleculares la puedes realizar con otros materiales como masa flexible o plastilina, para representar los átomos en la molécula, y palillos para los enlaces. Además, puedes investigar alguna molécula orgánica de tu preferencia para la construcción del modelo.

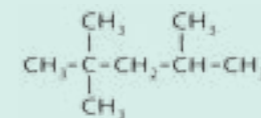


Actividades de autoevaluación

1. El compuesto $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ se emplea como combustible de muchos encendedores desechables. De acuerdo con la fórmula semidesarrollada responde:

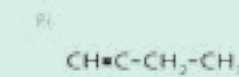
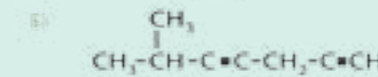
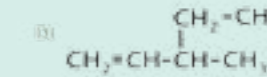
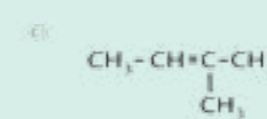
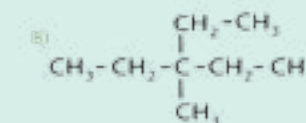
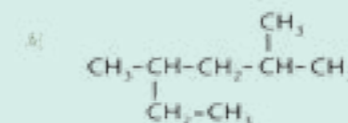
- ¿Cuál es la fórmula desarrollada y la condensada del compuesto?
- ¿Cuál es el nombre del compuesto, según el sistema de nomenclatura de la IUPAC?

2. El componente de la gasolina con alto octanaje presenta la siguiente fórmula:

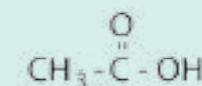


- ¿Cuál es la cantidad de carbonos que está presentes en este componente?
- ¿Cuál es la fórmula condensada de este componente de la gasolina?
¿Cuál será el nombre, según el sistema de nomenclatura de la IUPAC?

3. De acuerdo a la fórmula semidesarrollada, señala el nombre según la nomenclatura de la IUPAC, para los siguientes hidrocarburos:



4. El ácido acético es el nombre común del componente principal del vinagre, el cual es utilizado como aderezo de los vegetales, la fórmula del respectivo ácido es:



De acuerdo con la estructura del ácido acético:

- ¿Cuál es el grupo funcional que está presente en la cadena carbonada?
- ¿Cuál es el nombre del ácido acético, según el sistema de nomenclatura de la IUPAC?

9 "SE ESCRIBEN IGUAL PERO TIENEN PROPIEDADES DIFERENTES". ISOMERÍA



Niños que tienen el mismo nombre: David Blanco León.

En muchas ocasiones te habrás encontrado con personas que poseen nombres, e incluso apellidos, iguales sean o no familiares. Nos preguntamos: ¿Tendrán algo en común? ¿Serán totalmente diferentes? ¿Actuarán de la misma forma? Algo muy similar ocurre con algunos compuestos orgánicos.

Existen sustancias que tienen el mismo tipo y número de átomos, y podría pensarse que son compuestos iguales, pero esto no es así, son compuestos distintos, incluso tienen propiedades diferentes. Imagina que dos personas se llamen "David Blanco León", aunque tienen el mismo nombre y apellidos, se comportan de manera diferente. Así son los **isómeros**: son compuestos con la misma fórmula molecular y diferente fórmula estructural.

Así mismo, te habrás preguntado: ¿por qué los jugadores de béisbol que son zurdos atajan la pelota con la mano derecha?, y ¿por qué los guantes de béisbol para la mano derecha no se pueden colocar en la mano izquierda? ¿Por qué, si tus pies son iguales, no puedes ponerte el zapato derecho en el pie izquierdo? Podrás encontrar respuestas a todas estas interrogantes en el transcurso de la lectura.

Isomería

Cuando dos o más compuestos tienen fórmulas moleculares idénticas pero diferentes estructuras, se dice que cada uno de ellos es isómero de los demás y al fenómeno se le denomina **isomería**. Los isómeros difieren entre sí en sus propiedades físicas y químicas, por lo que la caracterización de estas propiedades ayuda a determinar qué tipo de moléculas se tiene en cada caso. Algunas técnicas, como la difracción de rayos X, se emplean para determinar con exactitud la distribución espacial de los átomos en una molécula, así como las distancias y ángulos de enlace (figura 9.1).



Figura 9.1. Aparato de difracción de rayos X: es una técnica muy utilizada para determinar la distribución espacial de los átomos en una molécula.

Tipos de isómeros

Existen tres tipos de isómeros: estructurales o constitucionales, estereoisómeros y conformeros, en la figura 9.2 podrás observar un esquema de los tipos de isómeros.

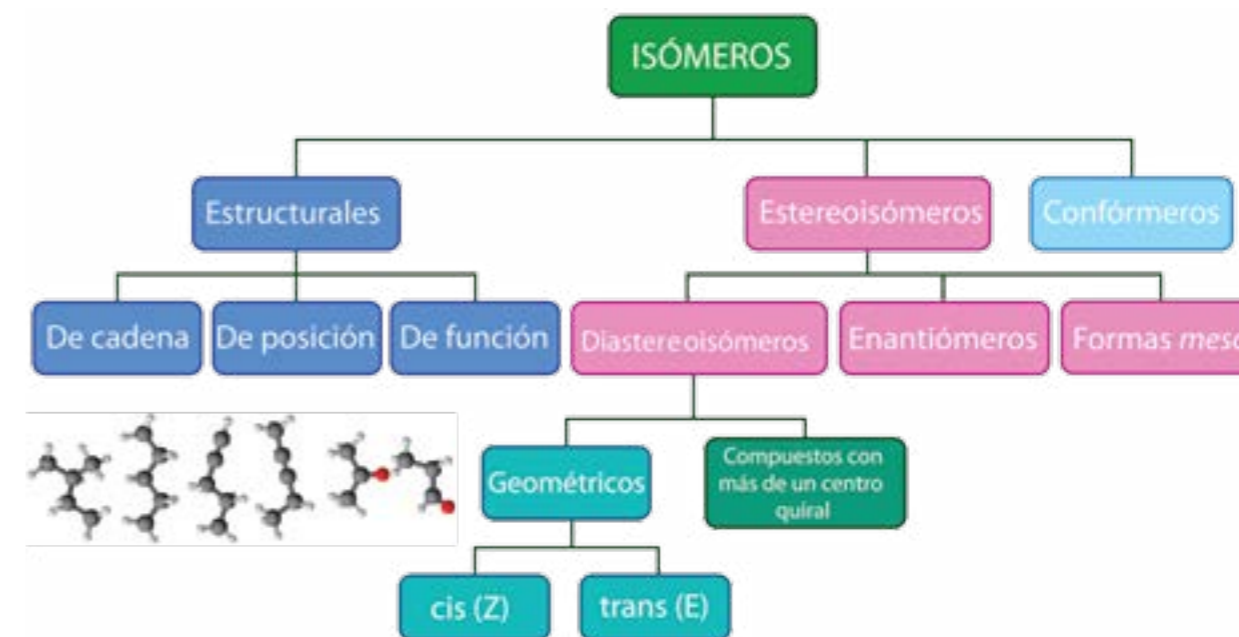


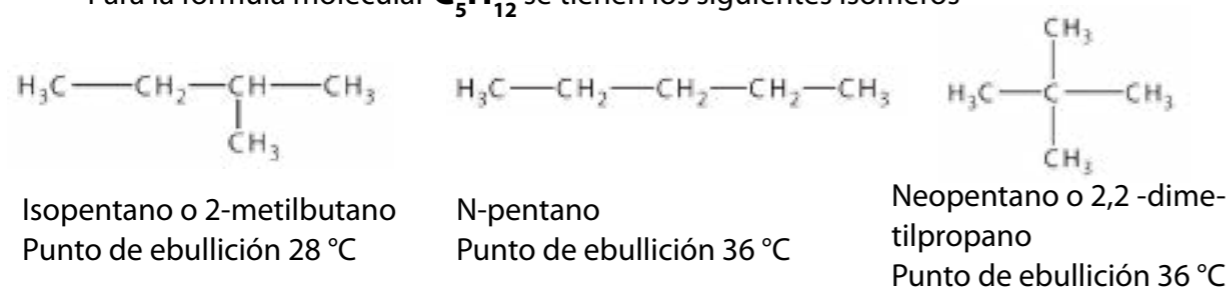
Figura 9.2. Esquema de los tipos de isómeros.

Isómeros estructurales

Si tomamos por ejemplo una fórmula molecular al azar ($C_4H_{10}O$) podemos escribir y representar una serie de compuestos que cumplan con esta fórmula y todos ellos, como ya mencionamos serán isómeros. Ahora bien la diferencia básica que presentan es la constitución de cada una de sus estructuras, debido a que sus átomos se encuentran enlazados de diferentes formas. Así tendríamos isómeros de cadena, posición y función.

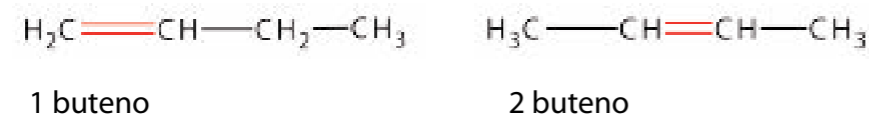
1.- De cadena: Se presentan como resultado de las diferentes secuencias posibles para los átomos de carbono en una cadena carbonada.

Para la fórmula molecular C_5H_{12} se tienen los siguientes isómeros

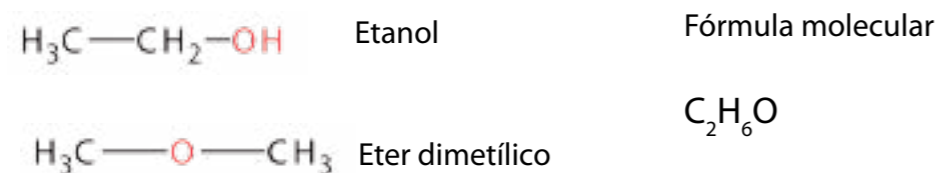


Como puedes observar, los compuestos anteriores tienen la misma fórmula molecular, pero difieren en su cadena carbonada, por lo tanto sus propiedades son diferentes. El número de isómeros de un compuesto aumentará a medida que aumente el número de átomos de carbono de su estructura.

2.- De posición: Se forman al ubicarse átomos o grupos de átomos, con enlaces múltiples, en posiciones estructuralmente no equivalentes en una cadena carbonada. En el siguiente ejemplo puedes observar que ambos compuestos tienen la misma fórmula molecular: C_4H_8



3.- De función: Son compuestos con la misma fórmula molecular pero grupos funcionales diferentes, lo que los hace muy distintos.

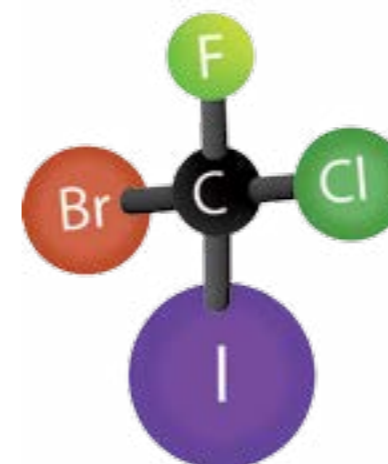


Para saber más...

La mayoría de los encendedores desechables contienen una mezcla de isómeros estructurales de butano y 2-metilpropano, que son lo suficientemente inflamables como para encenderse mediante una chispa.



Estereoisómeros



En lecturas anteriores se explicó la tetravalencia del carbono, lo que implica que este puede enlazarse con cuatro átomos, si todos estos son diferentes se dice que el carbono es **quiral** o **asimétrico**.

Los compuestos que tienen al menos un átomo de carbono asimétrico o quiral, pueden originar tres variedades distintas de **estereoisómeros**. Estos compuestos difieren solamente en la ubicación de algunos de sus átomos en el espacio, siendo que todos los átomos están en la misma posición y enlazados de igual manera.

1. Enantiómeros

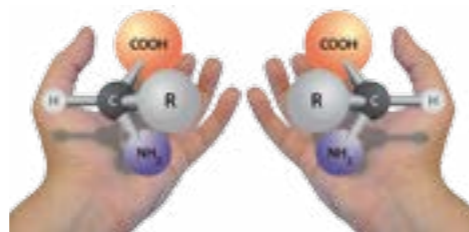
Te habrás preguntado ¿por qué un guante de beisbol para la mano derecha no te sirve en la izquierda, si ambas manos son "iguales"? ¿Ocurrirá lo mismo con los zapatos? ¿Te has colocado alguna vez por equivocación un zapato en el pie equivocado? ¿Qué diferencia existe entre un carro inglés y uno americano? Observa la siguiente imagen:



Como puedes apreciar en la imagen anterior, el carro (a) representa un auto americano que tiene el volante del lado izquierdo, mientras que el carro (b) es un auto tipo inglés con el volante del lado derecho. Son pares de autos que tienen imágenes especulares no superponibles.

La relación que existe entre las manos o los pies es que son **imágenes especulares** no superponibles, es decir no son iguales, así mismo ocurre con los compuestos químicos, los que presentan esta propiedad se les conoce como **quirales**. Los isómeros ópticos no son superponibles y uno es como la imagen especular del otro.

Coloca tus manos abiertas frente a un espejo, observarás que las manos derecha e izquierda presentan las mismas propiedades, pero no se pueden superponer, lo mismo ocurre con algunos compuestos químicos, tienen propiedades físicas y químicas semejantes, pero se diferencian en que desvían el plano de la luz polarizada en diferente dirección. Estos compuestos se clasifican como isómeros ópticos.



La luz polarizada es luz cuyas ondas se han "ordenado" y vibran en un solo plano. Puedes observar un video explicativo en:

<http://www.ehu.es/biomoleculas/moleculas/optica.htm>

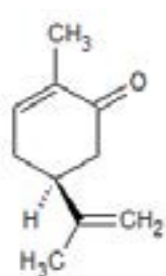
- Cuando un isómero desvía la luz polarizada hacia la derecha (en sentido de las agujas del reloj) es el isómero **dextrógiro o forma dextro**, se representa con el signo (+).
- El otro isómero desvía la luz polarizada hacia la izquierda (en sentido contrario a las agujas del reloj) es el isómero **levógiro o forma levo**, se representa con el signo (-).

Cuando las moléculas tienen n átomos de carbono asimétricos, tendrán un total de 2^n isómeros ópticos.

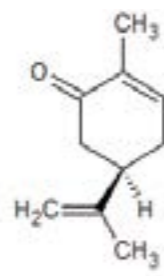
También pueden representarse estos isómeros con las letras **(R)** y **(S)**. Esta **nomenclatura R-S** también se utiliza para determinar la configuración absoluta de los carbonos quirales.

Resumiendo, tenemos tres formas de nombrar estos isómeros:

1.- Según la **dirección de desviación del plano de la luz polarizada**: las formas dextro (+) y levo (-) que ya mencionamos.



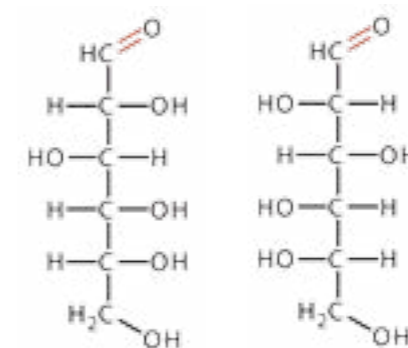
(+) Carvona (semilla de alcaravea)



(-) Carvona (menta)

Nuestro olfato distingue isómeros: Deben ser quirales los receptores olfatorios. La (-) carvona es el compuesto responsable del aroma a menta en los aceites esenciales, mientras que la (+) carvona, presenta un olor fuerte a la semilla de la alcaravea o "comino persa".

2.- Según la **nomenclatura D-L** (Formas D y L), que es inequívoca para isómeros con un solo carbono asimétrico,



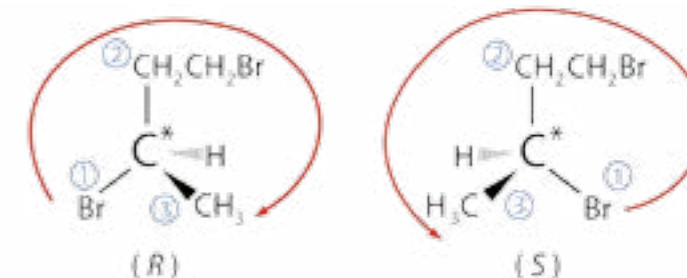
D-glucosa L-glucosa



La glucosa es un azúcar de seis carbonos y constituye la principal fuente de energía para las células de la mayoría de los seres vivos. Se encuentra libre en las frutas y la miel. La forma D es la más abundante en la naturaleza.

3.- Según la **configuración absoluta R-S** (formas R y S), adecuada para moléculas con varios centros asimétricos.:

(R)-1,3-Dibromobutano (S)-1,3-Dibromobutano



Para saber mas...

El ketoprofeno es un inhibidor de la biosíntesis de prostaglandinas. Alivia el dolor, la sensibilidad, inflamación, contracciones y otros síntomas causados por la artritis. Su isómero S(+) es un analgésico, mientras que el isómero R(-) se usa como aditivo en la pasta de dientes para evitar la enfermedad periodontal.

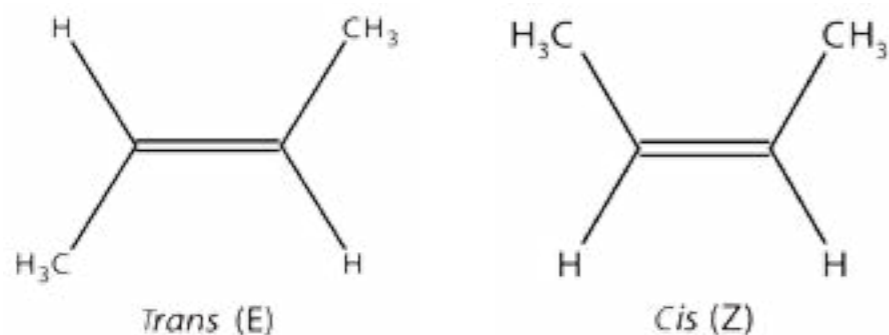


2. Diastereoisómeros

Son isómeros que presentan átomos o grupos enlazados de la misma manera, pero se diferencian en la orientación de éstos en el espacio. Acabamos de estudiar que los enantiómeros son imagen especular una de la otra, los diastereoisómeros no son imágenes especulares.

Isómeros geométricos: cis (Z) y trans (E)

Se producen cuando hay dos carbonos unidos con doble enlace que tienen las otras valencias con los mismos sustituyentes (2 pares) o con dos iguales y uno distinto.

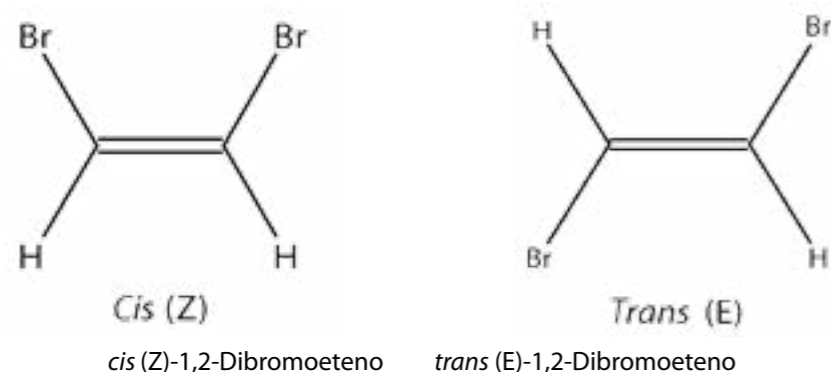


No se presenta isomería geométrica ligada a los enlaces triples o sencillos.

A las dos posibilidades se las denomina:

- Forma *cis* (o forma Z), con los dos sustituyentes de mayor prioridad del mismo lado.
- Forma *trans* (o forma E), con los dos sustituyentes de mayor prioridad en posiciones opuestas.

En el siguiente ejemplo puedes apreciar que los isómeros no son imágenes especulares uno del otro, es decir no se pueden superponer.

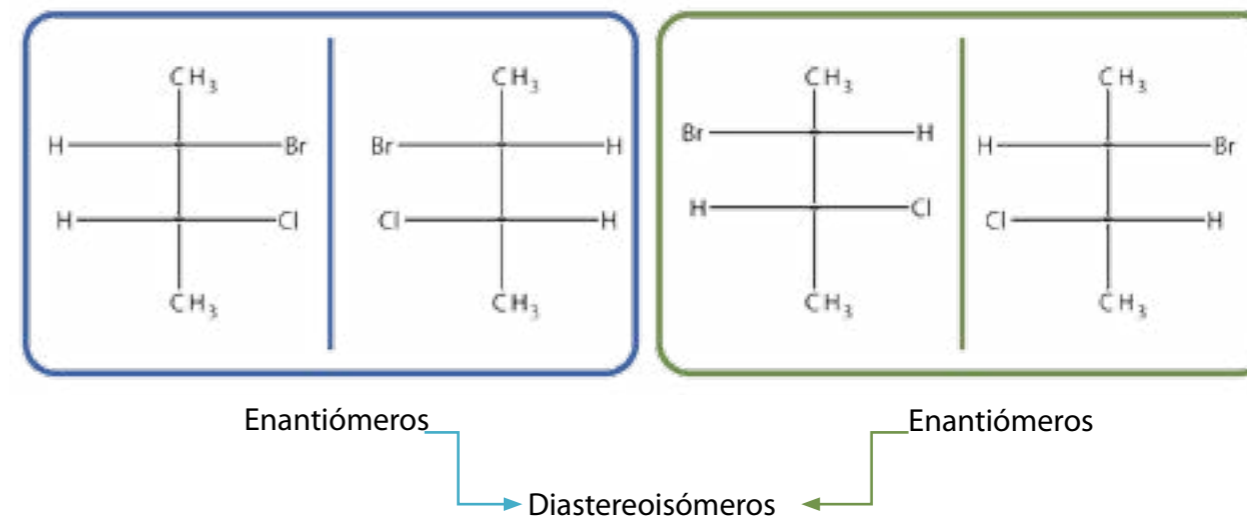


La isomería geométrica también se presenta en compuestos con doble enlace N=N, o en compuestos cíclicos en los que también se impide la rotación en torno a un eje.

Compuestos con más de un centro quiral

La mayoría de los compuestos que presentan diastereoisomería tienen dos o más centros quirales, generalmente son átomos de carbono asimétricos.

El 2-bromo-3-clorobutano tiene dos átomos de carbono asimétricos y existe en dos **formas diastereoisméricas**, como se presenta a continuación:

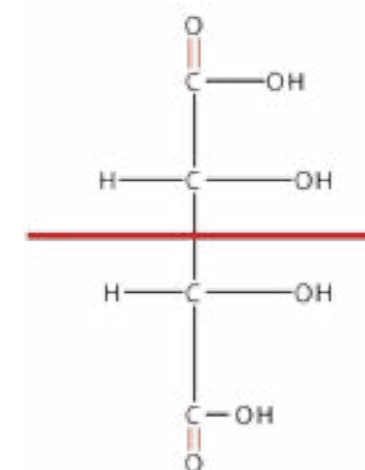


Estos compuestos son estereoisómeros, pero no son enantiómeros, por lo tanto son diastereoisómeros, como puedes observar, existen cuatro estereoisómeros del 2-bromo-3-clorobutano: dos pares de enantiómeros.

3. Formas meso

Son compuestos aquirales, que poseen centros de simetría que dividen la molécula en dos partes iguales, en tal sentido que una mitad es la imagen especular de la otra. Sus imágenes especulares son superponibles.

Observa uno de los isómeros del ácido tartárico, representado en una proyección de Fisher, si trazamos una línea imaginaria, ésta queda dividida en dos partes exactamente iguales. Si rotamos la molécula 180° sobre el plano perpendicular a la hoja, se obtiene la misma estereoquímica. Dado que un isómero meso tiene una imagen especular superponible, un compuesto con un total de n centros quirales no puede tener $2n$ estereoisómeros, dado que uno de ellos es meso.



Una **mezcla racémica** es una mezcla que tiene el mismo número de moléculas de los enantiómeros dextro (+) y levo (-) de un compuesto. Recordemos que los enantiómeros dextro desvían el plano de un haz de luz polarizada en un sentido y los enantiómeros levo lo desvían en sentido contrario. Por lo tanto, la mezcla racémica no desvía el plano de la luz polarizada, ya que el efecto de las moléculas de un isómero se contrarresta con el efecto de las del otro. La mezcla racémica es así ópticamente inactiva.

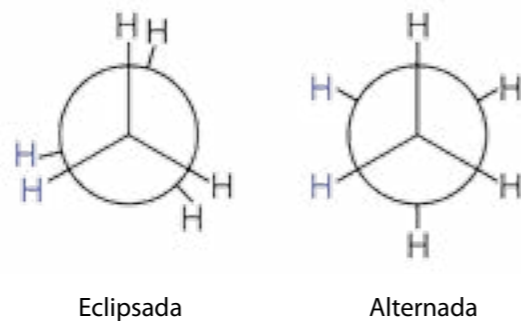
Si un compuesto posee dos carbonos asimétricos, puede tener uno dextrógiro y otro levógiro, pero si tiene un plano de simetría, en conjunto se comporta como ópticamente inactivo y recibe el nombre de **forma meso**. Es el caso del ácido tartárico o 2,3-dihidroxibutanodioico, uno de cuyos isómeros es una forma meso.

Comfórmers

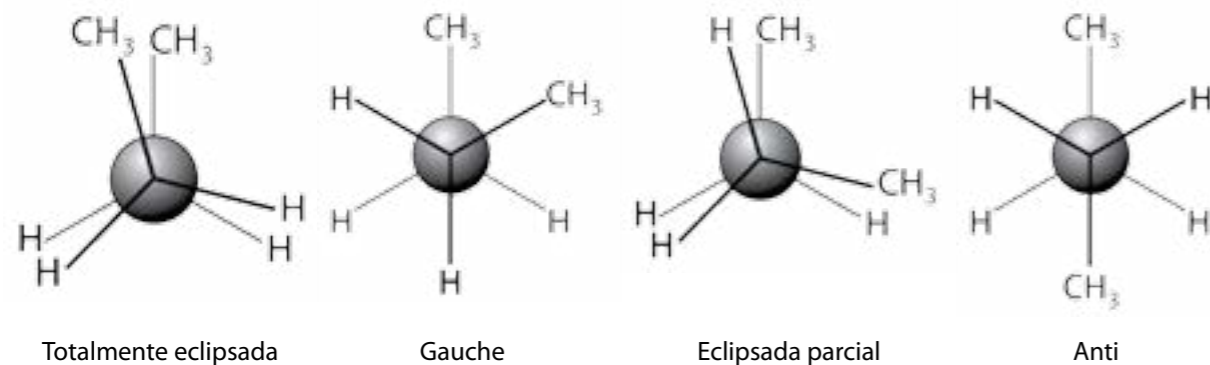
Sólo se diferencian en las rotaciones alrededor de los enlaces sencillos o simples. La conversión de una forma en otra es posible pues la rotación en torno al eje del enlace formado por los átomos de carbono es más o menos libre, también reciben el nombre de rotámeros. Si los grupos son voluminosos podría haber **impedimento estérico** y no ser tan fácil la interconversión entre rotámeros.

Estas diferencias entre confórmers se pueden representar de varias maneras. Podemos ver algunos ejemplos en las imágenes siguientes.

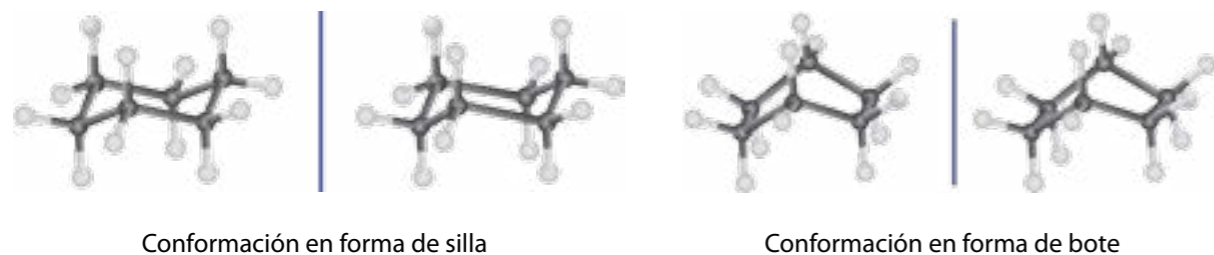
En la molécula del etano sólo se presentan dos conformaciones: eclipsada y alternada, a continuación se muestran las proyecciones de Newman para esta molécula.



Mientras que en moléculas más grandes (como por ejemplo el butano) se tienen cuatro conformaciones, como se muestra a continuación:



Otro tipo de isómeros conformacionales se da en compuestos con ciclos hexagonales, donde puede darse la conformación en forma de silla, o la conformación en forma de bote, entre otras. Mostramos una conformación de silla y una de bote del ciclohexano, cada una con su imagen especular.

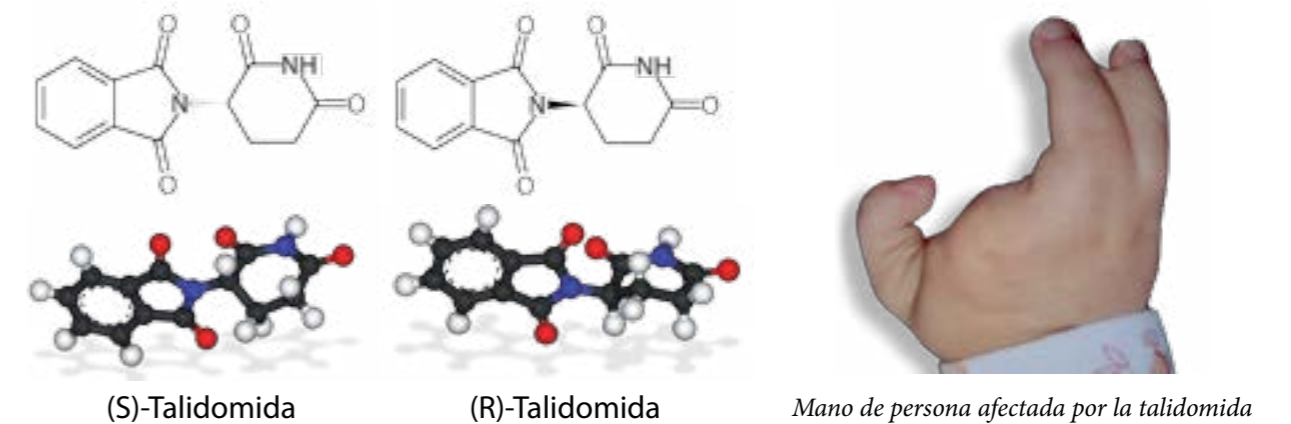


Una peligrosa mezcla de isómeros

En las décadas de los 50 y 60 era frecuente, en algunos países, que los ginecólogos recetaran a sus pacientes embarazadas el medicamento talidomida, para calmar las náuseas durante sus primeros meses. Este compuesto provocó miles de nacimientos de bebés afectados de focomelia, que es una anomalía congénita que se caracteriza por la carencia o excesiva cortedad de las extremidades.

La ingestión de la talidomida podía ser por dos vías, por ingestión de la madre o del padre, ya que la talidomida afectaba al esperma transmitiendo los efectos nocivos desde el momento de la concepción. Una vez comprobados los efectos nocivos de esta sustancia, fue retirada de forma inmediata en los países donde había sido comercializada bajo diferentes nombres.

Realizando estudios, se descubrió que había dos talidomidias distintas (isómeros), aunque de igual fórmula molecular, en las cuales cambiaba la disposición de los grupos en un carbono. Se trataba, por tanto, de una sola molécula con dos enantiómeros. La forma **R** (que producía los efectos perjudiciales) y la forma **S** (que producía los efectos perjudiciales).



Esta mezcla racémica de enantiómeros, contenida en el medicamento talidomida, causó una catástrofe en muchos países como: Alemania, Australia, España, entre otros, debido a que miles de bebés nacieron con severas malformaciones irreversibles. Muchas de estas personas tuvieron, y tienen dificultades, para integrarse en la sociedad a causa de su **diversidad funcional**.

En todos los países existen leyes de control de medicamentos, éstos deben ser sometidos a ensayos farmacológicos, probados en animales, ensayos clínicos en personas, además de demostrar su eficacia antes de su comercialización.

La elaboración de un medicamento es un proceso delicado que tiene asociado una gran cantidad de pruebas y análisis antes de la comercialización. Es importante destacar la relevancia que tiene el conocimiento de la isomería a nivel industrial, farmacológico y clínico, puesto que un compuesto puede tener varios isómeros, de los cuales unos pueden ser muy beneficiosos para la salud, mientras que otros pueden tener efectos graves.



El tomate y sus colores...

El conocimiento de los isómeros tiene diversas aplicaciones a nivel industrial. En las frutas se encuentran presentes diversos isómeros, algunos confieren la coloración y tonalidad específica del fruto, como es el caso del tomate. El tomate representa una importante fuente de licopeno y vitamina C, el primero proporciona a éste y a otras frutas y verduras su color rojo.

El licopeno es de color rojo y cuando se adiciona bromo cambia de color. Utilizando jugo de tomate podrás apreciar una gama de tonalidades en esta deliciosa bebida. ¿Qué tipo de isómeros se encontrarán en el jugo de tomate? ¿Cuáles isómeros estarán presentes? ¿A qué se deberá el cambio en los colores del jugo?

¿Qué necesitan?

Para poder realizar la actividad deben contar con los siguientes reactivos y materiales:

- Cilindro graduado de 25 cm³, pipeta de 5 cm³, agitador de vidrio, jugo de tomate, disolución saturada de agua de bromo (6,00 x 10⁻² mol/dm³).

¿Cómo lo harán?

Las y los estudiantes deben formar colectivos de trabajo, para apreciar mejor la actividad y comparar resultados.

- Añade 10 cm³ de jugo de tomate en un cilindro graduado de 25 cm³. Adiciona lentamente y con agitación 2 cm³ de la disolución de agua de bromo.
- Recuerda utilizar la campana de extracción de gases para adicionar el agua de bromo.
- Transcurrido dos a tres minutos vierte nuevamente 4 cm³ de agua de bromo: 1 cm³ cada minuto. Observa diversas tonalidades en tu jugo de tomate.

¿Qué observan?

¿Qué colores se obtuvieron al mezclar el jugo de tomate con el agua de bromo? Compara los colores obtenidos en tu experiencia con los de tus compañeros.

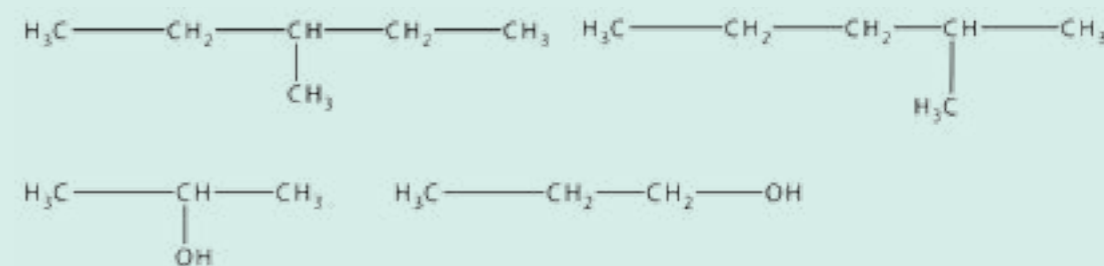
¿Cómo pueden interpretar sus resultados?

- ¿Cuáles isómeros estarán presentes en el jugo de tomate?
- ¿Qué tipo de isómeros causaron los cambios en las tonalidades del jugo? Justifiquen sus respuestas.
- ¿Qué otros compuestos obtienen en la reacción?
- ¿Cómo explicar los cambios de color en el jugo de tomate al adicionar una disolución de agua de bromo?



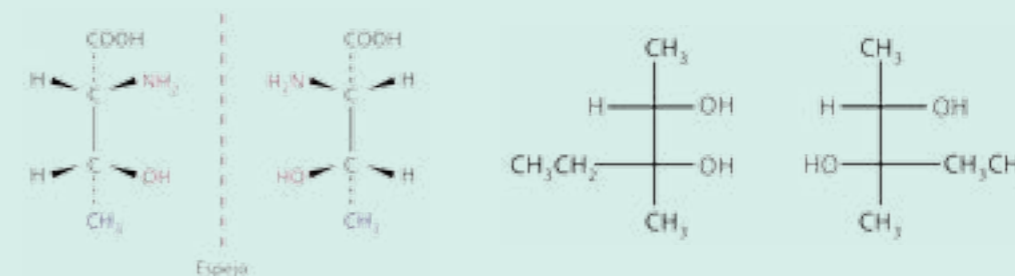
Actividades de autoevaluación

1.- A continuación se presentan una serie de pares de moléculas, observa sus estructuras.

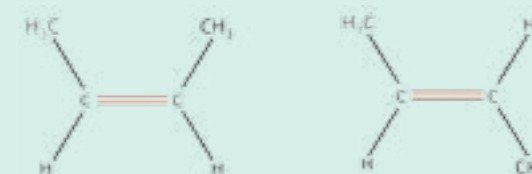


- ¿Serán los mismos compuestos?
- Asígnales nombre según la nomenclatura IUPAC
- Clasifícalos de acuerdo a su estructura

2.- Clasifica los siguientes estereoisómeros como: enantiómeros, diastereoisómeros o formas *meso*.



3.- Identifica cuál de los siguientes isómeros es *cis* o *trans*, asígnale nombre atendiendo a la nomenclatura IUPAC



4.- El ibuprofeno es una mezcla racémica de enantiómeros **R** y **S**. Es un medicamento que se utiliza como analgésico, pero el isómero **R** desacelera la velocidad en que actúa el isómero **S**, desde 12 hasta 18 minutos, para evitar éstos y otros problemas la industria farmacéutica diseña constantemente métodos para lograr una **síntesis enantioselectiva**, donde sólo se obtenga un enantiómero y no una mezcla racémica, consulta la importancia y ventajas de esta síntesis aplicada a varios medicamentos.

5.- Utilizando el modelo de bolas y palitos que te sugerimos en lecturas anteriores, construye diferentes tipos de isómeros con la orientación de tu docente.



El descubrimiento de la naturaleza eléctrica de la materia permitió a los científicos explicar muchos fenómenos que hasta ese momento eran inexplicables.

¿Por qué las moléculas se pueden disolver en un determinado disolvente y en otros no? ¿Por qué una especie química es atraída por otra? ¿Por qué no es posible representar un compuesto químico con una sola estructura? ¿Por qué cuando dos compuestos reaccionan se forma más de un producto? ¿Te has preguntado por qué un cubo de hielo flota en un vaso con agua?

Todas y cada una de estas interrogantes se pueden explicar si tomamos en consideración los diferentes efectos electrónicos que tienen las sustancias químicas.

Los efectos electrónicos que presentan las sustancias químicas, y en especial los compuestos orgánicos, son:

- Efecto inductivo.
- Resonancia.
- Solvatación.
- Puente de hidrógeno.

En la presente lectura aprenderemos sobre las principales características, usos e importancia de cada uno de éstos.

Efecto inductivo

Todos nosotros tenemos propiedades y características propias que nos distinguen de los demás, algunos tenemos cualidades **innatas** que nos permiten entre otras cosas realizar actividades con mucha facilidad.

El efecto inductivo o de campo está referido a la capacidad "innata" que tienen los átomos o grupos de átomos de ceder (donar) o atraer densidad electrónica a través de los enlaces sigma σ (simples) de una molécula.

El efecto inductivo nos permite explicar varios fenómenos, como la estabilidad de especies químicas (**carbocationes**, **carbaniones** y **radicales libres**), y la acidez y basicidad de los compuestos orgánicos.

Lo primero que debemos tomar en consideración es que existen grupos que tienden a donar densidad electrónica, y los llamaremos **grupos +I** (I por inductivo), y grupos cuyas tendencias son atraer densidad electrónica, que denominaremos **grupos -I**.

Los grupos atractores de densidad electrónica tienen como principales características ser en su mayoría átomos más electronegativos que el carbono o grupos alquilo unidos a la cadena principal por un carbono con hibridación sp^2 y sp . Por otro lado, los grupos dadores de densidad electrónica son grupos alquilo, cuya hibridación de sus átomos de carbono es sp^3 , como puedes ver en la tabla 10.1.

Grupos dadores (+I)		Grupos atractores (-I)
CH_3- metilo	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ H_3C-C- \\ \\ CH_3 \end{array}$ ter-butilo	Cl- cloro
H_3C-CH_2- etilo	H_3C-CH_2-CH- ser-butilo	Br- bromo
$H_3C-CH_2-CH_2-$ propilo	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ H_3C-CH- \\ \\ CH_3 \end{array}$ isopropilo	NH_2- amino
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-$ butilo		HO- hidroxilo
		F- fluoro
		I- Yodo
		$CH_2=CH-$ etenilo
		$C=O$ carbonilo
		$CH\equiv C-$ etinilo
		CN ciano
		ph- O_6H_5- fenilo

Tabla 10.1. Principales grupos dadores y atractores de densidad electrónica por efecto inductivo.

Ahora bien, una de las transformaciones químicas más frecuentes en los compuestos orgánicos es la reacción de sustitución (que estudiarás más adelante), en donde uno de sus mecanismos implica la formación de iones, carbocationes y carbaniones. Un carbocatión es un átomo de carbono cargado positivamente; mientras que un carbanión es una molécula con un átomo de carbono cargado negativamente.

Los grupos dadores de densidad electrónica estabilizan a las especies químicas deficientes de electrones, como los carbocationes y radicales libres, ya que tienden a darles densidad electrónica disminuyendo su deficiencia estabilizándolos (figura 10.1).

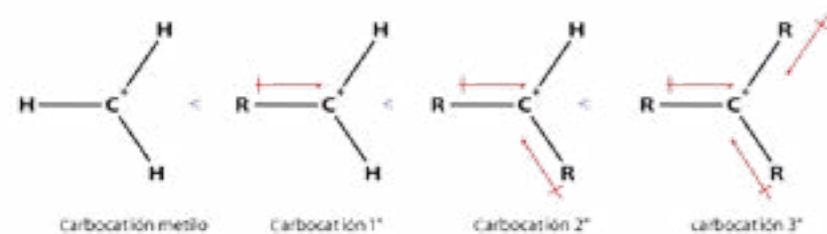


Figura 10.1. Orden de estabilidad de carbocationes. Los grupos R son sustituyentes alquilo y las flechas rojas indican hacia donde se desplaza la densidad electrónica.

Como se puede apreciar en la figura 10.1, el carbocatión terciario es el más estable, ya que posee tres grupos que le donan electrones disminuyendo su deficiencia electrónica. El carbocatión metilo sólo tiene hidrógenos como sustituyentes y el hidrógeno es el grupo de referencia, ni da ni quita densidad electrónica.

Los carbaniones al contrario que los carbocationes se estabilizan con la presencia de grupos atractores de electrones, por lo cual el orden de estabilidad es el contrario al mostrado por los carbocationes (figura 10.2).

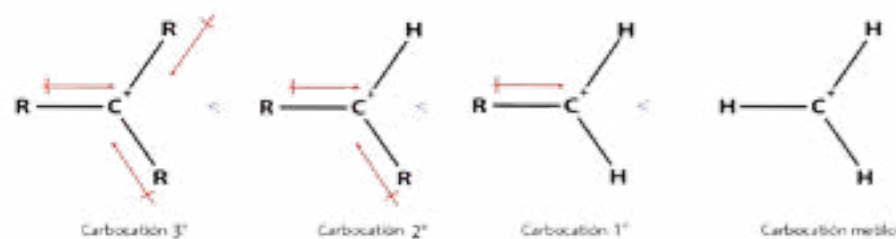
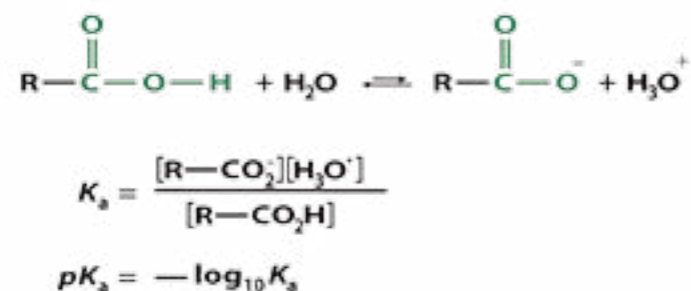


Figura 10.2. Orden de estabilidad de carbaniones. Los grupos R son sustituyentes alquilo y las flechas rojas indican hacia dónde se desplaza la densidad electrónica.

Otra aplicación que tiene el efecto inductivo en los compuestos orgánicos es explicar la acidez y la basicidad de los mismos.

Debemos recordar que un ácido es toda sustancia que sea capaz de aceptar un par de electrones o de ceder protones (H^+) en solución. Así tenemos que cuanto más rápido se disocia un ácido y libere hidrogeniones (H^+) en solución, más ácido va a ser. Los ácidos orgánicos son ácidos débiles y su acidez va a depender de su constante de equilibrio K_a , como se ilustra a continuación:



Cuanto más pequeño sea el valor de pK_a más ácido será el compuesto.

En ese sentido, tenemos que los grupos dadores de electrones aumentan la densidad electrónica sobre el grupo carboxilo, dificultando la disociación del mismo y por consecuencia la salida del hidrogenión disminuyendo la acidez del compuesto.

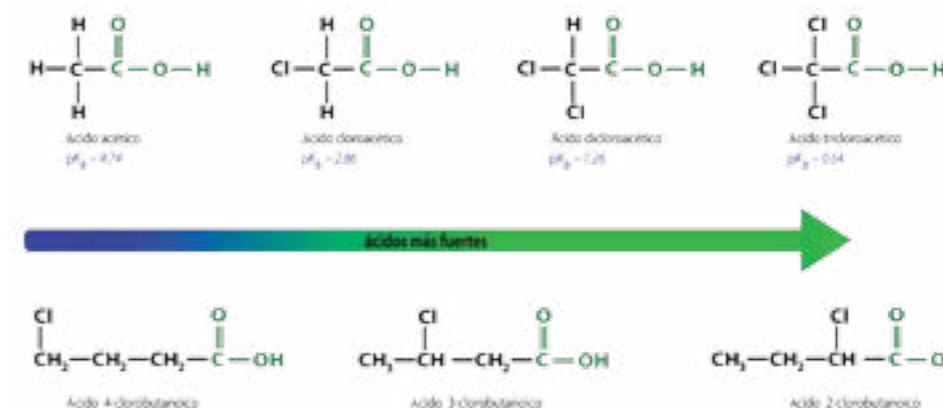


Figura 10.3. Efecto del sustituyente sobre la acidez de ácidos orgánicos.

Como puedes apreciar en la figura 10.3, a medida que el número de grupos atractores aumenta sobre el ácido acético (ácido etanoico) la acidez aumenta, lo que implica que el efecto de los grupos es acumulativo, es decir, se refuerza. Por otro lado, en el caso de los sustituyentes, en el ácido butanoico su efecto atractor disminuye con la distancia.

Se puede concluir de este ejemplo que el efecto inductivo es acumulativo y se pierde con la distancia, cuanto más cerca se encuentre un sustituyente mayor será su efecto.

Los grupos atractores de electrones (-I) aumentan la acidez de los compuestos orgánicos y disminuyen su basicidad. Los grupos dadores de electrones (+I) aumentan la basicidad y disminuyen la acidez de los compuestos orgánicos.

Resonancia

Las estructuras de Lewis (p. 112) nos permiten representar a un compuesto orgánico de una forma adecuada, sin embargo, hay compuestos orgánicos que se pueden representar con más de una estructura de Lewis. Cuando son posibles dos o más estructuras de enlace de valencia, que difieren sólo en la colocación de sus electrones, la molécula suele mostrar características de ambas estructuras.

Estas estructuras diferentes de una misma molécula se conocen como **estructuras de resonancia**, ya que no son compuestos diferentes, sino formas diferentes de representar el mismo compuesto (figura 10.4).

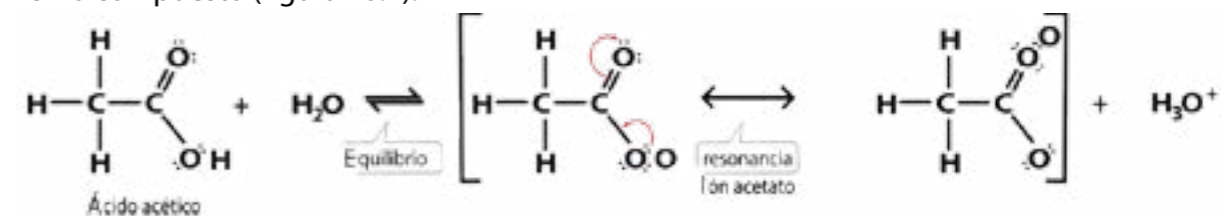
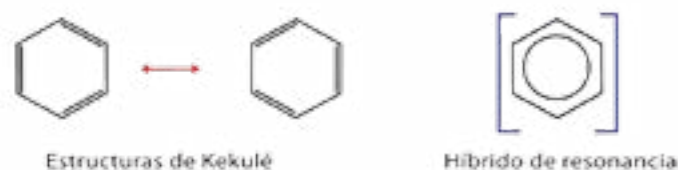


Figura 10.4. Estructuras de resonancia en el acetato (etanoato).

Se dice en forma general que cuando una molécula no se puede representar con una sola estructura, sino con más de una, entonces su estructura corresponde a un **híbrido de resonancia** de sus formas resonantes.

Imagina un ventilador de pared apagado, observarás las tres aspas de la hélice, pero si lo enciendes, la hélice comienza a dar vueltas y ya no puedes distinguir las tres aspas, sólo observas el conjunto girando. Así ocurre con el benceno, que se suele representar con su híbrido de resonancia, tal como lo postuló Kekulé.



Para saber más...

Las estructuras contribuyentes al híbrido de resonancia del benceno no existen, ya que los electrones π de los enlaces múltiples se encuentran deslocalizados por todo el anillo. Lo que existe en realidad es el benceno, compuesto orgánico utilizado como desengrasante.



Al igual como ocurre con el efecto inductivo, el fenómeno de resonancia permite explicar la estabilización de iones orgánicos, la acidez y basicidad de los compuestos orgánicos y la formación de varios productos en las reacciones de compuestos aromáticos.

Existen grupos que son capaces de ceder o atraer electrones por resonancia, los cuales se pueden observar en la tabla 10.2.

Grupos dadores (+R)	Grupos atractores (-R)
-OH	-C=O
-NH ₂	-CO ₂ H
-O-R	-CHO
-S-R	-CONH ₂
-S-H	-COOR
R ₂ CH	-CN
Carbaniones	Carbocationes

Tabla 10.2. Principales grupos dadores y atractores de electrones por resonancia.

Siempre que un átomo con pares de electrones no compartidos esté unido a un carbono que forma un enlace pi (π) múltiple, los electrones de éste se deslocalizarán hacia el carbono que forma el enlace múltiple. Por otro lado, siempre que dos átomos de diferentes electronegatividades estén formando un enlace múltiple, los electrones π del enlace múltiple se deslocalizarán hacia el átomo más electronegativo (figura 10.4).

La orientación en las sustituciones electrofílicas de los compuestos aromáticos se ve influenciada por la presencia de los sustituyentes sobre el anillo. Así, por ejemplo, se puede apreciar que en el caso de la anilina (fenilamina) el grupo amino activa la sustitución en las posiciones 2 y 4 del anillo y eso es debido a la deslocalización de sus electrones no compartidos en el anillo (figura 10.5).

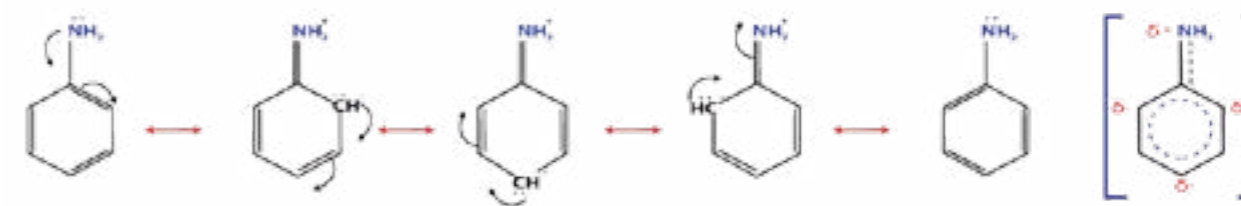


Figura 10.5. Estructuras de resonancia de la anilina e híbrido de resonancia.

Como puedes ver, la resonancia en los compuestos orgánicos puede explicar muchas cosas. Sin embargo, hay algo importante que debes manejar y es la aromaticidad de los compuestos orgánicos.

El término aromaticidad está referido a todos aquellos compuestos que cumplen con estos requisitos: 1) deben ser cíclicos, 2) planos (sus átomos tienen hibridación sp^2), 3) deben tener enlaces múltiples conjugados y 4) deben cumplir con la regla de Hückel ($4n+2e^- \pi$); el benceno es un compuesto aromático, ya que cumple con estas cuatro condiciones. Te invito a investigar un poco más acerca de la aromaticidad de los compuestos orgánicos.

Solvatación y puente de hidrógeno

Las fuerzas intermoleculares determinan las propiedades físicas de los compuestos orgánicos: punto de fusión, punto de ebullición y solubilidad. Debemos recordar que hay moléculas polares y no polares; como el caso del agua y el hexano respectivamente.

Las sustancias polares se disuelven en sustancia polares y las sustancias no polares se disuelven en disolventes no polares. Como regla general se tiene que *el semejante disuelve al semejante*.

Te has preguntado, ¿por qué razón la sal de uso común NaCl (cloruro de sodio) se disuelve tan fácilmente en agua, pero no en aceite, como por ejemplo cuando preparas una ensalada?

El NaCl es un compuesto iónico y se requiere mucha energía para separar estos iones de carga opuesta. Un disolvente polar como el agua es capaz de separar los iones de una sal por dos factores: su alta constante dieléctrica y puede solvatar (rodear) iones estabilizándolos. Este proceso se denomina **solvatación**. Si el disolvente es agua, el proceso de solvatación se conoce como hidratación (figura 10.6).

A medida que la sal se disuelve, las moléculas de agua rodean a cada ión, orientando el extremo apropiado del dipolo del agua al ión.

Ahora bien, la razón por la cual el cloruro de sodio (NaCl) no se disuelve en aceite es que las moléculas no polares del aceite no solvatan con fuerza a los iones y no pueden vencer las grandes energías reticulares de la sal. En este caso en particular, las atracciones entre los iones en la estructura cristalina son mucho más fuertes que las atracciones ejercidas por el disolvente (figura 10.7).



Figura 10.6. Disolución de la sal (NaCl) en agua.



Figura 10.7. Aderezo de ensalada sal (NaCl) y aceite.



Figura 10.8. Mezcla de aceite y agua: ¿se disuelven?

Las ceras de las velas (parafinas) se disuelven en querosén. Esto es debido a que tanto la parafina como el querosén son mezclas de hidrocarburos no polares. Las moléculas no polares se atraen débilmente. Estas atracciones se conocen como fuerzas de **Van der Waals**.

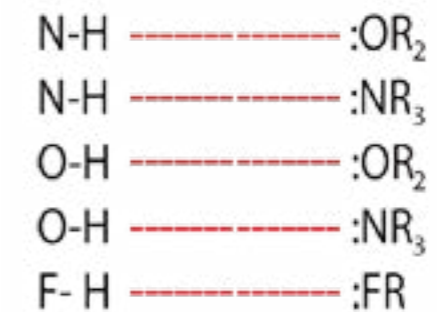
Intenta disolver un trozo de vela (parafina) en agua. Observa lo que ocurre. ¿Puedes explicarlo...? Bueno, lo que ocurre es que la parafina no se disuelve en un disolvente polar como el agua. El problema es que las moléculas de agua se atraen fuertemente unas con otras mediante **enlaces de hidrógeno**, y las moléculas de parafina tendrían que desplazar algunos de estos enlaces de hidrógeno para poder disolverse (figura 10.8).

Puente de hidrógeno

Hay moléculas, como las del agua, que se atraen y se mantienen unidas por unas interacciones débiles llamadas enlaces o puentes de hidrógeno.

Los puentes de hidrógeno son interacciones débiles que se presentan en moléculas que tengan en su estructura **hidrógenos parcialmente positivos**. Estos hidrógenos parcialmente positivos son aquellos que se encuentran enlazados al nitrógeno (NH₂, NHR-) o al oxígeno (-OH). Tanto el nitrógeno como el oxígeno son más electronegativos que el hidrógeno, lo que polarizaría el enlace N-H y O-H, dejando al hidrógeno parcialmente positivo.

Los enlaces de hidrógeno que se pueden formar desde el más fuerte que es el N-:HOR₂, y el más débil es el F-H-----:FR, se presentan a continuación:



Las moléculas pueden formar puentes de hidrógeno intramoleculares (internos) e intermoleculares (entre dos moléculas).

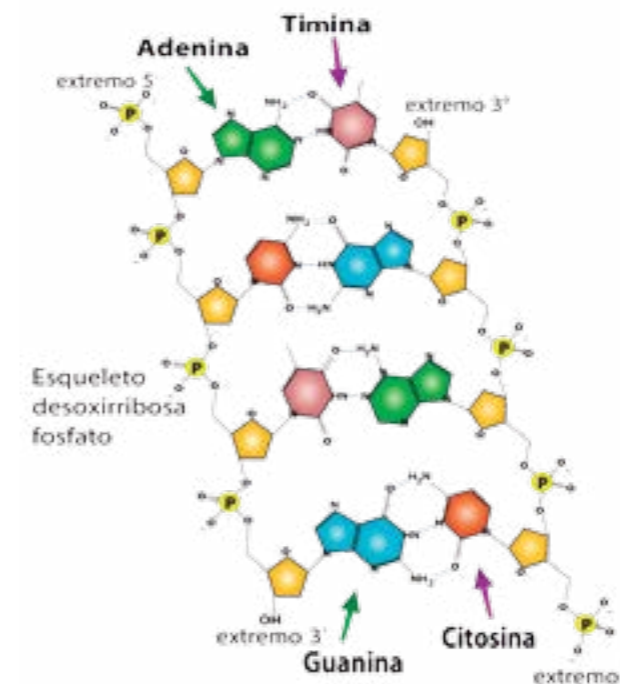


Figura 10.9. Puentes de hidrógeno en el ADN.

La existencia de los puentes de hidrógeno puede explicar muchos fenómenos como por ejemplo: el alto punto de ebullición del agua, los alcoholes, los ácidos carboxílicos y las aminas; la existencia de la vida como la conocemos, ya que las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos se aparean por puentes de hidrógeno (figura 10.9); el hecho de que el agua en estado sólido (hielo) tenga menor densidad que el agua en estado líquido y por eso flota en ella.



Efecto inductivo en los alimentos

El efecto inductivo permite establecer, entre otras cosas, el orden de acidez y basicidad de los compuestos orgánicos. Muchos alimentos y bebidas contienen ácidos orgánicos como, por ejemplo, el ácido butanoico está presente en la mantequilla, el vinagre es una disolución de ácido etanoico en agua y en las naranjas y limones se encuentra el ácido cítrico.

El propósito de la actividad es que las y los estudiantes puedan establecer el orden de acidez de estos alimentos, y así relacionar las estructuras de los ácidos presentes en los mismos con el efecto inductivo. Organízate en colectivos de trabajo con tus compañeras y compañeros y determina, con las orientaciones de tu docente, la acidez de los ácidos presentes en estos alimentos.

Existen varios procedimientos que permiten determinar la acidez de los compuestos orgánicos. Es importante que investiguen cuáles son estos procedimientos y cuál de ellos se adecúa a las condiciones de su institución.

Un procedimiento sencillo, que les permite reconocer la acidez de los ácidos orgánicos, es la determinación de su pH.

¿Qué necesitan?

• Vinagre, el jugo de una naranja o un limón, mantequilla, agua destilada, 4 tubos de ensayo, agitador de vidrio, vidrio de reloj, gradilla para tubos de ensayo y papel indicador de pH.

¿Cómo lo harán?

• Identifiquen cada uno de los tubos de ensayo, coloquen en un tubo proporciones iguales de agua y vinagre, en otro tubo coloquen proporciones iguales de agua y jugo de limón o naranja, en otro tubo una pequeña porción de mantequilla e igual cantidad de agua y en el último tubo de ensayo sólo agua. Con una varilla de vidrio agiten y traten de homogeneizar cada una de las disoluciones. Determinen el pH de cada una de las disoluciones con ayuda del papel indicador, la varilla de vidrio y el vidrio de reloj.

¿Qué observan?

- Elaboren una tabla que permita recoger los cambios observados.
- Discutan y representen las reacciones químicas que pudieran explicar los cambios observados.

¿Cómo pueden interpretar sus resultados?

¿Se pudieron disolver todos los ácidos en el agua destilada? ¿A qué atribuyen este resultado? ¿Qué fuerzas intermoleculares actúan en cada una de las disoluciones preparadas? De acuerdo a las estructuras químicas de cada ácido orgánico, establezcan un orden de acidez para las sustancias tratadas. ¿El orden de acidez establecido por ustedes correspondió con los resultados experimentales? ¿A qué se debe este hecho? ¿Qué conclusiones pueden sacar de la actividad realizada?



Actividades de autoevaluación

1. Establece las estructuras de resonancia y el híbrido de resonancia para:

a) benzaldehído

b) fenol

2. Representa las estructuras y establece un orden de basicidad por efecto inductivo para las siguientes aminas:

a) Metilamina

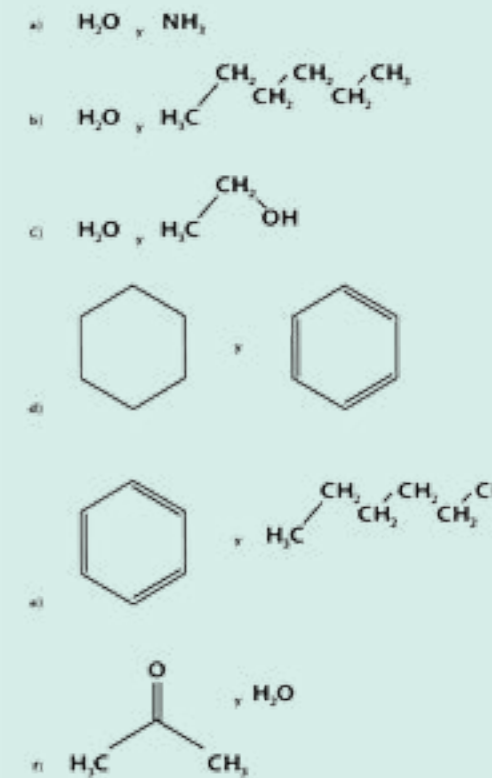
b) Dimetilamina

c) Dietilamina

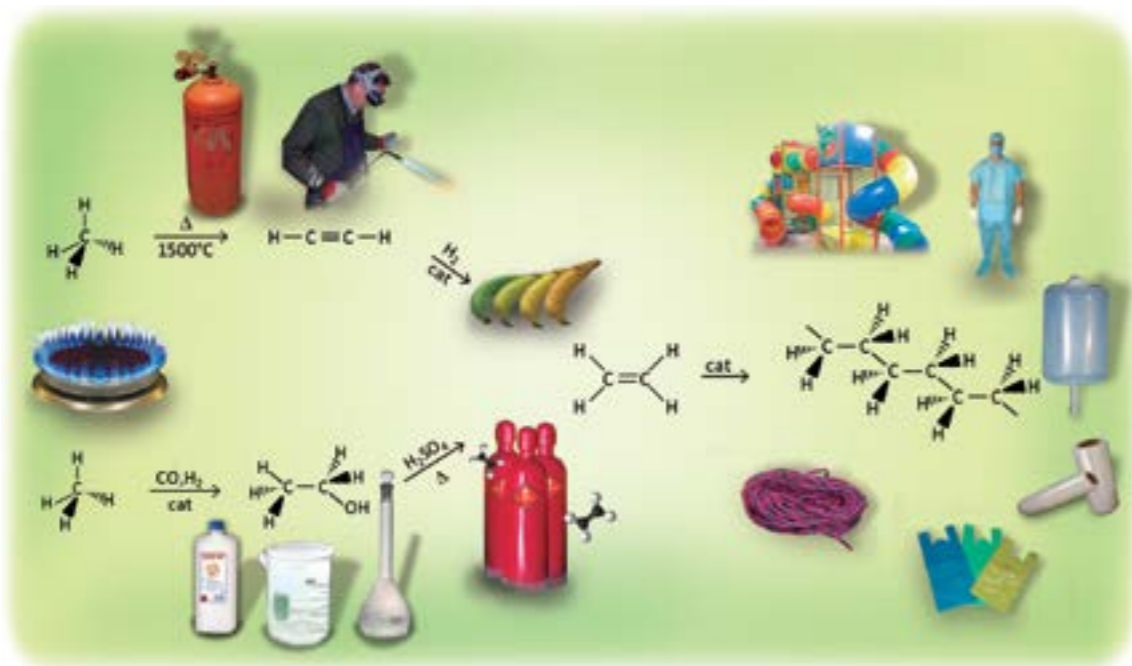
d) Amoniaco

3. Explica por qué razón el etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) tiene mayor punto de ebullición que el éter dimetílico (CH_3OCH_3), si ambas sustancias tienen la misma masa molecular.

4. A partir de los pares de moléculas que se presentan a continuación, predice cuáles pueden formar puentes de hidrógeno. Representalos y señala en caso negativo por qué razón no se pueden formar. ¿Esos pares de compuestos podrán formar una solución homogénea?



AMPLIANDO LA INFORMACIÓN SOBRE LAS REACCIONES QUÍMICAS



Son muchas y variadas las reacciones químicas que involucran la materia orgánica como reactivo, por lo cual resulta conveniente agrupar estas reacciones para facilitar su estudio y comprender cómo ocurre la transformación. Clasificar los compuestos orgánicos y las reacciones químicas que experimentan ha permitido el desarrollo de compuestos selectivos y eficientes, mejorándose diversidad de procesos industriales.

La manufactura de un material nuevo resulta de una planificación que involucra el estudio, diseño, síntesis y manipulación de átomos y moléculas. Dicha planificación implica la escogencia del compuesto de partida y la elección del disolvente, considerando, además de su polaridad, la peligrosidad que implica su producción, almacenamiento, manipulación y transporte. También supone la naturaleza del reactivo a emplear, ya que éste puede: alargar o acortar el número de átomos en la cadena carbonada, limitarse a transformar el grupo funcional, o incluso conllevar a la formación de isómeros.

Igualmente debe tenerse en cuenta al momento de plantear la síntesis, la estequiometría de la reacción, la influencia de la temperatura, la presión, la concentración de catalizador, la ocurrencia de reacciones indeseadas, así como las técnicas que se emplearán para separar los productos.

Te invito a descubrir la utilidad de las reacciones orgánicas y cómo ellas cambian la estructura y propiedades de los compuestos de partida. En esta lectura podrás aprender sobre estas reacciones, los factores que influyen en ellas, su representación y clasificación; facilitando la comprensión de los procesos a través de los cuales ocurren.

Hay reacciones químicas que demandan energía

Uno de los juegos populares en nuestro país, y en muchos otros de nuestro continente, es el juego de metras o canicas. Una manera de realizar este juego consiste en lanzar la metra en determinado sentido y aplicando determinada fuerza, para lograr golpear, durante cinco veces consecutivas, la metra de alguno de los oponentes.

Golpear la canica de tu oponente requiere práctica, puesto que si la energía proporcionada a la metra coincide con la necesaria para expulsar la de tu compañero y mantener la tuya dentro de los límites establecidos, permanecerás en el juego; si la energía aplicada es insuficiente, no ocurrirá la colisión. Una tercera circunstancia que puede plantearse es que la metra se mueva en una dirección indeseada.



Figura 11.1. Colisiones en el juego de metras o canicas.

Estas circunstancias pueden, con algunas consideraciones, contrastarse con la primera teoría postulada, hace casi un siglo, para explicar la ocurrencia de los cambios químicos. Considerando a los reactivos como esferas rígidas, se planteó que éstos deben colisionar con la orientación y la energía necesarias características de cada proceso, es decir, **colisionar efectivamente**, venciendo las fuerzas de enlace y produciéndose una reorganización de sus átomos.

Las colisiones efectivas permiten la formación del producto por ruptura o formación de enlaces. Consecuentemente, la energía necesaria para que se produzca una colisión efectiva se denomina **energía de activación** (E_a) y el postulado se conoce como **teoría de las colisiones**, el cual considera que no todos los choques conducen a la reacción química, ya que la orientación puede ser inadecuada y la energía ser inferior a la energía de activación.

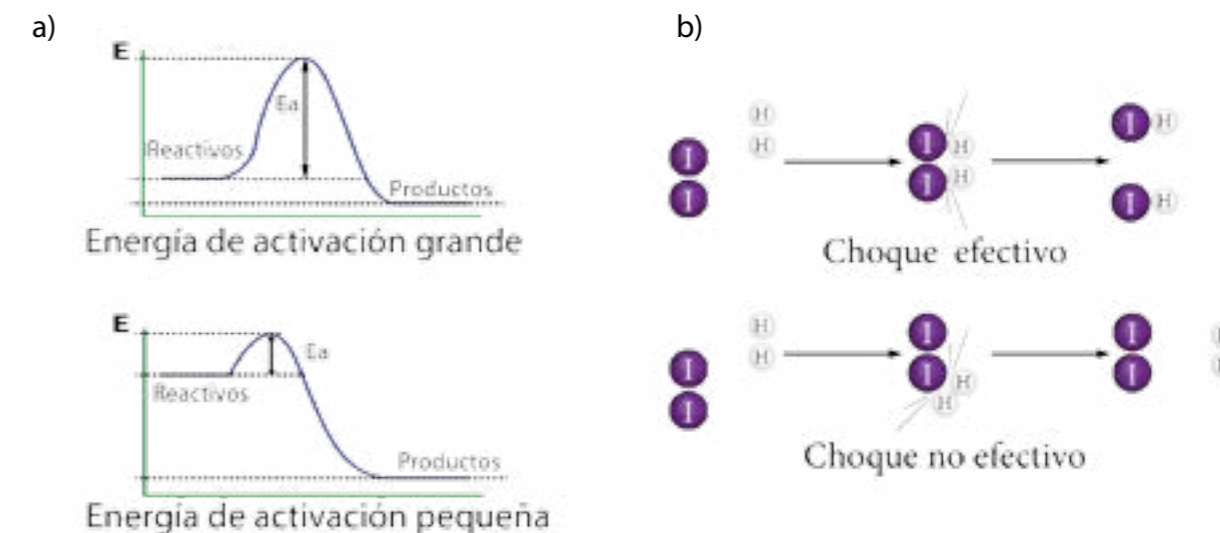


Figura 11.2. a) Diagramas de energía. b) Colisiones efectivas y no efectivas en la síntesis de yoduro de hidrógeno (HI).

Los diagramas de energía como los ilustrados en la figura 11.2a, son una representación de los cambios de energía que se producen durante cada reacción química. En ellos podemos apreciar la diferencia de energía que hay entre los reactivos y los productos, así como la energía necesaria (E_a) para que ocurra la transformación y la formación de especies inestables, cuya estructura es intermedia entre reactivos y productos, denominadas **estados de transición** o **complejos activados**, y ubicadas en el o los máximos de la curva (figura 11.4).

Cómo se mencionó anteriormente, la reacción es producto de una colisión efectiva (figura 11.2b), y la magnitud de la energía requerida varía de acuerdo a los reactivos. Algunos compuestos, según su naturaleza, dispondrán de la energía necesaria a temperatura ambiente y se transformarán espontáneamente, en cambio, otros requerirán del uso de catalizadores, suministro de energía térmica y otras condiciones de reacción específicas para producirse o acelerar su ocurrencia, ya que tardarían más tiempo en condiciones normales.

En la figura 11.3 la energía de los reactivos y productos es diferente, cuando los productos de reacción tienen menor energía que los reactivos, el sistema *libera energía* en forma de calor o de luz, considerándose una reacción **exotérmica** ($\Delta H < 0$). Mientras que cuando la energía de los productos es mayor que la de los reactivos, ocurre *absorción de energía*, considerándose **endotérmica** ($\Delta H > 0$). El compuesto con menor energía es el más estable ya que a menor energía mayor es la estabilidad. En cambio, cuando la energía de reactivos y productos coincide, la reacción es **termoneutra** ($\Delta H = 0$).

Cuando se quiere acelerar la rapidez de una reacción se utiliza un catalizador, el cual disminuye la energía de activación.

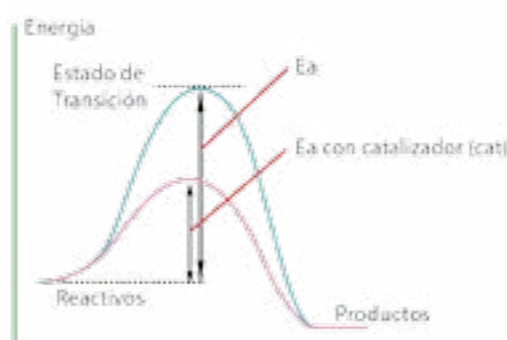


Figura 11.4. Disminución de la energía de activación (E_a) con el uso de un catalizador.

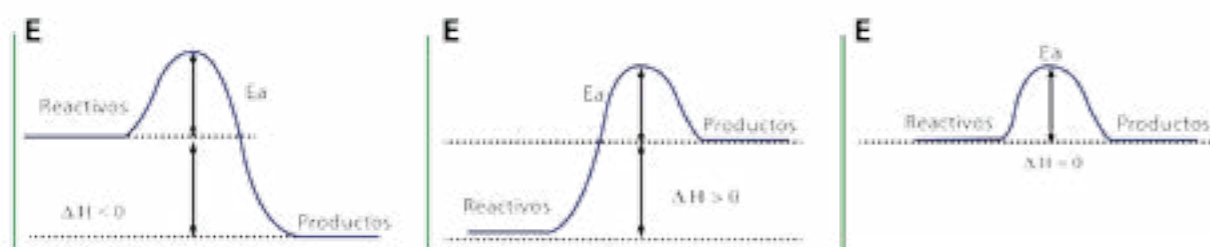


Figura 11.3. a) Reacción exotérmica. b) Reacción endotérmica. c) Reacción termoneutra.

Para saber más...

El ácido sulfúrico, solvente y reactivo empleado en diversas reacciones orgánicas, genera suficiente calor al mezclarse con el agua para aumentar la temperatura de la misma desde 25°C hasta más de 100°C, ocasionando salpicaduras y reacciones violentas promovidas por el calor liberado. Por esta razón, debe agregarse lentamente el ácido al agua y no al contrario.



Formando y modificando enlaces covalentes

Así como resulta conveniente realizar una distribución equitativa de las responsabilidades y gastos que implica el cuidado de una mascota, la realización de un trabajo, la manutención del hogar o el vehículo, la realización de los quehaceres del hogar... De igual manera, en las reacciones orgánicas es común que se produzcan *distribuciones equitativas o no*, del par electrónico que conforma el enlace covalente. Recuerda que estos enlaces están formados por dos electrones ($2e^-$) ubicados entre los átomos enlazados.

Dependiendo de la naturaleza del compuesto orgánico, las reacciones pueden involucrar ruptura de enlaces, formación de nuevos enlaces o ambos procesos. En algunos casos, se romperá un enlace antes de la formación de uno nuevo, en otros ocurrirá la ruptura-formación simultáneamente, y también puede darse el caso de la formación del enlace nuevo y luego la ruptura del enlace precedente (figura 11.5).

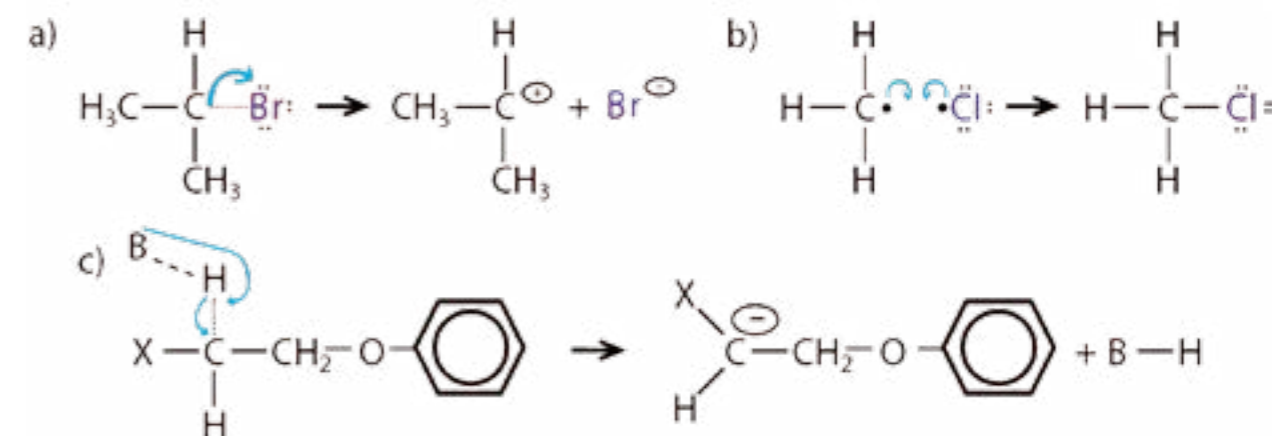


Figura 11.5. a) Ruptura de un enlace. b) Formación de un enlace. c) Ambos procesos.

La ruptura de enlaces entre dos átomos iguales o diferentes puede originar, de acuerdo a la distribución de los electrones que conforman dicho enlace, diferentes entidades químicas. La ruptura se clasifica como **homolítica** cuando cada átomo conserva uno de los electrones ($1e^-$) y **heterolítica** cuando sólo uno de ellos conserva el par electrónico ($2e^-$). Las estructuras representadas en la figura 11.6 corresponden a un modelo utilizado para facilitar la visualización de los electrones de valencia de los átomos, así como la formación y ruptura de sus enlaces.

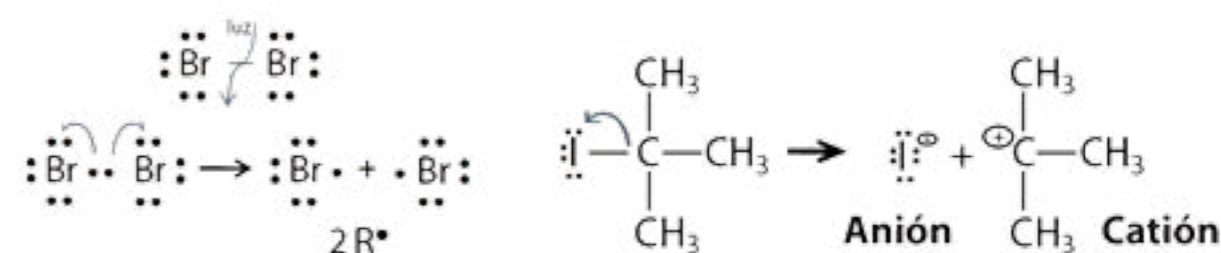


Figura 11.6. Ruptura de enlaces covalentes y la distribución de los electrones en compuestos neutros.

Observa la figura anterior, la ruptura homolítica conlleva a la formación de entidades químicas neutras llamadas **radicales** (R^\bullet), caracterizadas por conservar uno de los electrones ($1e^-$) que formaban el enlace. En cambio, cuando uno de los átomos que constituía el enlace conserva el par de electrones ($2e^-$), el otro átomo queda con carga positiva ya que cede el electrón. Estas últimas entidades químicas se generan cuando ocurre la ruptura heterolítica en un compuesto neutro y son de carácter iónico.

Así, en una ruptura heterolítica, una de las entidades químicas resultantes se queda con el par de electrones y tiene carga negativa. Recibe el nombre de nucleófilo, ya que al tener exceso de electrones "buscará" equilibrarse con un núcleo deficiente en electrones. La otra entidad química que resulta tiene carga positiva y se denomina electrófilo (del griego "filo": afinidad, amor por), puesto que "buscará" electrones para equilibrarse.

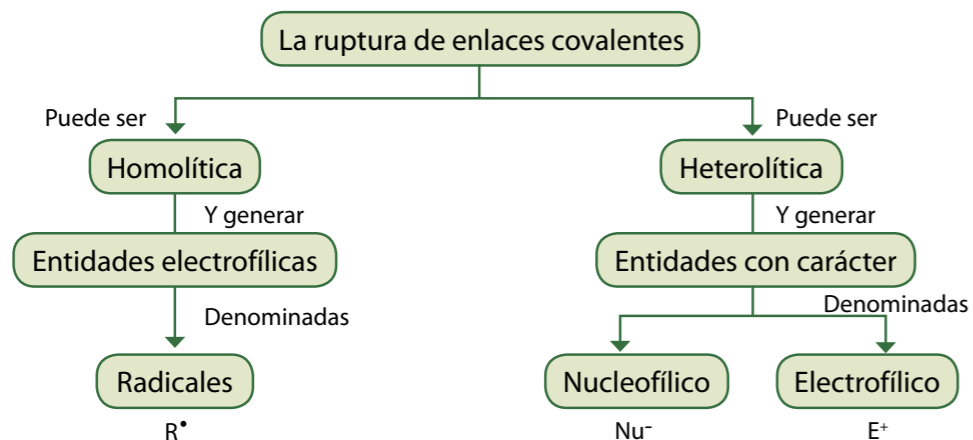


Figura 11.7. Tipos de ruptura en enlaces covalentes.

La disponibilidad o deficiencia de densidad de carga o electrones confiere características nucleofílicas o electrofílicas a los compuestos orgánicos (**sustratos**). Cuando la deficiencia electrónica está localizada en un átomo de carbono, este último tiene carácter electrofílico y se denomina **carbocación o carbonio** (C^+). Si por el contrario, el átomo de carbono es rico en electrones, su carácter es nucleofílico y se denomina **carbanión** (C^-).

Para saber mas...

Nuestro organismo genera diariamente, a través de la respiración, especies muy reactivas deficientes de electrones, los *radicales libres*. La alimentación desbalanceada y la exposición a la contaminación, entre otros factores, promueven no sólo su formación sino la reacción entre los radicales libres y nuestras estructuras biológicas (lípidos, proteínas...), haciéndonos propensos al desarrollo de enfermedades y al envejecimiento. ¡Contrarresta estos efectos suministrando alimentos antioxidantes a tu organismo!



Describe las reacciones en química orgánica

Los acuerdos universales para la descripción de las reacciones químicas que empleamos en tercer año, tienen validez en el campo de la química orgánica con algunas variaciones o ampliaciones. Como viste en el tema de reacciones químicas, las sustancias que reaccionan se escriben del lado izquierdo de la flecha horizontal, ahora denominados **sustrato y reactivos**, separados con signo positivo, +. Sobre o debajo de la flecha de reacción se especifican las condiciones de reacción (temperatura, presión, catalizador...). Por último, los **productos** se escriben del lado derecho también separados con el signo positivo, +.

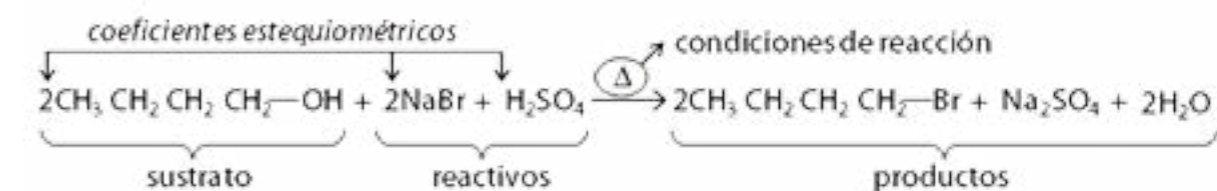


Figura 11.8. Símbolos comunes en las reacciones orgánicas.

Las reacciones se llevan a cabo a través de uno o más pasos de reacción. Cuando la transformación del sustrato ocurre a través de varias reacciones, se especifican las ecuaciones que describen cada uno de los pasos que conducen a la formación del producto, y mediante flechas se señalan los ataques de especies nucleofílicas o con carácter nucleofílico hacia los electrófilos o el sustrato.

Estas señalizaciones y la o las ecuaciones, considerando la estereoquímica del sustrato, constituyen el **mecanismo de reacción**, el cual es un modelo teórico que facilita la comprensión de los resultados de una reacción química; detallando la secuencia de las rupturas y formaciones de enlaces, así como, el movimiento de los electrones, átomos o grupos de átomos durante la transformación.

El mecanismo de reacción de la síntesis de diclorometano (CH_2Cl_2) ocurre en tres etapas (figura 11.9). La primera de ellas describe la ruptura homolítica del cloro molecular promovida por calor o luz. En este primer paso se rompe el enlace cloro-cloro ($\text{Cl}-\text{Cl}$). Como ejemplo, presentamos el mecanismo de reacción de la síntesis de diclorometano (CH_2Cl_2), un solvente que se usa incluso para descafeinar el café. Su síntesis ocurre en tres pasos. En el primero, se rompe el enlace cloro-cloro ($\text{Cl}-\text{Cl}$).

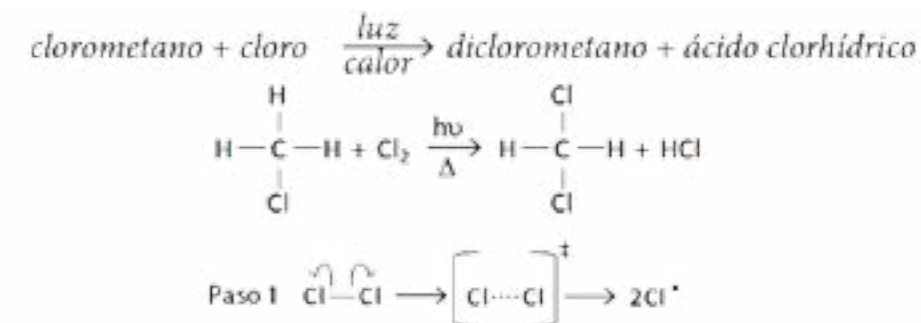
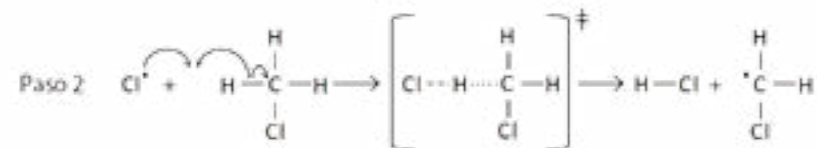
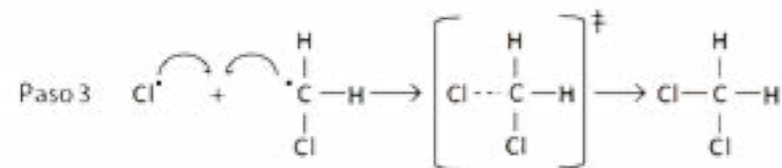


Figura 11.9. Reacción general y primer paso en la síntesis del diclorometano.

El segundo paso implica la formación de un enlace cloro-hidrógeno (Cl-H) entre el radical Cl[•] y el átomo de H de la molécula de clorometano, así como la ruptura del enlace hidrógeno-carbono (H-C) en el sustrato.



Mientras que el tercer paso muestra la formación del enlace cloro-carbono (Cl-C) entre el segundo radical Cl[•] y el átomo de C del radical de clorometilo obteniéndose la molécula de diclorometano.



En cada una de las ecuaciones observamos los símbolos más comunes que las acompañan: las condiciones de reacción, los coeficientes estequiométricos. Además, se simboliza entre corchetes [] con el símbolo ‡ como superíndice, el estado de transición ([][‡]).

Cuando la reacción ocurre en un sólo paso, la ruptura de un enlace y la formación de otro nuevo ocurren simultáneamente, representado mediante el estado de transición, tal que conduce a la formación del producto de la reacción sin la formación de especies intermediarias. Este proceso se denomina **concertado**, representado en la figura 11.10.

Concertado

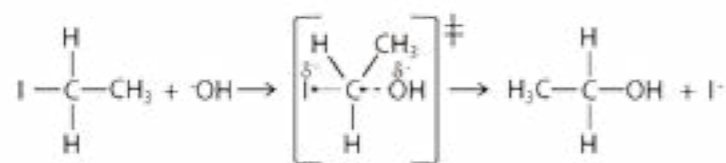


Figura 11.10. Proceso concertado: el yodoetano reacciona con un radical -OH para producir etanol (alcohol etílico), presente en las bebidas alcohólicas.

En cambio, cuando se forma una especie lo suficientemente estable para ser detectada mediante técnicas físicas o químicas, denominada **intermediario**, la ruptura y formación de enlaces se produce por **pasos o etapas** (figura 11.11). Los intermediarios más comunes son las entidades químicas del carbono: radicales libres, carbocationes, carbaniones y carbenos.

Por pasos



Figura 11.11. Proceso por pasos en las reacciones orgánicas.

En la tabla 11.1 presentamos un resumen de los símbolos más utilizados en las ecuaciones orgánicas.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
+	Reacciona con, más, y	GE	Grupo entrante
→	Produce o genera	GS	Grupo saliente
↓	Formación de precipitado	Nu, Nu ⁻	Agente nucleofílico
		E, E ⁺	Agente electrofílico
↑	Liberación de un gas	R [•]	Radical libre
⊕	Carga positiva, deficiente en densidad electrónica	R	Cualquier grupo alquilo
		⇌	Equilibrio
⊖	Carga negativa, par electrónico disponible.	hν Luz	Luz solar, UV
•	Electrón solitario (1e ⁻)	↷ ó ↶	Dirección del movimiento de 1e ⁻
••	Par electrónico (2e ⁻)	↷ ó ↶	Dirección del movimiento de 2e ⁻
(ac) (aq)	Acuoso	Δ → , → Δ	Debe suministrarse energía
(conc)	Concentrado	cat → , → Enzimas	Usar un catalizador
(dil)	Diluido	273K → , → T	Temperatura requerida
Br ₂ /CCl ₄	Bromo disuelto en tetracloruro de carbono	500 psi → , → P	Presión requerida
HO ⁻ /H ₂ O	Medio básico	H ₃ O ⁺ /H ₂ O	Medio ácido
		1. T: 340 °C, 170atm 2. H ₃ O ⁺	Condiciones de reacción, pasos a seguir en la síntesis
		[] [‡]	Estado de transición o complejo activado

Tabla 11.1. Símbolos utilizados en las ecuaciones orgánicas.

Sustratos y gestores en las reacciones químicas

Recuerda que las transformaciones químicas implican cambios en el *sustrato* debido a su reacción con el **reactivo**, siendo este último la especie química capaz de causar la transformación, en determinadas condiciones de reacción.

Diversidad de reacciones orgánicas requieren la formación de una especie catiónica, aniónica o neutra, en uno de los pasos que conforman el mecanismo de reacción. Generalmente, los carbocationes y carbaniones provienen de la adición de un reactivo a compuestos con insaturaciones, o a través de la ruptura heterolítica de un enlace en determinado sustrato. Los radicales provienen de reacciones homolíticas al aplicar calor o luz; mientras que los **carbenos**, átomos de carbono neutros con un par de electrones sin compartir y dos enlaces covalentes, se generan por la pérdida consecutiva de dos sustituyentes o mediante una reacción de descomposición.

La formación de intermediarios del carbono está determinada por el **tipo de carbono** que debe soportar la carga o electrón. En la tabla 11.2 se presentan los *tipos de carbono*, (destacado con una "C" de color rojo, considerando el número de enlaces que establece con otros átomos de carbono o con átomos de otros elementos).

Tipo de carbono	El carbono está enlazado a	Ejemplo	Fórmula estructural semi-desarrollada	Tipo de sustrato
Primario	1 átomo de C y 3 átomos ≠ C	Yodo etano	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—I}$	Primario
Secundario	2 átomos de C y 2 átomos ≠ C	2-yodo propano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH—I} \end{array}$	Secundario
Terciario	3 átomos de C y 1 átomo ≠ C	2-metil-2-yodopropano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—I} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Terciario
Cuaternario	4 átomos de C y 0 átomos ≠ C	2,2-dimetil yodopropano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_2\text{—I} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Primario

Tabla 11.2. Clasificación de los sustratos de acuerdo al tipo de carbono (C) enlazado al grupo funcional.

Como seguramente notaste en la tabla anterior, el tipo de carbono no siempre corresponde con el tipo de sustrato. Los alcoholes y haluros de alquilo serán primarios, secundarios o terciarios de acuerdo al *tipo de carbono* al cual están unidos, en cambio, las aminas se clasifican en primarias, secundarias o terciarias de acuerdo al *número de átomos de carbono* con los cuales se encuentran enlazadas a través del átomo de nitrógeno. En la tabla 11.3 se resumen e ilustran los tipos de alcoholes y aminas unidos a carbonos saturados.

Alcohol (-OH)	Grupo funcional	Amina (-NH ₂ , -NHR, -NRR')	Grupo funcional
Primario $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—OH} \end{array}$	Enlazado a: un carbono primario	Primaria $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH}_3 \\ \\ \text{H—N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Enlazado a: un átomo de carbono
Secundario $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—OH} \end{array}$	Enlazado a: un carbono secundario	Secundaria $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH}_3 \\ \\ \text{H—N} \\ \\ \text{CH}_3 \text{ (R)} \end{array}$	Enlazado a: dos átomos de carbono
Terciario $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{—C—OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Enlazado a: un carbono terciario.	Terciaria $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—N} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \text{ (R)} \quad \text{CH}_3 \text{ (R)} \end{array}$	Enlazado a: tres átomos de carbono

Tabla 11.3. Tipos de alcoholes y aminas alifáticas. (R) corresponde al grupo -CH₃ en -NHR y -NRR' mientras que (R') corresponde al grupo -CH₂CH₂CH₃.

Como estudiaste en las lecturas de isomería y resonancia, existe relación entre la estructura molecular y la reactividad del sustrato, lo que determina en la mayoría de los casos la ocurrencia o no de determinada reacción, la velocidad con la cual ocurre la misma y la formación de uno o más productos, razón por la cual resulta importante saber identificar los tipos de sustrato.

Los grupos funcionales influyen en las características de los sustratos ya que, dependiendo de dichos grupos, el sustrato reaccionará preferentemente con ciertos reactivos, bajo ciertas condiciones de reacción y a través de uno u otro proceso, formándose un sólo producto o una mezcla de productos. Además, el grupo funcional puede actuar como un sustituyente que orienta la reacción, hacia un producto preferente o a través de un proceso en vez de otro. Conocer las características del sustrato o del producto deseado, permite favorecer o desfavorecer las condiciones para la formación de un intermediario y *planificar* la síntesis para la obtención del producto deseado.

Para saber mas...

La aplicación de formaldehído (formol) como conservante de material anatómico, está siendo reemplazada por un esterilizante y desinfectante capaz de controlar la aparición de hongos y bacterias (Bromuro de lauril dimetil bencilamonio al 10%), implementado y manufacturado en nuestro país.

Aunque el formol inhibe la descomposición de tejidos orgánicos, su manipulación es nociva por inhalación (respiratorio) e ingestión (digestivo), y por absorción (cutáneo), produce ulceraciones, siendo peligrosa su aplicación en uñas y cabellos.



Aquellos sustituyentes que sean capaces de estabilizar la deficiencia de densidad electrónica en un átomo, ya que aportan densidad electrónica por resonancia o por efectos inductivos, se denominan **grupos dadores**. Estos estabilizan la formación de carbocationes (C^+) y radicales libres (R^\bullet), por lo tanto, mientras más sustituyentes dadores de densidad electrónica posea ese átomo de carbono, mayor será la estabilidad del mismo y, por lo tanto, se favorecerán aquellas reacciones que involucren la formación de estas especies electrofílicas, a menos que se vean desfavorecidos por impedimentos estéricos.

En general, la estabilidad de carbocationes y radicales alquílicos se estima de acuerdo a la energía requerida para romper el enlace y se clasifican de acuerdo al *tipo de carbono* en el cual está ubicada la carga o el electrón. En general, los carbocationes y radicales libres terciarios son más estables que los secundarios, y éstos a su vez que los primarios.

Intermediario	Terciario	>	Secundario	>	Primario
Carbocatión 	$\begin{array}{c} R \\ \\ R-C^+ \\ \\ R \end{array}$	>	$\begin{array}{c} H \\ \\ R-C^+ \\ \\ R \end{array}$	>	$\begin{array}{c} H \\ \\ R-C^+ \\ \\ H \end{array}$
Radical 	$\begin{array}{c} R \\ \\ R-C^\bullet \\ \\ R \end{array}$	>	$\begin{array}{c} H \\ \\ R-C^\bullet \\ \\ R \end{array}$	>	$\begin{array}{c} H \\ \\ R-C^\bullet \\ \\ H \end{array}$

Tabla 11.4. Estabilidad y representación de los intermediarios carbocatiónicos y radicales.

En cambio, aquellos sustituyentes que atraen densidad electrónica, denominados **grupos atractores**, estabilizan la formación de carbaniones (C^-) principalmente, cuando uno de los sustituyentes es un grupo atractor de electrones y está enlazado al átomo de carbono que soporta la carga, favoreciendo las reacciones que involucren especies con carácter nucleofílico. Por lo general, la estabilidad de carbaniones en compuestos alquílicos es la presentada en la tabla 11.5.



Tabla 11.5. Estabilidad y representación de los intermediarios carbaniónicos.

La figura 11.12 plantea concretamente la importancia y clasificación de los sustituyentes en los sustratos y por ende en las reacciones orgánicas.

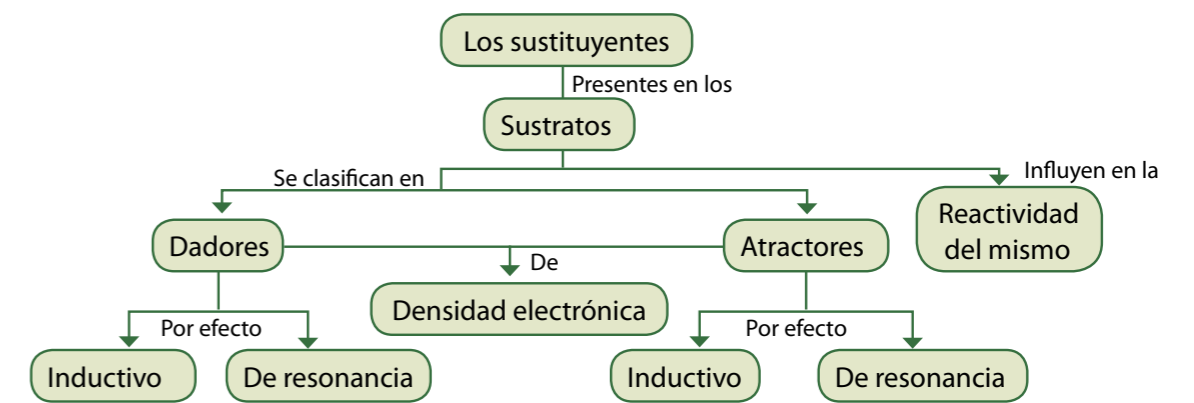


Figura 11.12. Clasificación de los sustituyentes de acuerdo a su efecto electrónico.

La reactividad del sustrato, las características básicas, ácidas, nucleofílicas o electrofílicas de los reactivos, al igual que la polaridad del disolvente, son determinantes en el tipo de reacción y el proceso a través del cual se lleva a cabo. Recuerda que los disolventes se clasifican de acuerdo a su capacidad para estabilizar los iones o las entidades químicas a través de la solvatación o de otras interacciones en: polares próticos como el agua, polares apróticos como la acetona y apolares como el hexano

Agrupando los tipos de reacciones orgánicas

Como ya vimos que definir criterios de clasificación permite, además de agrupar, facilitar el estudio del objeto en investigación. Las plantas y los animales se clasifican de acuerdo a la especie, los alimentos pueden clasificarse según el aporte de energía, su composición e incluso su procedencia, la materia de acuerdo a su composición y los compuestos orgánicos se agrupan de acuerdo a su *grupo funcional*.

La clasificación más general de las reacciones orgánicas, basándose en el tipo de producto que se genera, la reactividad del sustrato y el cambio de estructura e incluso de grupo funcional que se produce en el sustrato, se presenta a continuación. Los seres humanos hemos aprendido a controlar reacciones químicas orgánicas de los distintos tipos. Y gracias a ello elaboramos medicinas, fibras textiles y plásticos, entre otros productos.

1. Reacción de **sustitución o desplazamiento**.

En las reacciones de sustitución, un átomo o grupo de átomos de la molécula del sustrato (grupo saliente, GS) es sustituido por otro átomo o grupo de átomos (grupo entrante, GE), suministrado por el reactivo. El grupo saliente debe ser lo suficientemente estable, una vez desprendido, como para no atacar al producto y así regenerar el sustrato.



Figura 11.13. Ecuación general de reacciones de sustitución.

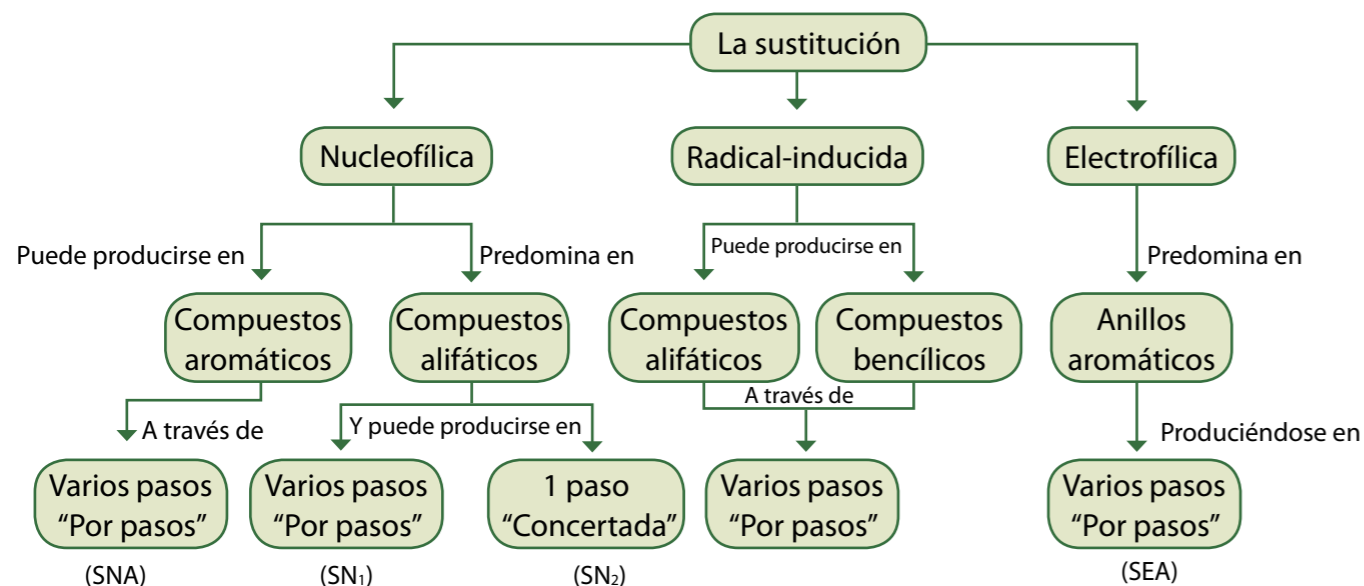


Figura 11.14. Tipos de reacción de sustitución de acuerdo a las características del reactivo.

La reacción de sustitución cuyo reactivo posee características nucleofílicas se denomina sustitución nucleofílica. Cuando el reactivo es un radical la denominamos radical-inducida, ya que es éste el que induce la sustitución. Y aquéllas cuyo reactivo actúa como electrófilo, se denominan sustituciones electrofílicas. Por otra parte, hay sustituciones que ocurren por pasos, implicando la formación de compuestos intermediarios. Mientras que otras, llamadas concertadas, se dan en un sólo paso.

El tipo de sustitución dependerá de la naturaleza del sustrato, de las características del grupo entrante, de la polaridad del solvente e incluso de la naturaleza del grupo saliente. El entendimiento detallado de las diferentes reacciones de sustitución ayuda a predecir el producto resultante. Esto, además permite optimizar una reacción respecto a variables como la temperatura o la elección del disolvente. Un ejemplo de sustitución lo tenemos en la producción del anestésico halotano a partir del tricloroetileno. ¿Puedes decir de qué tipo es?



Para saber mas...

El etanol se puede obtener mediante más de un tipo de reacción orgánica. El mismo se puede sintetizar a partir de tres sustratos diferentes: haluro de alquilo, alqueno y aldehído.



Reacción	SN ₁	SN ₂	SEA
Proceso	Por pasos	Concertado	Por pasos
Intermediario	Carbocatión 	Sin intermediario 	Complejo σ
Sustrato	Alifático secundario y terciario	Alifático primario y secundario	Anillos aromáticos
Solvente	Polar prótico	Polar aprótico	Polar
Entidad química	Nucleófilo débil	Nucleófilo fuerte	Electrófilo
Observaciones	Pueden generarse rearrreglos Productos con y sin inversión de configuración	Se invierte la configuración Considera los efectos estéricos	Los sustituyentes dadores estabilizan el complejo
Algunas reacciones	Síntesis de alcoholes y haluros terciarios	Síntesis de alcoholes y haluros primarios	Nitración, halogenación alquilación

Tabla 11.6. Características generales de las reacciones de sustitución más frecuentes.

2. Reacción de eliminación.

Se caracteriza por la salida de dos grupos (átomos o moléculas) pertenecientes al sustrato, actuando como grupos salientes comúnmente el agua (H₂O), bromuro de hidrógeno (HBr) o bromo (Br₂). La salida de los grupos se refleja en la disminución del número de átomos en el sustrato, pudiendo incrementarse el número de insaturaciones. Para vislumbrar mejor este tipo de reacciones, es necesario identificar cuán cerca están los dos grupos salientes en la molécula del sustrato.

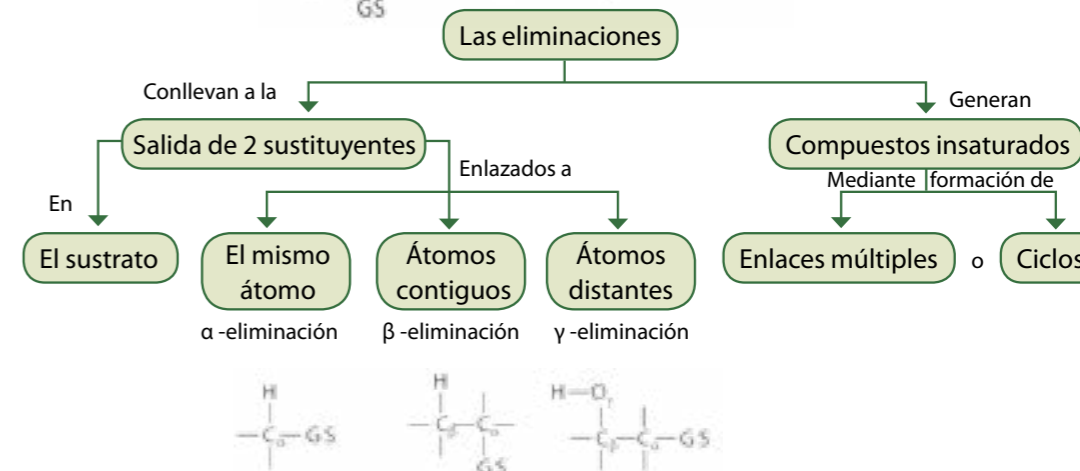
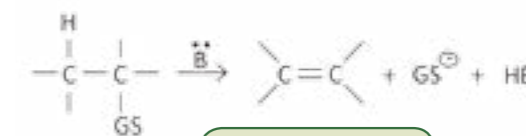


Figura 11.15. Proximidad de los grupos salientes en la reacción de eliminación.

La β-eliminación es la reacción más común y generalmente uno de los GS es el átomo de hidrógeno (H).

Reacción	E ₁	E ₂
Proceso	Por pasos	Concertado
Intermediario	Carbocatión	Sin intermediario
Sustrato	Secundario y terciario	Primario y secundario
Solvente	Polar, medio ácido	Baja polaridad
Entidad química	Base débil	Base fuerte
Observaciones	Sustituyentes voluminosos. Pueden experimentar rearrreglos	Sustituyentes poco voluminosos. Impedido por efectos estéricos
Algunas reacciones	Deshidratación, deshalogenación, deshidrohalogenación	

Tabla 11.7. Características generales de las reacciones de eliminación.

Un ejemplo de reacción de eliminación es la producción de eteno a partir de etanol. La pérdida del grupo saliente reduce el número de átomos en el sustrato y lleva a la formación de un doble enlace:

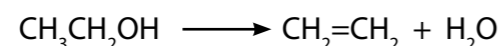


Figura 11.16. Investigación en química orgánica en el Intevep (Pdvsa).

3. Reacción de adición.

En este caso se forman nuevos enlaces sigma (σ) debido a la adición o incorporación al sustrato de un reactivo de naturaleza nucleofílica o electrofílica o de un radical. Los dos primeros son los casos más comunes (ver tabla 11.8).



Figura 11.17. Ecuación general de reacciones de adición.

Reacción	Nucleofílica	Electrofílica
Proceso	Por pasos	Por pasos
Intermediario	Carbanión	Carbocatión
Sustrato	Carbonilos, iminas	Alquenos
Solvente	Polar (prótico o aprótico) o apolar, según la reacción	
Entidad química	Nucleófilo (Nu)	Electrófilo (E)
Observaciones	Disminución del número de insaturaciones	
Algunas reacciones	Hidratación, formación de cianohidrin	Hidratación, hidrogenación, halogenación

Tabla 11.8. Características generales de las reacciones de adición.

4. Reacción de tautomería (rearrreglo, reagrupamiento, reordenamiento).

En estas reacciones el sustrato difiere del producto sólo en la disposición de sus átomos y enlaces, por esto también se denominan transposiciones o reordenamientos internos. En la figura 11.18 se resumen comparativamente las características tanto del sustrato como del grupo que migrará para las reacciones tautoméricas.

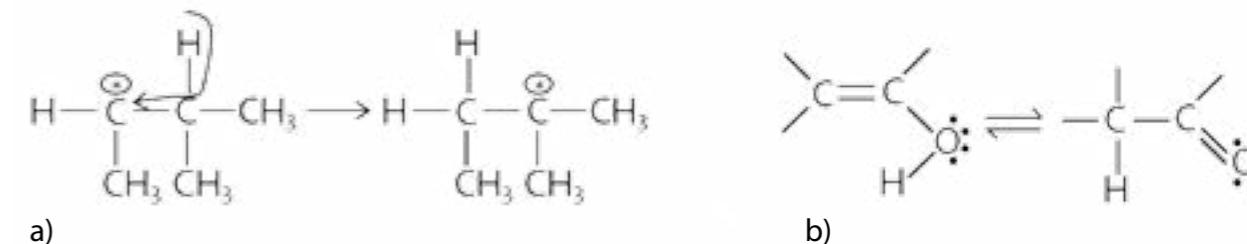
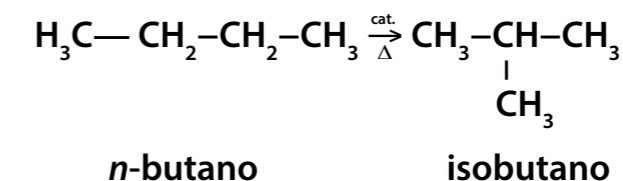


Figura 11.18. Rearreglos por migración de un átomo de hidrógeno. a) Formación de intermediario más estable b) Equilibrio ceto-enólico.

Un ejemplo de este tipo de reacción es el de la transformación del n-butano en isobutano. El n-butano se usa principalmente como combustible en las bombonas domésticas y en los encendedores de bolsillo. El isobutano se emplea como disolvente y refrigerante (no daña la capa de ozono).



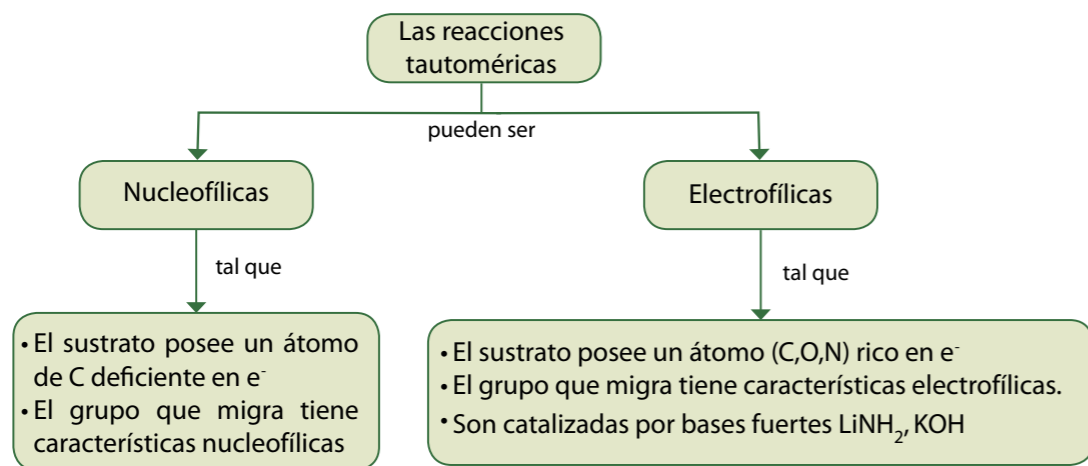


Figura 11.18. Tipos de reacciones tautoméricas de acuerdo a las características del reactivo.

5. Reacciones de óxido-reducción.

Así como existen pares conjugados ácido-base, donde una sustancia dona protones o recibe un par de electrones porque otra sustancia acepta esos protones o cede esos electrones, así también existen parejas redox, donde un compuesto se oxida porque otro se está reduciendo. Para los compuestos de carbono, los estados de oxidación en orden decreciente son los mostrados en la figura 11.19. Para generar la oxidación o la reducción de estos compuestos participan agentes oxidantes o reductores, respectivamente.

Los procesos redox de compuestos orgánicos tienen una importancia clave en el metabolismo de los seres vivos; por ejemplo, en la fotosíntesis y también en la respiración aeróbica. En todos ellos actúan coenzimas como agentes bien sea oxidantes o reductores.

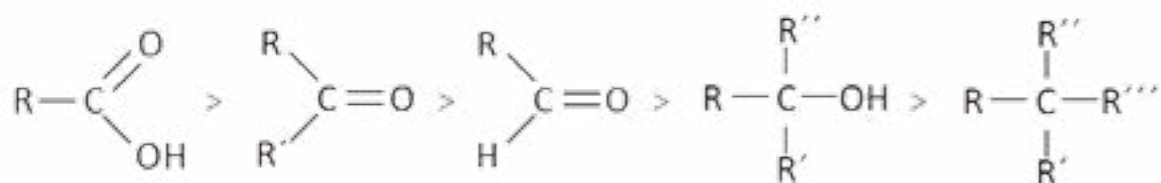


Figura 11.19. Orden decreciente del estado de oxidación en los átomos de carbono (C) en compuestos orgánicos.

Como puedes concluir, las reacciones químicas orgánicas se clasifican con base en diversos criterios, que en vez de excluirse se complementan y facilitan el estudio. En la figura 11.20 presentamos un resumen de los mismos.

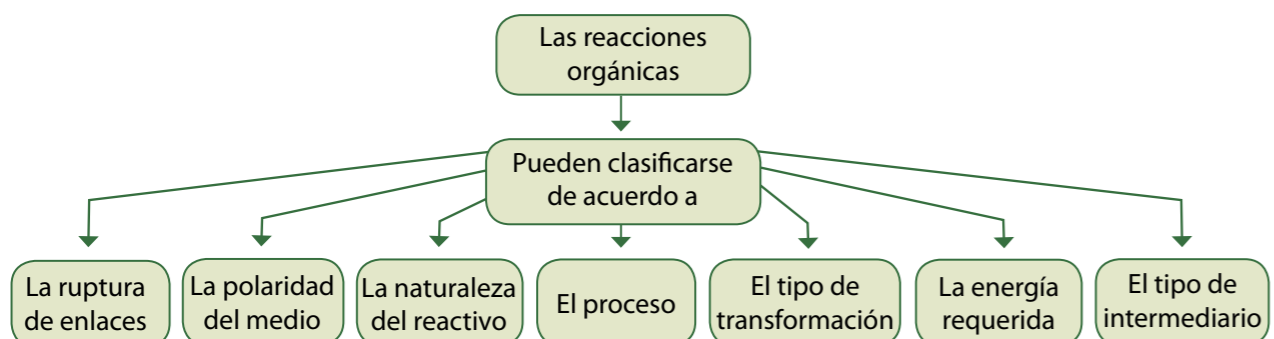


Figura 11.20. Criterios de clasificación de las reacciones orgánicas.

Hidrocarburos: restringidos a carbono e hidrógeno

La naturaleza de los compuestos orgánicos determina sus propiedades y su reactividad, en el caso de los hidrocarburos, se encuentran constituidos por carbono e hidrógeno, enlazados mediante enlaces covalentes. Los átomos de carbono de la cadena carbonada pueden enlazarse *únicamente por enlaces sigma (σ)* y mediante la *combinación de enlaces sigma (σ) y pi (π)*, llamados **enlaces múltiples**; para generar hidrocarburos alifáticos saturados e insaturados, respectivamente.

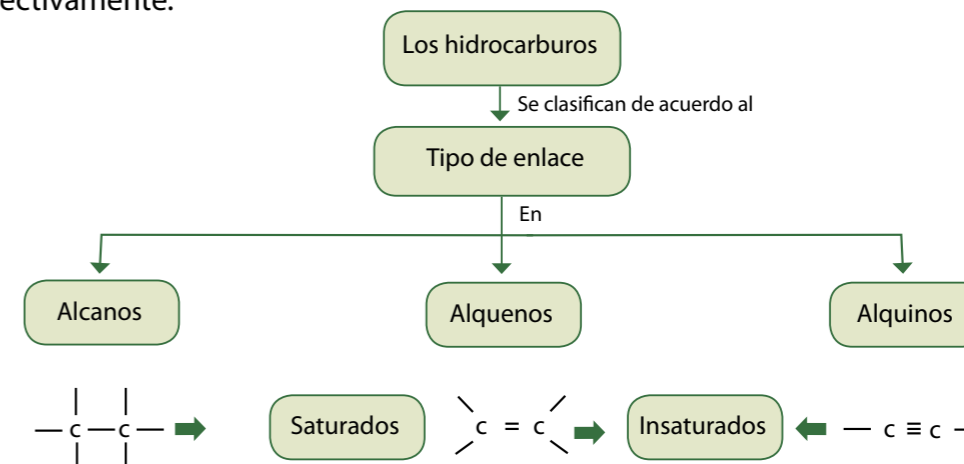


Figura 11.21. Clasificación de los hidrocarburos de cadena abierta.

Conocer las propiedades físicas y la reactividad de los sustratos (hidrocarburos alifáticos) permite, además de planificar la síntesis de algún compuesto, identificar mediante ensayos y análisis compuestos desconocidos. Iniciemos comparando las estructuras de estos compuestos ilustrados en la figura 11.21. En el caso de los alquenos, el número de insaturaciones es uno, mientras que los alquinos tienen 2 insaturaciones por cada enlace triple. En referencia a los enlaces múltiples, puede haber uno o más a lo largo de la cadena, siendo *acumulados*, *conjugados* y *aislados* en el caso de los alquenos; *conjugados* y *aislados* en los alquinos (figura 11.22).

Las propiedades físicas de alcanos, alquenos y alquinos son similares. En referencia a la polaridad del hidrocarburo alifático, es baja ya que todos están constituidos por átomos de carbono e hidrógeno, cuyas electronegatividades son parecidas y al determinar el momento dipolar entre dos átomos de carbono y entre los átomos de carbono e hidrógeno, la magnitud es cero en el primer caso o pequeña en el segundo caso.

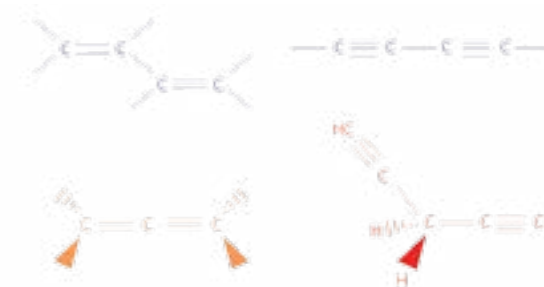


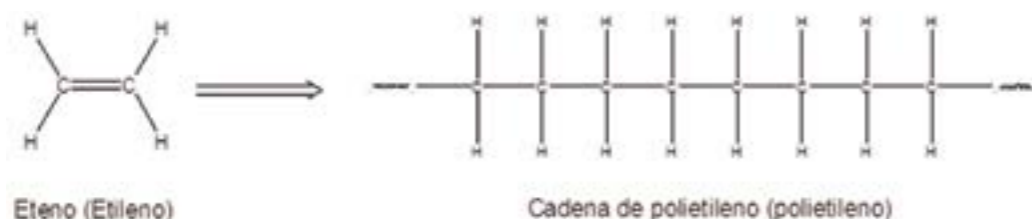
Figura 11.22. Proximidad de enlaces múltiples. a) Acumulados. b) Conjugados. c) Aislados.

Respecto a los puntos de fusión y ebullición, se incrementan con el aumento del número de átomos de la cadena, es decir, con el incremento de la masa molar molecular (M) y disminuyen con la ramificación del sustrato, ya que las interacciones de Van der Waals se hacen más débiles al ramificar. La imposibilidad de interactuar mediante fuerzas distintas a Van der Waals, determinan la solubilidad en disolventes orgánicos de poca polaridad y su insolubilidad en agua.

La principal diferencia entre los hidrocarburos lineales, además de su hibridación y estructura, se debe a la reactividad. El enlace múltiple le confiere carácter básico a los alquenos para reaccionar con especies deficientes de densidad electrónica, siendo además capaces de polarizar el enlace para reaccionar con nucleófilos. La reactividad se evidencia con diversas reacciones de adición e incluso sustitución, generando una amplia gama de productos con diversidad de grupos funcionales.

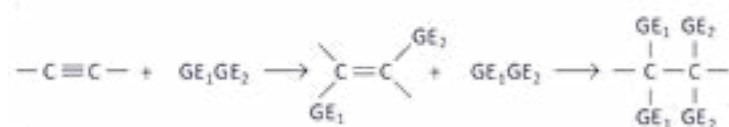


En este sentido, un alqueno muy interesante es el eteno, también llamado etileno. Su sencilla molécula de dos carbonos es muy reactiva, debido a su doble enlace, y permite transformarlo en muchos otros químicos, como etilén glicol o etanol. Puede incluso sufrir una reacción de adición consigo mismo, donde las moléculas de eteno se van enlazando para formar una larga cadena de polietileno, más conocido como polietileno. El polietileno es un polímero, quiere decir, una molécula grande formada por 500 a 20.000 o más unidades repetidas, conocidas como monómeros. El polietileno es el plástico más común y tiene múltiples usos: bolsas, películas plásticas, recipientes...

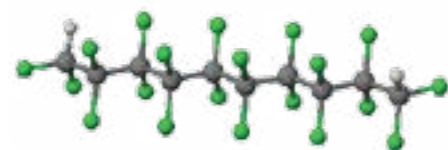


Así como los alquenos reaccionan principalmente mediante adiciones, ellos se sintetizan a través de reacciones de eliminación. Las principales reacciones para obtenerlos son la deshalogenación de dihaluros de alquilo, deshidrohalogenación de haluros de alquilo y deshidratación de alcoholes. En lecturas posteriores nos referiremos a estas reacciones.

Los alquinos son menos reactivos que los alquenos pero más reactivos que los alcanos. Al igual que los alquenos, experimentan reacciones de adición, siendo las más importantes las hidrogenaciones, halogenaciones, hidrohalogenaciones e hidrataciones.



El alquino de mayores aplicaciones es el etino, mejor conocido por su nombre común: acetileno. Es un gas que cuando se quema en presencia de oxígeno puro produce una llama de alrededor de 2.800 °C por lo que se utiliza en soldadura. A partir de él también se pueden sintetizar gran cantidad de compuestos orgánicos. Entre ellos, el PVC (siglas en inglés del policloruro de vinilo), el cual se forma por adición de ácido clorhídrico (HCl).



Policloruro de vinilo (PVC), $-(\text{CH}_2\text{CHCl})-$



Etino $\text{HC}\equiv\text{CH}$

El PVC es el tercer plástico más usado en el mundo, se trata de un material duro que se utiliza como sustituto del metal en tuberías y perfiles. Pero si se le añaden ciertas sustancias, conocidas como "plastificadores", se vuelve más suave y flexible, y sirve para elaborar tapicería y ropa, productos inflables y muchos sustitutos del caucho natural. Esta conversión del PVC no es magia sino química: se debe a que las sustancias plastificadoras permiten a las largas moléculas de polivinilo deslizarse unas sobre otras. Los métodos para obtener alquinos son la deshidrohalogenación de dihaluros de alquilo y la deshalogenación de tetrahaluros de alquilo.



Figura 11.23. Telas de policloruro de vinilo.

Por su parte, los alcanos son poco reactivos. Se obtienen, entre otras vías, al hidrogenar hidrocarburos alifáticos insaturados mediante reacciones de adición. Si se calientan a elevadas temperaturas alcanos de alta masa molar molecular, se genera eliminación de grupo alquílico, y las moléculas se rompen en otras más pequeñas. Esta reacción se conoce en la refinación de petróleo como craqueo, y se usa, por ejemplo, para obtener gasolina de alto octanaje.

Las reacciones orgánicas promueven la innovación tecnológica

La exposición permanente a las reacciones orgánicas y la necesidad de mejorar el vivir bien, el bien común y el desarrollo sustentable, ha sido en algunos casos la motivación de investigadoras e investigadores para la síntesis y el desarrollo de compuestos orgánicos novedosos. Es por esto que el estudio de la composición, la estructura y las propiedades de la materia repercute en nuestras vidas, promoviendo la invención de nuevos materiales, aparatos y sistemas novedosos con propiedades extraordinarias.

La creación de materiales prácticos, económicos, ligeros y resistentes con aplicaciones en las diferentes industrias (aeronáutica, automotriz, farmacéutica, agroquímica, textil), así como el desarrollo de aditivos que aporten biodegradabilidad a los plásticos convencionales o catalicen determinadas reacciones, resultan de una planificación cuyo fin último es la obtención del material nuevo.

En la actualidad, se están sintetizando compuestos cuyo tamaño de partícula está por el orden de los nanómetros (10^{-9}m). Estos compuestos se conocen como nanopartículas y su aplicación es amplia, abarca los ámbitos de la medicina y la nanobiotecnología, entre muchos otros. Incluso está en estudio la transformación de los alquenos presentes en la gasolina, en compuestos oxigenados con alto valor agregado (aldehídos, acetales, alcoholes), a través del uso de nanopartículas como catalizadores. De esta manera, se eleva el octanaje de la gasolina evitando la obstrucción de los inyectores y del sistema de válvulas del motor que disminuyen la eficiencia del mismo, y eliminando, además, el uso de aditivos contaminantes.

La innovación tecnológica requiere organización e incluso lleva en algunos casos a través de un camino de incertidumbre, que va esclareciéndose en la medida que se avanza con constancia y disciplina en la investigación. Es necesario profundizar y analizar con consciencia los beneficios y las consecuencias del desarrollo y utilización de nuevas tecnologías en todos y cada uno de los ámbitos que abarque su aplicación, cumpliendo con lo establecido en las leyes. El fin último de las innovaciones tecnológicas debe orientarse hacia las mejoras sociales (*soluciones para la colectividad*) respetando el ambiente y sus ecosistemas.



- La reacción genérica que permite fabricar jabón ocurre entre un triglicérido e hidróxido de sodio. Investiguen la reacción general de saponificación e identifiquen el sustrato, los reactivos, los solventes, los productos y los grupos funcionales de reactivos y productos.
- ¿En cuáles productos de uso cotidiano pueden obtener el sustrato necesario para elaborar jabón?
- En función de lo anterior preparen una lista con los materiales necesarios para elaborar jabón en casa, preferentemente con características biodegradables.

Conversen sobre

- La eficacia del jabón al variar la dureza del agua.
- Los efectos ambientales del uso de jabones.
- Los tipos de jabones y sus principales características.
- Diferencias entre jabones y detergentes.
- Las ventajas y las desventajas de sustituir el jabón por detergente.
- La posibilidad de aplicar esta reacción orgánica como técnica de reciclaje del aceite comestible para desecho.
- Los ensayos que permiten expresar cualitativamente la calidad del jabón elaborado.



Reacciones orgánicas en busca de los mejores resultados

Las reacciones orgánicas forman parte de nuestra cotidianidad. Ellas nos brindan, entre muchos otros beneficios, la posibilidad de obtener jabón para la limpieza de utensilios, de atuendos, de vehículos e incluso para asearnos. Para ello disponemos de este producto de limpieza con diversas formas, características y estados físicos.

Después de unas horas trabajando mecánica, deseas lavarte las manos. Si dispones de 3 jabones de diferente marca comercial, ¿cuál será el más efectivo para eliminar la grasa en tus manos?



Analicen la circunstancia

Inicien un debate a partir de planteamientos semejantes a los expuestos a continuación:

- ¿Existen diferencias en las propiedades físicas y químicas de los diferentes jabones?
- ¿Cómo distinguir estas diferencias?
- ¿Qué importancia tiene la determinación de las propiedades físicas y químicas de estas sustancias?
- ¿Cuál componente de los jabones determina sus propiedades limpiadoras?
- ¿Cómo podemos sintetizar jabones?
- ¿Qué tipo de reacción orgánica corresponde con la ocurrida en la fabricación de jabón?



Actividades de autoevaluación

1. Selecciona cinco acontecimientos cotidianos que reflejen los tipos de reacciones descritas en la lectura y clasifícalos de acuerdo a diferentes criterios.
2. Establece las diferencias entre las especies generadas al romper enlaces covalentes.
3. ¿Qué importancia le atribuyes a la clasificación de un sustrato como primario, secundario o terciario?
4. Discutan sobre las aplicaciones que tienen las reacciones de tautomería.
5. Analiza cada uno de los planteamientos siguientes y argumenta tu acuerdo o desacuerdo:
 - Los cambios químicos pueden llevarse a cabo mediante procesos concertados o procesos por pasos.
 - Los nucleófilos son moléculas deficientes en electrones afines a carbonos ricos en densidad electrónica.
 - En la reacción de desplazamiento, se produce la incorporación de grupos entrantes sin salida de sustituyentes.
 - La presencia de enlaces múltiples en hidrocarburos alifáticos influye significativamente en las propiedades físicas de estos hidrocarburos.



La electricidad es un asunto muy familiar para todos nosotros. Resulta difícil imaginar la vida sin ella, ¿cuántos objetos de los que utilizas, requieren pilas o baterías o se conectan a la red eléctrica? ¿Muchos, verdad? La comprensión de este fenómeno generó transformaciones en el mundo que lograron un gran avance tecnológico del que hoy nos beneficiamos todos.

Usualmente pensamos en las fuerzas eléctricas y magnéticas como fenómenos separados. Por ejemplo, cuando un peine se frota con un trapo y atrae pedacitos de papel hablamos de una **fuerza eléctrica**, mientras que cuando un imán atrae un clavo hablamos de una **fuerza magnética**. En realidad, estos dos fenómenos son manifestaciones de un mismo tipo de interacción, la **interacción electromagnética**.

Esta interacción se manifiesta en muchos fenómenos; con excepción de la atracción gravitacional, ésta tal como fuerza de fricción, la elasticidad de los sólidos, la tensión superficial de los líquidos, la presión de los gases o la de nuestros músculos. También se hace evidente en la luz, las reacciones químicas y muchos procesos que ocurren en nuestro organismo: sentir, moverse, pensar y vivir.

Tal variedad de manifestaciones de las interacciones electromagnéticas se debe a que la materia está constituida por un gran número de átomos en cuya estructura están las **cargas eléctricas**; atributo responsable de que entre los cuerpos ocurran estas interacciones.

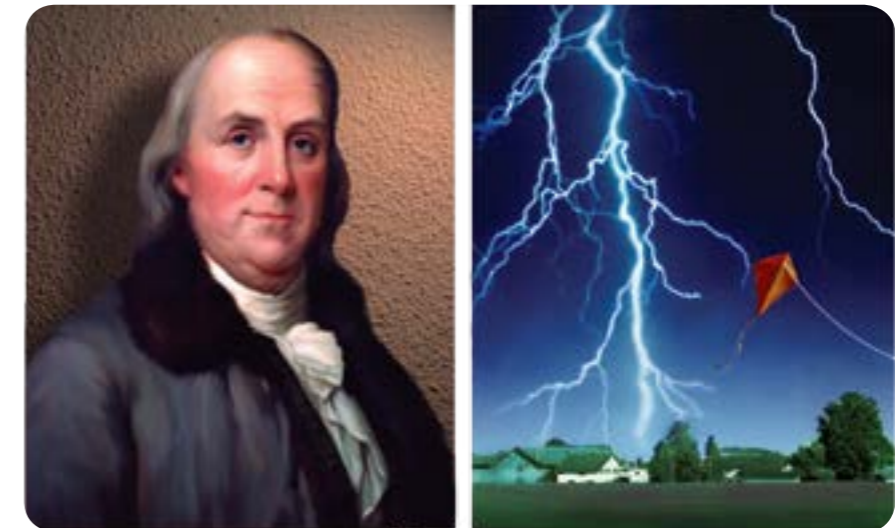
Comenzaremos este tema presentando fenómenos relacionados con cargas en reposo, campo de la física denominado electrostática. Analizaremos las características de la fuerza de atracción o de repulsión que ocurre entre las cargas eléctricas, expresada por la ley de Coulomb. Luego, para comprender mejor cómo un objeto cargado ejerce una fuerza sobre otro que está distante, introduciremos la idea de **campo eléctrico**.

El átomo eléctrico

La humanidad siempre ha tenido curiosidad por los fenómenos eléctricos. Desde hace ya seis siglos antes de nuestra era, el griego Tales de Mileto descubrió la electricidad estática al frotar piedras de ámbar con algodón y observar que atraían objetos livianos. El término electricidad se deriva de *elektron*, palabra griega para el ámbar. Durante mucho tiempo, la electricidad de los materiales fue un misterio para la humanidad.

En el siglo XVIII, Benjamín Franklin hizo observaciones sistemáticas y cuidadosas con lo que modeló la electricidad como una especie de fluido. Sugirió que cuando se frotaban dos cuerpos, cierta cantidad de este fluido determinaría el estado normal neutro del material, y un exceso o defecto produciría electricidades de distinta clase. El frotamiento modificaría la distribución de fluido en el cuerpo frotado y en el que frota, uno pierde electricidad y el otro la gana. Franklin distinguió entre la electricidad vítrea (la del vidrio, lana) que llamó positiva y la electricidad resinosa (ámbar, seda), negativa.

En el año 1752, cuando mucha gente supersticiosa creía que los relámpagos eran producto de la ira divina, Benjamín Franklin salió al campo en medio de una tempestad enviando cometas a las nubes cargadas para recoger electricidad, la misma era atraída por un objeto metálico en la punta de la cometa, la cual acumulaba en unas llaves. Demostró así que la electricidad producida en los laboratorios y la de los rayos eran fenómenos de la misma naturaleza, adicionalmente inventó el pararrayos.



Benjamin Franklin (1706-1790), estadista, científico, inventor, luchador social.

En 1800, Alessandro Volta inventó la primera pila para obtener voltajes mediante una reacción química. Luego Oersted observó que con las corrientes eléctricas se podía hacer mover una brújula magnética en la vecindad del alambre. Este hallazgo motivó a Michael Faraday (1791-1867) a preguntarse: ¿Cómo se puede producir el magnetismo a partir de la electricidad?, ¿se podrá invertir el proceso y obtener electricidad a partir del magnetismo? Así emprendió sus famosos experimentos y logró recoger corrientes eléctricas en unas bobinas de alambre que giran entre los polos de un imán, la llamada inducción electromagnética. Era la primera vez que se producía electricidad como trabajo mecánico, así quedaba establecido que los fenómenos eléctricos y magnéticos son inseparables.

Para el año 1897, se logró identificar la entidad responsable de los fenómenos eléctricos y magnéticos conocidos desde la antigüedad. Fue J. J. Thomson quien logró mostrar que los llamados *rayos catódicos* eran partículas cargadas que viajaban en línea recta, cuya masa era tan pequeña que la gravedad no la afectaba, y además, mucho menor que la masa del átomo de hidrógeno; así surge la idea y el nombre del **electrón**. Años más tarde, E. Rutherford y N. Bohr plantearon un modelo de la estructura atómica que daba cuenta de nuevos fenómenos de origen electromagnético.

En la actualidad, aceptamos que todos los cuerpos en la naturaleza están constituidos a nivel microscópico por átomos. En el modelo planetario atómico, el átomo tiene un núcleo muy masivo y pequeño que contiene **protones** de carga positiva (+e) y **neutrones** sin carga eléctrica, alrededor del núcleo hay uno o más **electrones** de carga negativa (-e) que son mucho más ligeros. Los protones atraen eléctricamente a los electrones ejerciendo una fuerza central que los mantiene en órbita, configurando así algo parecido a un sistema planetario en torno al Sol. La masa del protón es 1.840 veces más grande que la masa del electrón, y un poco menor que la del neutrón.

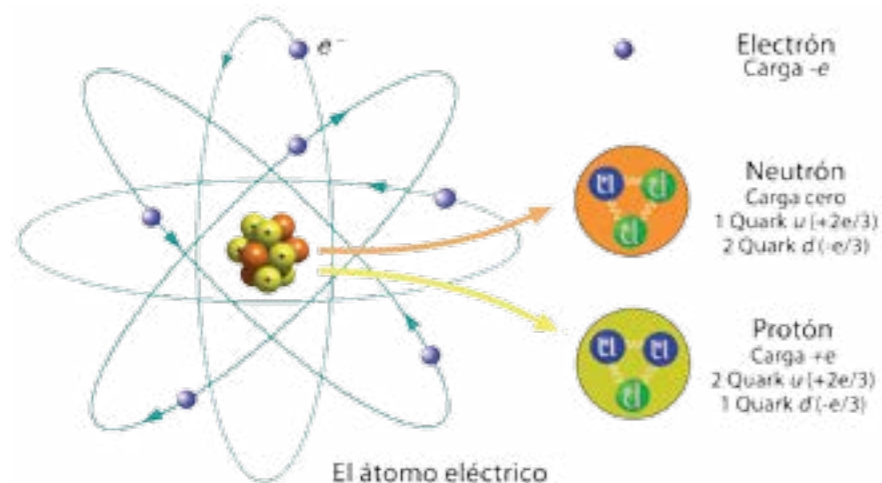


Figura 12.1. Modelo planetario del átomo (izquierda). Partículas constitutivas del átomo (derecha).

En principio, se creía que los neutrones y protones eran verdaderas partículas elementales, pero mediante nuevos modelos y experimentos en que se hacen chocar protones a alta velocidad, se ha determinado que estos son partículas compuestas por otras más pequeñas que llamamos **quarks**, los cuales no se encuentran aislados. Hoy aceptamos que el protón y el neutrón están constituidos cada uno por tres *quarks*. La carga de un *quark* es $1/3e$ o $2/3e$ (donde e es la carga del electrón).

Es importante aclarar que la asignación de una carga negativa (-e) a los electrones y positiva (+e) a los protones, responde a circunstancias históricas del hacer de la ciencia. Hoy admitimos que el proceso de electrización ocurre mediante la transferencia de carga eléctrica entre los cuerpos y no transferencia de un fluido como modeló Franklin. Por lo general, un átomo se encuentra en estado neutro, es decir, el número de electrones y protones es igual. Sin embargo, el átomo puede ganar o perder electrones, con lo cual queda eléctricamente cargado. También es posible que moléculas grandes puedan fragmentarse, en estas condiciones hablamos de **ión**, el cual puede ser positivo (**catión**) o negativo (**anión**), según tenga déficit o exceso de electrones, respectivamente.

La estructura interna de los materiales es el resultado de las interacciones electrostáticas entre los electrones y los núcleos de los átomos que los componen. Esto les confiere propiedades mecánicas (como la elasticidad) y eléctricas (como la conductividad) que son características de cada sustancia. Unos compuestos interesantes son los de enlace iónico, como la sal común o la cal. El cloruro de sodio, NaCl, está formado por dos átomos distintos en igual proporción (Na, Z:11 y Cl, Z:17). El electrón del último nivel del sodio es atraído por el cloro, de forma que al unirse tenemos iones de Na^+ y Cl^- . Estos se acomodan alternadamente en una estructura periódica conocida como red cristalina (Figura 12.2). Por lo general, en estado sólido estas sustancias no son elásticas y son pobres conductores.

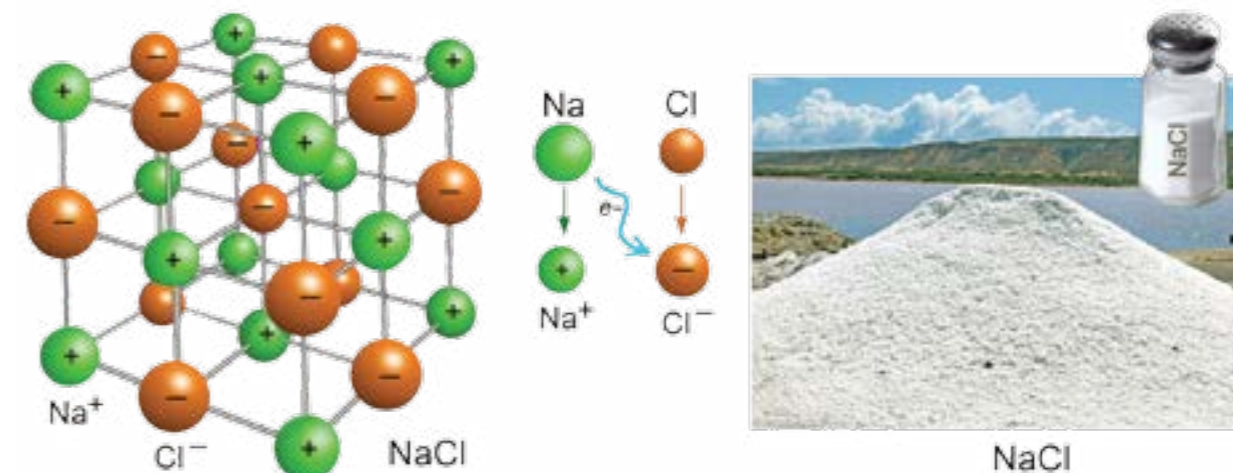


Figura 12.2. Estructura cristalina del cloruro de sodio (NaCl). Representación de unión iónica entre el sodio, Na, y el cloro, Cl. Fuente natural de sal: Salinas de Araya, Estado Sucre.

Unos materiales son conductores eléctricos y otros son aisladores

Los materiales, de acuerdo con su estructura atómica, tienen la propiedad de conducir carga eléctrica. Así, tenemos los **materiales aislantes** como el caucho, la madera, el vidrio, las cerámicas, las sales en estado sólido, entre otros. Cuando se forman estos compuestos todos los electrones quedan fuertemente unidos a los núcleos atómicos, lo que no les permite su movilidad.

En cambio, en los **materiales conductores**, como en los metales (cobre, mercurio, hierro, entre otros), *los electrones de valencia* (los de las capas externas) tienen una débil interacción eléctrica con el núcleo que les permite cierta libertad de movimiento, su estructura atómica es una red cristalina conformada por iones positivos, entre los cuales se movilizan los electrones de conducción, "libres".

Se habla entonces de que los electrones de valencia, compartidos por los diferentes iones de la red del material, se ubican en bandas moleculares, con lo cual se modelan dos regiones, las *bandas de conducción* y las *bandas de valencia*. En las primeras, los electrones de valencia facilitan la conducción eléctrica. En los metales, estas dos bandas estarían muy próximas, de manera que con poca energía se logra movilizar a los electrones.



También son conductores los líquidos conocidos como **electrolitos**, que tienen átomos o moléculas ionizados. Tal es el caso del cloruro de sodio disuelto en agua, donde los iones Na^+ y Cl^- están separados, y pueden moverse a través del líquido. El agua pura, H_2O , es aislante. Sin embargo, cuando contiene minerales es buena conductora.

El modelo de bandas permite explicar la conducción eléctrica de otros materiales como los **semiconductores**. El germanio (Ge) y el silicio (Si) son materiales de este tipo, en los cuales los electrones en la banda de valencia requieren de mayor cantidad de energía que en los metales para pasar a la banda de conducción. Pero al *doparlos* con impurezas, se disminuye la demanda energética. Estos materiales son la base tecnológica de diversos dispositivos electrónicos, como por ejemplo, diodos, transistores, circuitos integrados.

Por último, mencionamos los **superconductores**; éstos son materiales que por debajo de cierta temperatura crítica ofrecen una resistencia casi nula al movimiento de cargas a través suyo. Hasta los momentos se ha logrado obtener materiales que se hacen superconductores a temperatura por debajo de 164 K (-109 °C), por lo que su utilidad es aún limitada. Electroimanes hechos de estos materiales son los que se utilizan en los equipos de resonancia magnética para la obtención de imágenes médicas. Con estos materiales hay esperanzas de reducir la degradación de la energía en la conducción eléctrica.

Propiedades de las cargas eléctricas

A lo largo de la historia de la ciencia, se han realizado múltiples experimentos y transformaciones en el modelo de la estructura atómica de la materia, que han permitido establecer algunas propiedades de la carga eléctrica. Estas son:

1. La carga está cuantizada. Posterior a la confirmación de la existencia del electrón, Robert Millikan (1868-1953), físico estadounidense, y su equipo diseñaron un método experimental para determinar la carga de esa partícula. Para ello supusieron que al electrizar pequeñas gotas de aceite, variando su carga, y comparar luego las cargas, podrían saber cuántos electrones tendrían en exceso, y el valor de cada uno. Su experimento consistió en dejar caer pequeñas gotas electrizadas en una región en la cual la acción de la fuerza de gravedad fuera igual y opuesta a la acción del roce del aire; y así controlar su movimiento (MRU o MRA) mediante una fuerza eléctrica provocada por un par de placas cargadas positivas y

negativas entre las cuales caían las gotas. Con los resultados y la intuición, en 1909 llegaron a la conclusión de que la carga de las gotas electrizadas era siempre múltiplo entero de un valor fijo el cual entonces correspondía a la carga del electrón (o protón). Es decir, un cuerpo electrizado siempre tendrá un valor de carga Q igual a N veces la carga elemental e .

$$Q = \pm Ne$$

El experimento se repitió con mayores controles y precisión, y se comparó con otros métodos desarrollados posteriormente ($e: 1,602\,176\,564 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, error de $35 \cdot 10^{-28} \text{ C}$, 2010).

2. La carga se conserva. Desde los primeros modelos explicativos de los fenómenos eléctricos, la idea de conservación de la carga estaba implícita. Hasta la fecha no se ha observado creación o destrucción de cargas eléctricas en sistemas aislados, es decir, donde no exista intercambio de energía con el exterior. Es posible la transferencia de cargas entre sistemas, con la distribución de carga positiva o negativa, pero la carga neta debe permanecer constante.

En el año 1932 se encontraron evidencias concluyentes de una partícula predicha teóricamente en 1931 por Paul Dirac, físico inglés (1902-1984), denominada **positrón** debido a que tenía carga $+e$ y masa igual a la del electrón. Hecho que explica por qué cuando la radiación de alta energía gamma (γ) (neutra) pasa cerca de un núcleo atómico, es posible que ocurra la desintegración de un neutrón en dos partículas con carga: un electrón ($-e$) y un positrón ($+e$); así mismo, la interacción entre un positrón y un electrón puede resultar en su *aniquilación*, originándose un par de fotones (radiación gamma) cuya energía equivale a la masa de ambos. En los dos casos la carga neta sigue siendo la misma.

3. La carga es invariante. Algunas magnitudes físicas como la masa y el tiempo varían cuando los cuerpos se mueven a velocidades cercanas a la rapidez de la luz ($c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Sin embargo, la carga de un electrón o protón no cambia con la velocidad que tenga, es decir, es invariante.

Electrizando los cuerpos macroscópicos

A nivel macroscópico un cuerpo está electrizado positivo cuando tiene un déficit de electrones, por el contrario, está eléctricamente negativo cuando tiene un exceso de electrones. Cabe preguntarse, ¿cómo lograr que un cuerpo macroscópico esté electrizado?

En la superficie de los materiales, al suministrar energía puede ocurrir que los electrones o iones puedan ser transferidos de un cuerpo a otro. En la **electrización por fricción** un cuerpo neutro puede recibir una carga neta mediante frotación con otro objeto. En este proceso ocurre una transferencia de *carga* de un cuerpo hacia el otro (figura 12.3). El cuerpo que pierde carga negativa queda electrizado positivamente, mientras que el otro cuerpo quedará electrizado negativamente.

Por experiencia sabemos que un peine o un pitillo de plástico se electriza cuando se frota con una servilleta de papel. Los automóviles en movimiento adquieren electrización por

rozamiento con el aire. La ropa de nailon se electriza al friccionarse con nuestra piel, sobre todo si está muy seca. El proceso de transferencia y el tipo de carga dependen de la naturaleza y condiciones de los materiales.

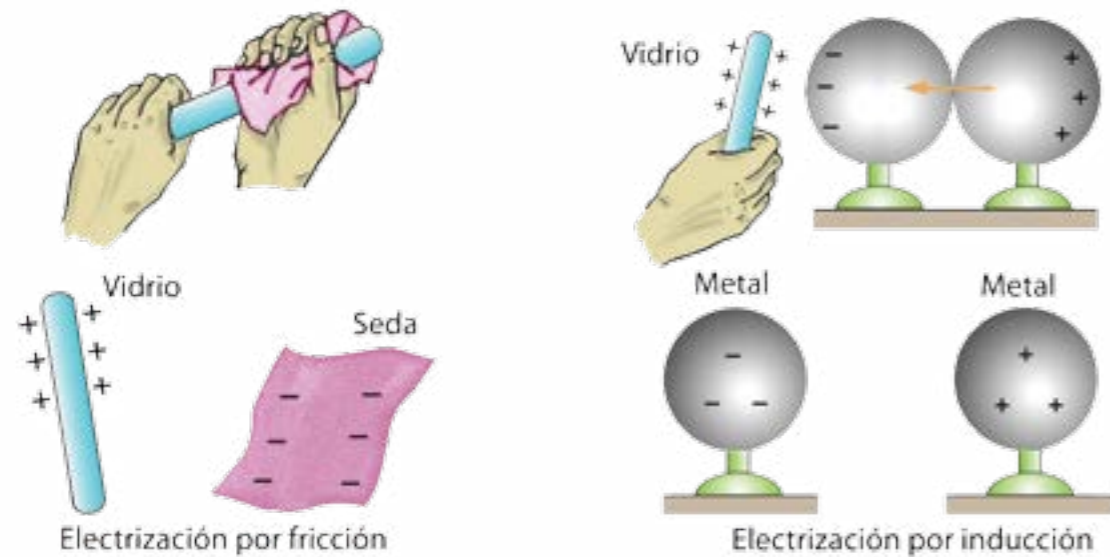


Figura 12.3. Electrización por frotamiento. Electrización de un conductor por inducción.

La electrización por inducción es otro método práctico para cargar un conductor, donde se aprovecha la libertad de movimiento que tienen los electrones en un *metal*. Considera dos esferas metálicas neutras en contacto y colocadas sobre bases aislantes (figura 12.3). Cuando una varilla de vidrio cargada positivamente es colocada muy cerca de la esfera de la izquierda, esta tiende a atraer electrones de ella y de la esfera de la derecha, quedando con más electrones libres hacia ese lado. Si ahora separamos las esferas sin retirar la varilla, quedarán con cargas iguales y opuestas distribuidas uniformemente en sus superficies. En este proceso no se creó carga, sólo ha sido separada. La carga total del conjunto de las esferas sigue siendo cero.

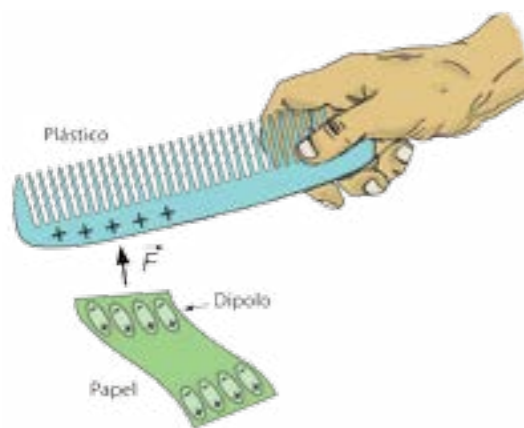


Figura 12.4. Un peine cargado se acerca a unos papelillos, en los cuales ocurre un desplazamiento de carga (se polarizan) que permite ser atraídos.

Cuando acercamos un objeto electrizado a un material aislante, en este no se produce la movilización de electrones a lo largo del material, tan sólo ocurre una orientación de los electrones en cada molécula, es lo que denominamos **polarización**. Esto es lo que permite por ejemplo, que cuando un objeto cargado se acerca a pequeños trozos de papel que están neutros, éstos se polarizan, la interacción eléctrica atractiva es mayor que la repulsiva y logra vencer a la fuerza gravitacional, permitiendo que suban hasta pegarse al globo. A veces ocurre que los papelillos, al tocar al objeto cargado, saltan, esto es debido a que se cargaron por el contacto, produciéndose una repulsión (figura 12.4).

La acción a distancia entre cargas

En el año 1777, el físico e ingeniero francés Charles Coulomb inventó un delicado aparato con el cual pudo medir la fuerza (de atracción o de repulsión) entre dos cuerpos electrizados. Como sabemos, medir es mucho más ventajoso que simplemente estimar "a ojo" y permite comprender mejor los fenómenos.

El instrumento de Coulomb se llama balanza de torsión y consiste en un largo tubo de cristal que termina en una caja cilíndrica también de cristal, con fondo de madera y una tapa. Por el tubo corre una fina fibra de plata, de la que cuelga una varilla horizontal de goma (aislante) en cuyas puntas se equilibran dos esferitas. La caja tiene un orificio por donde se puede introducir otra esferita, de mango de vidrio (aislante). Si esta esferita externa se electriza, al introducirla en la caja hace que la esfera interior más cercana gire, bien sea acercándose o alejándose, de acuerdo a si sus cargas son diferentes o son iguales. El giro (acción) produce una torsión (reacción) en la fibra de plata, la cual se puede medir, pues Coulomb puso arriba en la tapa del tubo de cristal, de donde cuelga el hilo de plata, dos discos metálicos que pueden girar suavemente uno sobre el otro, y uno de ellos está graduado. ¡La creatividad en el diseño de instrumentos y equipos siempre ha sido de gran importancia para la ciencia!



Charles Coulomb (1736-1806). Balanza de torsión.

Con su balanza de torsión, Coulomb realizó una serie de experimentos y mediciones, y en 1785 publicó sus resultados. Él encontró que la intensidad de la fuerza eléctrica entre una carga Q_a y otra carga Q_b es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r entre ellas. Esto es lo que conocemos como ley de Coulomb. ¿Te suena conocida? Sí, se parece mucho a la ley de gravitación universal de Newton, establecida un siglo antes para otra fuerza, la fuerza de gravedad. Podemos expresar matemáticamente la ley de Coulomb en su forma escalar así:

$$F = k \frac{Q_a Q_b}{r^2}$$

La constante de proporcionalidad k depende del medio en el que interactúan a distancia las cargas y de las unidades seleccionadas para expresarla. Usando el Sistema Internacional de Medidas, SI, se ha determinado experimentalmente que en el vacío la constante vale

$$K_{\text{vacío}} = 9.10^9 \text{ (N m}^2 \text{ / C}^2\text{)}$$

Para saber mas... La balanza de torsión fue inventada de manera independiente por dos grupos de científicos. En Inglaterra fue diseñada hacia 1783 por el geólogo John Michell, para medir la fuerza de gravedad y la masa de la Tierra. Michell murió antes de ponerla en uso. En 1798, Henry Cavendish mejoró su diseño. Por su parte en Francia, C. Coulomb la construyó para medir la fuerza eléctrica. ¡Todos fueron creativos!

La *dirección de la fuerza eléctrica* corresponde a la línea recta que une las posiciones de los cuerpos cargados. La fuerza que una carga ejerce sobre la otra es de igual magnitud y sentido contrario, de acuerdo con la ley de acción y reacción de Newton. Por lo que la expresión vectorial de la ley de Coulomb es:

$$\vec{F} = k \frac{Q_a Q_b}{r^2} \hat{r}$$

Donde el símbolo \hat{r} corresponde al vector unitario (es decir de valor 1) que señala la dirección de la fuerza. Cuando las cargas son de igual signo las fuerzas serán de repulsión, por lo tanto, la fuerza sobre una carga está dirigida alejándose de la otra. Y viceversa, si las cargas son de signos opuestos, las fuerzas serán de atracción, por lo que la fuerza sobre una carga está dirigida hacia la otra (figura 12.5).



Figura 12.5. Fuerzas entre dos cargas Q_a y Q_b , separadas por una distancia r , que interaccionan en el vacío.

Como sabes, la unidad de carga eléctrica en el SI es el **coulombio (C)**, unidad derivada de dos unidades básicas, y se define como la cantidad de carga que en una corriente eléctrica de 1 amperio pasa en 1 segundo por una sección de un conductor, $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$.

Imagina que tienes dos cargas Q_a y Q_b de 1 C cada una, separadas 1 m en el vacío. De acuerdo con la ley de Coulomb, la intensidad de la fuerza eléctrica sobre cada carga vale:

$$F = 9 \cdot 10^9 (\text{N m}^2/\text{C}^2) \frac{1\text{C} \cdot 1\text{C}}{1\text{m}^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Recuerda que la carga más pequeña aislada en la naturaleza corresponde a la de un electrón (o protón); los valores de masa y carga de ambos se resumen en la tabla siguiente:

Partícula elemental	Masa (kg)	Carga (C)
Electrón (-e)	$9,109 \cdot 10^{-31}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$
Protón (+e)	$1,673 \cdot 10^{-27}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$
Neutrón	$1,673 \cdot 10^{-27}$	neutro

La constante dieléctrica

En realidad, la constante de proporcionalidad k que aparece en la ley de Coulomb incluye una propiedad del vacío conocida como **permitividad del espacio libre, ϵ_0** , y se expresa como:

$$k_{\text{vacío}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} (\text{C}^2/\text{N m}^2)} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$$

La fuerza ejercida por una carga sobre otra depende del medio en el cual se encuentren. Por ejemplo, la interacción entre el ión sodio y el ión cloro es mucho menor cuando están en agua que en el vacío o en el aire. Uno de los casos en que es importante este efecto del medio es el de los procesos biomecánicos. Muchos de estos procesos, como la contracción muscular, involucran reacomodos de cargas eléctricas, siendo el agua de los organismos un medio que facilita tal actividad, pues en la misma se reduce la intensidad de las fuerzas eléctricas entre cargas.

Para dar cuenta de este efecto se ha definido una cantidad para cada medio, llamada constante dieléctrica del material, K . Ésta es igual a la razón entre la fuerza eléctrica que existe entre un par de cargas a una cierta distancia en el vacío y la fuerza eléctrica que existe entre el mismo par de cargas a la misma separación pero cuando están inmersas en ese medio:

$$K = F_{\text{vacío}} / F_{\text{medio}}$$

En consecuencia, la expresión de la ley de Coulomb en su forma escalar para cualquier medio es:

$$F_{\text{medio}} = \frac{k Q_a Q_b}{K r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 K} \frac{Q_a Q_b}{r^2}$$

Sustancia	Constante dieléctrica, K (20 °C)
Vacío	1,0000
Aire seco	1,0006
Cera	2,25
Vidrio	4-7
Benceno	2,28
Tejidos del cuerpo	8
Etanol	26
Agua	80

Tabla 12.1. Constante dieléctrica de diferentes sustancias.

Comparando fuerzas eléctricas y fuerzas gravitacionales

Hemos visto que la ley de Coulomb tiene cierto parecido con la ley de Gravitacional Universal. Analicemos algunas semejanzas entre estas dos interacciones:

- En ambas, la fuerza es proporcional al inverso del cuadrado de la distancia entre los cuerpos.
- En las eléctricas es proporcional al producto de las cargas, y en las gravitacionales al producto de las masas de los cuerpos.

Entre las diferencias tenemos:

- Las fuerzas gravitacionales son siempre atractivas, mientras que las fuerzas eléctricas dependen del signo de las cargas, pudiendo ser repulsivas o atractivas.
- Vamos a comparar las intensidades de las fuerzas gravitacional y eléctrica entre el electrón y el protón, considerando que la separación entre ellos es $5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \frac{(9,11 \times 10^{-31} \text{ kg})(1,67 \times 10^{-27} \text{ kg})}{(5,30 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 3,61 \times 10^{-47} \text{ N}$$

$$F_{e(\text{vacío})} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5,30 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 8,20 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Vemos que la fuerza eléctrica es mucho mayor que la gravitacional. A pesar de ello, entre dos cuerpos macroscópicos electrizados normalmente la fuerza gravitacional predomina sobre la eléctrica; puesto que sus masas son de mayor valor que las cargas que llegan a acumular.



Superposición de fuerzas eléctricas

Suponte que tienes varias cargas fijas en una región del espacio, sobre cada carga actuará una *fuerza electrostática neta* que resulta de la suma vectorial de las fuerzas debidas a cada una de las otras. Esto lo ilustraremos con algunos ejemplos.

Un sistema de tres cargas eléctricas estáticas alineadas

Imagina que tienes tres esferas idénticas y livianas, alineadas como se indica en la figura 12.6, en la cual tomamos $x = 0,2 \text{ m}$ y $L = 0,6 \text{ m}$. Las cargas de los extremos son positivas y la carga intercalada es negativa, y sus valores son: $Q_1 = (9/4) \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $Q_2 = 10^{-9} \text{ C}$ y $Q_3 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. Determinemos la fuerza eléctrica neta sobre cada carga.

Entre Q_1 y Q_2 y entre Q_2 y Q_3 las fuerzas son atractivas, y entre Q_1 y Q_3 la fuerza es repulsiva, sus valores son:

$$F_{1-2} = k \frac{Q_1 Q_2}{x^2} \quad F_{2-3} = k \frac{Q_2 Q_3}{(L-x)^2} \quad F_{1-3} = k \frac{Q_1 Q_3}{L^2}$$

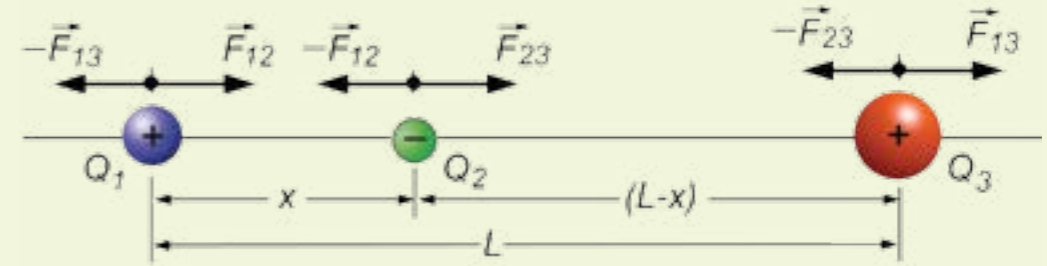


Figura 12.6. Sistema de tres cargas alineadas. Pares de fuerzas de acción y reacción en cada interacción.

Nota que sobre cada carga actúan dos fuerzas opuestas, la fuerza neta sobre cada una será la suma vectorial de ambas. Como están en la misma dirección se restan sus intensidades, y considerando el sentido positivo hacia la derecha tenemos que la fuerza neta para cada carga es:

$$F_1 = F_{1-2} - F_{1-3} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} (9/4 \times 10^{-9} \text{ C}) \left(\frac{10^{-9} \text{ C}}{(0,2 \text{ m})^2} - \frac{9 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,6 \text{ m})^2} \right) = 0$$

$$F_2 = F_{2-3} - F_{1-2} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} (10^{-9} \text{ C}) \left(\frac{9 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,4 \text{ m})^2} - \frac{9/4 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,2 \text{ m})^2} \right) = 0$$

$$F_3 = F_{1-3} - F_{2-3} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} (9 \times 10^{-9} \text{ C}) \left(\frac{9/4 \times 10^{-9} \text{ C}}{(0,6 \text{ m})^2} - \frac{10^{-9} \text{ C}}{(0,4 \text{ m})^2} \right) = 0$$

Por lo tanto, en este sistema la fuerza neta sobre cada carga es cero, y el sistema está en equilibrio. ¿Qué sucedería si moviéramos ligeramente la carga Q_2 ¿hacia un lado?

Un sistema de tres cargas eléctricas estáticas en el plano

Imagina que tienes tres esferas idénticas y livianas colgadas de hilos aislantes que están electrizadas con una carga positiva de $4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$; debido a la repulsión eléctrica las esferas quedan en equilibrio formando un triángulo equilátero de lado $L, 0,04 \text{ m}$ (figura 12.7). ¿Cómo es la fuerza eléctrica neta que actúa sobre una de las esferas?

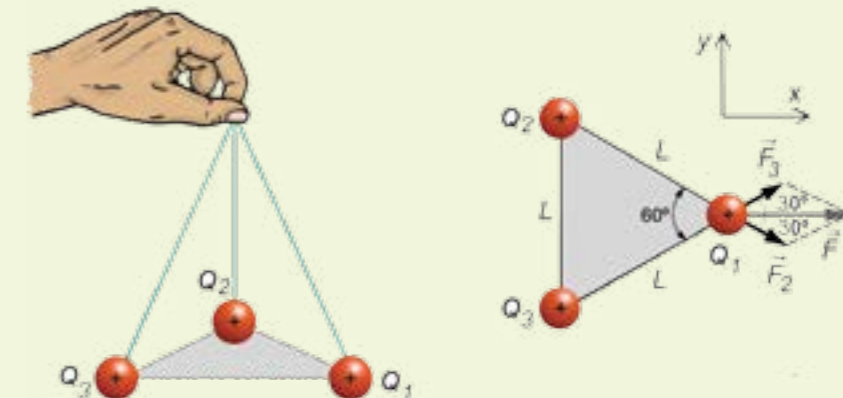


Figura 12.7. Sistema de tres cargas con igual Q positiva formando un triángulo equilátero.

Analiza la interacción entre cada par de cargas; esto te permite determinar la suma vectorial del par de fuerzas que actúa sobre cada una. De acuerdo con el diagrama tenemos que sobre la carga 1, la fuerza neta es: $\vec{F} = \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

Considerando el sistema de coordenadas de la figura, puedes observar que las componentes de cada fuerza en el eje y son opuestas y de igual valor, por lo que se cancelan, $\sum F_y = F_{2y} - F_{3y} = 0$.

Las componentes de cada fuerza en la dirección x tienen el mismo sentido y valor se suman.

$$\sum F_x = F_{2x} + F_{3x} = F_2 \cos 30^\circ + F_3 \cos 30^\circ$$

De acuerdo a la ley de Coulomb tenemos que la fuerza neta sobre Q_1 en el eje x es igual a:

$$F_x = 2 \left(k \frac{Q^2}{L^2} \cos 30^\circ \right) = 9\sqrt{3} \times 10^3 \text{ N}$$

Cada carga estará sometida a una fuerza neta de igual medida, alejándose de las demás cargas, en la dirección de la bisectriz del ángulo del vértice del triángulo.

Otra mirada al problema electrostático: el campo eléctrico

La ley de Coulomb permite determinar la fuerza electrostática que ejerce una carga eléctrica sobre otra partícula cargada a cierta distancia. Este modelo plantea algunas interrogantes: ¿cómo "viaja" la fuerza en el espacio? ¿la acción sobre una carga distante ocurre de manera instantánea? Pensar que sí, implica que estaríamos frente a algo que viajaría más rápido que la luz. ¡Ah! ¡Ah!

Para resolver esta dificultad conceptual de una fuerza que actúa a distancia, se introdujo el concepto de **campo eléctrico** y así se describe la interacción como un proceso en dos etapas: 1) Una carga fuente modifica el espacio a su alrededor estableciendo (no instantáneamente) un *campo eléctrico*. 2) Al colocar en ese espacio otra carga, ésta se verá afectada por el campo que allí encuentre. Por lo que no hace falta conocer la carga fuente.

Claro está que en esta noción, para identificar la presencia de un campo, se supone que utilizamos una carga testigo o de prueba, q_0 , que no altera las propiedades del espacio, ni la distribución de las otras

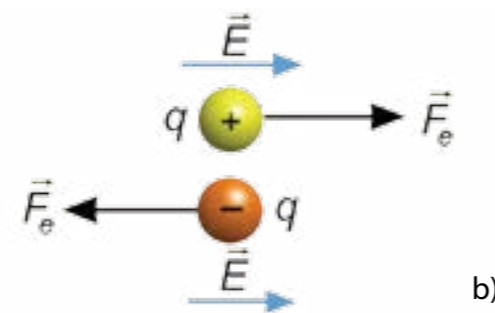
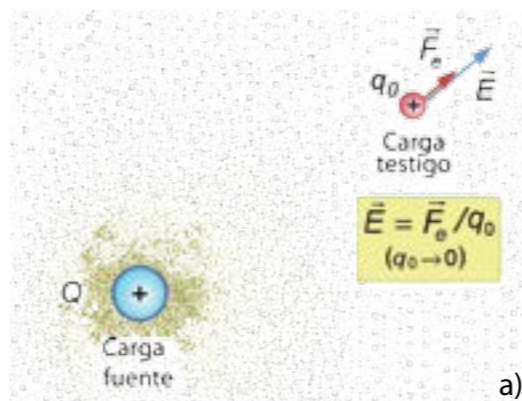


Figura 12.8. a) Campo eléctrico producido por una carga Q. b) Fuerza eléctrica sobre una carga q (positiva o negativa) debido al campo eléctrico.

posibles cargas existentes. En el ámbito experimental esto no es posible, por ello para obtener resultados con una aproximación aceptable la carga testigo q_0 debe ser infinitesimalmente pequeña.

De esta forma, se define el vector campo eléctrico, \vec{E} , en cualquier punto del espacio, como el cociente entre la fuerza eléctrica \vec{F}_e que actuaría sobre una carga de prueba si se coloca en dicho punto, y el valor de dicha carga q_0 . Lo que se expresa de manera simbólica como:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}, q_0 \rightarrow 0$$

En la figura 12.8b, observa la fuerza eléctrica sobre una carga q ubicada en un punto donde existe un campo eléctrico; q es positiva, F_e tiene igual dirección y sentido que el campo, si q es negativa, F_e tiene igual dirección pero sentido opuesto al campo.

Considerando la definición del vector campo eléctrico tenemos que en el Sistema Internacional la unidad de medida del \vec{E} , corresponde a:

Nombre Magnitud	Tipo de magnitud	Símbolo	Unidad en el SI	Conversión a unidades básicas del SI
Campo Eléctrico	Vector	E	$\frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} = \frac{\text{N}}{\text{C}}$	1 N/C = 1 kg m/A s ³



Identifica el campo y conoce la fuerza

Considera que tenemos una región del espacio donde existe un campo eléctrico. En un punto P colocamos una carga testigo de $q_0 = +4 \times 10^{-10} \text{ C}$, sobre la que actúa una fuerza eléctrica de 16 N en la dirección del eje x, con sentido negativo. ¿Cuál será el vector campo eléctrico \vec{E} en dicha posición?

De acuerdo con la definición del vector campo eléctrico, tenemos que su valor en dicho punto es:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} = -\frac{F}{q_0} \hat{i} = -\frac{16 \text{ N}}{4 \times 10^{-10} \text{ C}} \hat{i} = -4 \times 10^{10} \text{ N/C } \hat{i}$$

Si ahora colocásemos en ese punto otra carga q , de $2 \times 10^{-6} \text{ C}$, ¿cuál sería la fuerza eléctrica sobre ella? Como ya conocemos el campo eléctrico que existe en ese punto, determinamos la fuerza eléctrica que producirá este sobre la carga eléctrica colocada allí, así tenemos:

$$\vec{F}_e = q \vec{E} = (2 \times 10^{-6} \text{ C})(-4 \times 10^{10} \text{ N/C}) \hat{i} = -8 \times 10^4 \text{ N } \hat{i}$$

Para saber mas...

La palabra "campo" tiene un significado especial en física matemática. Un **campo** representa la distribución en el espacio de un valor físico que varía. Este valor puede ser un **escalar**, si sólo interesa la magnitud. Por ejemplo, existe un campo escalar de temperatura alrededor de una fuente de calor. También puede ser un **vector** como el campo gravitacional o el campo eléctrico.

Resulta interesante poder determinar cómo es el campo eléctrico en el espacio que rodea a un cuerpo cargado. Para simplificar, comencemos por determinar *el campo eléctrico de una carga puntual*.

El campo eléctrico generado por una carga puntual

Sabemos que si en una región del espacio colocamos una carga Q a cierta distancia d de otra carga q_o , entre ellas actuará una fuerza eléctrica cuya intensidad la podemos determinar mediante la ley de Coulomb.

La fuerza que se ejerce sobre q_o debido al campo eléctrico creado por Q , podemos expresarla de la siguiente manera:

$$F = k \frac{Qq_o}{d^2} = q_o \cdot k \frac{Q}{d^2} = q_o E$$

Donde el valor del campo eléctrico E producido por Q es: $\vec{E} = k \frac{Q}{d^2} \hat{r}$.

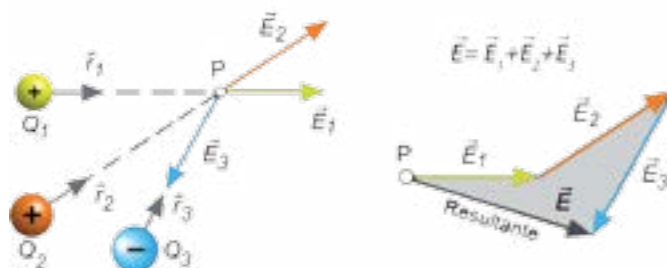
Por lo tanto, el *vector campo eléctrico producido por una carga puntual en el vacío* será:

$$\vec{E} = k \frac{Q}{d^2} \hat{r}$$

Donde \hat{r} es el vector unitario en dirección radial con centro en Q . Si Q es positiva el \vec{E} está dirigido hacia fuera de la carga. Al contrario, si Q es negativa, el \vec{E} está orientado hacia Q .

Los campos eléctricos se superponen

Una propiedad del campo eléctrico derivada del principio de superposición de fuerzas eléctricas es que el campo eléctrico neto, debido a más de una carga, resulta de la suma vectorial del campo eléctrico producido por cada carga independiente, es decir, que la contribución que cada carga hace, no se ve afectada por la presencia de las otras cargas.



Representación gráfica del campo eléctrico

Observa que de acuerdo con la relación obtenida para el *vector campo eléctrico producido por una carga puntual en el vacío*, en todos los puntos, a una distancia d de la carga Q , el vector \vec{E} tendrá el mismo valor; además, estará en dirección radial, hacia fuera o hacia adentro, según sea el signo de Q . Cada conjunto de puntos a una distancia d constituye una esfera con centro en Q , podemos representar el campo en cada punto de esta esfera con un vector del mismo tamaño en dirección radial. Por otra parte, a medida que nos alejamos de Q en una dirección radial, el valor del campo eléctrico disminuye con el inverso del cuadrado de d . Representar el campo mediante los vectores en cada punto resulta complejo.

En su lugar, empleamos un recurso gráfico ideado por M. Faraday que utiliza **líneas de campo** y conforman la representación gráfica de la teoría física de campos. Estas líneas satisfacen los siguientes criterios:

- La dirección de \vec{E} en un punto es tangente a la línea de campo en ese punto.
- La magnitud de \vec{E} en una región está representada por la densidad de líneas en la misma, esto significa que cuanto más separadas estén las líneas entre sí menor será la intensidad del campo.
- La líneas de campo se originan en cargas positivas y terminan en cargas negativas
- El número de líneas que salen de una carga o llegan a ella, es proporcional a la cantidad de carga que produce el campo.

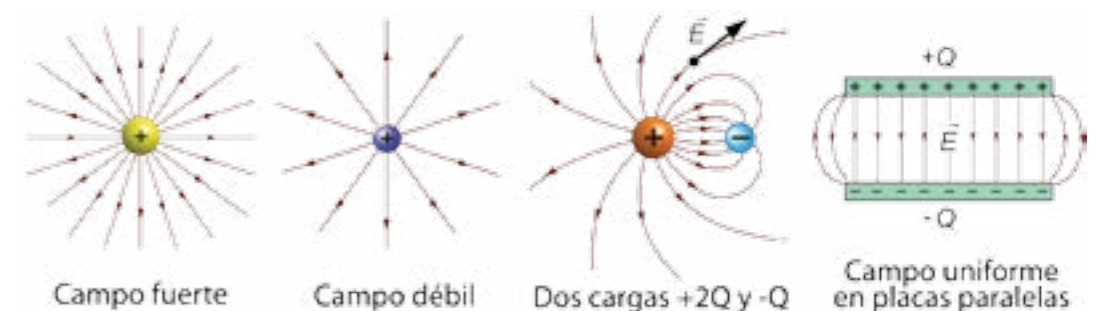


Figura 12.9. Representación gráfica del campo eléctrico para cuatro configuraciones de cargas.

Si pensamos en un par de placas paralelas, como las de esta figura, con igual carga y signo contrario, distribuidas de manera uniforme, tendremos que entre las placas y lejos de los bordes, se forma un **campo eléctrico uniforme**; además, en el exterior es casi nulo. Su dirección es perpendicular a las placas y era dirigida de la positiva a la negativa. La intensidad de este campo depende de la densidad de carga Q en las placas.

El dipolo eléctrico

Una configuración de dos cargas iguales y opuestas separadas una cierta distancia cercana, es lo que conocemos como **dipolo eléctrico**. Muchas moléculas como la del agua o de la acetona presentan una distribución eléctrica polar como ésta. Analicemos con detalle el caso de un *dipolo eléctrico* formado por dos cargas $+Q$ y $-Q$, separadas una distancia $2a$. ¿Cómo es el campo eléctrico en un punto A , a una distancia r en el eje de simetría del dipolo?

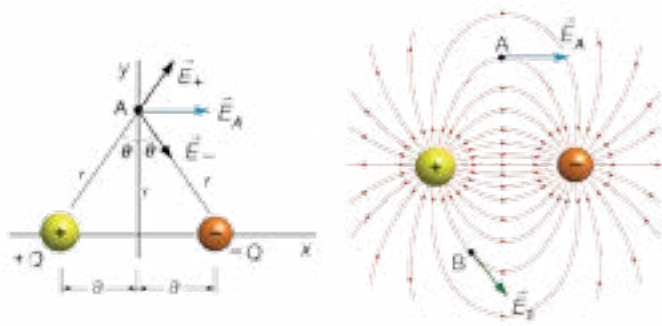


Figura 12.10. Dipolo eléctrico: Campo eléctrico en un punto A del eje de simetría. Líneas de campo.

Cada carga contribuye con un campo eléctrico en A que es radial y hacia fuera de la carga, en el caso de +Q, y hacia la carga en el caso de -Q; la magnitud de cada campo tendrá igual valor, ya que, tienen igual cantidad de carga y debido a la simetría, equidistan del eje central (*equi*, prefijo que significa igual); en consecuencia, $r^2 = y^2 + a^2$.

Con el sistema de coordenadas dado en la figura, en el eje y la suma de las componentes de los dos vectores campo eléctrico resulta cero, $E_{neto,y} = 0$

Y la suma de las componentes de los dos vectores campo eléctrico en el eje x, es igual a:

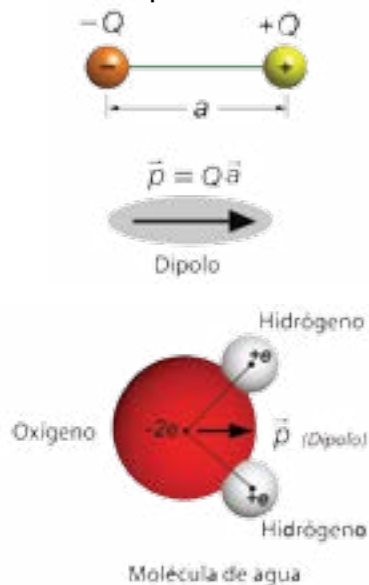
$$\vec{E}_{neto,x} = \vec{E}_{+x} + \vec{E}_{-x} = 2E_x \hat{i} = 2(E \cos \theta) \hat{i} = 2 k \frac{Q}{(y^2 + a^2)^2} \cos \theta \hat{i}$$

Como $\cos \theta = a/r$, el campo eléctrico neto en un punto A del eje de simetría, es:

$$\vec{E}_{neto,x} = 2 k \frac{Q}{(y^2 + a^2)^2} \frac{a}{y^2 + a^2} \hat{i} = \frac{2kaQ}{(y^2 + a^2)^{3/2}} \hat{i}$$

Si te fijas en el resultado anterior, tenemos que el campo eléctrico en un punto del espacio producido por el dipolo, depende de la distancia entre las cargas y su valor. Este producto se define como **momento del dipolo eléctrico**, $\vec{p} = q\vec{a}$. Este vector está dirigido desde la carga negativa hacia la carga positiva.

Observa que el campo eléctrico neto, en cualquier punto del eje de simetría, tiene la misma dirección del momento del dipolo (figura 12.10). ¿Cómo será el campo eléctrico producido en un punto P a una distancia d del centro, en la dirección del momento del dipolo?



Como recordarás, la molécula de agua H_2O está formada por un átomo de oxígeno (Z:8) y dos átomos de hidrógeno (Z:1). El acomodo de los 10 electrones hace que la molécula tenga una distribución no uniforme de las cargas por lo que, a pesar de ser neutra, hacia el lado de los núcleos de hidrógeno se forma un polo positivo (+2e) y hacia el lado del oxígeno un polo negativo (-2e). El momento del dipolo eléctrico de la molécula de agua tiene una magnitud de $6,1 \times 10^{-30} \text{ Cm}$, significa que la distancia entre estos polos es de $3,8 \cdot 10^{-21} \text{ m}$. El elevado momento dipolar del agua y su facilidad para formar puentes de hidrógeno hacen que sea un excelente disolvente.

Una importante aplicación de esta propiedad polar la encontramos en el horno de microondas. La radiación de la microonda interactúa con los dipolos de las moléculas de agua contenidas en los alimentos que queremos calentar, ejerciendo un torque sobre cada molécula que las hace vibrar. Esto incrementa las colisiones entre moléculas y aumenta su energía térmica. Mientras más agua tenga la sustancia más efectivo será el proceso de calentamiento y cocción. Por esto los materiales con poca agua no se calientan.

Campos eléctricos en conductores

Ya vimos que en los materiales buenos conductores como los metales, muchos electrones pueden moverse con facilidad por no estar ligados a ningún átomo en particular, los *electrones libres*. Esto le da a los conductores ciertas propiedades con relación a los campos eléctricos, que los diferencia de los materiales aisladores. Veamos tres de ellas:

1) Dentro de un conductor no debe haber campo eléctrico, *en el caso estático*. Si hubiese un campo en el interior, este ejercería una fuerza eléctrica $F = qE$ sobre sus electrones libres, con lo cual no habría equilibrio electrostático. Por lo tanto:

El campo eléctrico en el interior de un conductor es cero ($E = 0$).

2) Cuando tenemos un conductor cargado:

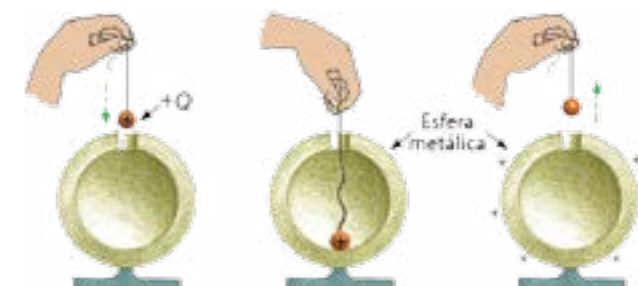
El campo eléctrico es perpendicular a la superficie externa del conductor.

Si no fuera el caso, habría una componente de la fuerza eléctrica tangencial a la superficie en cada lugar que movería a las cargas por ella, por lo que no sería un caso estático.

3) Cuando un conductor tiene un exceso de carga, éstas por repulsión tienden a alejarse tanto cuanto les sea posible, como resultado se acomodan en la superficie del material.

Cualquier exceso de carga en un conductor aislado reside enteramente en su superficie exterior.

Esta última propiedad puede ser demostrada con el experimento ilustrado en la figura, donde se utiliza un recipiente metálico esférico que tiene un agujero por el cual se introduce una bolita con carga. Cuando esta se introduce y toca el fondo del recipiente, las cargas pasan y se distribuyen en la superficie exterior de la esfera. Este es uno de los tantos experimentos que hizo M. Faraday en sus charlas públicas, al cual se le llamó *experimento del balde de hielo*, porque al parecer utilizó como recipiente metálico el balde donde guardaba hielo en su laboratorio.



La electrostática en el día a día

Cerraremos el tema de interacciones electrostáticas con unas reflexiones sobre la importancia que la comprensión de estos fenómenos tiene para la ciudadanía. Así tenemos que las neuronas forman una red que funciona básicamente por impulsos eléctricos y procesos químicos, es decir, movimiento de iones que forman campos eléctricos en las neuronas y su entorno, con lo cual transmiten información (energía) al organismo y controlan diversos procesos. Los campos eléctricos en la membrana celular pueden llegar a ser hasta de 7 millones N/C. Además, las reacciones químicas resultan de interacciones eléctricas entre átomos y partículas atómicas.

El cuerpo humano, a pesar de estar generalmente neutro, es un buen conductor, por lo que está expuesto a las descargas eléctricas. En espacios abiertos, las descargas de los rayos pueden incidir en las personas, llegando a ser mortales, hay países como Brasil donde la incidencia es alta (≈ 100 fallecimientos por año). Por ello hay que tomar precauciones.

La acumulación de cargas eléctricas en superficies es algo inevitable, sobre todo en materiales malos conductores. Esto puede significar la producción de pequeñas descargas que a veces escuchas o ves, como las chispas que se producen al tocar la puerta de un auto, o al tener contacto con la pantalla de un televisor o monitor de computador de los antiguos, eventos que no tienen grandes riesgos. Sin embargo, las descargas pueden ser causa del deterioro de un equipo electrónico, o de un incendio si ocurre en un lugar donde existan gases inflamables. Por esta razón es conveniente tomar precauciones, como el uso de materiales antiestáticos (nylon, polietileno, corcho, suela...).

Los fenómenos eléctricos y su explicación han permitido muchos desarrollos tecnológicos de los cuales nos beneficiamos, como puedes ver en el proyecto propuesto. Sin embargo, es importante conocer los fundamentos de esos desarrollos y evaluar los posibles beneficios, riesgos y necesidad de los mismos a la hora de decidir construirlos o adquirirlos, y usarlos.



Centro virtual de meteorología. Registro de descargas eléctricas atmosféricas en Venezuela y el Caribe. IVIC. http://met.ivic.gob.ve/tasa_rayos.html



Un espectáculo electrostático

Las experiencias electrostáticas, además de beneficiarnos, podemos replicarlas para una *actividad de educación científica recreativa*. Diseñen y preparen la réplica de fenómenos de este tipo como:

a) Globos inflados o pitillos plásticos, frotarlos con servilletas o telas para: 1) pegarlos en la pared, 2) colgarlos y que se repelen, 3) desviar un chorrito de agua, 4) hacer rodar latas de jugo vacías u otros pitillos, v) separar pimienta de sal.

b) Medias de nailon que se "inflan" al frotarlas con bolsa plástica, y muchas más.

Pueden encontrar más experiencias en diversas direcciones electrónicas como:

<http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/electrostatica/html/electrostatica.html>

Produzcan explicaciones de los fenómenos observados en cada caso, ayudados con ilustraciones y diagramas. Discutan todos los trabajos y evalúenlos. Preparen una coreografía y organicen entre todos un **show electrostático para niños**.



¿En qué se aplican los fenómenos electrostáticos?

Proponemos que se organicen en grupos para trabajar en un proyecto relacionado con la lectura. Indaguen acerca de las diversas aplicaciones prácticas de los fenómenos electrostáticos (fotocopiadora, precipitador electrostático, tubo de rayos catódicos, distribución de gotas de tinta en impresora). Distribúyanlas por grupo para que cada uno desarrolle parte del trabajo. Formúlense preguntas para orientar las acciones, como por ejemplo:

- ¿Qué beneficio obtenemos del equipo o aplicación?
- ¿Cómo funciona? ¿Quiénes fueron sus creadores? ¿En qué contexto geohistórico se desarrolló?
- ¿Qué aspectos de la lectura permiten describirlo y explicarlo?

Elaboren explicaciones verbales apoyados en diagramas, esquemas, animaciones, maquetas, entre otros, de los fenómenos electrostáticos en que se basa cada aplicación.

Integren el trabajo de todos, analícenlo y mejórenlo. Preparen propuestas para innovar el diseño de alguna aplicación, con el fin de que sea más eficiente, de menor impacto ambiental, menor requerimiento energético, entre otras posibilidades. Evalúen y divulguen su trabajo.



Actividades de autoevaluación

1. La membrana de una célula humana tiene un ión positivo $+e$ en el lado externo y un ión negativo $-e$ en el interno. Si el espesor de la membrana es de $0,80 \cdot 10^{-9}$ m, determina la intensidad y dirección de la fuerza eléctrica entre iones. Considera la membrana como tejido de cuerpo.

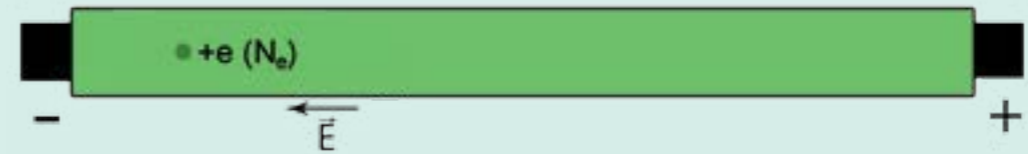
2. Imagina que tienes dos esferas pequeñas colgadas de un hilo delgado y aislante de 0,8 m de largo, ambas de masa de 1,5 g. Las esferas son electrizadas y adquieren la misma cantidad de carga Q con igual signo, por lo que se repelen, separándose 0,8 m. ¿Cuál es la intensidad o valor numérico de la carga de cada esfera? Si supones que las esferas tienen exceso de electrones, ¿qué cantidad habrá en cada una?

3. Dos iones sodio $Na (+e)$ y cloro $Cl (-e)$ separados una distancia de 10^{-9} m se encuentran en agua. Determina la intensidad de fuerza eléctrica entre ellos, suponiendo que no se mueven. ¿En cuánto aumenta esta fuerza si esta configuración de iones está en aire seco?

4. Suponte que las cargas que producen el dipolo eléctrico en un corazón humano, en un instante dado, valen 10^{-7} C y la carga negativa está en el lado izquierdo, mientras la positiva está a 4 cm en lado derecho. Determina la fuerza que ejerce este dipolo sobre un ión de sodio $Na (+e)$, ubicado a 8 cm verticalmente hacia arriba del centro de las cargas. Considera la constante dieléctrica de los tejidos del cuerpo.



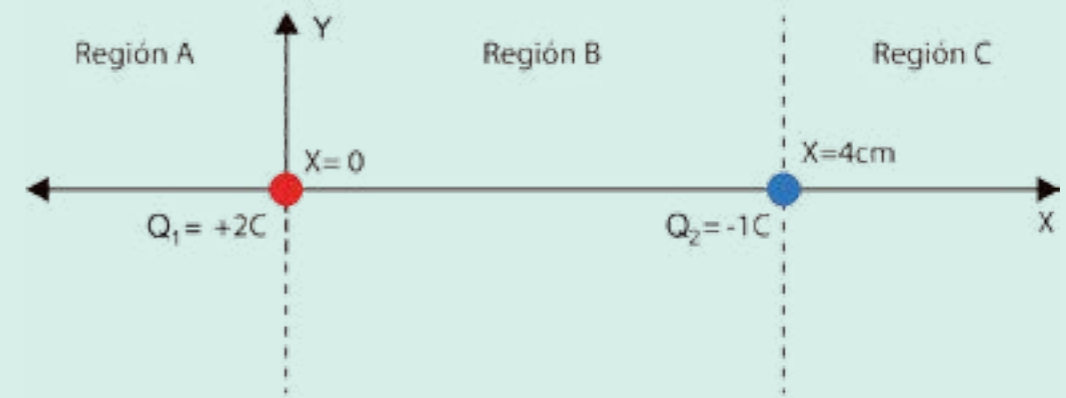
5. En un tubo de neón se produce un campo eléctrico uniforme entre el cátodo y el ánodo, cuyo valor es $2,5 \times 10^4$ N/C. Explica cómo piensas que se moverá un ión $(+e)$ de neón cuya masa es de $3,3 \times 10^{-26}$ kg libre de moverse dentro de ese campo.



6. Un electrón se mueve entre dos placas paralelas cargadas con $+Q$ y $-Q$ que forman un campo eléctrico de $1,0 \cdot 10^3$ N/C ¿Cómo será la fuerza (valor y dirección) que actúa sobre el electrón?

7. Dos partículas cargadas: $Q_1 = +2$ C y $Q_2 = -1$ C están ubicadas como indica la figura.

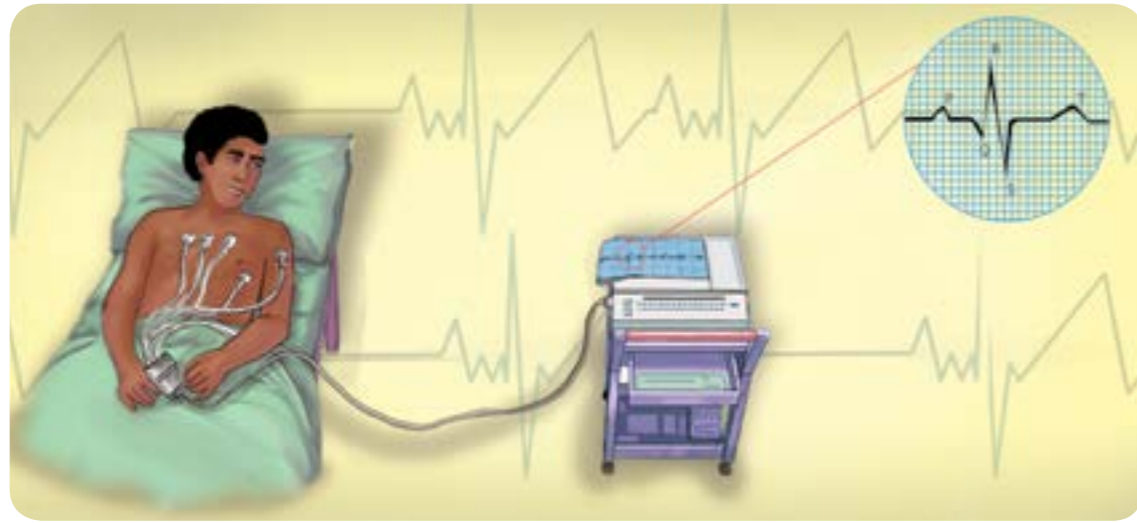
Analiza si podrá la fuerza neta sobre otra carga $+1$ C, ser cero en alguna de las tres regiones.



8. Considera que un electrón está en una región donde existe un campo eléctrico de intensidad 750 N/C, ¿qué valor de aceleración adquiere la carga si sobre ésta sólo actúa la fuerza eléctrica?, ¿cómo es la dirección de la aceleración en atención a la dirección del campo eléctrico?

9. Al interactuar con la simulación que puedes bajar de la dirección electrónica phe.colorado.edu/en/simulation/efield (en español), puedes incluir cargas en una región y observar cómo se perturba el campo eléctrico en dicho espacio según sus características: valor, signo y masa (el campo es representado de manera discreta mediante flechas azules, puedes variar la cantidad de puntos representados).

Coloca una segunda carga igual y de diferente signo, observa y explica lo sucedido (varia otra de sus características), compara el campo para cada caso, analiza y explica lo sucedido.



La energía es un concepto importante para la sociedad actual y futura. Básicamente, diferenciamos entre la *energía cinética* asociada a los cuerpos cuando se mueven y la *energía potencial* en virtud de su posición en el espacio.

La fuerza eléctrica, al igual que la gravitacional, tiene la propiedad de ser conservativa, y por lo tanto, también se le puede asociar una **energía potencial eléctrica**. Ésta es una propiedad del sistema de cargas que interactúan, el cual se estudia con el concepto de campo eléctrico. Ahora vamos a introducir el concepto de **potencial eléctrico**, que también es una propiedad de un punto en el espacio que depende únicamente de las cargas fuentes.

Este enfoque nos permite pasar del lenguaje vectorial del campo eléctrico a un lenguaje escalar del potencial eléctrico, el cual es una manera más sencilla de analizar los problemas en electrostática, basada en el principio de la conservación de la energía. En el contexto de la mecánica, vemos que mediante este principio, analizamos el paso de un sistema desde un estado inicial a otro final, sin necesidad de conocer los detalles de las fuerzas que actúan durante la trayectoria que se sigue entre estos estados.

En electricidad, el concepto de potencial tiene además un interés de carácter práctico, ya que rara vez se miden campos eléctricos directamente; usualmente lo que se mide es la **diferencia de potencial**, el cual seguro conoces con el nombre de **voltaje**. Esto ha permitido desarrollos importantes para el servicio social, como en la medicina o la industria.

En esta lectura nos centraremos en los conceptos de **potencial y diferencia de potencial eléctrico y energía eléctrica**. También estudiaremos cómo funcionan los dispositivos que llamamos **condensadores**, ya que nos permiten almacenar carga y, por lo tanto, energía eléctrica. Con estos conceptos continuarás ampliando tu comprensión de los fenómenos eléctricos, los cuales, como sabes, están prácticamente en casi todas las actividades que desarrollamos o nos rodean.

Energía potencial debida a la interacción eléctrica

La energía potencial en un sistema depende de la posición relativa de los objetos del mismo en un campo de fuerza. Por ejemplo, en el campo gravitacional de la Tierra un objeto tiene más energía potencial cuanto más separado esté de la Tierra. De igual forma, podemos analizar la **energía potencial eléctrica** en atención a la posición que tiene una carga en un campo eléctrico.

Por ejemplo, imagina que tenemos una región entre dos placas paralelas con cargas iguales pero de signos contrarios, en la cual existe un campo eléctrico uniforme. Considera una carga puntual positiva q_0 que estaba inicialmente en el punto B cerca de la placa negativa y es trasladada por un agente externo al punto A, muy cerca de la placa positiva (figura 13.1).

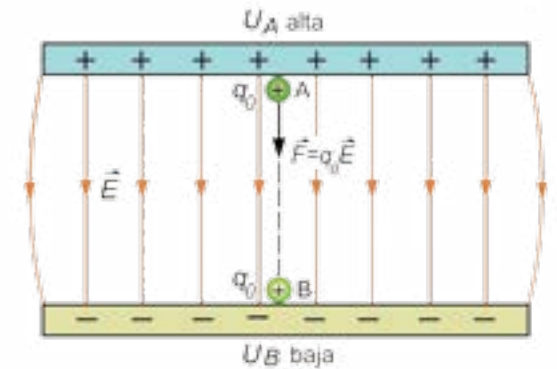


Figura 13.1. El campo eléctrico efectúa un trabajo para mover una carga positiva q_0 de la posición A, donde tiene una energía potencial alta, hasta el punto B) donde tiene una energía potencial baja.

Si la carga en A es liberada, la fuerza eléctrica tenderá a moverla y efectuará un trabajo para llevarla de regreso hacia el punto B cerca de la placa negativa. En este proceso, la carga q_0 se acelera y su energía cinética aumenta mientras que su energía potencial disminuye. Esta disminución en la energía potencial es igual al trabajo que realizó la fuerza eléctrica sobre la carga para trasladarla desde A hasta B. La energía potencial se transformó en energía cinética y la energía se conservó. Vemos que la carga positiva q_0 tiene mayor energía potencial cuando está cerca de la placa positiva ($U_A > U_B$).

En general, la diferencia de energía potencial eléctrica entre dos puntos A y B es igual al trabajo efectuado por la fuerza eléctrica para mover la carga q_0 desde el punto A hasta el punto B: $U_A - U_B = W_{A \rightarrow B}$. Este trabajo dependerá del valor de la carga q_0 . Al igual que definimos un campo eléctrico como la fuerza por unidad de carga, resulta conveniente definir una cantidad que no dependa de q_0 y que sea una propiedad del espacio debido únicamente a las cargas que generan el campo.

Así, podemos definir la **diferencia de potencial** entre dos puntos A y B como la diferencia de energía potencial por unidad de carga:

$$V_{A \rightarrow B} = V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q_0}$$

Observa que si la carga q_0 hubiese sido *negativa* su energía potencial sería alta cerca de la placa negativa ($U_B > U_A$), y la fuerza eléctrica tendría que realizar un trabajo para llevarla hasta la placa positiva, donde su energía potencial sería baja.

Hemos definido así la diferencia de potencial, V_{AB} , de manera que queda especificada sin depender ni del valor de la carga q_0 ni de su signo. Así, si soltamos una carga positiva tiende

a moverse desde un potencial alto hacia un potencial bajo, mientras que si soltamos una carga negativa, su comportamiento sería al revés. Sin embargo, en ambos casos las cargas (positivas y negativas) siempre se mueven hacia posiciones de energía potencial decreciente (Figura 13.2).

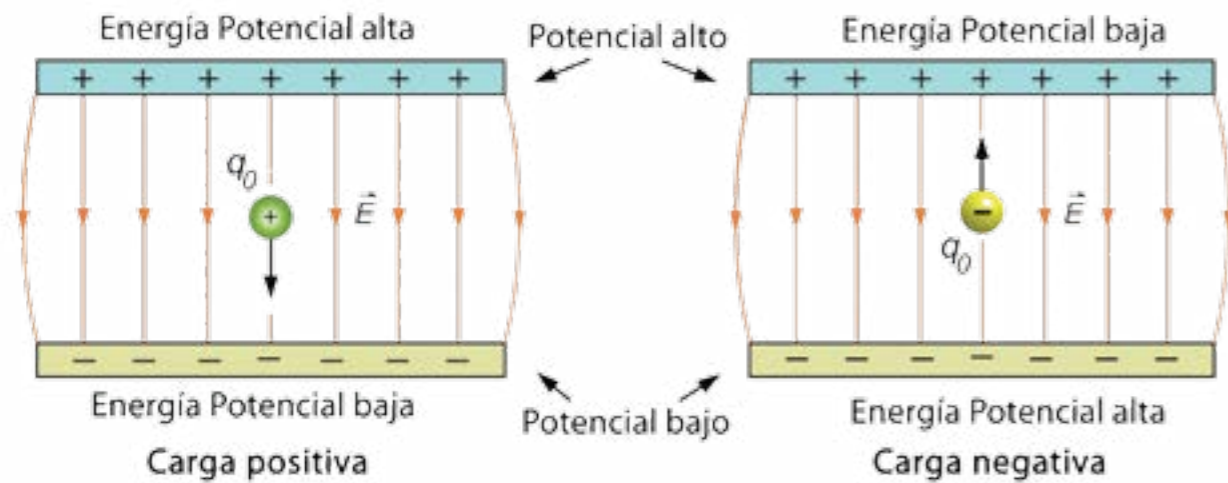


Figura 13.2. El campo eléctrico mueve las cargas hacia regiones donde tienen menor energía potencial. Las cargas positivas van a regiones de menor potencial, mientras que las negativas hacia los de mayor potencial.

Tal como se presentó en el campo gravitacional, sólo se pueden medir diferencias de energía potencial y, por lo tanto, diferencias de potencial, pero si deseamos hablar del **potencial eléctrico** de un determinado punto, V_p , tenemos que elegir un punto para el potencial $V = 0$. Con frecuencia, en los aparatos eléctricos se asigna el potencial cero al chasis o la tierra y con referencia a éste se miden todos los demás potenciales.

En el Sistema Internacional de Unidades, estas dos magnitudes se expresan como:

Magnitud	Tipo	Símbolo	Unidad en el SI	Equivalencia con otras unidades SI
Diferencia de potencial eléctrico	Escalar	V_{AB}	Voltio (V)	$1V = 1 J / C = 1 Nm / C$
Potencial Eléctrico				

Cuando se trabaja a nivel atómico la unidad de energía joule (J) resulta muy grande, por lo que la energía se expresa en términos de la carga del electrón e y el voltio V , unidad que recibe el nombre de **electrón-voltio**: $1eV = (1,6 \cdot 10^{-19} C)(1V) = 1,6 \cdot 10^{-19} J$.

La diferencia de potencial eléctrico, V_{AB} , suele recibir nombres menos formales como **voltaje** o **tensión eléctrica**, pero siempre se refiere a su valor entre dos posiciones. El instrumento empleado para medir el voltaje entre esas dos posiciones se conoce como **voltímetro**.

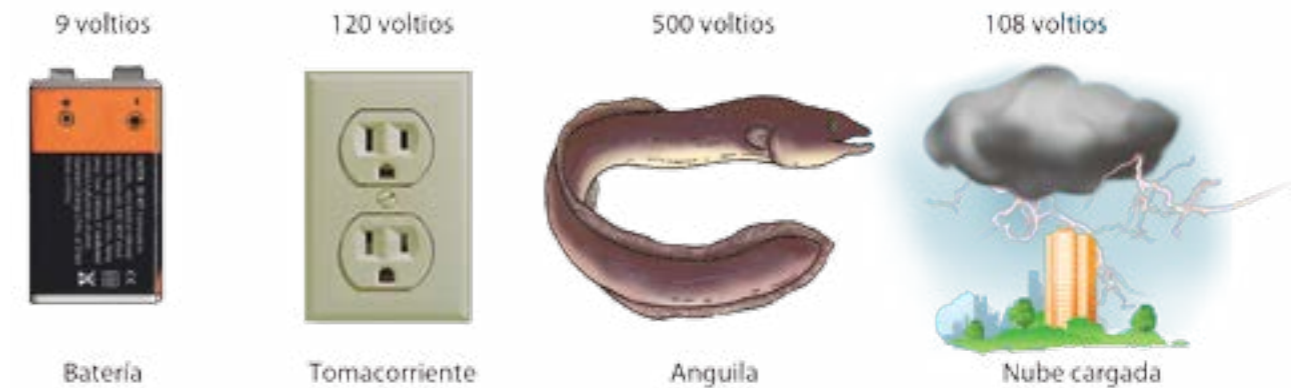


Figura 13.3. Valores típicos de diferencia de potencial.

La diferencia de potencial eléctrico determina cuánto trabajo puede efectuar (o recibir) una cantidad de carga eléctrica determinada, al trasladarse desde un punto A hacia otro punto B, mediante la expresión:

$$W_{A \rightarrow B} = qV_{AB} = q(V_A - V_B)$$

Por ejemplo, cuando una carga positiva de 1 C pasa del borne positivo al borne negativo de una pila que tiene un voltaje de 1,5 V, significa que la carga cede 1,5 J de su energía potencial.



Electrón acelerado

Supongamos que un par de placas paralelas está conectado a una batería de 100 voltios, y que soltamos un electrón desde la placa negativa B, ¿cuál será la velocidad con que llega a la placa positiva A?

En esta situación, el trabajo $W_{B \rightarrow A}$ que realizó la fuerza eléctrica desde B hasta A es igual a la disminución en la energía potencial del electrón, la cual se transforma en energía cinética y se desarrolla un trabajo negativo en contra del campo eléctrico:

$$W_{B \rightarrow A} = U_B - U_A = q(V_B - V_A) = \frac{1}{2}mv_A^2$$

En este caso tenemos: $q = -1,6 \times 10^{-19} C$, $m = 9,1 \times 10^{-31} kg$ y $V_B - V_A = 100 V$. Por lo tanto, la velocidad del electrón al llegar a la placa A es:

$$v_A = \sqrt{\frac{2q(V_B - V_A)}{m}} = \sqrt{\frac{2(-1,6 \times 10^{-19} C)(-100 V)}{(9,1 \times 10^{-31} kg)}} = 5,9 \times 10^6 \text{ m/s}$$

El campo eléctrico y el potencial eléctrico se relacionan

Con la introducción del concepto de potencial eléctrico, ahora tenemos dos maneras de describir los efectos ocasionados por las cargas eléctricas, bien sea utilizando campos eléctricos o mediante potenciales eléctricos. ¿Pero cómo están éstos relacionados? Supongamos el caso más sencillo, mostrado en la figura 13.4, donde hay una región con un campo \vec{E} que es uniforme y queremos determinar la diferencia de potencial entre dos puntos (A y B).

El trabajo efectuado por el campo eléctrico para llevar una carga q de A hacia B es:

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

Este trabajo también es igual a la intensidad de la fuerza eléctrica $(F = qE)$ por la distancia d entre los puntos A y B:

$$W_{A \rightarrow B} = Fd = (qE)d$$

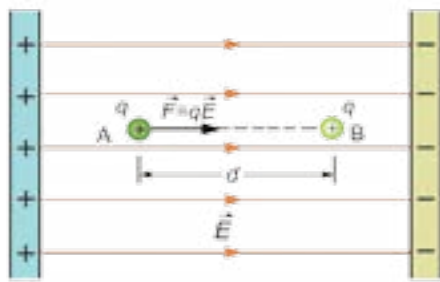


Figura 13.4. La diferencia de potencial entre A y B es el producto de la intensidad campo eléctrico E y la distancia d .

Igualando estas dos expresiones encontramos:

$$V_{AB} = V_A - V_B = Ed$$

Es decir, en el caso de un campo uniforme la diferencia de potencial es proporcional al desplazamiento d en la dirección de las líneas de campo.

De la expresión anterior, podemos despejar el campo eléctrico y obtenemos

$$E = \frac{V_A - V_B}{d} = \frac{V_{AB}}{d}$$

Esta es una relación de gran utilidad práctica porque nos permite obtener el valor de la intensidad del campo eléctrico E por la medición de la diferencia de potencial entre dos puntos, A y B, V_{AB} . Esto suele hacerse utilizando un voltímetro, ya que no existen aparatos para medir de manera directa los campos eléctricos.

Según esta relación, las unidades de campo eléctrico pueden ser *voltio/metro*. Pero también sabemos que la unidad de campo eléctrico en términos de la fuerza eléctrica es *Newton/Coulomb*, entonces podemos decir que: $1\text{N/C} = 1\text{V/m}$

La ecuación anterior relaciona las magnitudes del campo E y el potencial V . Pero, ¿cómo sabemos cuál es la dirección del vector \vec{E} ? En la figura anterior, te darás cuenta de que **el vector campo eléctrico está dirigido en la dirección en que disminuye el potencial**.

Cuando tenemos un **campo eléctrico no uniforme**, la relación entre el campo \vec{E} y el potencial V , en general, es diferente para cada región del espacio. Sin embargo, se puede demostrar que si consideramos un punto del espacio y nos desplazamos una pequeña distancia en una determinada dirección, la componente del campo eléctrico en esa dirección es igual a la disminución del potencial eléctrico dividido por la distancia. Así, por ejemplo, aplicando la relación anterior, la componente x del campo eléctrico está dada por: $E_x = \Delta V / \Delta x$, donde ΔV es la caída de potencial a lo largo de una distancia Δx muy pequeña. La cantidad $\Delta V / \Delta x$, es lo que llamamos el **gradiente del potencial eléctrico**.

Las diferencias de potencial son las mismas por rutas diferentes

La expresión $V_{AB} = Ed$ permite calcular la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera en un campo uniforme. Pero hay que tener presente que la distancia d entre los dos puntos debe tomarse en la dirección paralela al vector \vec{E} . Para demostrar esto, vamos a determinar la diferencia de potencial entre un punto A y otro punto C, ubicado más arriba del punto B, pero a la misma distancia d de este a lo largo de la dirección del campo eléctrico uniforme. Esto lo haremos usando las dos rutas distintas mostradas en la figura 13.5.

En la *ruta 1*, primero tenemos el tramo AB y a continuación el tramo BC que es perpendicular al campo. Calculamos el trabajo total y de allí obtenemos la diferencia de potencial entre A y C:

$$W_{A \rightarrow C} = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} = (qE)d + 0 = qEd$$

Como: $W_{A \rightarrow C} = q(V_A - V_C)$, tenemos $(V_A - V_C) = Ed$

En la *ruta 2* tenemos 6 tramos, los tramos AD, EF, y GH que son perpendiculares al campo \vec{E} y los tramos DE, FG y HC que son paralelos. Obviamente en los tramos perpendiculares los trabajos de la fuerza eléctrica son nulos: $W_{A \rightarrow D} = W_{E \rightarrow F} = W_{G \rightarrow H} = 0$. En consecuencia, el trabajo total desde A hasta C corresponde a la suma de los trabajos efectuados en los tramos paralelos:

$$W_{A \rightarrow C} = W_{D \rightarrow E} + W_{F \rightarrow G} + W_{H \rightarrow C} = (qE)(d_1 + d_2 + d_3) = qEd \quad \text{así} \quad (V_A - V_C) = Ed$$

Este resultado coincide con el que hallamos para la ruta 1. Esto era de esperarse como consecuencia de que el campo eléctrico es conservativo y que el trabajo realizado por la fuerza eléctrica, sobre una carga para trasladarla entre dos puntos, es independiente de la trayectoria que se siga y sólo depende de los puntos inicial y final.

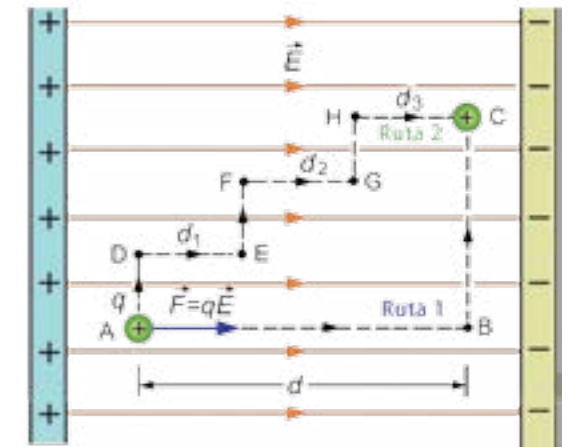


Figura 13.5. El trabajo realizado por la fuerza eléctrica para trasladar una carga q entre los puntos A y C, es independiente de la trayectoria.

Potencial eléctrico producido por una carga puntual

Como sabes, el campo eléctrico alrededor de una carga puntual varía de un punto a otro, por lo tanto, si movemos una carga entre dos posiciones, la fuerza eléctrica sobre ella cambia, de modo que para calcular diferencias de potencial no resulta tan sencillo como en el caso del campo uniforme. Para la carga puntual podríamos determinar el trabajo realizado sobre la otra carga por el campo, en sucesivos y pequeñísimos tramos del camino Δr , considerando el respectivo valor del campo, lo cual sería tedioso. Sin embargo, esta operación resulta sencilla utilizando una herramienta matemática inventada por Isaac Newton: el *cálculo diferencial e integral*.

Mediante este cálculo, se demuestra que el potencial eléctrico en un punto del espacio V donde hay un campo eléctrico producido por una carga puntual, es proporcional al valor de la carga Q e inversamente proporcional a la distancia r que separa al punto de la carga, lo cual se expresa como:

$$V = k \frac{Q}{r}$$

En esta expresión se considera el infinito, el cual resulta una aproximación muy buena, como punto de referencia para asignar el potencial nulo ($V_{\infty} = 0$). Se observa que el potencial cercano a una carga positiva es grande, y disminuye hacia cero con el inverso de la distancia, mientras que para una carga negativa el potencial varía desde un valor máximo negativo cuando está cerca de la carga hasta un valor cero, para distancias grandes.



Potencial eléctrico en el entorno de un núcleo de hidrógeno

El electrón del hidrógeno se encuentra a una distancia promedio del protón del núcleo de $0,53 \times 10^{-10} \text{m}$. ¿Qué potencial eléctrico hay a esa distancia del núcleo? Suponiendo $V_{\infty} = 0$, para separación infinita, y considerando la relación de potencial para carga puntual, tenemos:

$$V = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{C})}{0,53 \cdot 10^{-10} \text{m}} = 27 \frac{\text{Nm}}{\text{C}} = 27 \text{V}$$

Potencial debido a un grupo de cargas puntuales

Supongamos que tenemos varias cargas puntuales y deseamos determinar el potencial eléctrico que establecen estas cargas en un punto P . El potencial en ese punto resulta de la contribución individual de cada carga, y como éste es una magnitud escalar, efectuamos la suma algebraica de sus potenciales:

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n = k \frac{Q_1}{r_1} + k \frac{Q_2}{r_2} + \dots + k \frac{Q_n}{r_n}$$

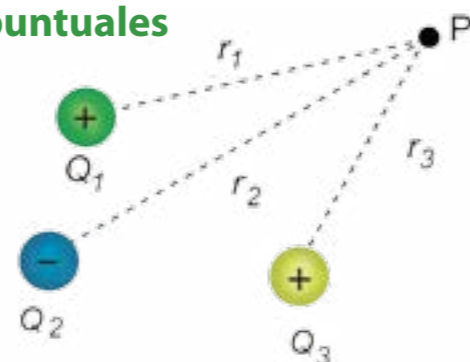


Figura 13.6. Potencial en un punto P debido a varias cargas puntuales.

Te habrás dado cuenta de que, en el caso de los campos eléctricos, el cálculo del campo resultante en P podía ser más complejo por tratarse de una suma vectorial. En cambio la superposición de potenciales eléctricos se consigue con mayor facilidad porque sólo debemos sumar algebraicamente los valores.

Representación gráfica del potencial eléctrico

Así como representamos el campo eléctrico de una región mediante las líneas de campo, hay una manera también de representar el potencial eléctrico. Para ello unimos todos los puntos del espacio que se encuentran a igual potencial, obteniendo lo que denominamos **superficies equipotenciales**.

Para el caso de *una carga puntual* tenemos que todos los puntos a igual distancia r de la carga estarán a igual potencial, este conjunto de puntos conforma una superficie esférica. Por lo tanto las superficies equipotenciales serán esferas con centro en la carga. Nota que las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a cada superficie (figura 13.7).

Para el caso de *campo eléctrico uniforme* vimos que todos los puntos de una superficie perpendicular al vector campo estarán a igual potencial, por lo tanto las superficies equipotenciales son planos perpendiculares al vector campo, es decir, tienen igual valor V . Nota que los vectores campo eléctrico también son perpendiculares a esta superficie. En estos dos casos las líneas de campo son paralelas al vector campo eléctrico (figura 13.7).

En todos los casos observamos que las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies equipotenciales. Esto está en concordancia con el comportamiento de las cargas. Por ejemplo, si dejamos libre una carga positiva tenderá a moverse en la misma dirección del campo eléctrico, y lo hace desde posiciones de mayor potencial hacia posiciones de menor potencial.

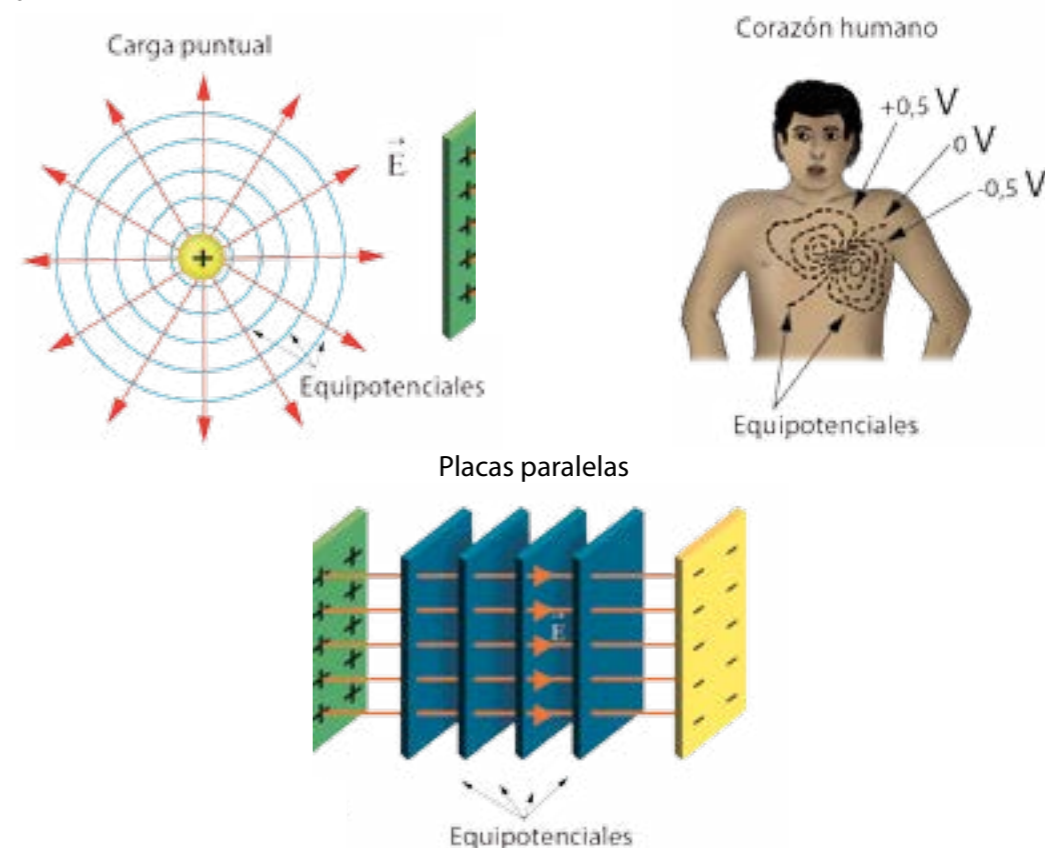


Figura 13.7. Superficies equipotenciales para diversas configuraciones de cargas.

El potencial eléctrico en conductores

En la lectura anterior, vimos que los materiales conductores presentan propiedades eléctricas especiales que los diferencian de los aisladores en cuanto al comportamiento del campo eléctrico. Veamos ahora cómo esto también afecta al potencial eléctrico.

En equilibrio electrostático, dentro de un conductor, *el campo eléctrico* posee intensidad igual a cero ($E = 0$). Por ejemplo, si colocamos un metal en una región donde existe un campo eléctrico uniforme, sus electrones libres se desplazan y muchos de ellos se acomodan en la superficie hasta hacer que el campo eléctrico interno desaparezca (figura 13.8).

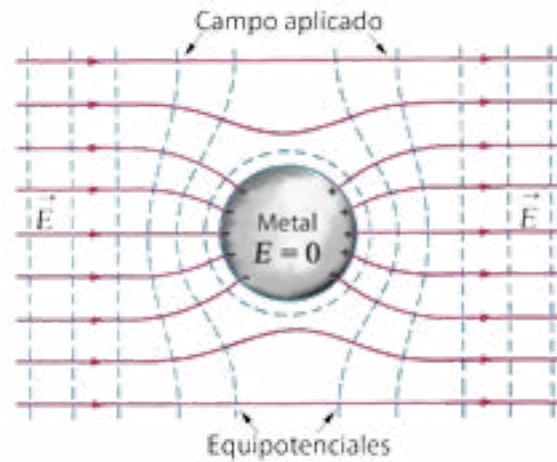


Figura 13.8. El campo eléctrico es cero dentro de un conductor colocado en un campo externo. La superficie del conductor es equipotencial.

Una consecuencia de esto es que podemos trasladar una carga testigo entre cualquier par de puntos internos sin que el campo ejerza trabajo, por lo tanto, no habrá variación en la energía potencial de la carga. Esto significa que todos estos puntos en el interior del conductor deben estar al mismo potencial.

También vimos que, en la superficie del conductor, el vector campo eléctrico es perpendicular a ésta, por lo tanto, al desplazar una carga por la superficie tampoco se realiza trabajo. Esto quiere decir que todos los puntos de dicha superficie tendrán igual potencial, el cual, además, es el mismo del interior. Por lo tanto, cualquier conductor sea hueco o no constituye un volumen equipotencial.

Los conductores cuando están cargados presentan ciertas propiedades curiosas. Una de estas propiedades es el llamado **efecto de puntas** que sucede porque las cargas en un metal electrificado tienden a ubicarse en las regiones puntiagudas. Como resultado, el campo eléctrico en las regiones de las puntas es mucho más intenso que en las regiones aplanadas.

Estos campos pueden llegar a ser tan elevados que provocan descargas eléctricas a través de las moléculas del aire. Por eso las piezas metálicas de los equipos de alto voltaje siempre tienen forma redondeada y nunca filosas. El poder de las puntas fue aprovechado por Franklin para inventar un dispositivo que ejerciera una acción protectora contra los daños ocasionados durante las tormentas eléctricas, el **pararrayos**. ¡Muchas gracias Benjamín!

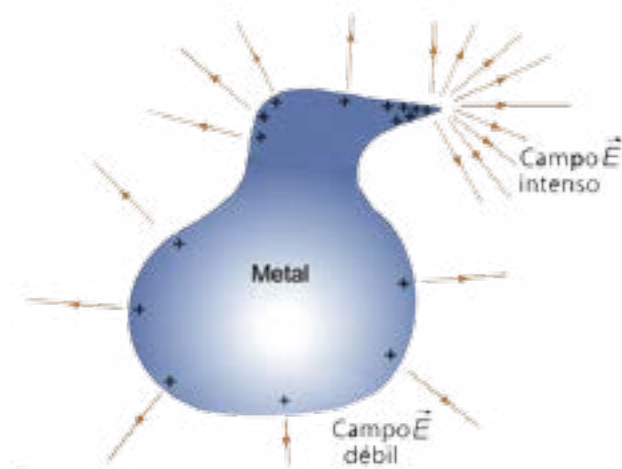


Figura 13.9. El poder de las puntas: el campo eléctrico es muy intenso en las partes puntiagudas de un conductor.

Otra de las consecuencias de este comportamiento de los metales es lo que conocemos como **blindaje electrostático**. El hecho de que el campo eléctrico sea cero en el interior de un conductor permite demostrar que si el conductor tiene una cavidad interna, el campo allí también debe anularse. Fue Michael Faraday quien se arriesgó a demostrar por primera vez en público este fenómeno.



Para ello construyó una enorme jaula metálica, en la cual se introdujo llevando con él un electroscopio (detector de cargas). Mientras que su ayudante electrificaba la jaula con un alto voltaje, Faraday no salía lastimado y su electroscopio no registraba la acción de ningún campo. Con ello mostraba que el campo eléctrico en el interior de la jaula era cero a pesar del alto voltaje al que estaba expuesta la jaula.

Si quieres comprobar este dramático efecto del blindaje eléctrico, no es necesario que te arriesgues como lo hizo Faraday. Basta con que introduzcas tu celular dentro de una bolsa de aluminio. Si le dices a un amigo que te llame, verás que en tu celular se registrará una llamada perdida. De la misma manera, si estás oyendo música con un pequeño radio de pila, verás que deja de sonar si lo introduces en la bolsa de aluminio. Échale la culpa a los electrones del aluminio que conspiran ubicándose en los sitios estratégicos para hacer desaparecer el campo en el interior de la bolsa.

Para saber mas...

Michael Faraday (1791-1867) popularizó las demostraciones experimentales, con ellas lograba que un fenómeno y su proceso se hicieran evidentes para todo público. Sus charlas públicas mensuales, de carácter experimental, presentadas en el teatro de la Royal Society en Londres, se convirtieron en una forma de educación científica. Faraday consideraba que buenas demostraciones proveían a la ciudadanía de conocimiento vivencial acerca de la naturaleza.

Almacenando energía eléctrica

De la misma manera que podemos almacenar agua en los embalses para disponer de gran cantidad de energía potencial gravitatoria, podemos almacenar energía potencial eléctrica debido al campo eléctrico. ¿Cómo se logra?

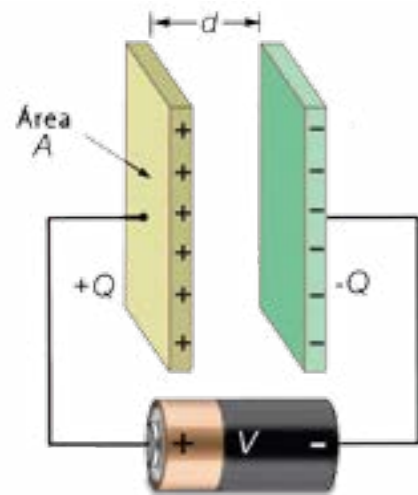


Figura 13.10. Un capacitor de placas paralelas.

En la lectura anterior has visto que un cuerpo conductor puede ser cargado por inducción, la cual se distribuye en su superficie, con esto tendríamos una energía potencial debido al campo eléctrico que ella genera. Si aumentamos la cantidad de carga, mayor será la energía. Algo semejante sucede en las nubes que van acumulando carga hasta que se produce el rayo. Este fenómeno ha permitido el diseño de un dispositivo que conocemos como **condensador** o **capacitor**. Este es un dispositivo que puede almacenar carga eléctrica y, generalmente, consiste de dos cuerpos conductores colocados muy cerca uno del otro pero sin tocarse.

En la versión más simple, el condensador está constituido por una par de placas metálicas paralelas, de área A y separación d . Si se aplica un voltaje V a las placas mediante una batería, una placa adquiere carga positiva $+Q$ y la otra una cantidad igual de carga negativa $-Q$.

Se observa que la cantidad de carga adquirida resulta proporcional al voltaje V , y podemos escribir esta proporcionalidad en términos de una constante C :

$$Q = CV$$

La constante de proporcionalidad se llama la **capacitancia** del condensador. Esta magnitud representa la cantidad de carga por unidad de voltaje que puede acumular un condensador. La unidad de medida de capacitancia en el SI es:

Magnitud	Tipo	Símbolo	Unidad en el SI	Equivalencia con otras unidades SI
Capacitancia o Capacidad eléctrica	Escalar	C	Faradio (F)	$1 \text{ F} = 1 \text{ C} / \text{V}$

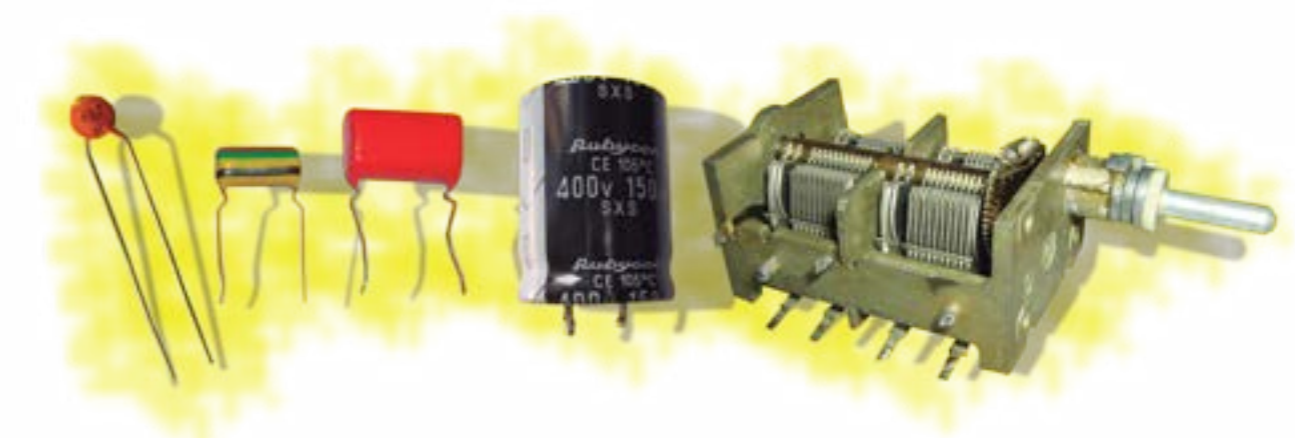
En el condensador de placas paralelas, la capacitancia será mayor mientras mayor sea el área de las placas A y menor sea la separación entre las mismas d , lo que se muestra en la siguiente relación:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Recuerda que ϵ_0 es la constante de permitividad del espacio libre (vacío) que aparece en la ley de Coulomb.

De acuerdo con esta relación, lo deseable es que sean láminas de gran superficie y estén muy próximas. Con frecuencia las dos placas se enrollan juntas con un papel u otro aislador entre ellas

Para tener idea de lo que significaría un condensador de capacidad 1 Faradio, imagina que tiene dos placas separadas 1 mm, entonces el área debería ser cerca de 10^8 m^2 . Esto equivale a 10.000 campos de fútbol seguidos. En realidad 1 F es una cantidad muy grande, por lo general, se trabaja con submúltiplos como: el microfaradio, el nanofaradio y el picofaradio ($1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$; $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$; $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$).



Diversos condensadores de cerámica, electrolíticos y variables de placas paralelas.

Mejora la capacitancia con medios dieléctricos

La mayoría de los condensadores tienen un material aislante como papel o plásticos, entre las placas, éstos son los llamados materiales **dieléctricos**. Recuerda que la intensidad de la interacción eléctrica entre cargas varía según el medio dieléctrico, propiedad que está medida con la *constante dieléctrica K* del material, en la lectura previa tienes la tabla 12.1 con valores de esta constante para algunos materiales.

El dieléctrico sirve para varios propósitos, evita que las placas metálicas entren en contacto, permite que toleren voltajes elevados sin riesgo de descarga con el aire, pero lo más importante es que incrementan la capacidad del condensador para almacenar cargas. ¿Cómo se logra esto? Veamos.

Cuando se coloca un dieléctrico en un campo eléctrico se ordenan los dipolos eléctricos en las moléculas que lo constituyen, quedando polarizado, lo cual modifica la propiedad eléctrica del espacio. Observa en la figura 13.11 la representación de lo que sucede al colocar un dieléctrico entre dos placas que han sido cargadas con una batería.

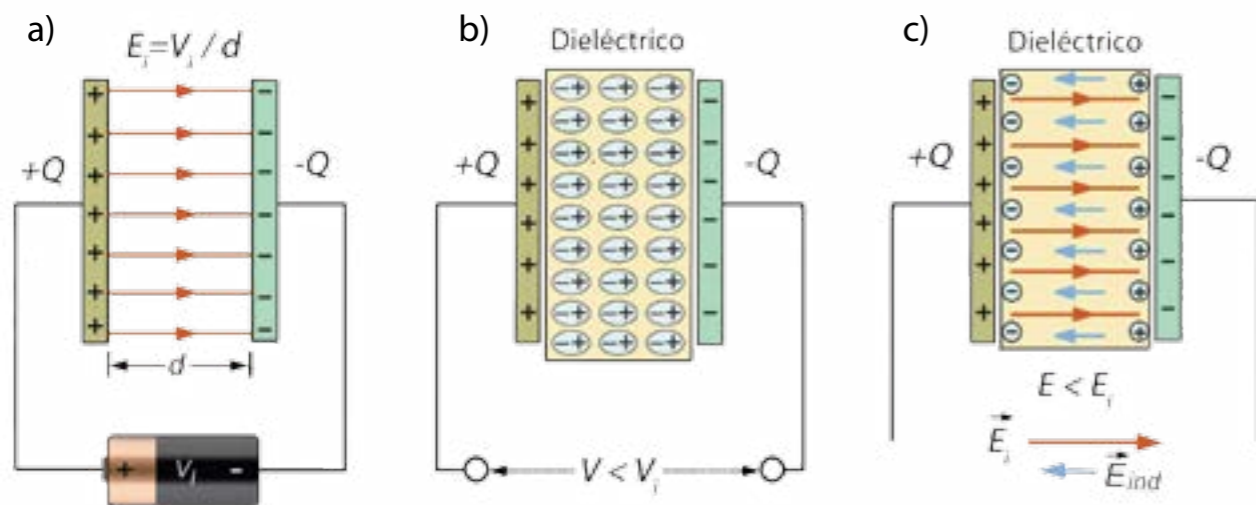


Figura 13.11. a) Un condensador cargado con una batería. b) Polarización del dieléctrico al colocarlo entre las placas. c) Efecto del dieléctrico polarizado sobre el campo eléctrico del condensador.

En la figura 13.11 un condensador adquiere cargas $+Q$ y $-Q$ al conectarlo a una pila de voltaje V_i , estas cargas producen un campo \vec{E}_i . Al introducir un material de constante dieléctrica K , sus dipolos se orientan con el campo, dando lugar a cargas inducidas en la superficie del dieléctrico. Estas cargas inducidas producen un campo opuesto, $\vec{E}_{inducido}$ que cancela parte del campo debido a las cargas Q de las placas, resultando un campo en el dieléctrico disminuido en un factor K respecto al valor inicial \vec{E}_i . En consecuencia, el voltaje inicial V_i se reduce en igual proporción. Como la carga Q en el condensador es la misma, la capacidad C se ve incrementada en el factor K :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{V_i/K} = K \frac{Q}{V_i} = KC_i$$

Los capacitores tienen diversas aplicaciones: Controlar los ruidos en las radios, selección de estaciones de radio, evitar descargas durante el encendido del automóvil, generar la chispa que permite la combustión del gas que infla la bolsa de aire de los vehículos, y muchas más. Desarma un condensador dañado para que veas cómo luce por dentro.

¿Podremos aumentar el voltaje *indefinidamente para acumular toda la carga que se quiera*? Sabemos que una nube almacena cargas hasta que se produce la descarga. De manera análoga, los condensadores tienen un límite de almacenamiento de carga que depende del material dieléctrico que exista entre las placas. Por eso, en las etiquetas de los condensadores se especifica no sólo el valor de la capacitancia sino, también, la máxima diferencia de potencial que puede ser aplicada sin que se dañe.

Además, dijimos que un condensador permite almacenar energía potencial eléctrica. A medida que se va cargando, el agente externo tiene que ejercer cada vez más trabajo, debido al aumento en la fuerza de repulsión que produce el campo eléctrico de las cargas que se han acumulado, sobre la carga que se está transfiriendo. Por lo tanto, la variación de energía potencial es $\Delta U = q\bar{V}$; este voltaje promedio está entre un valor inicial cero (sin carga) y el voltaje final V_f , así tenemos que: $\Delta U = q\bar{V} = (1/2)QV = (1/2)CV^2 = (1/2)Q^2/C$. Así por ejemplo, un condensador que especifica: 10 nF, 400 V, puede almacenar una energía potencial eléctrica máxima de $1,6 \cdot 10^{-6}$ J.

Asociaciones de capacitores

Como sabemos, los capacitores permiten almacenar energía potencial. Si se conectan a los terminales de una fuente de energía CC, tenemos que durante un tiempo circulará una corriente hasta que se carga. De acuerdo con la manera en que se dispongan los capacitores podremos almacenar más o menos carga.

1. Los **capacitores** estarán **en paralelo** cuando todos tienen la misma diferencia de potencial, V . La carga total será la suma de las cargas individuales.

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = (C_1 + C_2 + \dots + C_n)V$$

Por lo tanto, la asociación sería equivalente a un capacitor que contiene una carga Q a voltaje V , siendo su capacidad equivalente C_{eq} igual a:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

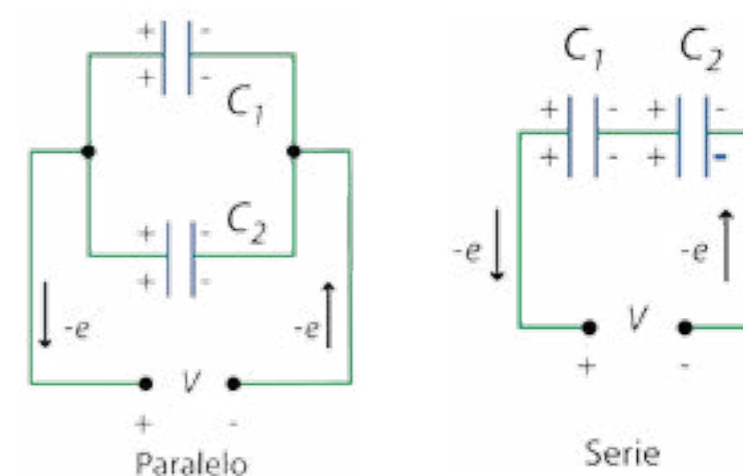
2. Los **capacitores** conectados **en serie** tendrán todos la misma cantidad de carga Q , y la diferencia de potencial total será la suma de la diferencia de potencial en los extremos de cada capacitor.

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

Por lo tanto, la capacidad equivalente es igual a:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Circuitos con capacitores



Paralelo

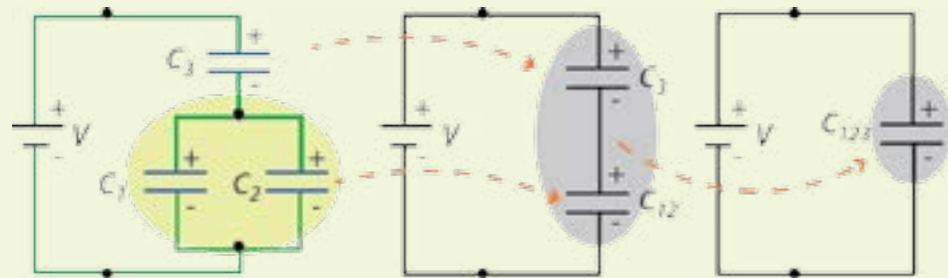
Serie



Almacena energía en capacitores serie-paralelo

Tres condensadores de capacitancias $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 4 \mu\text{F}$ y $C_3 = 5 \mu\text{F}$ se encuentran conectados como se muestra en la figura siguiente. La batería tiene un voltaje entre sus bornes de 6 V. ¿Cuál será la capacitancia equivalente? ¿Cuál será la carga total que almacena el circuito? Si desconectamos la batería, ¿cuál será la energía que queda almacenada en los condensadores?

Para hallar la capacitancia equivalente seguimos la secuencia ilustrada en la figura.



En la primera figura notamos que C_1 y C_2 están en paralelo y por lo tanto sus capacitancias se suman, resultando un condensador de valor:

$$C_{12} = C_1 + C_2 = 1 \mu\text{F} + 4 \mu\text{F} = 5 \mu\text{F}$$

En la segunda figura tienes que este capacitor C_{12} se encuentra en serie con el condensador C_3 y, por lo tanto, sumamos los inversos de sus capacitancias para hallar el inverso de la capacitancia equivalente, C_{123} :

$$\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{5 \mu\text{F}} + \frac{1}{5 \mu\text{F}} = \frac{5 \mu\text{F} + 5 \mu\text{F}}{(5 \mu\text{F})(5 \mu\text{F})} = \frac{10}{25 \mu\text{F}} \quad C_{123} = 2,5 \mu\text{F}$$

Así, en la tercera figura nos queda sólo el condensador equivalente C_{123} de $2,5 \mu\text{F}$, que equivale a los tres condensadores suministrados. Por lo tanto, la carga total almacenada es:

$$Q = C_{123}V = (2,5 \mu\text{F})(6 \text{ V}) = 15 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Si desconectamos la batería, tenemos una energía potencial eléctrica almacenada en los condensadores, la cual podemos calcular:

$$U = \frac{1}{2}C_{123}V^2 = \frac{1}{2}(15 \cdot 10^{-6} \text{ C})(6 \text{ V})^2 = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

¿Podríamos almacenar más energía en estos tres condensadores con la misma pila? ¿Cómo tendría que ser la combinación de los condensadores para lograrlo?

Para saber mas...

El nombre de condensador proviene de la noción de fluido asignada a la electricidad por B. Franklin, en el siglo XIX. Por lo que se decía que la carga se podía almacenar tras su "condensación" en un dispositivo conocido como la botella de Leyden, que era una botella de vidrio con un tapón y forrada con un metal, en su interior tenía un líquido aislante y una varilla conductora, cuyo extremo sobresalía del tapón.

El voltaje, un concepto con grandes implicaciones

Cuando pensamos en energía eléctrica y voltaje, seguramente lo primero que nos viene a la mente son todos los aparatos eléctricos que utilizamos, la iluminación, y lo relacionado con la generación, transmisión y distribución de la electricidad. Ciertamente, esto representa un aspecto importante del tema. Y tanto el contenido de esta lectura como las del resto del área de física de este libro de 5^{to} año, son útiles para comprenderlo.

Sin embargo, los avances en el conocimiento de la electricidad desde la física se fueron relacionando con otros campos como la biología, la medicina, la ingeniería, entre otros, dando paso a áreas interdisciplinarias, por ejemplo, la bioelectricidad.

Desde la antigua civilización egipcia, la humanidad ha sentido curiosidad y preocupación por comprender el comportamiento eléctrico de las células, el cerebro, el corazón y, en general, el organismo de los animales y los humanos. Desde los trabajos de Galvani, profesor de anatomía en Italia, sobre los efectos de la estimulación eléctrica neuromuscular en animales, hasta los conocimientos de que hoy disponemos para comprender y modelar el cuerpo humano mediante campos eléctricos, y los desarrollos tecnológicos asociados.



Desfibrilación

El conocimiento sobre la electricidad y su aplicación al organismo, el ingenio humano y el trabajo interdisciplinario es lo que ha permitido hacer mediciones a través de la diferencia de potencial entre diferentes puntos del cuerpo, obteniendo registros del fenómeno eléctrico (electroencefalograma, electrocardiograma), o aplicar altos voltajes para reactivar la función del corazón (desfibrilación). Ese despliegue tecnológico se emplea para el diagnóstico, tratamiento y atención primaria. Por supuesto que el ingrediente más importante en esta combinación ha sido y seguirá siendo la inventiva, la constancia y el estudio de muchas y muchos científicos, tecnólogos y demás especialistas, con sensibilidad social y preocupación por poner al servicio de la sociedad esos avances.

De ahí que tu formación sea fundamental para continuar aportando nuevos conocimientos e innovaciones, con una conciencia clara acerca de la relevancia que todo ello debe tener para el bienestar social, con el menor impacto negativo posible en la ciudadanía y en el ambiente en general.



Determinando campos eléctricos con medidas de potencial

Como saben, es posible determinar el campo eléctrico midiendo el potencial eléctrico en diversos puntos. Les proponemos un experimento para hallar el campo e identificar las superficies equipotenciales.

¿Qué necesitan?

Un voltímetro, una cuba o caja de plástico de fondo transparente (figura 13.12), agua, papel milimetrado, electrodos conductores (barras delgadas, anillos planos), cables con pinza, una fuente de voltaje AC variable (0V a 20V) (Si solo disponen de una fuente de voltaje DC, es recomendable alternar la polaridad al conectar los electrodos para evitar las sustancias que se acumulan en estos debido a la electrólisis).

¿Cómo lo harán?

1. Discutan previamente: ¿cómo, a través de medidas (valor, dirección y sentido) de potencial, podemos identificar el campo eléctrico? ¿Cómo esperan que sean las superficies equipotenciales para diferentes configuraciones de carga: barras paralelas, aro, punta? En consecuencia, ¿cómo esperan que sea el campo eléctrico?

2. Para que comprendan en qué consiste el proceso de identificación del campo eléctrico en una región del espacio a través de las medidas de potencial, les sugerimos la interacción con este simulador de la actividad experimental, disponible en la siguiente dirección: <http://jair.lab.fi.uva.es/~manugon3/laboratorio/campoE/default.htm>

3. Para cada configuración decidan en qué puntos del plano resulta relevante medir el potencial, de acuerdo con las superficies equipotenciales que suponen se deben generar.

4. Realicen el montaje señalado en el diagrama colocando agua suficiente en el fondo de la cuba para cubrir los electrodos. Suministren una diferencia de potencial al par de electrodos y con una punta de prueba del voltímetro determinen el potencial en los puntos de interés, manteniendo la otra punta en un terminal de la fuente.

5. Verifiquen el apantallamiento electrostático cuando usen como uno de los electrodos el aro.

6. Analicen los resultados, comparando con sus hipótesis acerca de los campos eléctricos en las diferentes configuraciones.

7. ¿Qué implicaciones prácticas tiene poder medir el campo eléctrico?

8. Preparen un reporte para comunicar los resultados a otros.



Figura 13.12. Montaje del experimento.



Modelando configuraciones de cargas

Haciendo uso de la simulación *cargas y campos* en español, que puedes bajar en la dirección Web: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/charges-and-fields>, diseña diversas configuraciones de cargas positivas y negativas de 1nC.

Predigan inicialmente para cada configuración de cargas

- ¿Cómo será el campo eléctrico en la región circundante? ¿Cómo será el potencial eléctrico? ¿Cómo será la fuerza eléctrica sobre una carga testigo (sensores de intensidad de campo E) en diversos puntos?

Calculen la magnitud del potencial eléctrico en un punto de la configuración diseñada, conocidas las distancias, requieren tener la rejilla y la cinta métrica seleccionada. Revisen sus operaciones de cálculo para asegurarse de que están bien. Verifiquen con el simulador el resultado. Discutan sobre las posibles discrepancias encontradas, ¿serán errores de cálculo teórico? O ¿serán errores de aproximación en las medidas que permite hacer el simulador?

Exploren el valor del potencial eléctrico en el plano para identificar las líneas equipotenciales, compárenlas con las dadas por el simulador.

Elaboren conclusiones y discutan acerca de las diferencias entre los conceptos de campo eléctrico y potencial eléctrico, así como de las relaciones entre ellos para las diversas configuraciones.



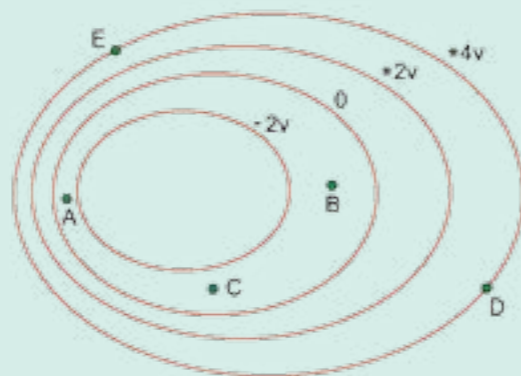
Actividades de autoevaluación

1. Discute sobre la validez de las siguientes afirmaciones:

- Si el potencial eléctrico es constante en un volumen determinado, el campo eléctrico en su interior es cero.
- Si el potencial eléctrico en un punto es cero, el campo eléctrico en dicho punto también será nulo.
- Los campos eléctricos siempre apuntan en dirección decreciente del potencial eléctrico.

2. De acuerdo con la representación de superficies equipotenciales de la figura, ¿qué dirección y sentido tiene el campo eléctrico en los puntos A, B y C? Si una carga negativa se deja libre entre las superficies de +2V y +4V, ¿hacia donde se moverá? ¿Cuánto vale el trabajo realizado para mover una carga desde D hasta E?

3. Cuatro cargas +Q se colocan estáticas formando un cuadrado de lado L. Determina el campo eléctrico y el potencial eléctrico en el centro del cuadro.



5. ¿En dónde es mayor? Dos cargas de $-3,0 \cdot 10^{-6} \text{C}$ están separadas 0,20 m. Considerando a una distancia infinita el potencial cero, determina el potencial eléctrico en: a) el punto medio entre las cargas; b) un punto a 0,20 m de cualquiera de las dos cargas, sobre la recta que une a las cargas.

6. Cargando una batería. Un cargador de batería en cada segundo fuerza a 5,0 C de carga positiva a moverse a través de una diferencia de potencial de 12 V. ¿En cuánto aumenta la energía eléctrica de la batería cada segundo? Si se mantiene cargando durante una hora ¿en cuánto aumenta la energía potencial eléctrica?

7. ¿Quién cede energía? Durante un rayo se mueve una carga de -15 C a través de una diferencia de potencial de $+(8,0 \times 10^7) \text{V}$ ¿Cuánta energía es liberada? ¿Quién o qué cedió energía?

8. Chispas. Si el campo eléctrico entre el dedo de una persona y algún objeto excede el valor de $3,0 \cdot 10^6 \text{V/m}$, saltará una chispa. Supón que la persona tiene su dedo ubicado a una distancia de 0,20 cm de otra persona, y salta una chispa (ambos están sobre una alfombra aislante). ¿Qué voltaje existirá entre las dos personas justo antes de saltar la chispa?

9. Mejorando un capacitor. Construimos un condensador con dos láminas de $0,20 \text{ m}^2$ y separadas 5,0 mm. Al conectarlo a una batería de 12 V, ¿qué carga almacenará? ¿De cuánta energía disponemos? ¿En cuánto aumenta su capacidad si colocamos entre las láminas un papel de $K = 3,5$?

10. Reconociendo la propiedad dieléctrica de un material. Cargamos un capacitor de 1,5 mF en el aire, con una batería de 12 V. Ahora rellenamos el espacio entre las placas con un dieléctrico, y al medir de nuevo el voltaje tenemos 6 V. ¿Cuál es la constante dieléctrica del material? ¿En cuánto aumentó la capacidad?

11. Un capacitor educativo. Imagina que le colocas a este libro dos láminas conductoras, de manera que el papel es el dieléctrico ($K_{\text{papel}} \approx 6$). ¿Qué capacidad tiene este condensador? ¿Qué voltaje debes conectarle para que almacene 10^{-6}C ?

12. ¿Cuánta energía interna transforma el motor? En un motor eléctrico se desplaza una carga eléctrica $q = -300 \text{ C}$, a través de una diferencia de potencial de 220 V. ¿Cuál será el cambio en la energía potencial eléctrica de la carga? Si el 20% de esta energía se transforma en energía interna del sistema, ¿cuánto trabajo puede hacer el motor? Interpreta este resultado.

13. Imagina que tienes dos cargas iguales $Q = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$ de signos diferentes, separadas una distancia 4 cm. ¿Cuánto vale el potencial en el punto medio entre ellas? ¿Será igual si son de igual signo? ¿Cómo será el campo eléctrico neto para cada caso?

14 TRABAJA SIN QUE LA VEAS: LA CORRIENTE ELÉCTRICA



En las dos lecturas previas estudiaste fenómenos electrostáticos, es decir, los relacionados con cargas en reposo. Sin embargo, la mayor parte de las aplicaciones prácticas de la electricidad se fundamentan en las cargas en movimiento, lo que llamamos **corriente eléctrica**.

Un sin fin de artefactos eléctricos usados en nuestras casas, escuelas, comercios, ciudades, industrias y muchos lugares más, funcionan gracias al trabajo de los campos eléctricos sobre los electrones que circulan por el cableado de manera silenciosa. De ahí la importancia de conocer y comprender de qué estamos hablando cuando nos referimos a la corriente eléctrica.

Para producir el movimiento de las cargas en un conductor hay que aplicar una **diferencia de potencial** entre sus extremos y establecer un **campo eléctrico**. Sin embargo, el transporte de las cargas siempre está limitado por una especie de fricción dentro del conductor que se opone a la fuerza eléctrica. La que llamamos **resistencia eléctrica**.

Cuando conectamos una fuente mediante cables, a distintos elementos, la corriente recorre lo que llamamos un **circuito**. El transporte de cargas implica la transferencia de **energía** a una tasa que se conoce como **potencia eléctrica**. La transformación de esta energía en los elementos del circuito se pone de manifiesto en fenómenos como luz, movimiento, calor, entre otros.

La meta es estudiar la corriente eléctrica y otros conceptos relacionados. Además, comprender el funcionamiento de circuitos simples y algunos dispositivos eléctricos con los cuales nos beneficiamos a diario, te invitamos a lograrlo.

La corriente eléctrica

Si se aplica una diferencia de potencial en los extremos de un conductor, el campo eléctrico establecido actuará sobre los portadores de carga que pueden moverse provocando lo que se conoce como una corriente eléctrica. En los metales, las cargas que se mueven son los electrones libres, que se trasladan desde un potencial menor (negativo) hacia un potencial mayor (positivo). En cambio, en otros medios conductores como los electrolitos o nuestro cuerpo los portadores de carga son iones negativos y positivos, los primeros (como Cl^-) fluyen en el mismo sentido de los electrones, mientras que los iones positivos (como Na^+ , K^+) lo hacen desde el polo positivo hacia el negativo (figura 14.1). También se producen corrientes eléctricas, cuando un haz de iones o electrones se mueven a través de un gas o el vacío entre dos posiciones a diferentes potenciales eléctricos.

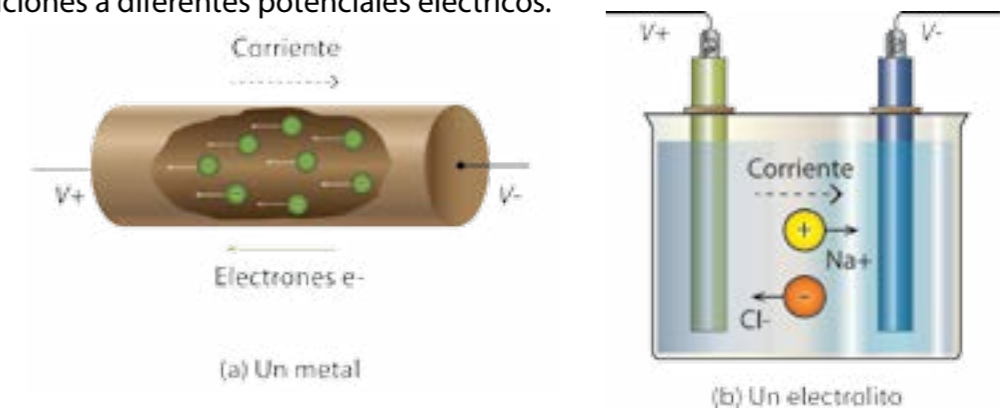


Figura 14.1. Corriente eléctrica de electrones en un metal y de iones en una sal.

La **corriente eléctrica** nos da información acerca de la cantidad de carga, Δq , que está pasando por la sección de un conductor en cada intervalo de tiempo, Δt , y se define por la relación:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

La unidad de corriente se llama Ampère, en honor a André M. Ampère, y es una de las siete magnitudes que se toman como básicas en el Sistema Internacional.

Magnitud	Tipo	Símbolo	Unidad en el SI	Equivalencia entre unidades del SI
Corriente Eléctrica	Escalar	I	Ampère (A)	1 Ampère = 1 Coulomb/segundo

Para el sentido de circulación de la corriente tomamos el mismo sentido en que se moverían las cargas positivas, aunque sean cargas negativas las que se estén moviendo. Esta convención es arbitraria y se la debemos a Franklin quien asignó los signos a las dos manifestaciones de cargas eléctricas, claro que para esa época no se tenía conocimiento de la existencia de los electrones. Usualmente el sentido de la corriente lo representamos con una flecha, pero debes tener presente que la corriente es una magnitud escalar, no es un vector.

En la lectura de electrostática vimos que una propiedad importante de un conductor cargado era que el campo siempre es cero en su interior mientras que en la superficie el campo es perpendicular a dicha superficie. La situación ahora es diferente, ya no es estática; las cargas se están moviendo y muchas de ellas se distribuyen de manera no uniforme en la superficie, con lo cual resulta un campo eléctrico dentro del conductor, que es el responsable de la corriente eléctrica a lo largo del conductor.

El movimiento de las cargas en un conductor resulta bastante complejo, sin embargo, el modelo que leerás a continuación es una buena analogía mecánica. En condiciones normales, los electrones libres se desplazan aleatoriamente a altas velocidades y tienen múltiples colisiones con los átomos del conductor. No hay un flujo neto de cargas ni hacia un lado ni hacia el otro.

Cuando se aplica un campo eléctrico este arrastra los electrones hacia posiciones de menor energía, inicialmente los electrones comienzan a acelerarse pero pronto son interrumpidos por las frecuentes colisiones, y sus movimientos son menos aleatorios. Un número de ellos se desplazan en dirección contraria al campo, con una velocidad promedio que llamamos *velocidad de arrastre*, v_a (figura 14.2a).

En un alambre conductor hay un cierto número de electrones libres por unidad de volumen (n_e). Si consideramos un cilindro de longitud d y área transversal A , la carga total Δq que pasa por esta área en un intervalo de tiempo Δt es: $\Delta q = n_e(Ad)(e)$, siendo e la carga (negativa) de cada electrón (Figura 14.2b). De esta forma, podemos expresar la corriente en términos de la velocidad de arrastre, $v_a = d/\Delta t$:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{N(e)}{\Delta t} = \frac{n_e(Ad)(e)}{\Delta t} = n_e A e v_a$$

La velocidad de arrastre de los electrones en un cable, v_a , sorprendentemente tiene un valor muy pequeño, a pesar de que cuando activamos un interruptor de la luz, el bombillo prende casi antes de que retiremos la mano del interruptor. ¿Cómo explicamos esto?

Los electrones tienen tropiezos, pero su mensaje llega al instante: Cuando prendemos el motor de un auto, la corriente eléctrica típica que pasa por los cables de cobre que conectan a la batería es de 100 A. Si consideramos que los cables tienen un grosor de $A = 30 \text{ mm}^2$, y el número de electrones libres por unidad de volumen, n_e , es 8×10^{28} electrones/ m^3 , tenemos que de la relación anterior, la velocidad de arrastre resulta: $v_a = 3,0 \times 10^{-4}$ m/s. Como puedes notar este valor es sumamente pequeño, los electrones tardarían más o menos una hora para recorrer un cable de un metro.

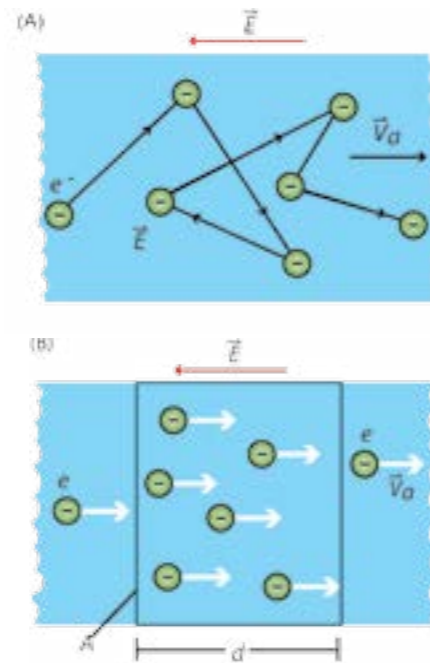


Figura 14.2. a) Cuando se aplica un campo eléctrico se crea un sesgo en el movimiento aleatorio de los electrones y éstos se desplazan hacia un lado con una velocidad promedio, llamada velocidad de arrastre. b) Modelo de corriente en atención a la velocidad de arrastre.

Lo que sucede es que, al activar el interruptor, se propaga una perturbación provocada por los cambios en el campo eléctrico dentro del cable que viaja a una velocidad un poco menor que la de propagación de la luz (del orden de 10^8 m/s). Esta variación en el campo eléctrico influye casi instantáneamente sobre el movimiento de los electrones en cualquier lugar del conductor donde se encuentren y no tienen que esperar que lleguen los mismos electrones que estaban cerca del interruptor.

Resistencia eléctrica

Cuando aplicamos una diferencia de potencial a un conductor encontramos que la corriente será mayor cuanto mayor sea el voltaje pero esto varía de acuerdo con el material. La oposición al paso de la corriente se expresa mediante la relación entre el **voltaje** y la **corriente eléctrica**; esta propiedad del conductor la llamamos **resistencia eléctrica**:

$$R = \frac{V}{I}$$

La unidad de la resistencia en el Sistema Internacional es:

Magnitud	Tipo	Símbolo	Unidad en el SI	Equivalencia entre Unidades del SI
Resistencia	Escalar	R	Ohm (Ω)	1 Ohm = 1 V/A

Para tener una idea de lo que significa la resistencia, resulta útil la siguiente analogía (Figura 14.3): supongamos que tenemos unas metras en una superficie plana, al inclinar la superficie se moverán hacia una posición más baja de menor energía potencial gravitacional. Manteniendo esta inclinación (diferencia de energía) podemos modificar la superficie del plano colocándole obstáculos (clavitos); las metras chocarán con ellos mientras van bajando, esto hace que tarden más tiempo en caer.

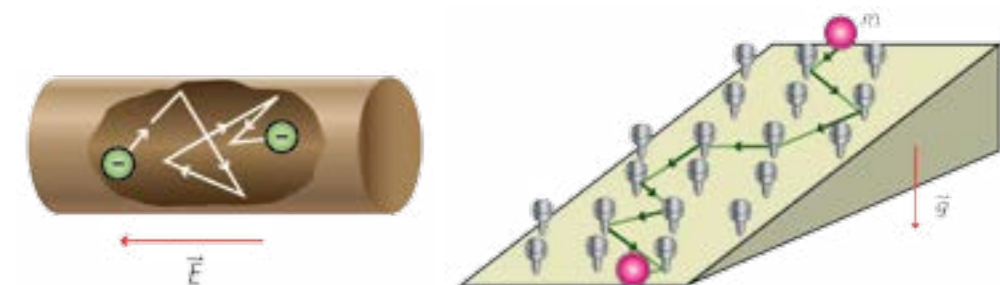


Figura 14.3. Modelo mecánico de la resistencia eléctrica en un material.

Algo parecido sucede cuando aplicamos un voltaje al conductor, la oposición al movimiento de las cargas depende de la estructura interna del material y, en consecuencia, la velocidad promedio de arrastre será diferente.

Resistividad

Como dijimos, la resistencia eléctrica de un conductor surge de las colisiones de los portadores de carga y varía de un material a otro. Esta depende del número de cargas por unidad de volumen y de la movilidad de estas cargas. La resistencia también depende de otros factores del conductor, como sus dimensiones geométricas y la temperatura. Podemos esperar que mientras más largo sea un cable mayor será la resistencia que ofrece y mientras más grueso sea más corriente pasará y menor será su resistencia. Se puede demostrar que la resistencia del conductor viene dada por la relación:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Donde ρ representa una propiedad característica del material y lo conocemos con el nombre de **resistividad**. La unidad de esta magnitud en el SI es el Ohm por metro ($\Omega \text{ m}$). En la siguiente tabla verás algunos valores para distintos materiales.

Material	Resistividad ($\Omega \text{ m}$)
Plata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,6 \times 10^{-8}$
Aluminio	$1,6 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5,6 \times 10^{-8}$
Nicromo	100×10^{-8}
Grafito	3.500×10^{-8}
Sangre	1,5
Tronco humano	5
Vidrio	9×10^{11}
Rocas ígneas	$10^2 - 10^7$

Tabla 14.1. Resistividad (ρ) de una variedad de materiales ($T=20 \text{ }^\circ\text{C}$).



Figura 14.4. La resistencia eléctrica disminuye con el área y aumenta la longitud.

Como el cable es de cobre y debe tener 4 m, podemos determinar el grosor, es decir, el área de su sección transversal, A ; despejando de la relación: $R = \rho L / A$ y sustituyendo tenemos que su grosor debe ser:

$$A = \rho \frac{L}{R} = \frac{(1,6 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}) 4 \text{ m}}{0,02 \Omega} = 3,2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Esto corresponde a un cable de aproximadamente 2 mm de diámetro, es decir: se compra en la ferretería como cable # 12.

Ley de Ohm

El primero que estudió la relación entre las magnitudes voltaje, corriente y resistencia, fue el físico alemán Georg Simon Ohm, en 1827. Sin embargo, sus trabajos experimentales no fueron inicialmente valorados por sus colegas, fue después, del año 1841 cuando se dieron cuenta de su importancia. Ohm encontró que en muchos conductores la resistencia no dependía del voltaje aplicado, la resistencia se mantenía con el mismo valor aunque el voltaje cambiara. Es decir, para un material dado, la corriente eléctrica era proporcional al voltaje aplicado ($I \propto V$).

En el gráfico $I: f(V)$ de la figura 14.5, observa que para un alambre de cobre resulta una línea recta, donde el inverso de la pendiente representa la resistencia del material. Esta proporcionalidad es conocida como ley de Ohm. Hoy sabemos que esta relación es de validez restringida ya que no se cumple en muchos materiales, y no satisface el nivel de generalidad como para considerarla una ley.

A los materiales como los conductores metálicos que exhiben esta característica se les conoce como óhmicos. Mientras que los materiales como los semiconductores o el filamento de un bombillo incandescente, cuya resistencia sí depende del voltaje aplicado, se les llama no óhmicos.

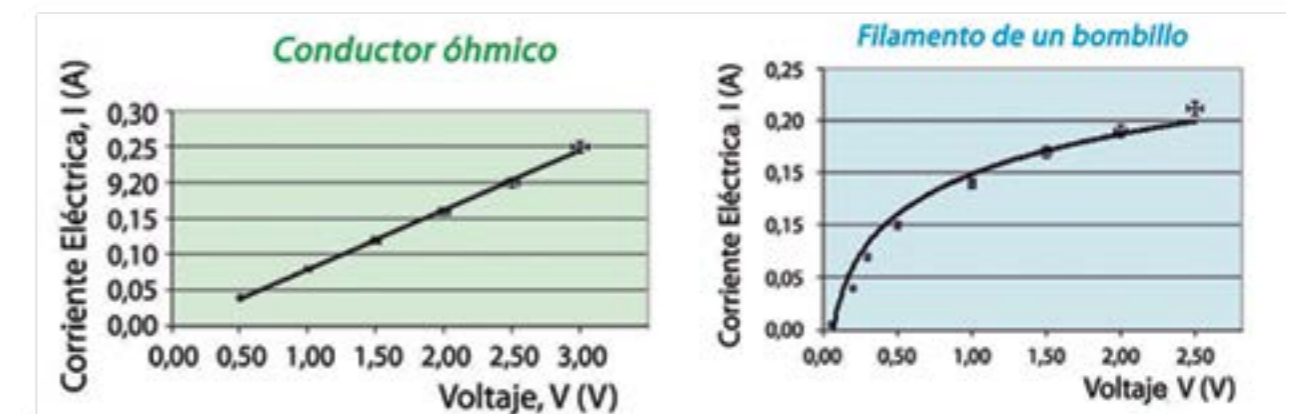


Figura 14.5. Gráfica de $I: f(V)$ para un alambre de cobre, conductor óhmico (temperatura y presión constante) y para un filamento de un bombillo que no es óhmico.



¿De qué grosor tiene que ser el cable?

Necesitamos 4 m de cable de cobre para conectar un equipo que funciona con 12 V y una corriente de 6 A. ¿De qué grosor debe ser el cable, para que su resistencia sea 1/100 veces menor que la del aparato?

La resistencia del aparato de acuerdo con la definición resulta igual a: $R = V/I = 2 \Omega$, y la resistencia del cable debe ser 1/100 menor que la resistencia del aparato, por lo tanto, $R_{\text{cable}} = 0,02 \Omega$.

La resistividad depende de la temperatura. Usualmente la resistividad de un material depende de su temperatura. Por ejemplo, la resistividad de los metales cuando se calientan aumenta, un caso notable es el filamento de un bombillo incandescente. Para un rango de temperaturas ambientales, se cumple que la resistividad de un material aumenta linealmente:

$$\rho(T) = \rho_i [1 + \alpha(T - T_i)]$$

Donde ρ_o es una resistividad de referencia para una temperatura T_o , y α es un **coeficiente térmico de resistividad** característico de cada material. Esta propiedad es aprovechada para la fabricación de termómetros de resistencia. Un metal que se utiliza para este propósito es el platino, el cual tiene un alto punto de fusión y está libre de corrosión y oxidación.

Existen otros materiales como el grafito o los semiconductores que disminuyen su resistividad con la temperatura, por lo general, en forma no lineal. Estos últimos son usados para construir termómetros que se conocen con el nombre de termistores, los cuales permiten medir, con bastante precisión y rapidez, temperaturas entre $-100\text{ }^\circ\text{C}$ y $300\text{ }^\circ\text{C}$.



El termómetro de platino

Supongamos un cierto termómetro de platino cuya resistencia es de $100\ \Omega$ al introducirlo en una mezcla de agua con hielo a $0\text{ }^\circ\text{C}$. Si su coeficiente térmico α es de $0,0039\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ¿Qué temperatura registrará el termómetro si su resistencia aumenta a $123,5\ \Omega$ al enterrarlo en un suelo caliente?

Con la expresión, de la resistencia de un material según su resistividad ρ , longitud L y sección transversal A , tenemos que despejar la temperatura final T , y sustituyendo los valores tenemos:

$$T - 0^\circ\text{C} = (R - R_o) / \alpha R_o = (123,5\ \Omega - 100\ \Omega) / (0,0039\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 100\ \Omega) = 60,3\text{ }^\circ\text{C}$$

Fuentes de voltaje

Para producir una corriente eléctrica, en principio, bastaría con conectar el conductor entre dos cuerpos electrizados, uno positivo y otro negativo, pero esta corriente duraría muy poco, ya que tan pronto se descarguen los cuerpos y se alcance el equilibrio, la corriente cesaría.

Para que se mantenga la corriente eléctrica se requiere que esté presente un campo eléctrico, por lo tanto, hace falta una especie de "bomba eléctrica" que coloque cargas en los extremos manteniendo la diferencia de potencial, análogo a las bombas de agua que al subirla al tanque le ceden energía potencial, de manera que el agua puede volver a bajar debido al campo gravitacional.

Los dispositivos que mantienen esa diferencia de potencial se conocen con el nombre de fuentes de **fuerza electromotriz, fem**, aunque su función no es ejercer fuerza sino generar un voltaje. Algunos de ellos son:

- Las *baterías*, que proveen una diferencia de potencial debido a la energía liberada en reacciones químicas. Básicamente, una batería sencilla consiste de dos electrodos de metales diferentes, inmersos en una solución ácida, denominada electrolítica.
- Los *generadores* electromecánicos, que convierten energía mecánica en energía eléctrica, como los que aprovechan la energía potencial de una caída de agua, o los electrostáticos donde una correa en movimiento se carga por fricción.
- Los *termopares*, constituidos por dos metales diferentes, en cuya unión, al calentarlos, se genera una diferencia de potencial.
- Las *celdas solares*, que transforman la radiación que llega del Sol en energía eléctrica.
- Los *piezoeléctricos*, son materiales que generan un pequeño voltaje cuando se ejerce una presión sobre ellos.

Muchas de las fuentes de voltaje de uso común, como las pilas y baterías, mantienen fija la polaridad de sus terminales, por ello, la corriente circula siempre en el mismo sentido, y la llamamos **corriente directa o continua** (CD). En cambio, otras fuentes como las que hacen que la corriente eléctrica llegue a nuestros hogares, la polaridad se alterna con una frecuencia de 60 veces por segundo (60 Hz) y la corriente varía periódicamente; a ésta la denominamos **corriente alterna** (CA).

Para saber mas...

Alessandro Volta (1745-1827) científico italiano, en 1800 descubrió que al colocar entre dos discos, uno de plata y otro de zinc, y entre ellos un papel empapado en salmuera, y conectar los metales con un alambre, se producía una corriente en este. Luego los apiló y obtuvo corrientes más grandes. Este dispositivo se conoce como **la pila de Volta**, y en su honor se le dio el nombre a la unidad de voltaje.

Energía y potencia eléctrica

Los aparatos y dispositivos eléctricos son identificados por la potencia, P , esto es, la rapidez con la cual ellos transforman la energía eléctrica que se les entrega en otra forma de energía, dependiendo de su función. Así por ejemplo, en un bombillo incandescente de 60 W , conectado a 120 V , se transforman 60 J de energía eléctrica en cada segundo. Menos de un 10 por ciento de esta energía se aprovecha como luz, el resto pasa mediante calor a otras formas de energía.

Supongamos una fuente de voltaje que tiene una diferencia de potencial V , entre sus terminales, la energía ganada por una cantidad de carga Δq , es el trabajo hecho por la fuente: $\Delta U = \Delta q V$. Si este trabajo se realiza en un período de tiempo Δt , la rapidez a la cual se suministra esta energía es la **potencia eléctrica**:

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} V = IV$$

La expresión $P = IV$ es la potencia entregada por una fuente o también la potencia transformada por cualquier dispositivo, donde V es la diferencia de potencial e I la corriente que pasa a través del dispositivo.

La unidad de medida de la potencia en el SI es el *watt* (W). El cual es función de las unidades de corriente y de voltaje, equivale a:

$$(1 \text{ A})(1 \text{ V}) = (1 \text{ C/s})(\text{J/C}) = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Watt}$$

La empresa que nos provee del servicio eléctrico *mide la energía eléctrica* que consumimos en términos de *potencia por hora: kilowatt-hora*,

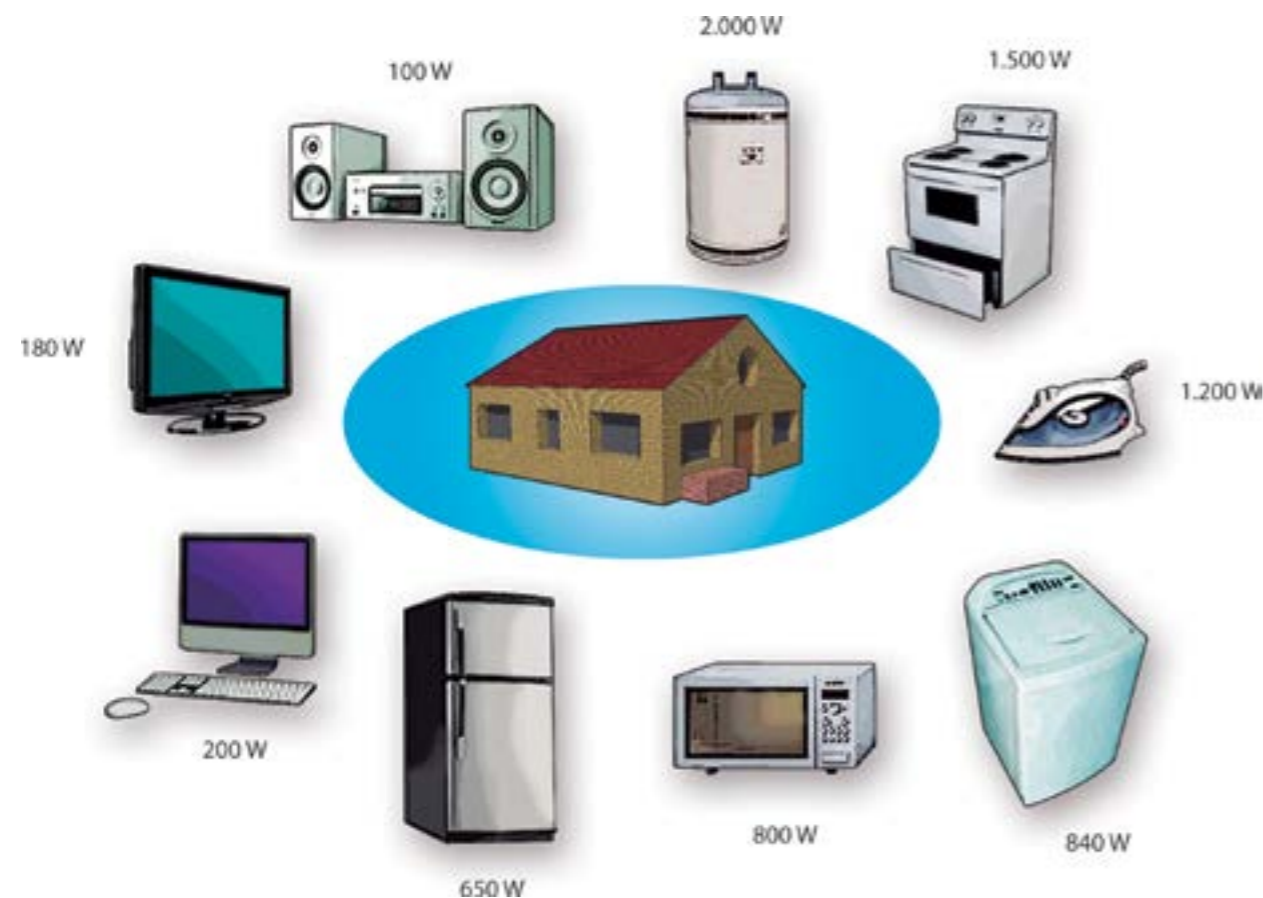
$$1 \text{ kWh} = (1.000 \text{ W})(3.600 \text{ s}) = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Si la potencia se utiliza para obtener energía térmica en una resistencia, como en una plancha o una tostadora, podemos escribir: $V = IR$ y obtener otras dos ecuaciones equivalentes para la potencia:

$$P = IV = I(IR) = I^2R$$

$$P = IV \rightarrow P = \frac{V}{R}V \rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

Observa que la expresión $P = IV$ se aplica a cualquier aparato, mientras que las expresiones $P = I^2R$ y $P = V^2/R$ se aplican a los resistores.



El efecto Joule

En todos los materiales por los cuales circula una corriente hay resistencia al paso de las cargas, (con excepción de los superconductores). Esto hace que parte de la energía eléctrica se disipe mediante calor, aumentando la temperatura del material. Este efecto es lo que conocemos como **efecto Joule**.

Existen muchos aparatos cuyo funcionamiento se basa en aprovechar el efecto Joule en una resistencia, ya que básicamente transforman la energía eléctrica en energía térmica, como por ejemplo, en las planchas, secadores de pelo, termos de agua, y algunas cocinas eléctricas.

Seguramente has observado que, al conectar los equipos eléctricos, tanto los cables de alimentación como los propios equipos se calientan. Usando las dos relaciones anteriores de potencia en función de la resistencia, podemos determinar cuánta energía por unidad de tiempo se transforma en térmica. Es por ello que los cables deben tener poca resistencia comparada con la de los equipos, tal como en el problema del grosor del cable en la sección anterior.

En realidad, la cantidad de energía eléctrica que se transforma en térmica y no aprovechamos es alta, por eso debemos utilizar los equipos eléctricos sólo cuando los necesitemos, ya que de lo contrario estaríamos desperdiciando energía y, en consecuencia, haciendo un uso irresponsable de los recursos que la proveen (combustibles fósiles, agua, etc.)

Este efecto es el que nos obliga a tener cuidado con la cantidad de corriente que demandan los aparatos ya que, si es muy grande, pueden calentarse demasiado y quemarse. Un dispositivo muy común para proteger los circuitos de estas sobrecargas es lo que llamamos *un fusible*. El fusible se intercala en el cable de alimentación del equipo y consiste en un alambre que tiene un punto de fusión relativamente bajo (estaño, plomo...), y cuyo grosor determina el valor de corriente que lo funde, interrumpiendo así el paso de la misma.

Circuitos eléctricos de corriente continua

Los circuitos eléctricos se diseñan para diversos propósitos y pueden tener numerosos elementos. Básicamente están constituidos por tres tipos de ellos: *fuentes de voltaje*, *almambres de conexión* y *los dispositivos*. Entre los dispositivos encontramos resistores, capacitores, bobinas, y muchos otros con funciones específicas. También solemos incorporar interruptores, para poder abrir o cerrar el circuito con facilidad, y además fusibles para protegerlos.

Estos elementos pueden estar conectados de manera complicada, pero en esta lectura vamos a considerar unos arreglos muy sencillos de circuitos con resistencias que están conectadas a una fuente de voltaje constante (una batería), y por lo tanto tenemos una corriente continua.

Los circuitos se suelen representar en esquemas simplificados para facilitar la comprensión de su funcionamiento. Para esto se utilizan una serie de símbolos que representan cada uno de los elementos. Por ejemplo, una resistencia puede representar cualquier aparato

resistivo, como una plancha o un calentador de agua y los cables de conexión se consideran de resistencia despreciable.

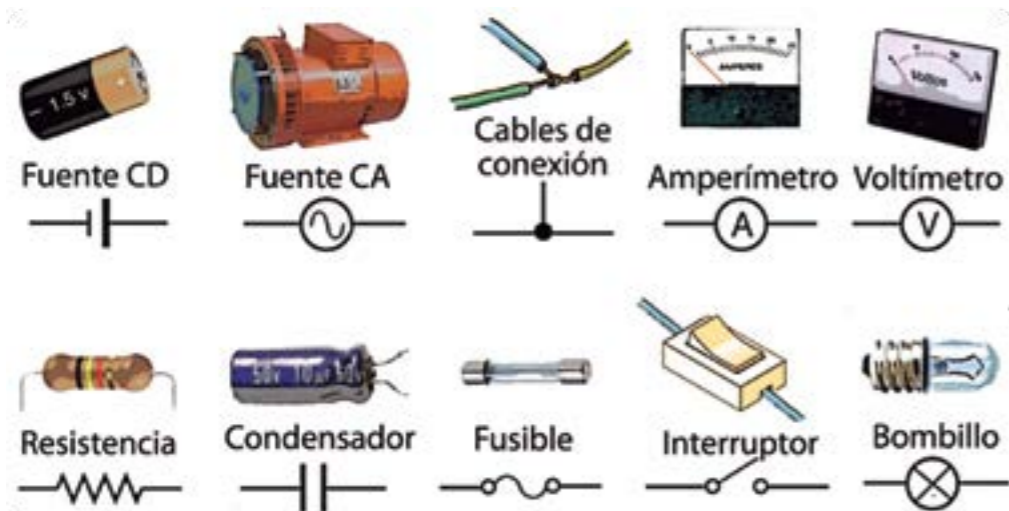


Figura 14.6. Símbolos que se utilizan para representar algunos componentes de los circuitos eléctricos.

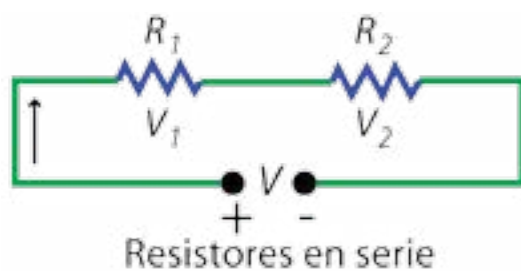
Asociaciones de resistencias: serie y paralelo

Cuando se conectan dos o más resistencias, una a continuación de otra, se dice que es una combinación **en serie**. Como no debe haber acumulación de cargas, debe pasar **la misma corriente** a través de cada uno de ellos: $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$. La diferencia de potencial suministrada por la fuente al circuito se distribuye entre las resistencias, de forma que el **voltaje total es igual a la suma de los voltajes** en cada resistor, lo cual se expresa como:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = I(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Por lo tanto, si dividimos el voltaje total V entre la corriente I , obtenemos una resistencia equivalente:

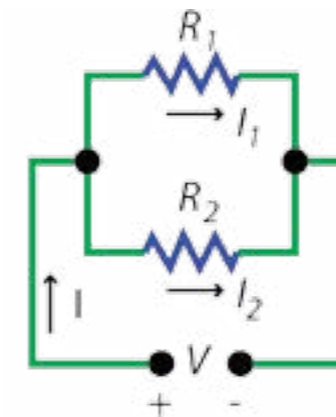
$$R_{eq} = V / I = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Es decir, podemos reemplazar la combinación en serie por una sola resistencia equivalente que es la suma de las resistencias. Esto se aplica a cualquier número de resistencias. Observa que en los circuitos en serie, en la resistencia de mayor valor se observará mayor voltaje, ya que por todas circula la misma corriente.

Otro arreglo sencillo es el de resistencias en **paralelo**, donde sus extremos están conectados entre sí, de manera que en cada resistencia el **voltaje sea el mismo**, así:

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_n$$



Resistores en paralelo

Si dividimos I_{total} entre el voltaje aplicado, obtenemos el inverso de la resistencia equivalente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Si analizas esta expresión, encontrarás que el valor de la resistencia equivalente en un circuito en paralelo es menor que la resistencia individual de menor valor.

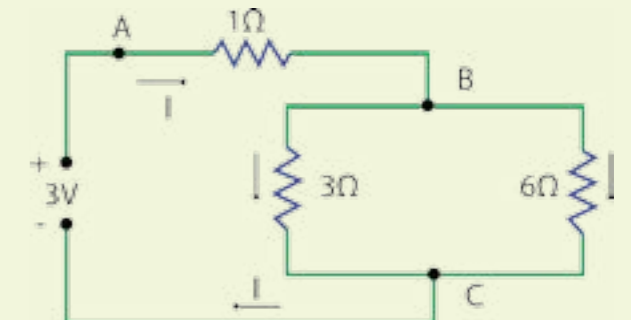
La conexión en paralelo es justamente la que utilizamos en las instalaciones eléctricas de nuestras casas. Con este arreglo, las lámparas y aparatos eléctricos pueden funcionar sin importar si los otros están o no conectados.

Cuanto mayor sea el número de aparatos conectados menor será la resistencia equivalente, y mayor será la intensidad de corriente total que demanda. Este incremento puede llegar a ser peligroso, ya que se podrían llegar a fundir (quemar) los cables del circuito. Siempre existe la tentación de colocar una "regleta" en un tomacorriente para poder conectar muchos aparatos, pero esto puede no resultar una buena experiencia.



Circuito mixto

Tenemos una asociación mixta de 3 resistencias conectadas a una fuente de 3 V, tal como se muestra en la figura. Queremos conocer la resistencia equivalente y la corriente que circula por cada resistor, así como la potencia eléctrica en cada resistor.



Las letras A, B y C indican posiciones relevantes en el circuito (A: terminal de la fuente; B: punto (nodo) de encuentro de las ramas del paralelo; C: el otro terminal y el otro punto (nodo) de encuentro de las ramas del paralelo).

Análisis: El circuito total (AC) es mixto, formado por una asociación en paralelo de 2 resistencias entre BC que a su vez está en serie con 1 resistencia entre A y B. Los datos suministrados los puedes organizar en una tabla como la mostrada al final, destacados con un color.

Este tipo de problemas se realiza por etapas, haciendo uso de las relaciones de los dos tipos de circuitos y el concepto de resistencia. La secuencia depende de la combinación específica de resistores y de la información que tengas. En este caso, comenzaremos determinando la *resistencia equivalente BC* (paralelo) la cual resulta:

$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{6\Omega} \quad R_{BC} = 2\Omega$$

Fíjate que es menor que la menor resistencia de ese grupo. Ahora el circuito se reduce a una serie de 2 resistencias, donde una de ellas es las R_{BC} . La *resistencia equivalente total* se obtiene sumándolas:

$$R_{eq} = R_3 + R_{eqBC} = 1\Omega + 2\Omega = 3\Omega$$

Observa que esta cantidad es mayor que la mayor de las resistencias colocadas en la serie. Coloca en la tabla los valores obtenidos en sus respectivas celdas.

Ahora vamos a *determinar las corrientes* en el circuito, para ello necesitaremos obtener *las diferencias de potencial* en cada elemento.

El voltaje total suministrado al circuito, cuya resistencia ya conocemos, nos permite obtener la *corriente total*: $I = V_{AC} / R_{eq} = 1\text{ A}$. Esta corriente es la que circula por la resistencia 3, $I = I_3 = 1\text{ A}$, además, es la que entra al paralelo BC.

A su vez, el voltaje dado por la fuente se distribuye entre los elementos de la serie, de acuerdo con su resistencia, por lo tanto: $V_3 = I_3 R_3 = 1\text{ V}$; $V_{BC} = I_{BC} R_{BC} = 2\text{ V}$ (la suma es 3.V) Nota que la diferencia de potencial es mayor en la mayor resistencia.

En el circuito paralelo BC, la corriente eléctrica que entra es de 1 A, y la diferencia de potencial entre sus extremos es de 2 V. Como cada resistor está a un mismo voltaje y la corriente se distribuye de acuerdo con la resistencia en cada línea, obtenemos con la relación $I = V/R$, el valor de cada una: $I_1 = 1/3\text{ A}$; e $I_2 = 2/3\text{ A}$. La suma coincide con la intensidad total del circuito.

Por último, la potencia desarrollada en cada elemento y grupo se obtiene con: $P = VI$. Observa los resultados en la tabla final, verifica la conservación de la energía.

Como te dijimos, al ir resolviendo el problema, puedes ir completando las celdas. Esta sugerencia de organización te puede facilitar el análisis, los cálculos y su evaluación.

En la tabla observa cómo se han ido incorporando los resultados obtenidos en el problema, verifica en ella que estén bien.

Circuito	Equivalente	(Serie)			
		3	Paralelo	1	2
Resistencia (Ω)	2	1	2	3	6
Voltaje (V)	3	1	2	2	2
Corriente eléctrica (A)	1	1	1	1/3	2/3
Potencia (W)	3	1	2	2/3	4/3

Las reglas de Kirchhoff

Los circuitos, por lo general, presentan un alto grado de complejidad, y resulta imposible resolverlos como los anteriores, en combinaciones de elementos serie o paralelo. Para analizarlos existen dos reglas básicas que se pueden aplicar con toda generalidad para determinar las corrientes en las distintas resistencias, conocidos los voltajes de las fuentes.

La primera es la llamada **regla de los nodos**: *En cualquier nodo o conexión, la suma de todas las corrientes que entran debe ser igual a la suma de todas las corrientes que salen*. Esta regla se basa en la *conservación de las cargas* ya que, de no ser así, habría una acumulación o desaparición de cargas en los puntos donde se unen dos o más cables. Ya hemos aplicado esta regla en el circuito de las resistencias en paralelo, donde la corriente total que entraba a la unión era igual a la suma de las corrientes que salían hacia las distintas resistencias.

La segunda regla es la **regla de las mallas** o circuito cerrado y dice que: *En cualquier trayectoria cerrada (malla), la suma algebraica de los cambios de potencial debe ser cero*. Esta regla es una confirmación de la *conservación de energía*, ya que si partimos de un punto de un circuito y lo recorremos hasta regresar al mismo, debemos tener el mismo potencial. Esta regla también la hemos aplicado cuando consideramos el circuito con las resistencias en serie.



Las baterías reales tienen resistencia interna

En los circuitos estudiados hemos considerado que la diferencia de potencial que suministra la fuente es igual a su fuerza electromotriz. Esto sería cierto si la fuente fuese ideal. Una fuente ideal podría en principio mantener la misma diferencia de potencial entre sus terminales sin importar cuánta corriente suministre. Pero en las fuentes de voltaje real no sucede esto, ya que tienen una resistencia interna (r), en la cual parte de la energía que produce la fuente se pierde debido al calor.

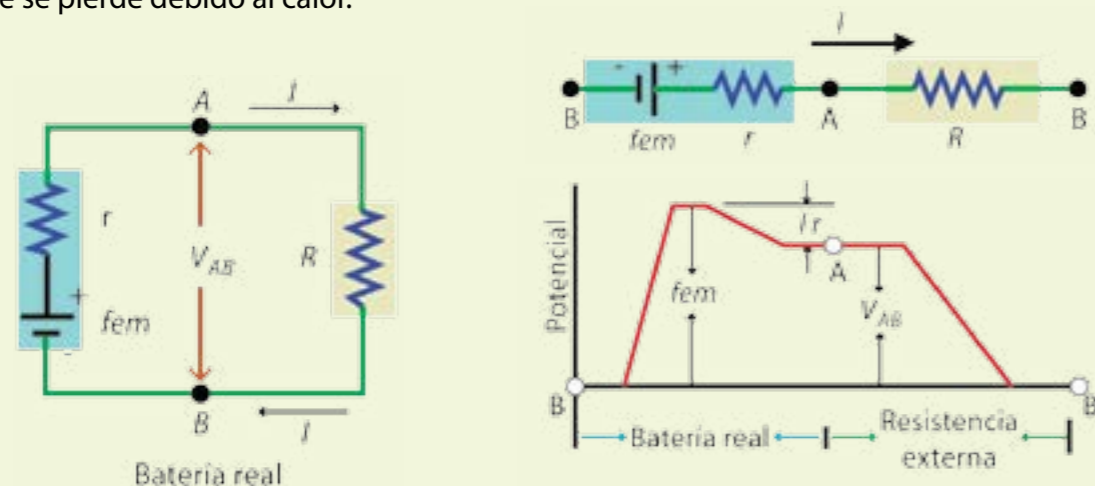


Figura 14.7. a) Circuito de una batería con resistencia interna conectada a una resistencia exterior R .
b) Variaciones del potencial eléctrico a lo largo del circuito.

En la figura verás el circuito de una batería real de fuerza electromotriz fem con resistencia interna r que está conectada a un circuito exterior representado por la resistencia R . Este es un circuito de una sola malla por la que circula una corriente i . Apliquemos la regla de Kirchhoff de las mallas; si partimos del punto B y damos la vuelta al circuito en el sentido horario, la suma algebraica de las diferencias de potencial debe dar cero:

$$\sum_i V_i = +fem - Ir - V_{AB} = 0$$

Esta suma de las diferencias de potencial en el circuito está representada en la parte derecha de la figura. De la expresión anterior se deduce que la diferencia de potencial entre los terminales de la batería es:

$$V_{AB} = fem - iR$$

Es decir, la diferencia de potencial entre los terminales de una batería real es menor que su fem y únicamente en el caso en que sus terminales están abiertos ($i = 0$) es que se cumple.

$$V_{AB} = fem$$



No prendas el carro con las luces encendidas

La batería de un automóvil tiene una fem de 12,0 V, pero cuando tratamos de arrancar el motor el voltaje entre sus bornes cae a 10,5 V. Sabiendo que en este proceso el motor de arranque demanda una corriente de 100 A, ¿cuál será la resistencia interna de la batería? ¿Cuál es la potencia que suministra la batería? ¿Cuánta de esta potencia se consume internamente y cuánta es aprovechada por el motor de arranque?

Para calcular la resistencia interna de la batería, se despeja de la relación anterior:

$$V_{AB} = fem - iR \Rightarrow r = \frac{fem - V_{AB}}{i} = \frac{12,0 \text{ V} - 10,5 \text{ V}}{100 \text{ A}} = \frac{1,5 \text{ V}}{100 \text{ A}} = 0,015 \Omega$$

La potencia suministrada por la batería es:

$$P_b = i fem = (100 \text{ A})(12 \text{ V}) = 1.200 \text{ W}$$

La potencia perdida internamente en la batería es:

$$P_r = i^2 R = (100 \text{ A})^2 (0,015 \Omega) = 150 \text{ W}$$

La potencia aprovechada por el motor de arranque es:

$$P_m = i \Delta V = (100 \text{ A})(10,5 \text{ V}) = 1.050 \text{ W}$$

Observamos que la suma de la potencia aprovechada en el motor y la que pierde internamente por calentamiento de la batería es igual a la potencia total que se produce. Te habrás dado cuenta cuando tratan de prender un carro con las luces encendidas, que éstas bajan su intensidad dramáticamente. ¿Por qué sucede esto?



Impacto ambiental y social de la electricidad

Los beneficios que se han derivado del conocimiento científico y tecnológico sobre la energía eléctrica son muchos. Ahora, centraremos tu atención en otra idea: "No hay beneficio sin riesgos, estos son inevitables, tenemos que minimizarlos".

A nivel de producción, en las centrales eléctricas, cada tipo de fuente de energía tiene su propio riesgo ambiental y social. Por ejemplo, la disminución de los recursos no renovables (fósiles, nuclear); el impacto por la degradación de la energía; el deterioro de los ecosistemas con las grandes represas, las torres eólicas o las plantas nucleares; los riesgos laborales; los desechos derivados de la producción.

En la transmisión de la electricidad se requiere de miles de kilómetros de cableado, torres de alta tensión, transformadores. Ello implica que: por efecto Joule se va degradando la energía, se generan campos electromagnéticos cuyo efecto sobre los seres vivos expuestos aún está en estudio, se rompe con la belleza de la naturaleza, entre otros.

En los centros de consumo, si bien nos beneficiamos de la energía eléctrica, por lo general lo hacemos sin estar conscientes de la inversión que ha significado para el Estado este bien, de lo que implica su mantenimiento y, menos aún, del impacto ambiental. En Venezuela, el consumo de energía eléctrica por habitante se estima en un 30% por encima del promedio de los países de la región, esto amerita una reflexión crítica de todas y todos para un cambio de comportamiento.

Por otra parte, desconocer cómo funciona la distribución a nivel residencial e industrial, puede implicar riesgos como: instalaciones eléctricas inadecuadas que violan las leyes de la naturaleza (cortocircuitos, apagones, daños personales, entre otros); falta de mantenimiento; más consumo de lo necesario. Es nuestro deber asumir modos de vida y producción social responsables que contribuyan con el menor incremento en la degradación de la energía y del ambiente.

La educación es importante para poder tomar decisiones responsables en toda la cadena de producción y uso de esta energía. Tu puedes contribuir, desde tu rol dentro de la sociedad bien sea como legislador, productor o consumidor de la energía. Los conocimientos sobre ciencia y tecnología deben estar al servicio de la ciudadanía, con sentido crítico y responsable, para el buen vivir con justicia. Tenemos que evaluar en todas nuestras acciones y en los desarrollos los pro y los contra, para tomar las decisiones que menor impacto negativo tengan.



¡Préndelo cuando lo necesites!



¿Será óhmico o no será?

Sabemos que la resistencia de diversos conductores, para una presión y temperatura dadas, no depende del voltaje, es decir, satisfacen la proporcionalidad de Ohm. En esta actividad estudiarán la relación entre el voltaje aplicado a un material conductor resistivo y la corriente que circula por él, con el fin de evaluar si satisface la condición anterior. Cada grupo puede emplear, por ejemplo, minas de lápices diferentes (resistencia de grafito). Luego pueden integrar resultados. Indaguen sobre la propiedad resistiva del material escogido y elaboren unas predicciones.

Cuando queremos estudiar relaciones entre variables, lo más conveniente es: i) decidir cuáles serán la variable independiente, la variable dependiente y las variables a controlar; ii) estimar las medidas y seleccionar el instrumento más adecuado y caracterizarlo (unidad, apreciación y alcance); iii) realizar medidas de pares de datos; iv) construir gráficos; v) analizar la función matemática que mejor se ajusta para las gráficas construidas. vi) generar conclusiones y propuestas.

Es conveniente realizar la medida de cada par varias veces para disminuir su error. Además, recuerden que para obtener gráficos más confiables se requiere un número de pares de datos suficientes para identificar la relación. (Lean la lectura número 1 del libro de Cuarto año de Ciencias Naturales de esta serie).

¿Qué pueden usar?

Cables (#14 o #18), conectores de pinza (cocodrilos), fuente de voltaje CD variable (1,4V a 10V) (pueden usar pilas en serie), voltímetro y amperímetro (mA) (o multímetro), papel milimetrado, minas de lápices de diferentes grosores, reglas de 30 cm, vernier.

¿Cómo lo pueden hacer?

1. Diseñen un circuito para conocer cómo cambia la corriente eléctrica en una mina de grafito al variar el voltaje entre sus extremos. ¿Cómo se deben conectar el voltímetro y el amperímetro? (Recomendamos que comiencen por valores grandes y poco a poco vayan disminuyendo la escala hasta poder registrar las medidas). Eviten que la mina se caliente. Hagan las mediciones, evalúenlas y repítanlas de ser necesario. Grafiquen $I: f(V)$ ¿Qué relación obtuvieron? ¿Cómo es la resistencia de la mina? Determínela con el gráfico. Elaboren las conclusiones, preparen un reporte y discútanlo.

2. Diseñen un circuito para conocer cómo cambia la resistencia de un conductor (mina de lápiz) con la longitud y el área de su sección transversal. Recuerden que la resistencia es el cociente entre el voltaje aplicado entre los extremos del conductor y la corriente que circula por el mismo.

A) Para variar la longitud pueden conectar un extremo de la fuente a una punta de la mina, y el otro terminal en distintas posiciones sobre la mina. Decidan cada cuántos centímetros harán mediciones de corriente eléctrica.

B) Para variar la sección transversal pueden colocar en paralelo: 1, 2, 3, ... minas, y aplicar el mismo voltaje al conjunto en cada caso, para así medir la corriente eléctrica.

¿Cómo pueden analizar sus resultados?

Con los datos confiables organizados en tablas, determinen los promedios de las medidas de cada caso y construyan las gráficas para cada diseño:

(1) $I: f(V)$,

(2) $I: f(L)$ e $I: f(A)$, como el voltaje aplicado es constante puede ser, $R: f(L)$ e $R: f(A)$.

¿Qué pueden decir de la resistencia en cada experimento? ¿Satisface la ley de Ohm? ¿Se corresponde con lo esperado? ¿Qué explicación le pueden dar a los resultados?



Construyamos pilas ecológicas

¿Recuerdan en qué consiste una batería? Pues bien, con papas, cambures, limones y otras frutas que puedan ser electrolitos, varios pares de electrodos de diferentes metales (por ejemplo, monedas de cobre y clavos de zinc galvanizados), cables finos con caimanos en las puntas y un voltímetro que mida de hasta 5 V, pueden construir sus pilas. ¿Qué voltaje obtendrán? ¿Qué fruta dará mayor voltaje?

Utilizando la fruta que genera mayor voltaje, construyan una serie de pilas (batería) agregando una a la vez. ¿Qué registra el voltímetro a medida que agregan pilas a la batería? Discutan sobre las ventajas y desventajas de esta batería. Los retamos a que utilicen unas cuatro pilas de estas, para ver si logran hacer iluminar una lamparita led.



Diseñando el circuito eléctrico de las luminarias de una casa

La iluminación de las edificaciones se hace con corriente eléctrica alterna, sin embargo, en esta actividad les proponemos el diseño de una vivienda y el circuito que permita iluminar cada ambiente. Cada grupo puede hacer su propio proyecto y al final evaluar cuál es el más eficiente y seguro. Las condiciones para esta construcción eléctrica son:

- Todos los ambientes tendrán un bombillo, excepto la sala que tendrá dos.
- Un interruptor en cada ambiente para poder prender o apagar de manera independiente cada bombillo.
- En la sala se podrá prender o apagar desde dos interruptores ubicados en los extremos.
- La fuente de voltaje serán pilas, consideren que por una pila no debe circular una corriente superior a 0,25 A.
- Se colocará un fusible adecuado al circuito para evitar que se sobrecaliente.

¿Qué pueden usar?

Bombillos de linterna, portabombillos, cables, tachuelas, clip de oficina, fusible, voltímetro, pilas. Material para hacer una maqueta de la casa.

¿Cómo lo pueden hacer?

Diseñen y construyan la maqueta de la vivienda. Diseñen el diagrama del circuito para su iluminación. Estimen el valor de la corriente en cada línea, evalúenlo y mejórenlo. Decidan la cantidad de pilas que necesitarán y la manera más conveniente de conectarlas, así como el tipo de cable y el tamaño del fusible requerido.

Construyan la maqueta con el circuito. Pruébenlo, ¿qué tal resultó? Midan con un voltímetro los voltajes en los extremos de cada bombillo y del circuito total. Compartan con el resto de los grupos, evalúen los proyectos y organicen una exposición.

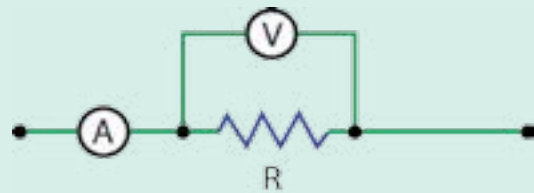


Actividades de autoevaluación

1. Si en cada segundo pasan 1017 electrones de derecha a izquierda a través de una sección transversal de un alambre conductor que está conectado a un voltaje. ¿Cuál será la intensidad y sentido de la corriente eléctrica?

2. Considera que tienes 4 aparatos conectados en paralelo a un tomacorriente (120V): calentador de agua de 1.380 W, secador de pelo de 1.500 W, plancha de 1.200 W y lámpara de 60 W. Si el circuito está protegido con un fusible que soporta máximo 20 A, ¿se quemará el fusible? ¿Qué aparatos puedes conectar juntos?

3. Un compañero tiene una pila de 12V. Para usar su radio que funciona a 6 V, la conecta en serie con un bombillo. ¿Cómo debe ser la resistencia del bombillo comparada con la de la radio para que no se dañe?



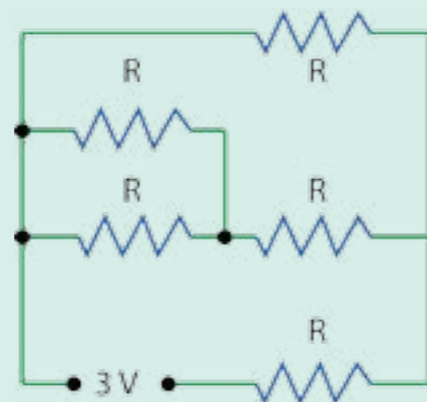
4. Para determinar la resistencia de un elemento, se colocan el voltímetro en paralelo y el amperímetro en serie como indica la figura. Explica cómo deben ser las resistencias de los instrumentos para que las medidas sean aceptables.

5. Explica por qué para transmitir la electricidad a grandes distancias, se eleva la tensión hasta casi 500.000 V mediante transformadores, y se vuelve a reducir hasta 220 V o 120 V para el consumo residencial.

6. En el circuito de la derecha, determina la resistencia equivalente, las corrientes, los voltajes y las potencias en cada resistor. ¿Cómo cambian los resultados si consideras que la fuente tiene una resistencia interna de 1Ω ? Estima el voltaje en los cables de este circuito, ¿es despreciable?

7. Una máquina de soldar de agua y sal: El ingenio popular ha permitido la construcción de un soldador eléctrico casero. Indaga en tu comunidad cómo está construido y explica su funcionamiento.

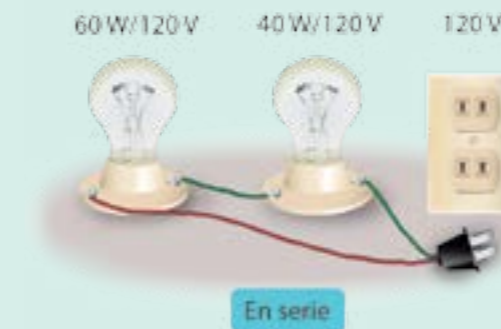
8. Una persona se descuida y toca un fuente de 120 V con una mano y tierra a 0 V con la otra mano, con lo cual pasa una corriente que atraviesa su cuerpo, calcula su valor cuando tiene las manos secas ($R = 10^6 \Omega$) y cuando están húmedas ($R = 5.000 \Omega$). ¿Qué grado de riesgo tienen estas dos corrientes?



9. La batería de un carro de 12 V genera una corriente de 0,20 A en la radio ¿Cuánta energía cede en media hora de uso?

10. Un alambre de resistencia 3,6 W es estirado hasta que su longitud aumenta al triple y su volumen no cambia. ¿Cuál será su nuevo valor de resistencia?

11. Algunas personas afirman que un bombillo de 60 W nos proporciona menor luminosidad que uno de 40 W. ¿Estas de acuerdo con tal afirmación? Si dudas haz la prueba en tu casa.



A) Si armas un circuito con los dos bombillos en paralelo, ¿cuál proporciona mayor luminosidad? ¿En cuál hay mayor resistencia? ¿En cuál hay mayor corriente?

B) Si ahora los conectas en serie, ¿ocurrirá lo mismo que antes?, ¿cuál proporciona mayor luminosidad? ¿En cuál hay mayor voltaje?

C) Compara tus predicciones haciendo el montaje y observando. Si tienes un multímetro de voltaje y corriente alterna, mide el voltaje y corriente en cada caso. ¿Cómo explicas estos resultados? ¿Se conservó la energía eléctrica?

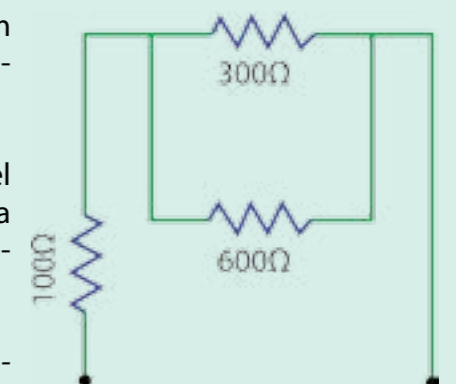


12. En el circuito de la figura cada resistor puede disipar una potencia máxima de 0,5 W. ¿Cuál será la máxima corriente eléctrica que puede circular por el circuito?

13. ¿Qué resistencia tendrá un alambre de nicrom (aleación níquel-cromo) a una temperatura de 60°C , si su resistencia a 0°C es de $25,0 \Omega$?

14. Elabora un cuadro comparativo del impacto en: el agua, la atmósfera, el suelo, la biodiversidad y la salud, de la producción de energía eléctrica en centrales térmicas, hidráulicas, eólicas, solares y nucleares.

15. Organiza con tus compañeras y compañeros *encuentros de saberes y experiencias para el uso eficiente y responsable de la energía eléctrica.*



Ciencia y tecnología al servicio de la historia nacional: nueva imagen digitalizada de El Libertador

Te habrás preguntado, ¿cuál fue el interés que privó anteriormente en muchos artistas al presentarnos una imagen de Bolívar distante y clasista? ¿No sería esta una manera de alejarnos de su vida y de su obra?

Ahora, lejos de tener una imagen retocada del padre de la Patria tenemos una representación de alguien muy cercano, parecido a ti y a mí, lo que constituye un aporte a nuestro sentido de pertenencia.

Sorprende gratamente reconocerse en él y ¿sabes a quiénes les debemos este logro?

Pues a la integración de un equipo multidisciplinario de 50 investigadoras e investigadores científicos e históricos de distintas nacionalidades, representantes de varias instituciones como el Ministerio Público, el Cuerpo de Investigaciones Científicas, Penales y Criminalísticas (Cicpc); el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y el Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), entre otros. El equipo, luego de la cuidadosa exhumación de los restos, el 15 de julio de 2010, trabajó con mucha precisión en forma discontinua durante dos años y, con base en la descripción morfológica, elaboraron un análisis antropológico para reconstruir el rostro de El Libertador. Para ello, tomaron en cuenta las características de los huesos de la cara y el cráneo. Con la aplicación de conocimiento científico y uso de tecnología de punta actual, el equipo estima que su creación se acerca a un 90% de la imagen real.

Dentro de este equipo destacan venezolanas como **Maribel Yoris**, la única radióloga-imagenóloga forense del país, perteneciente al Cicpc y quien, para poder graficar las características de El Libertador en forma legal, científica, apegada a la ética y al profesionalismo, utilizó grandes adelantos en digitalización y escaneo a través de un programa llamado Cinema 4D. Así, con el apoyo de la informática y de la tomografía axial computarizada la información recabada se convirtió en una imagen virtual corpórea.

Las piezas dentales se posicionaron con la ayuda de la doctora **Sonia Viso**, odontóloga forense, tratando de ser lo menos invasivos posible en el trabajo. Todo fue conservado, y se esculpieron los músculos y la piel sintética bajo supervisión de



la doctora **Lourdes Pérez**, antropóloga forense, quien indicó que para la disposición de los tejidos blandos se usaron tablas internacionales y nacionales adaptadas al contexto étnico poblacional de Venezuela. Añadió que se utilizaron mediciones con puntos de referencia, gracias a la técnica craneométrica que evitó errores subjetivos provenientes de descripciones cualitativas. Los cálculos se registraron con el uso de calibradores que convirtieron las medidas en caracteres gráficamente reconocibles para hacer la reconstrucción.

También formó parte del grupo **Yanuelis Cruz**, anatomopatóloga forense, jefa de la División de Anatomía Patológica Forense de la Coordinación Nacional de Ciencias Forenses, quien afirmó que el estudio del tejido óseo llevó a comprobar que la edad que tenía El Libertador al morir era de 47 años; la causa de su muerte, aún investigada, fue una enfermedad de tipo respiratorio agravada por una intoxicación causada por la ingesta de arsénico, parte de un medicamento usado comúnmente en esa época; esto le provocó, entre otras complicaciones, un edema cerebral. A su vez, el doctor **George M. Taylor**, del Reino Unido, hizo los análisis correspondientes que determinaron que Bolívar no murió de tuberculosis o sífilis, como se nos había asegurado.

Los pasos de la reconstrucción facial incluyeron diversos procesos como: digitalización tridimensional del cráneo, establecimiento de profundidad de los grosores del tejido blando, moldeado de la musculatura facial por medio de gráficos computarizados tridimensionales; asignación de los detalles del rostro como el tono de piel, color de ojos, forma, color del cabello, cejas, pilosidad facial, arrugas faciales y sombreado para dar una apariencia natural, acorde con el deterioro sufrido en los últimos meses de su enfermedad. Todas estas técnicas coincidieron, gráficamente, con los informes científicos forenses elaborados y permitieron una representación en volumen ya que la imagen que se genera digitalmente es tridimensional.

Además, se usó como referencia el retrato de Bolívar pintado por José Gil de Castro, artista peruano, en el año 1825. También se utilizaron fotografías de hombres venezolanos entre 40 y 45 años y hombres de las mismas edades con afecciones respiratorias para complementar la visión de los rasgos de una persona con esta enfermedad.

El francés **Philippe Froesch**, experto en arte forense, se encargó de unir todos los datos recolectados por este equipo multidisciplinario y finalmente digitalizó la imagen. Sobre el producto de la investigación opinó que "la arquitectura y estructura del rostro no deja dudas, porque intervini-mos directamente sobre el cráneo. Los huesos hablaron y nos guiaron hasta la meta final".

Este nuevo rostro, más humano, de Bolívar nos acompañará y nos lo recordará por siempre.



Fuentes recomendadas para las y los docentes

- Arias, C. (2007). *Fundamentos y Casos Exitosos de la Biotecnología Moderna*. 2ª edición. Francisco Bolívar Zapata. Compilador y editor. [Documento en línea]. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/40678990/Fundamentos-y-Casos-Exitosos-de-La-Biotecnologia-Moderna>. [Consulta: 2012, Agosto 30].
- Audesirk, T. y Audesirk, G. (1997). *Biología 1. Unidad en la Diversidad*. México: Prentice Hall.
- Bugallo, A. (1995). *La didáctica de la Genética: Revisión Bibliográfica Enseñanza de las ciencias. Investigación y experiencias didácticas*, 13 (3), pp. 379-385
- Dobzhansky, T., Ayala, F., Stebbins, G. y Valentine, J. (1980). *Evolución*. España: Ediciones Omega.
- Hubp, J (2007) *Reseña de la venganza de la tierra: Teoría de Gaia y el futuro de la humanidad de Lovelock J. Investigaciones Geográficas*. [Revista en línea]. Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=56906414> [Consulta: 2012, Agosto 11].
- Lindorf, H., De Parisca, L. y Rodríguez, P. (2006). *Botánica*. Caracas: Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen*. [Documento en línea]. Organización Mundial de la Salud. Disponible: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9243590812.pdf>. [Consulta: 2012, Agosto 01].
- Rivero, F. (2011). Plan Educativo Ambiental para el manejo sustentable de los animales de uso etnomedicinal y mágico-religioso expendidos en las tiendas del ramo ubicadas en la av. Baralt de Caracas y zonas aledañas. Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Sánchez, J. (2010). *Consecuencia del cambio climático en Venezuela*. [Documento en línea]. Ponencia presentada en el XI Encuentro Internacional de Seguros, Porlamar 2009. Disponible: <http://www.camaraseg.org/archivos/a143c00c8W/file/Juan%20Carlos%20S%C3%A1nchez.pdf>. [Consulta: 2012, Agosto 12].
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. *Manual de prácticas biología de la reproducción*. (2009). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.uacj.mx/ICB/cqb/licenciaturaenbiolog%C3%ADa/Documents/Manuales/optativas/BIOLOGIA%20DE%20LA%20REPRODUCCION.pdf> [Consulta: 2012, Julio 23].

Fuentes recomendadas para las y los estudiantes

- Ayala y J. A. Kiger. (1984) *Genética Moderna*. México: Omega.
- Barriga, I. (2006). *Breve Historia de la Genética*. [Documento en línea]. Disponible: <http://docencia.izt.uam.mx/ibs/Gen%E9ticaMendeliana.pdf>. [Consulta: 2012, julio 2012].
- Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. *¿Por qué Biotecnología es el Programa Educativo?* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1¬e=1e> [Consulta 2012, Agosto 21].
- Duke, J. (2010). *BIOTECNOLOGÍA. Panorámica de un sector. España*. [Documento en línea]. Disponible: <http://books.google.es/books?id=77eWLHLYMNcC&printsec=frontcover&dq=qué+es+la+biotecnología+tradicional,+libros&source=b> [Consulta 2012, Setiembre 10].
- *Evolutionibus: Pasado, presente y futuro de la revolución científica*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://evolutionibus.eresmas.net/campana.html>. [Consulta 2012, Agosto 13].
- *Fenotipo.com*. (s/f) [Pág web en línea]. Disponible en: http://www.fenotipo.com/interaccion_entre_genotipo_y_ambiente [Consulta 2012, Agosto 22].
- Karp, G. (2005). *Biología Celular*. México: McGraw Hill.
- Klug, W., Cummings, M. y Spencer, CH. (2006). *Conceptos de Genética*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- Kuldell, N. (2005). *Genética I: las leyes de Mendel sobre la herencia*. [Documento en línea]. Disponible: http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=129&l=s [Consulta 2012, Agosto 20].
- Naturaleza educativa. Portal educativo de ciencias naturales aplicadas. Disponible en: http://www.natureduca.com/anat_funcreprod_gestac.php. Asociación Española para la Cultura, el Arte y la Educación (ASOCAE O.N.G.D.)
- Solomon, E., Berg, L., Ville, C. (1998). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Enlaces de interés

- <http://www.genome.gov/25019>
- <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16704/1/bioetica1.pdf>
- http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/estado-del-arte/un-plan-maestro-desarrollo-embionario/como_se_logra_la_especializaci.php
- http://www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida
- <http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/hyb>





*Todo producto elaborado a mano
por el hombre está impregnado de
espíritu y tiene alma.*

JOSÉ MARÍA CRUXENT



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la Educación