QUINTO TALLER DE CIENCIA PARA JÓVENES CAMPECHE 2017

Quinto Taller de Ciencia para Jóvenes Campeche 2017

Libro de trabajo y Antología

Compilador: Dr. Yuri Jorge Peña Ramírez

Campeche, Campeche. Julio de 2017

Índice

Comité Organizador	4
Instituciones Participantes	5
Programa del Taller	6
Talleristas	7
Maestros	8
Monitores	9
Material de los cursos	10
Química de plantas	11
Ingeniería Genética	23
Robótica	44
Biocatálisis y biología sintética	68
Tiburones y Rayas	78
Abejas Meliponas	102
Mejoramiento Genético	105
Murciélagos y dinosaurios voladores	109
Notas	115

Comité organizador

El Colegio de la Frontera Sur

Dr. José Armando Alayón Gamboa. Director de la Unidad Campeche

M en C. Luvia Padilla Rebolledo. Difusión y Vinculación

CP. Gabriela Guillén Gonzáles. Administradora de la Unidad Campeche

M en GE Yamile del Carmen Castillo Novelo. Asistente de Posgrado

Dr. Yuri Jorge J. Peña Ramírez. Coordinador General del Taller

Fundación Pablo García

Lic. Jorge Esquivel Ruiz. Director General

LAE Carlos Alberto Castillo Ruiz. Director Administrativo

Lic. Mauricio Morales Ávila. Secretario Técnico

COESICYDET Campeche

Ing. Carlos Rodríguez Cabrera. Director General

Fundación Avanza Campeche

CP. Rafael Arturo Castilla Azar. Presidente del Consejo Directivo

Instituciones participantes

ECOSUR

Fundación PABLO GARCÍA

COESICYDET
CONSEJO ESTATAL DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA Y DESARROLLO TECNOLOGICO DE CAMPECHE

CONACYT

AVANZA
Fundación Avanza Campeche AC

COBACAM

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA 1578

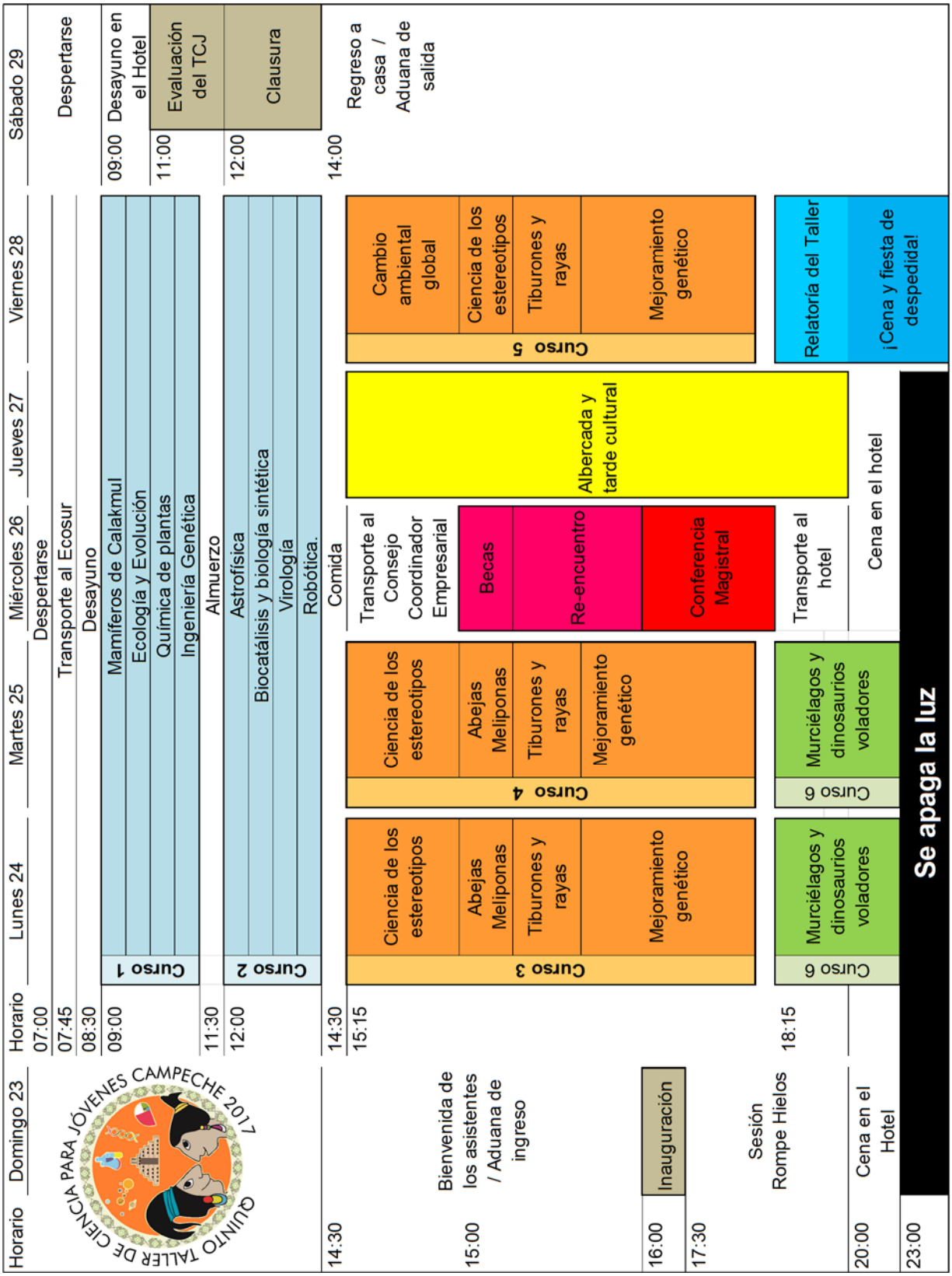
INAOE

Instituto Nacional de Pesca

uac avanza.

Vocaciones Científicas

Programa del Taller.



Talleristas

1	Marian Iveth	Buenfil	Buenfil	marian_iveth@hotmail.com
2	Sergio Alberto	Cahuich	Caamal	marj89@hotmail.com
3	Fernanda Mildred	Calderón	Reyes	fer_mildred@hotmail.com
4	Erick	Campos	González	erickcamglez@hotmail.com
5	Liceny Loseidy	Canche	Camas	licy.canche10@gmail.com
6	Alejandro Farid	Cantún	Estrella	alex_xd_f@hotmail.com
7	Carlos Emilio	Castillo	Ceballos	em_cebs2@hotmail.com
8	Paola	Castolo	Arellano	paokastolo30@gmail.com
9	Angel Daniel	Chin	Moo	danielcmboob@gmail.com
10	Suemi Yurai	Cohuo	Naal	clau.carrillo11@gmail.com
11	Litzy Maricela	Contreras	Santos	litzysantosc@gmail.com
12	Melissa Aradi	Correa	Castillo	melissacorreacastillo@gmail.com
13	Mariana Denisse	Cortés	Montes	marianacortes177@gmail.comm
14	Fernando Alexis	Dominguez	Contreras	alexconte64@gmail.com
15	Salma Madai	Durán	Chi	al056679@uacam.mx
16	Víctor Efraim	Ehuan	Colli	victorem300999@gmail.com
17	Ronaldo Renaud	Espinosa	Lara	ronaldo45179@gmail.com
18	Ana Claudia	Farfán	Xamán	anitaprinssfx@hotmail.com
19	Alma Cecilia	Flores	Tello	almacecilia.florestello@gmail.com
20	Alexander	Gongora	Yerves	alexanderyerves466@gmail.com
21	Stefany	Gonzalez	Vazquez	stefanyvazquez0@gmail.com
22	Dayane Guadalupe	Haas	Haas	Dayanevamps@hotmail.com
23	María José	Hernández	de Santos	mjhs.enmschl@gmail.com
24	Uziel Oseas	Huchin	Euan	u.huchin15@outlook.com
25	Juan Daniel	Jiménez	García	jhon_garcia450@outlook.com
26	Miguel Yair	Márquez	Reyes	yayomarquez@hotmail.com
27	Gerardo Salvador	Martínez	Martínez	gerardomartinez2404@gmail.com
28	Grace Anyer	Martínez	Aguilar	anyermarag@hotmail.com
29	Ana Daneila	Matos	Pech	danniela.matos.07@hotmail.com
30	Denis	Melchor	Hernández	denismehdez@hotmail.com
31	Patricia Leilani	Najera	Bahena	patyleilanajera@hotmail.com
32	Jose Miguel	Navarro	Velázquez	jctmike123@gmail.com
33	Abril Corina	Olivares	Ariza	florazul43@yahoo.com
34	Greysi Margarita	Ortegon	Pech	greysi_umbrella@hotmail.com
35	Javier	Peña	Jimenez	javi_skid@hotmail.com
36	Ariadne Isabel	Rodriguez	Ramirez	ariadneisabelr@gmail.com
37	Yosafat Ariff	Roman	Mayorga	letylu61@hotmail.com
38	Silvia Arantza	Sánchez	Guerrero	ara22000@hotmail.com
39	José de Jesús	Tapia	López	jodejetalo99@hotmail.com
40	María José	Tuz	Kantun	Majitocokito@gmail.com
41	Gelitzy Diocelin	Uitz	Cocom	dioce.cocom19@hotmail.com
42	Gabriel Jesús	Yah	Marín	gabrielyah99@gmail.com
43	Verónica	Zamora	Pérez	veriluzp_14@live.com.mx

Maestros

Astronomía	**Arturo Iván**	**Gómez Ruiz**	INAOE	aigomez@inaoep.mx
Mamíferos de Calakmul	**Rafael**	**Reyna Hurtado**	ECOSUR	rreyna@ecosur.mx
Química de plantas	**Gabriela**	**Mancilla Montelongo**	COLPOS	gmancilla@colpos.mx
Ingeniería Genética	**Aída** **Joel** **Elmi**	**Martínez Hernández** **Lara Reyna** **Cen Cen**	COLPOS	aidamh@colpos.mx jlara@colpos.mx elmi@colpos.mx
Robótica	**Daniel**	**Mocencahua Mora**	BUAP	daniel.moncencahua@correo.buap.mx
Virología	**Salomé**	**Cabrera Romo**	ECOSUR	scabrera@ecosur.mx
Ecología y Evolución	**Ramón**	**Rojas González**	INAPESCA	ramón.rojas@inapesca.sagarpa.gob.mx
Biocatálisis y biología sintética	**Yuri Jorge**	**Peña Ramírez**	ECOSUR	ypena@ecosur.mx
Ciencia de los Estereotipos	**Martha**	**Uc Espadas**	ECOSUR	muc@ecosur.edu.mx
Abejas Meliponas	**Lucio** **Pablo**	**Pat** **Hernández**	ECOSUR	lpat@ecosur.mx phernand@ecosur.mx
Tiburones y rayas	**Juan Carlos** **Francisco** **Ana Bricia** **Daniela** **Isabela** **Gabriela** **Teresa**	**Pérez Jiménez** **Serrano Flores** **Guzmán Castellanos** **Palacios Hernández** **Pérez González** **Cuevas Gómez** **Cobos Ortiz**	ECOSUR	jcperez@ecosur.mx
Mejoramiento Genético	**Natalia**	**Labrín Sotomayor**	ECOSUR	nlabrin@ecosur.mx
Cambio Ambiental	**Gabriela**	**García Marmolejo**	ECOSUR	ggamarmolejo@ecosur.mx
Murciélagos y dinosaurios voladores	**Jorge** **Griselda**	**Vargas Contreras** **Escalona Segura**	UAC ECOSUR	jalbino64@hotmail.com gescalon@ecosur.mx

Monitores

Elías	Pérez Canto	eliasperezcanto@hotmail.com	981 1166677
Ilse Abigail	Lucero Soberanis	ials_@hotmail.com	981 1300992

Material de los Cursos

Nota: Algunos de los materiales a continuación son reproducidos con un estricto fin de apoyo al conocimiento del TCJCampeche y sin fines de lucro, sus fuentes originales son citadas como corresponde.

Teodoro S Kaufman
Instituto de Química de Rosario, Conicet-UNR
Alejandro J Vila
Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario, Conicet-UNR

Nueva simbiosis

entre la química orgánica y la química biológica

Las novedades provienen de asociar material conocido en forma original. Crear es re-combinar.
François Jacob

La química orgánica de síntesis tiene por objeto estudiar la preparación de compuestos nuevos en el laboratorio, o bien obtener por vías alternativas moléculas que se encuentran en la naturaleza, llamadas *productos naturales*. En muchos casos, las rutas empleadas en el laboratorio se basan en los mismos procedimientos de síntesis química que se conocen en los seres vivos, pero otras veces utilizan reacciones que no pueden ser llevadas a cabo por una célula y solo son factibles in vitro.

En determinadas instancias, se procura sintetizar moléculas que no existen en la naturaleza. Esto, sin embargo, se hace basándose en la estructura de los productos naturales. Así se han diseñado y sintetizado numerosos fármacos. Un ejemplo lo son los anestésicos locales, cuya estructura general se inspiró en la de un producto natural, la cocaína, sustancia aislada de la hoja de coca (*Erythroxylum coca*).

También es posible utilizar las herramientas de la química orgánica para modificar rutas metabólicas presentes en seres vivos. De ese modo, se puede generar una química novedosa utilizando moléculas biológicas como molde y diseñar nuevas moléculas capaces de promover transformaciones químicas distintas de las que constituyen su función natural.

En este artículo reseñamos enfoques novedosos sobre la utilización del conocimiento biológico para extender las fronteras de la química orgánica, y acerca del empleo de procedimientos de química orgánica para expandir nuestra comprensión de la maquinaria biológica.

Espacio químico y espacio biológico

Los seres vivos evolucionaron a lo largo de cientos de millones de años, durante los cuales experimentaron una serie de transformaciones químicas esenciales para la vida en medios acuosos y a temperaturas del agua líquida. Esas reacciones tuvieron lugar gracias a la acción de una variedad de macromoléculas (principalmente enzimas, pero

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Qué es la química orgánica de síntesis? ¿Qué son los productos naturales? ¿Qué es la biología sintética? El conocimiento biológico moderno, en particular la biología molecular, ha ampliado el campo de estudio de la química orgánica y, recíprocamente, esta ha llevado a una mayor comprensión del funcionamiento de los seres vivos.

también otras proteínas y ácidos nucleicos), cuya función es lograr y mantener el control de dichas reacciones, por lo que son, de modo directo o indirecto, responsables de la síntesis, el transporte y la degradación de virtualmente cualquier compuesto químico requerido por los organismos para su supervivencia.

Sin embargo, los compuestos químicos pequeños requeridos para la vida de los organismos vivos constituyen una pequeñísima fracción de todas las *pequeñas moléculas orgánicas*. Estas poseen una masa molecular inferior a 500 daltons, equivalente a la de unos 500 átomos de hidrógeno. Las moléculas biológicas, en cambio, poseen masas que pueden llegar a los millones de daltons.

Estimaciones del llamado *espacio químico* sitúan el número de pequeñas moléculas posibles en más de 10^{60} (el número uno seguido de sesenta ceros), lo que se puede comparar con las gotas de agua de todos los océanos del mundo, que serían unas 10^{28}. Los organismos vivos más simples pueden funcionar con unos pocos cientos de tales moléculas, mientras que los más evolucionados, como los humanos, requieren unos pocos miles de ellas en lo que se conoce como el *espacio químico biológicamente relevante*. De modo similar, el número de ingredientes farmacológicamente activos que conforman el arsenal de medicamentos de la humanidad apenas supera las 4000 entidades químicas independientes.

Tras secuenciar los genomas de numerosos organismos vivientes se observó que los más simples pueden dar lugar a unas mil proteínas diferentes, mientras que los más complejos pueden generar por la acción de sus genes un número hasta veinte veces mayor. Pero esas cifras son extraordinariamente pequeñas comparadas con la cantidad de proteínas teóricamente posibles de formar con los veinte aminoácidos comunes, un número estimado en 10^{390}. Si se produjese una sola de cada una de esas moléculas, se tendría una colección de ellas cuya masa total excedería la del universo conocido, cuyo tamaño es $10^{84}cm^3$. Por eso se puede afirmar que las proteínas naturales constituyen un conjunto especialmente distinguido del mundo de las grandes moléculas, el cual ha sido seleccionado por la evolución.

Es sorprendente que tantos procesos complejos puedan llevarse a cabo con un conjunto tan limitado de proteínas. Sin embargo, las características de este selecto grupo están estrechamente relacionadas con aquellas que exhiben las pequeñas moléculas que emplean los sistemas vivientes y con las propiedades de las pequeñas moléculas que la ciencia ha desarrollado como fármacos.

La comprensión de las relaciones entre las proteínas y las pequeñas moléculas con las que interactúan es crucial para develar el funcionamiento de los sistemas biológicos. Asimismo, ella permite encontrar formas inéditas de tratar enfermedades, por el diseño de pequeñas moléculas nuevas o mediante renovados usos de las conocidas.

Sin duda que el campo de posibles descubrimientos es enorme. Hasta el presente, se han tomado menos de quinientas proteínas humanas como objetivo terapéutico, una cantidad minúscula comparada con el total de proteínas del cuerpo, que alcanza el orden de las veinte mil. A pesar de que el número máximo de proteínas pasibles de ser consideradas blancos terapéuticos no se puede establecer hoy, es razonable suponer que sería mucho más grande.

Química orgánica y biología

Si bien la relación de la química con la biología es antigua, el arsenal de técnicas utilizables para su mutuo desarrollo tuvo un crecimiento exponencial en los últimos tiempos. Ello fue fruto de múltiples conexiones encontradas entre ambas disciplinas, al punto que no es exagerado afirmar que en años recientes la química orgánica cambió nuestra comprensión de los procesos biológicos, y que la biología molecular modificó nuestro entendimiento de los aspectos moleculares de la química de los medicamentos.

Recordemos que en los seres vivos las macromoléculas constituyen la base de los mecanismos de la herencia, por los que se transmite información genética de una generación a la siguiente. Se ha llamado a esta transmisión el dogma central de la biología. Los ácidos nucleicos mantienen y transmiten dicha información: el ADN es su

BIOLOGÍA MODERNA Y NUEVOS MEDICAMENTOS

Los productos naturales pueden producir una amplia variedad de efectos biológicos. Por ello, se los emplea con creciente frecuencia como sondas moleculares para estudiar fenómenos biológicos.

Habitualmente, actúan como inhibidores químicos, por lo que tales estudios permiten identificar las macromoléculas a las que se unen y designarlas como blancos relevantes para el diseño de fármacos.

Entender cómo los productos naturales alteran las funciones celulares normales en el nivel molecular es un paso clave para realizar descubrimientos, no solo de proteínas y de las vías de señalización en las que estas participan, sino también de nuevas entidades químicas de interés.

Estas pequeñas moléculas líderes pueden actuar como molde o fuente de inspiración para el diseño de novedosos agentes terapéuticos, gracias al arsenal de procedimientos, reactivos y transformaciones químicas de la química orgánica sintética moderna, usados a modo de herramientas de planificación y ejecución.

SONDAS QUÍMICAS INSPIRADAS EN LIGANDOS NATURALES Y LA BIOINFORMÁTICA

Se ha demostrado recientemente que el *ácido nicotínico adenina dinucleótido fosfato* (designado por lo común por NAADP) es un segundo mensajero en la señalización mediada por iones calcio (Ca^{+2}). Se ignoran la mayoría de las funciones del NAADP, lo mismo que la estructura de su receptor biológico. Para conocer mejor su biología e identificar su receptor, se recurrió a una sonda química capaz de interferir los procesos mediados por el NAADP.

Para ello, se realizó una búsqueda en bases de datos conectadas —capaz de evaluar millones de compuestos de manera rápida y económica— de moléculas que tuviesen tanto forma tridimensional como un patrón de distribución electrostática similar al del NAADP. Como resultado se obtuvo la molécula NED-19, que demostró inhibir la liberación de iones de calcio mediada por el NAADP en erizos de mar. Además, la NED-19 reveló que el NAADP es el enlace causal clave entre el sensoramiento de glucosa y la liberación de iones calcio en las células pancreáticas beta del ratón. Por otra parte, siendo una molécula fluorescente, la NED-19 permitió localizar los receptores del NAADP, como paso importante en los estudios para develar su estructura.

portador y encargado de mantenerla de generación en generación, y el ARN oficia de intermediario o mensajero en la síntesis de las proteínas, las encargadas de ejecutar las funciones del organismo.

Las pequeñas moléculas orgánicas son las piezas con las que opera el mencionado flujo de información. Actúan bajo la forma de hormonas, neurotransmisores y elementos de señalización intracelular e intercelular. Son pequeñas moléculas los productos naturales de defensa contra infecciones y de ataque por organismos infectantes, es decir, permiten la interrelación entre organismos; e intervienen en la adquisición de conocimiento, la memoria y el funcionamiento de los sentidos, además de constituir la mayoría de los agentes terapéuticos más efectivos.

El empleo de pequeñas moléculas orgánicas bioactivas como *sondas moleculares*, es decir como elementos que nos permiten explorar un determinado estado o proceso, posibilita evaluar el comportamiento de sistemas biológicos complejos. Estas pequeñas moléculas son capaces de provocar perturbaciones cuyo análisis permite desentrañar la constitución misma y el funcionamiento del sistema estudiado.

Los productos naturales como herramientas químicas de uso biológico

Los productos naturales son sustancias químicas producidas por animales, vegetales y microorganismos. Su interés como fuente de nuevos medicamentos se debe a la inmensa diversidad de la naturaleza y a los amplios antecedentes de su uso para tratar enfermedades humanas desde los comienzos mismos de la medicina. Además, en su estado habitual o modificados químicamente, los productos naturales pueden ser adaptados para actuar en un sinnúmero de situaciones biológicas.

Lo último se debe en buena parte a la interacción entre la química orgánica y la biología, y es el resultado de entender que las pequeñas moléculas en general, y los productos naturales en particular, son instrumentos sencillos capaces de alterar procesos biológicos complejos. Además, los productos naturales constituyen herramientas atractivas para los biólogos celulares, ya que muchos son sintetizados por organismos en respuesta a situaciones de estímulo, y pueden dar lugar a una amplia diversidad de actividades biológicas.

A menudo los químicos aíslan los productos naturales siguiendo la pista de alguna actividad biológica destacada, y sin necesariamente saber cómo ella se genera en el nivel molecular. Se ha observado reiteradamente que, una vez aislados, los productos naturales pueden emplearse como herramientas para desentrañar o mejorar la comprensión del funcionamiento celular, descubrir importantes procesos biológicos y validar tratamientos farmacológicos. Para esto resulta útil su capacidad de interferir funciones biológicas, ya que pueden modificar el normal desarrollo de funciones celulares. Por ejemplo, los antibióticos son moléculas sintéticas o naturales que se utilizan en la terapia clínica para detener el crecimiento bacteriano, por lo general porque interfieren en una ruta metabólica esencial para la vida del microorganismo indeseado mediante la interacción con una macromolécula específica.

El uso de productos naturales bioactivos ofrece varias ventajas para la biología celular, en comparación con los enfoques genéticos tradicionales. Las pequeñas moléculas pueden utilizarse para simular mutaciones letales, o para inhibir funciones de proteínas en momentos específicos del ciclo celular o durante el proceso del desarrollo. Este enfoque químico-genético también provee nuevos instrumentos para investigar las funciones de las proteínas en un marco temporal acotado.

La capacidad de los productos naturales de alterar funciones intracelulares también demostró ser útil como una herramienta de la biología molecular. La primera cuestión de interés para este uso se relaciona con descubrir qué pro-

teína es el blanco relevante de la acción del producto natural. En muchos casos, la actividad de este puede explicarse en términos generales como una interferencia de las funciones de las proteínas, sea por inhibición o sobreactivación de enzimas, o por la disrupción de interacciones entre proteínas. De esta manera se han podido identificar familias enteras de nuevas proteínas, lo cual permitió, además, establecer las vías de señalización de las que estas participan.

Un ejemplo concreto de esta serie de hallazgos, y uno que tuvo grandes consecuencias, fue el descubrimiento del fenómeno biológico de la *angiogénesis* o proceso de generación de vasos sanguíneos, que actualmente se estudia minuciosamente como una vía para encontrar nuevos agentes anticancerígenos. Los tumores, en efecto, no pueden crecer sin la concomitante formación de nuevos vasos sanguíneos, por lo que se obstaculiza su desarrollo si se impide la generación de estos. Los fármacos creados aplicando este razonamiento ya han demostrado reducir el crecimiento tumoral en animales. El diseño de inhibidores de la generación vascular, que actualmente es una de las más promi-

DEL PRODUCTO NATURAL AL FÁRMACO

Uno de los más grandes éxitos farmacéuticos del estudio químico de plantas empleadas en la medicina popular, y un ejemplo paradigmático de la interacción entre química y biología que facilitó el avance de ambas disciplinas, es el de los anestésicos locales, el primero de los cuales fue la cocaína, una sustancia aislada de la hoja de coca (*Erythroxylum coca*).

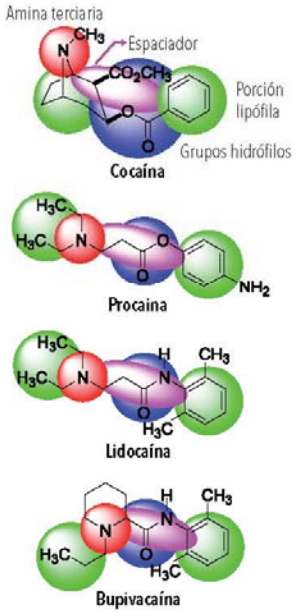
Se sabe actualmente que la acción anestésica demanda la inhibición de los canales de iones en las membranas de las células nerviosas. Para enviar la señal de dolor al cerebro, se requiere la apertura y el cierre de las compuertas de los canales de iones de sodio en los axones de las células nerviosas, formadas por complejas proteínas glicosiladas. Al abrirse un canal en una célula nerviosa en reposo, iones sodio son bombeados al axoplasma, lo que induce la liberación de un neurotransmisor que hará llegar el mensaje de dolor a la próxima célula. Cumplida esa misión, el cierre del canal de sodio inicia el retorno de la célula nerviosa a su estado de reposo.

Para que un anestésico local ejerza su acción, debe ser lo suficientemente lipófilo como para migrar a través de membranas de las células nerviosas, de naturaleza no polar, hasta llegar al ambiente citoplasmático, donde las condiciones fisiológicas permiten la ganancia de protones o *protonación*. En este estado, el anestésico se encuentra cargado positivamente y puede migrar hasta el borde de la compuerta del canal iónico y unirse a las proteínas que lo componen mediante interacciones con grupos lipófilos e hidrófilos, que inactivan su funcionamiento y producen un efecto anestésico. La intensidad y duración de dicho efecto dependen de la fuerza de la interacción y de la resistencia del anestésico a ser metabolizado.

La cocaína tiene todas las características necesarias para la actividad anestésica: un esqueleto carbonado y un grupo fenilo con propiedades lipófilas, a la vez que dos grupos éster y una amina terciaria que constituyen sitios hidrófilos. Las características de la amina garantizan que en condiciones fisiológicas una porción de ella se encontrará protonada.

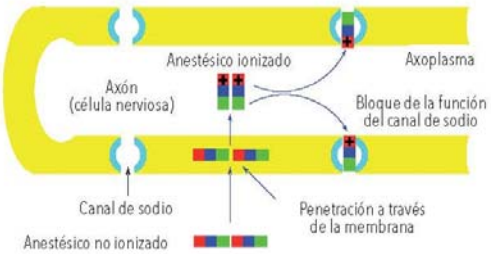
A pesar de su potente actividad, la cocaína tiene otras características que hacen desaconsejable su uso como anestésico. Pero la química orgánica de síntesis actualmente dispone de una variedad de anestésicos locales inspirados en la cocaína y sin esas características negativas.

Relaciones estructurales entre cocaína y anestésicos locales de uso farmacéutico.



Un anestésico local potente requiere por lo menos grupos lipófilos e hidrófilos dispuestos de manera particular y una amina terciaria situada a distancia apropiada, capaz de protonarse en condiciones fisiológicas. Los cambios estructurales que alteran sea el carácter lipófilo, el tamaño o la forma molecular afectarán la unión del anestésico al receptor y en consecuencia la velocidad y potencia de su acción.

Mecanismo de acción de los anestésicos locales.



Uno de esos anestésicos locales es la procaína, que tiene una importante tendencia a protonarse, lo que hace que se encuentre más protonada fuera del axón y le resulte muy difícil atravesar la membrana axonal, por lo que el inicio de su acción es más lento que el de su congénere la bupivacaína, la cual se encuentra escasamente protonada en condiciones fisiológicas y por ello puede traspasar más fácilmente la membrana del axón.

Compuestos con funciones éster (O = C-O), como la procaína, se descomponen con relativa facilidad, por lo que su acción resulta más fugaz que anestésicos amídicos (O = C-N), como lidocaína y bupivacaína, más estables y de más lenta metabolización.

sorias vías de búsqueda de agentes anticancerígenos, fue posible gracias al descubrimiento de diversos productos naturales que demostraron tener esa acción.

En sentido contrario, la falta de irrigación sanguínea es una característica de las enfermedades vasculares periféricas y coronarias. La búsqueda de factores estimulantes del crecimiento vascular es, en consecuencia, un camino promisorio para encontrar sustancias capaces de incrementar el flujo sanguíneo en lugares tan críticos como las arterias coronarias. Pruebas realizadas en animales han revelado casos de dramática mejoría, por lo que es esperable que en las próximas décadas se encuentren compuestos eficaces para tratar a seres humanos.

En el caso del diseño de nuevos fármacos, los productos naturales pueden ser empleados para develar no solo la aptitud de los blancos terapéuticos sino, también, para comprobar la bondad del enfoque químico-medicinal. Comprender el fenómeno en el nivel molecular ayuda a los químicos que trabajan en farmacología a discernir las relaciones apropiadas entre la estructura molecular de la sonda, la actividad biológica observada y el blanco terapéutico atacado.

Un ejemplo de esta actividad ha sido el diseño de *inhibidores del proteasoma*. Este es un complejo proteico que degrada proteínas; sus inhibidores son compuestos que bloquean su acción y actualmente constituyen una de las más promisorias vías de búsqueda de agentes anticancerígenos. Está resultando posible tomar esa vía gracias al hallazgo de diversos productos naturales que demostraron tener esa acción.

Ahora que la secuencia del genoma humano se encuentra disponible, esta estrategia de producir perturbaciones para estudiar respuestas promete llevar a éxitos similares en uno de los desafíos más fascinantes para los biólogos celulares modernos: la comprensión de las funciones proteicas como parte de complejas redes intracelulares.

De la química orgánica de síntesis a la biología sintética

Se llama *biología sintética* a la disciplina que estudia la síntesis o creación de sistemas biológicos con propiedades que no se encuentran en la naturaleza. Esos sistemas biológicos pueden ser desde macromoléculas hasta microorganismos. Es una rama novedosa de la biología, que se nutre de la química orgánica, la bioquímica y la biología molecular. Su avance promete, entre otras cosas, la producción masiva de biocombustibles a partir de fuentes renovables, la detección de toxinas en el ambiente o la liberación de las cantidades exactas de insulina requeridas por el organismo de un diabético. La biología sintética se basa en la idea de que es posible dotar a un organismo de funciones, del mismo modo que los ingenieros ensamblan componentes electrónicos para dar al producto funciones de computadora. Así, podrían crearse bacterias programadas para producir en gran escala moléculas que sirvan de biocombustibles, o compuestos de interés farmacológico, cuya síntesis química (en vez de biológica) demandaría costos enormes en insumos químicos y horas de trabajo.

Un ejemplo de estos avances es la producción económica del producto natural *artemisinina*, aislado de una especie de ajenjo natural de Asia (*Artemisia annua*). Su interés reside en que mata al parásito (*Plasmodium falciparum*) causante de la malaria, enfermedad responsable de un millón anual de muertes. Su eficacia como fármaco permitió curar a centenares de miles de enfermos. La principal barrera para su uso masivo es su elevado costo si se lo obtiene de la planta o por síntesis química, situación agravada por la concentración de la malaria en países pobres. Utilizando biología sintética se espera reducir significativamente ese costo de producción. En los últimos tiempos se logró hacerlo con cepas de la levadura *Pichia pastoris* y de la bacteria *Escherichia coli*, modificadas genéticamente para que produzcan grandes cantidades de ácido artemisínico, un precursor químico de artemisinina. La posibilidad de aislar el fármaco de esa manera en vez de extraerlo de una planta reduciría hasta diez veces el costo del tratamiento.

Proteínas a medida

La ingeniería de proteínas tuvo un gran crecimiento en la década de 1990. Utilizando herramientas de la biología molecular, la química orgánica y la biología estructural, los bioquímicos se plantearon desafíos de grandes consecuencias para la industria basada en biotecnología. Entre esos desafíos estuvo cambiar la actividad específica de enzimas, mejorar su desempeño o aumentar su estabilidad.

La segunda etapa de este reto consistió en aprovechar los mecanismos de la evolución para mejorar los sistemas naturales o rediseñarlos con el objeto de hacerlos cumplir otras funciones. Esto llevó a la llamada *evolución dirigida* o *evolución in vitro*, por la que se mutan secuencias de ADN y se pone en marcha un proceso de selección que emula la evolución natural, pero sigue reglas establecidas discrecionalmente en el laboratorio.

La evolución dirigida se ha utilizado para modificar el curso de transformaciones naturales, o para hacerlas más eficientes. No hace mucho se logró crear una enzima capaz de promover una reacción química que no realiza ninguna enzima en la naturaleza, lo cual permite acelerar cientos o miles de veces las reacciones, en comparación con los métodos tradicionales de síntesis orgánica.

La química orgánica de síntesis como auxiliar de la biología

El uso de productos naturales como sondas moleculares es ventajoso por la facilidad de empleo de esas pequeñas moléculas, pero depende críticamente de poder disponer de una de ellas con características apropiadas. Para ello, la química orgánica de síntesis puede diseñar sondas a medida.

Las transformaciones bioquímicas que usan los sistemas biológicos para sintetizar productos naturales continúan siendo fuente de inspiración para quienes trabajan en síntesis artificial. Aun así, en el laboratorio pocas veces siguen cabalmente los caminos de la naturaleza. Algunas síntesis químicas modernas, incluso, desplegaron enfoques y métodos radicalmente nuevos, que contribuyeron a expandir el horizonte del conocimiento.

Otra cuestión relevante para programar la síntesis de pequeñas moléculas, particularmente las que no exhiben alta complejidad, es develar cuáles de sus características resultan más influyentes en la definición de su actividad biológica. En esta materia, la química orgánica sintética ha encontrado nuevos caminos, que le permiten interactuar más afinadamente con la biología. Lo ha hecho con la ayuda de dos de sus más poderosas herramientas: su arsenal de reactivos y el repertorio de transformaciones químicas probadas. Entre esos nuevos caminos están la síntesis de moléculas orientada a la diversidad y la generación de bibliotecas de compuestos similares a los productos naturales.

Conclusiones y perspectivas

Los avances del conocimiento acaecidos durante la última década en la gran área biomédica fueron tan extraordinarios, y sucedieron a un ritmo tan acelerado, que apoyarse en ellos para formular predicciones sobre futuros hallazgos resulta en extremo riesgoso. Sin embargo, pueden señalarse ciertas grandes cuestiones que requieren respuestas, y hasta es posible avizorar algunos caminos que conducirían a encontrarlas.

Las investigaciones realizadas y las numerosas en curso permiten acumular a paso redoblado una vasta cantidad de información sobre los efectos de pequeñas moléculas en los seres vivos. En esos descubrimientos, los productos naturales son los actores centrales de la química para comprender la sinfonía biológica.

Es razonable esperar que todos esos resultados puedan ser analizados sistemáticamente por parte de la creciente comunidad bioinformática, para producir en las próximas décadas avances significativos tanto en nuestra comprensión de la química biológica como en nuestra capacidad de descubrir nuevos blancos terapéuticos y promisorios agentes farmacológicos.

La ciencia todavía está muy lejos de disponer de un método general que pueda indicar rápida e inequívocamente el procedimiento más relevante para encarar el estudio de un sistema biológico complejo.

Pero puede anticiparse que la estrecha colaboración entre químicos orgánicos y biólogos permitirá enfrentar el persistente desafío de entender y eventualmente manipular la química de la vida. En ese sentido, uno de los mayores retos será comprender mejor la naturaleza de la fracción del espacio químico utilizado por los seres vivos, y qué áreas que hoy están fuera de esa fracción podrían también emplearse para influir sobre el funcionamiento de dichos seres.

En manos de los químicos orgánicos, las herramientas de la biología permitirán generar nuevas moléculas, capaces de continuar respondiendo imaginativamente a los interrogantes biológicos. Es muy probable que a medida que estos desafíos sean abordados, se puedan develar nuevos secretos acerca del origen de la vida y de los detalles del inicio de su evolución. Además, el progreso que se alcance como fruto de la interacción entre ambas disciplinas redundará en más eficientes planteos en la ruta al descubrimiento de fármacos, en beneficio de nuestra calidad de vida.

La cita del epígrafe es de François Jacob, 'Evolution and Tinkering', Science, 196, 4295: 1161-1166, junio de 1977.

LECTURAS SUGERIDAS

BEGLEY TG (ed.), 2008, *Wiley Encyclopedia of Chemical Biology*, Wiley, Nueva York.

KEINAN F & SCHECHTER I (eds.), 2002, *Chemistry for the 21st Century*, Wiley, Nueva York.

LARIJANI B, WOSCHOLSKI R & ROSSER CA (eds.), 2006, *Chemical Biology. Applications and Techniques*, Wiley, Nueva York.

REINHARDT C, 2001, *Chemical Sciences in the 20th Century. Bridging boundaries*, Wiley, Nueva York.

SCHREIBER SL, KAPOOR TM & WESS G (eds.), 2007, *Chemical Biology. From Small Molecules to Systems Biology and Drug Design*, Wiley, Nueva York.

Teodoro S Kaufman

Doctor en química, Universidad Nacional de Rosario.
Profesor titular, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, UNR.
Investigador principal del Conicet.
kaufman@iquir-conicet.gov.ar

Alejandro J Vila

Doctor en química, UNR.
Profesor asociado, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, UNR.
Investigador principal del Conicet.
vila@ibr.gov.ar

…entre la Química y la Biología.

La química orgánica de síntesis tiene por objeto estudiar la preparación de compuestos nuevos en el laboratorio, o bien obtener por vías alternativas moléculas que se encuentran en la naturaleza, llamadas productos naturales. En muchos casos, las rutas empleadas en el laboratorio se basan en los mismos procedimientos de síntesis química que se conocen en los seres vivos, pero otras veces utilizan reacciones que no pueden ser llevadas a cabo por una célula y solo son factibles in vitro.[1]

La química biológica comprende el estudio e investigación en la interfase entre la química y la biología. En este contexto la química biológica está focalizada u orientada al estudio de las interacciones de moléculas pequeñas, incluyendo productos naturales, con proteínas, con el objetivo de identificar su función en los procesos biológicos. La identificación eficaz de pequeñas moléculas que modulen la función de una proteína tanto *in vivo* como *in vitro* es el corazón de la investigación en química biológica y química médica y recientemente se está aplicando al diseño de agroquímicos. Esta metodología permite el desarrollo de nuevas terapias y nuevos métodos de diagnóstico de enfermedades.

Este emergente campo de investigación necesita, por un lado, el disponer de moléculas pequeñas que interaccionen con una determinada proteína, y por otro, del descubrimiento e identificación de espacios biológicamente relevantes, es decir de dianas biológicas, donde las moléculas objetivo puedan interaccionar.

A lo largo de esta semana, observaremos los distintos orígenes, aplicaciones y metodologías empleados en el estudio de los metabolitos secundarios o productos naturales. Ello lo ilustraremos con 4 sesiones prácticas:

1. Reacción química
2. Productos Naturales
    - 2.1. Cromatografía
    - 2.2. Extractos
3. Actividad biológica

[1] T. Kaufman, A.J. Vila. Ciencia Hoy, (2011), 21(124), 21-26

Reacción Química.

Objetivo
Aplicar ingenio y conocimiento para buscar las explicaciones al fenómeno que se llevará a cabo.

Introducción
La combustión, la oxidación de los metales, la digestión, la respiración celular, la fotosíntesis, la descomposición de los alimentos o la formación del hule son ejemplos de cambios químicos que suceden en la Naturaleza. Además estamos rodeados de transformaciones que el ser humano ha aprendido a hacer, como la recuperación de los metales a partir de sus minerales, la fabricación de plásticos, la síntesis de medicamentos, colorantes y los más diversos productos. Todo ello nos muestra que el análisis de las reacciones químicas nos presenta un panorama amplio y diverso.

Material
Vaso de precipitados de 250 mL
Probeta de 20 mL

Reactivos
Sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$
Ácido sulfúrico concentrado, H_2SO_4

Procedimiento
1. Este experimento requiere que salgas del laboratorio a un lugar bien ventilado.
2. Coloca el azúcar en el vaso de precipitados, hasta llenar la mitad.
3. Con la probeta mide 20 mL de ácido sulfúrico, con *mucho cuidado para que no lo derrames ni lo toques*.
4. Añádelo al azúcar y deja reposar la mezcla.
5. Observa lo que ocurre después de algunos minutos.
6. Plantea la ecuación química que describa la reacción llevaba a cabo.

Bosquejo:

Interpretación de resultados y conclusiones.

Productos Naturales.

Objetivo

Llevar a cabo la extracción orgánica de los metabolitos secundarios de una muestra vegetal y observar su perfil metabólico mediante una técnica cromatográfica.

Introducción

El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que realizan las células de los seres vivos para sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o para degradar las complejas y obtener las simples. Las plantas, organismos autótrofos, además del metabolismo primario presente en todos los seres vivos, poseen un metabolismo secundario que les permite producir y acumular compuestos de naturaleza química diversa. Estos compuestos se denominan metabolitos secundarios, se distribuyen diferencialmente entre grupos taxonómicos, presentan propiedades biológicas, muchos desempeñan funciones ecológicas y se caracterizan por sus diferentes usos y aplicaciones como medicamentos, insecticidas, herbicidas, perfumes o colorantes, entre otros. Reciben también la denominación de productos naturales.[3]

Material

1 Mortero con pistilo
Pipetas pasteur
Pipeteadores
Capilares
Cromatofolios de Sílica Gel - Al
3 Vaso de precipitados 100 mL
3 Vidrio de reloj
Placa de calentamiento
Muestras vegetales

Reactivos

Etanol 70%, C_2H_5OH
Acetona, CH_3COCH_3, 500 mL
Acetato de etilo, $CH_3COOC_2H_5$, 500 mL
Hexano C_6H_{14}, 250 mL
Ácido acético, CH_3COOH, 100 mL
Ácido sulfúrico, H_2SO_4, gotas
Agua desionizada

Procedimiento

1. Muele algunas tejidos vegetales (raíces y hojas), disolviendo con un poco de alcohol.
2. De los líquidos colorido que obtengas, toma un poco con un capilar, y coloca un punto en tres cromatofolios (cortados en trozos de 2x5cm), previamente marcados con línea base.
3. Eluye las placas cromatográficas, de forma independiente, utilizando disolventes con distintas polaridades.
4. Dibuja los colores obtenidos tratando de identificar cada uno.
5. Se sumerge cada una de las placas en una solución reveladora. Se escurren con cuidado, se dejan secar y se queman por el reverso hasta que aparezcan las manchas oscuras correspondientes

**Deja los desechos donde se te indique y el material limpio al finalizar la práctica.*

Bosquejo:
[2]

[2] A. Ávalos García, E. Pérez-Urria Carril. Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. (2009), 2(3), 119-145.

Mordientes y colorantes.

Objetivo

Preparar una fibra textil natural con una solución mordiente para el teñido con extractos vegetales.

Introducción

Un mordiente es una sustancia química que se emplea para ayudar a fijar un pigmento a una fibra, o bien, le proporciona condiciones que modifican el color o la tonalidad del mismo.[2] Estos compuestos suelen ser sales solubles de metales (Al, Cu, Fe, Sn), que al disociarse en el agua, el catión forma un complejo entre la fibra textil y las moléculas de colorante. Además suelen utilizarse aditivos que además de coayudar a fijar el color, pueden proporcionar otras características a las fibras como suavidad y brillo, como vinagre, sal, limón, crémor tártaro.

Por otro lado, una fibra textil, en general es un polímero, ya sea sintético o natural. En este último caso se pueden tener las fibras naturales de origen vegetal (algodón, lino), compuestas de celulosa, o bien las de origen animal (lana, seda) cuya estructura es proteica.

Material

8 Vasos de precipitado 400 mL
4 Placa de calentamiento
4 Cucharas pequeñas
4 Morteros con pistilo
4 Fibra textil natural
Pipeta
Papel aluminio
Clavos oxidados
Frasco
Espinacas
Col morada
Cúrcuma

Reactivos

Agua
Etanol, CH_3CH_2OH, 100 mL
Ácido acético, CH_3COOH, 3 mL
Bicarbonato de sodio, $NaHCO_3$, <1 g

Procedimiento[3]

1. En el frasco, se prepara una disolución de ácido acético con una concentración máxima de 1.5%; el equivalente a una mezcla agua-vinagre 2:1.
2. A la mezcla, se añaden clavos u objetos pequeños de hierro, oxidados. Se le deja disociar hasta que la mezcla alcance una tonalidad anaranjada, por lo menos 2 días a temperatura ambiente.
3. La fibra a teñir se lava con jabón para remover las grasas que pudiera tener en la superficie. Se enjuaga y deja secar.
4. Se prepara una dilución al 20% a partir de la disolución férrica del paso 2, y se calienta a 80°C.
5. Se sumerge la fibra y se deja reaccionar durante 10 min a 80°C. Pasado este tiempo se deja enfriar y se extrae, exprime con cuidado (puede dejarse hasta el día siguiente), y se enjuaga hasta que el agua quede clara.
6. Los tejidos vegetales se cortan en trozos pequeños y se trituran un poco en el mortero. La col se hará por duplicado.
7. Se vacía el contenido en un vaso de precipitado y se adiciona un volumen igual de agua; se enjuaga el mortero con otro volumen igual de agua, y en el caso de espinacas, que sea con etanol.
8. Se calienta y cuando llegue a ebullición, se baja la temperatura de la placa de calentamiento, y se mantiene durante 30 minutos.

[3] The Handbook of Natural Plant Dyes. Duerr, S. Timber Press, 2010.

9. Transcurrido este tiempo, con ayuda de una cuchara o colador, se sacan los trozos de vegetales (también podría filtrarse). En el caso de la col, a uno de los extractos se adicionará bicarbonato de sodio, y al segundo unas gotas de ácido acético.
10. Se introduce una fibra textil húmeda en cada uno de los extractos y se deja reaccionar con calor bajo por lo menos durante 10 minutos, agitando ocasionalmente.
11. Se deja enfriar y en remojo hasta el día siguiente en que la fibra se sacará y lavará con jabón suave.

**Deja los desechos donde se te indique y el material limpio al finalizar la práctica.*

Bosquejo:

Interpretación de resultados y conclusiones.

Actividad Biológica.

Objetivo
Evaluar la actividad biológica de extractos vegetales como agente de control biológico sobre hongos fitopatógenos.

Introducción
A pesar de que el descubrimiento de fungicidas sintéticos ha contribuido enormemente al incremento en la producción de alimentos mediante el control de enfermedades, su uso ha derivado en problemas ecológicos. Una opción dentro de la agricultura sustentable es el uso de bio-fungicidas para combatir las enfermedades en plantas, de una forma segura, biodegradable y respetuosa del medio ambiente, utilizando diferentes mecanismos de acción como antibiosis, competencia, micoparasitismo e inducción de resistencia sistémica contra los patógenos. En este sentido, se han desarrollado preparados comerciales basados en microorganismo, plantas y sus derivados para controlar plagas y enfermedades, y se continúa en la búsqueda de productos naturales que ofrezcan una protección integral de los cultivos.[4]

Material
3 morteros con pistilo
12 cajas de Petri
Micropipeta 10-200 uL
Puntas amarillas
Pipetas pasteur de 25 cm
2-4 Mecheros

Ajo
Canela
Cúrcuma
Nim comercial

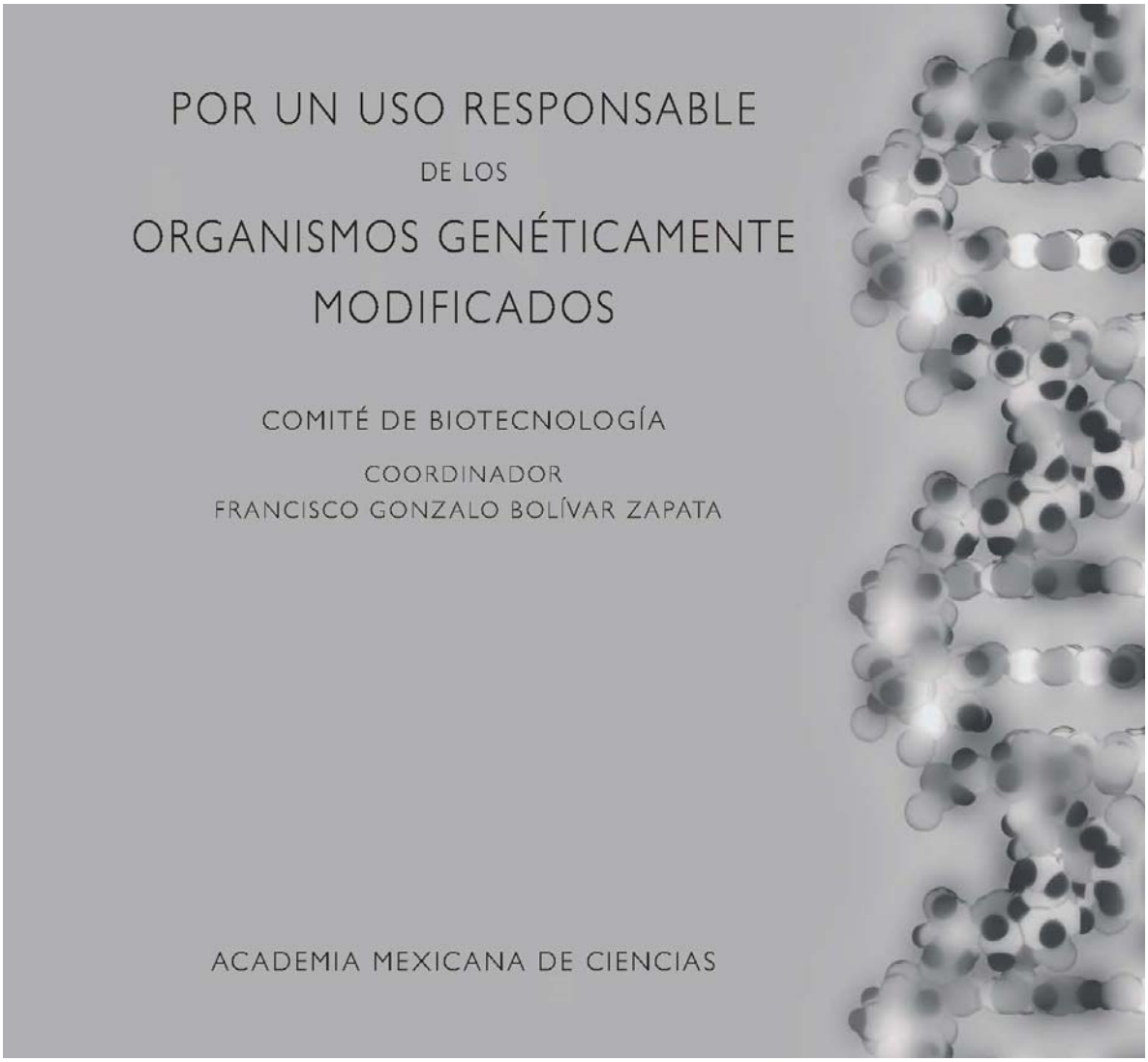
Reactivos
Medio PDA, 500 mL
Agua desionizada
Etanol para limpiar

Procedimiento[4]
1. En un mortero se coloca el material vegetal y se muele con 20 mL de agua estéril. Se deja macerar 20 minutos.
2. Por otro lado, a partir de una suspensión homogénea de esporas o micelio de *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia sp.* y *Botrytis cinerea* se plaquean 3 cajas de PDA con 100 uL de dicha suspensión. Se dejan secar.
3. En cada una de las cajas plaqueadas, se colocan de manera uniforme 20 uL de los sobrenadantes de los extractos vegetales. Se dejan secar y se incuban a 25°C por 2 días.

Bosquejo:

[4] K. Ravindran, S. Chitra, A. Wilson, S. Sivaramakrishnan. Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security. Springer India (2014), 22, 251-256.
Rodríguez-Hernández, C. Control alternativo de insectos plaga. Memoria de curso. Colegio de Postgraduados y Fundación Mexicana para la Educación Ambiental (1996).

Ingeniería Genética



II. BIOTECNOLOGÍA, GENES, PROTEÍNAS Y ORGANISMOS TRANSGÉNICOS. ORÍGENES Y JUSTIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y EL USO DE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

Los humanos hemos utilizado a otros seres vivos para satisfacer nuestra necesidad de alimento, salud y vivienda, y en este proceso hemos dañado y abusado del planeta y de su biodiversidad. Además, muchos de los recursos naturales se agotan, la productividad agropecuaria es insuficiente y el explosivo crecimiento de la población mundial impone, año tras año, la necesidad de más alimentos y más medicamentos. De ahí la relevancia que tiene, y tendrá a futuro, el desarrollo de la biotecnología conjuntamente con otras tecnologías, como parte de una respuesta responsable a esta problemática.

La biotecnología es una multidisciplina cuyo sustento es el conocimiento generado en diversas disciplinas que permite el estudio integral, la modificación y la utilización de los seres vivos del planeta —microorganismos, plantas y animales— (ver figura II.1). A partir de lo anterior, la biotecnología busca hacer uso responsable y sustentable de la biodiversidad, mediante el desarrollo de tecnología eficaz, limpia y competitiva para facilitar la solución de problemas importantes en materias de salud, producción agropecuaria e industrial y remediación al daño del medio ambiente.

En el anexo 3 se muestra un listado cronólogico de los ejemplos más importantes del uso de los seres vivos mediante procesos biotecnológicos, con el fin de satisfacer nuestras necesidades de alimentación y salud. En ese anexo se incluyen también algunos de los acontecimientos científicos relevantes relacionados con la célula viva y la biotecnología *(Watson* et al. *1996, Bolívar* et al. *2002, 2003 y 2007, Hayden 2011, Bio 2011).*

• En 1953, James Watson y Francis Crick descubrieron la estructura de doble hélice del ADN que es la molécula biológica en la cual reside la información genética en todos los seres vivos. El ADN es una doble hélice formada por dos polímeros antiparalelos y complementarios (ver figura II.2). Cada uno de estos dos polímeros o hélices está a su vez integrado por la unión de millones de monómeros que son como las cuentas (monómeros) de un collar (polímero). Hay sólo cuatro

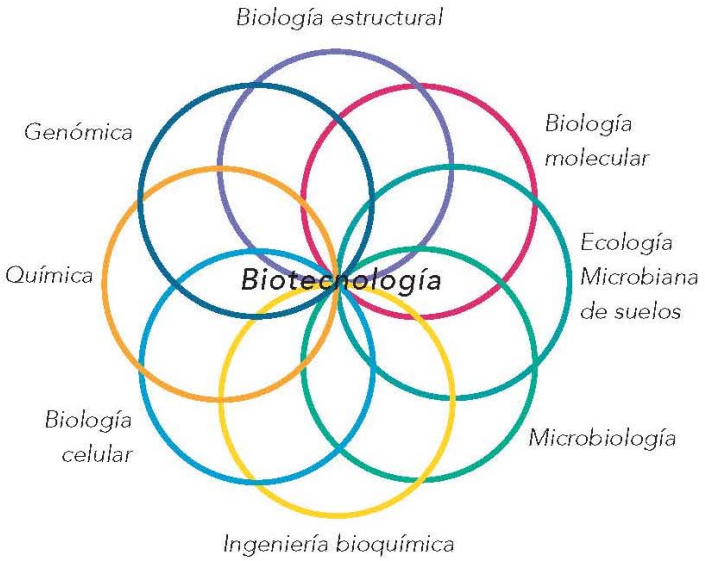


Figura II.1. La biotecnología es una actividad multidisciplina, ya que está sustentada en diversas disciplinas

tipos de monómeros o letras genéticas en el ADN de todos los seres vivos, los cuales son llamados nucleótidos y éstos se encuentran localizados a 3.4 A° del siguiente monómero en el polímero que forma cada una de las dos hélices (un A° es la diezmillonésima parte de un metro). Además, en todo tipo de ADN, a un nucleótido con la base Adenina (A) le corresponde siempre, en el nucleótido de la hebra o hélice complementaria, uno con la base Timina (T) y a todo nucleótido con la base Guanina (G) corresponde un nucleótido con la base Citosina (C) en la hebra complementaria. Éstas son reglas universales para todos los ADN en todos los seres vivos. La diferencia fundamental entre todos los ADN es la secuencia de estos cuatro tipos de nucleótidos con sus bases, A, T, G y C en cada letra de cada molécula de ADN, en las cuales hay varios millones de nucleótidos, de la misma manera en que sólo existen 27 letras en el alfabeto para formar todas las palabras, y es la secuencia diferente de estas letras en las palabras lo que da un significado distinto para cada una de ellas. La estructura de doble hélice permite su duplicación (replicación) y gracias a ello la transferencia de material genético replicado a las células hijas.

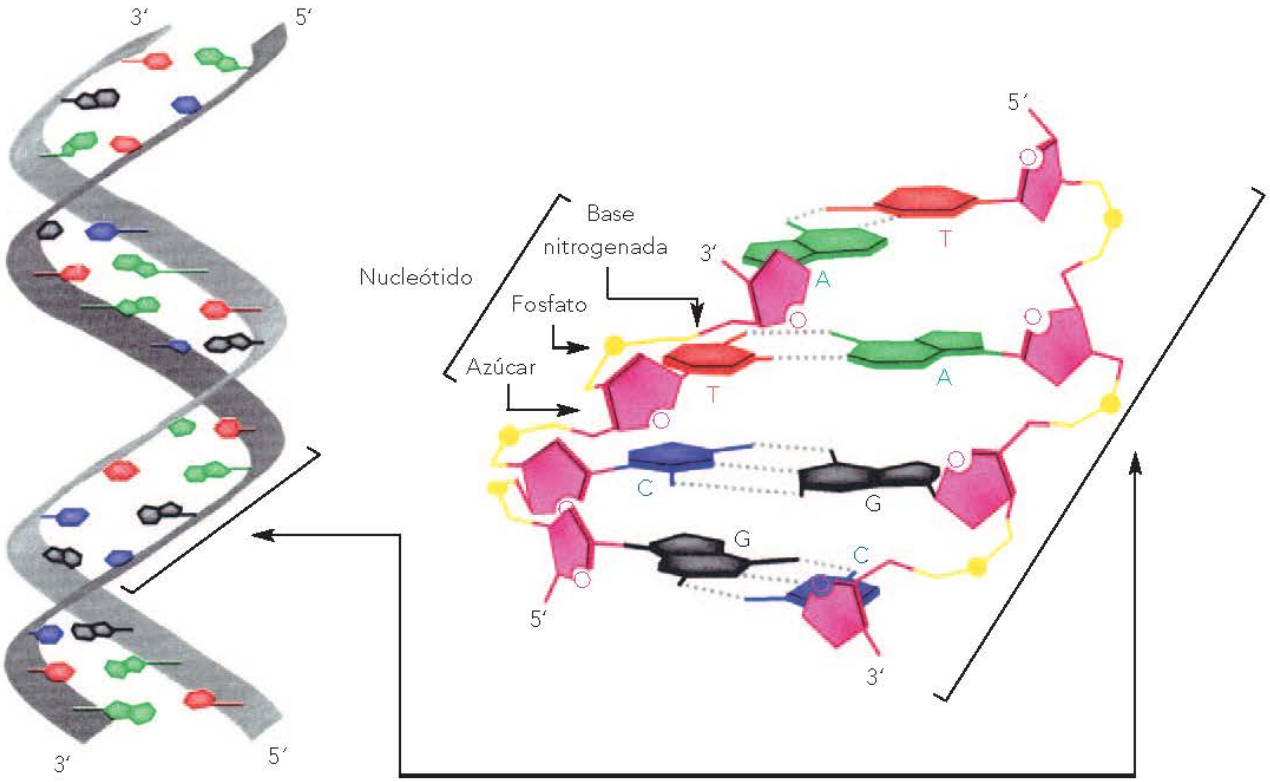


Figura II.2. Estructura del ADN integrado por dos hélices complementarias.
da una de estas dos hélices o hebras están integradas por cuatro tipos de nucleótidos (A,G,C,T). Cada nucleótido está formado por una azúcar soxirribosa (en morado), un grupo fosfato (en amarillo) y una base púrica (G [en negro] o A [en verde]) o pirimídica (C [en azul] o T [en rojo]). Su estructura de doble hélice que es la misma en todos los seres vivos, permite su replicación.

El ADN forma parte de los cromosomas que son estructuras que se localizan en el núcleo de las células y los genes son segmentos de las moléculas de ADN que forman parte de los cromosomas (ver figuras II.3 y II.4). La mayoría de ellos codifican para una proteína específica de ese gene y el resto de los genes codifican para moléculas de ácido ribonucleico (ARN) que no se traducen, es decir, que su información no se convierte en proteínas (ver figuras II.5, II.6 y II.7).

La célula copia o transcribe la información de los genes en moléculas de ARN. Tal y como puede verse en la figura II.5, el fenómeno de la transcripción del ADN se lleva a cabo por la enzima ARN polimerasa, la cual separa las dos hebras del ADN y usando una de éstas como

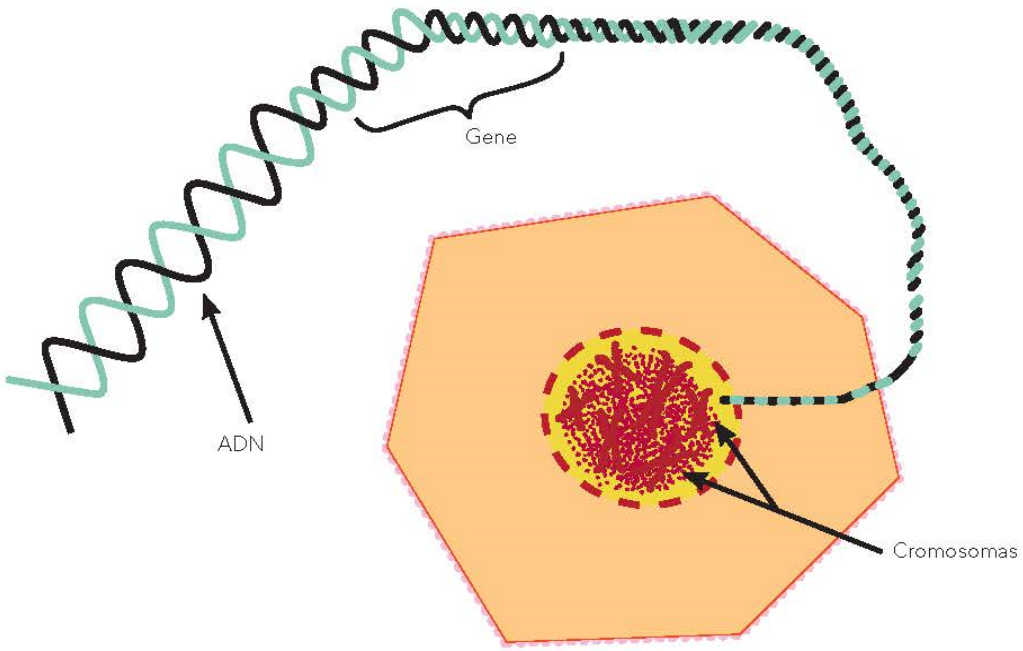


Figura II.3. Composición y organización de los genes en los cromosomas. Los cromosomas son estructuras celulares que se encuentran localizados en el núcleo de la célula y están formados por proteínas y ADN, y los genes son segmentos específicos de esta cinta genética llamada ADN. Cada especie de organismo vivo tiene un número específico y diferente de cromosomas con relación a los demás seres vivos.

Figura II.4. Cromosomas en el proceso de replicación.

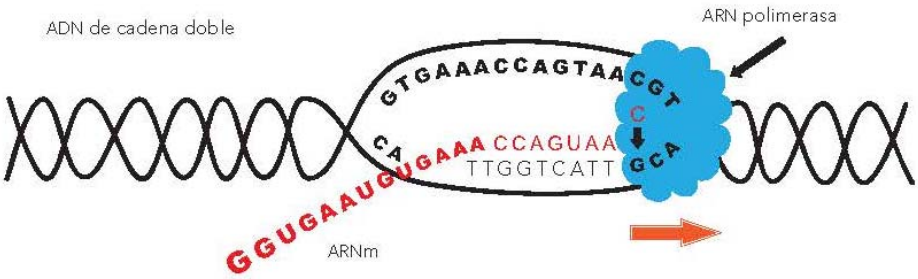


Figura II.5. El fenómeno de la transcripción del ADN permite la síntesis del ARN a partir de los genes.

molde se sintetizan las moléculas de ARN mensajero que en la figura se muestra como una cinta roja. Así se copian en ARN regiones específicas del ADN que incluyen los genes. Las moléculas de ARN son polímeros lineales de centenas de cuatro diferentes nucleótidos: A,G, C y U, en donde la diferencia primaria con el ADN es que el uracilo (U) es utilizado en lugar de la timina (T) que se usa durante la síntesis del ADN. Las moléculas de ARN mensajero que llevan la información de los genes son las intermediarias en la síntesis de las proteínas.

Aminoácidos						Nucleótidos	
Alanina	Ala	A	Leucina	Leu	L	Guanina	G
Arginina	Arg	R	Lisina	Lys	K	Adenina	A
Asparagina	Asn	N	Metionina	Met	M	Timina	T
Ac. aspártico	Asp	C	Prolina	Pro	P	Citosina	C
Cisteína	Cys	D	Serina	Ser	S		
Fenilalanina	Phe	F	Tirosina	Tyr	Y		
Glicina	Gly	G	Treonina	Thr	T		
Ac. glutámico	Gln	Q	Triptófano	Trp	W		
Glutamina	Glu	E	Valina	Val	V		
Histidina	His	H	Terminación				
Isoleucina	Ile	I	de la traducción	fin			

NUCLEÓTIDO EN SEGUNDA POSICIÓN

NUCLEÓTIDO EN PRIMERA POSICIÓN	G	A	T	C	NUCLEÓTIDO EN TERCERA POSICIÓN
G	GGG, GGA, GGT, GGC → Gly	GAG, GAA → Glu; GAT, GAC → Asp	GTG, GTA, GTT, GTC → Val	GCG, GCA, GCT, GCC → Ala	G, A, T, C
A	AGG, AGA → Arg; AGT, AGC → Ser	AAG, AAA → Lys; AAT, AAC → Asn	ATG → Met; ATA, ATT, ATC → Ile	ACG, ACA, ACT, ACC → Thr	G, A, T, C
T	TGG → Trp; TGA → fin; TGT, TGC → Cys	TAG, TAA → fin; TAT, TAC → Tyr	TTG, TTA → Leu; TTT, TTC → Phe	TCG, TCA, TCT, TCC → Ser	G, A, T, C
C	CGG, CGA, CGT, CGC → Arg	CAG, CAA → Gln; CAT, CAC → His	CTG, CTA, CTT, CTC → Leu	CCG, CCA, CCT, CCC → Pro	G, A, T, C

Figura II.6. El código genético es universal.

Su información es utilizada en los ribosomas para traducirse en proteínas (ver figura II.7).

Todos los seres vivos utilizamos el mismo código genético para convertir y traducir o leer la información codificada en ácidos nucleicos (ADN y ARN) en las secuencias de aminoácidos que constituyen las proteínas (ver figura II.6). El código genético es universal, es decir, es el mismo en todos los seres vivos y se utiliza de la misma forma en todas las células. Este código permite a la célula traducir en proteínas la información genética almacenada en los genes mediante la lectura en bloques de tres nucleótidos (tripletes o codones) de la información genética presente en el ARN mensajero. Las proteínas son polímeros o largos collares biológicos de centenas de aminoácidos en las cuales cada aminoácido (o cuenta del collar) es un monómero (ver figura II.7). Son 20 diferentes aminoácidos con los que cuenta la célula para integrar las más de cien mil proteínas del cuerpo humano. Se puede hacer una analogía entre las letras del alfabeto, que serían los aminoácidos, y las palabras que serían las proteínas; el orden de las letras es responsable del significado de las palabras, de la misma manera que el orden de los aminoácidos en la proteína es responsable de su significado o función biológica.

Cada uno de los 20 diferentes aminoácidos está codificado por un triplete o codón de tres nucleótidos a nivel del ARN mensajero. El ARN mensajero es pues, una molécula con información formada por una secuencia de nucleótidos. Esta información es traducida o convertida en proteínas al ser leídos estos nucleótidos, de tres en tres, por los ribosomas tal y como se muestra en la figura II. 7.

En un código genético de cuatro letras (A,G,C,T) organizado en tripletes, existen 64 diferentes codones y la figura II.6 muestra estas 64 combinaciones. Puede observarse que existen aminoácidos codificados por seis diferentes tripletes como leucina (Leu) y aminoácidos como triptofano (Trp) que sólo está codificado por un triplete (TGG). Existe un codón ATG que codifica para la metionina que es el aminoácido con el que inician la mayor parte de las proteínas. Existen también tres codones TGA, TAA, TAG, que son tripletes que al leerse en los ribosomas son responsables de que finalice el proceso de traducción; esto es, se termina en este tipo de triplete la síntesis de una molécula de proteína y ésta se libera de los ribosomas (ver figura II.7).

Como se ha señalado, las proteínas son polímeros de 20 diferentes aminoácidos y son las herramientas biológicas moleculares que utiliza la célula viva para llevar a cabo la mayoría de sus funciones. Ejemplos de proteínas son la insulina, el colágeno y la tripsina, que son moléculas biológicas que llevan a cabo funciones específicas muy importantes en nuestro cuerpo.

Como puede verse en la figura II.7, la síntesis de las proteínas ocurre a nivel de los ribosomas. El ARN mensajero, que en la figura se muestra como una cinta

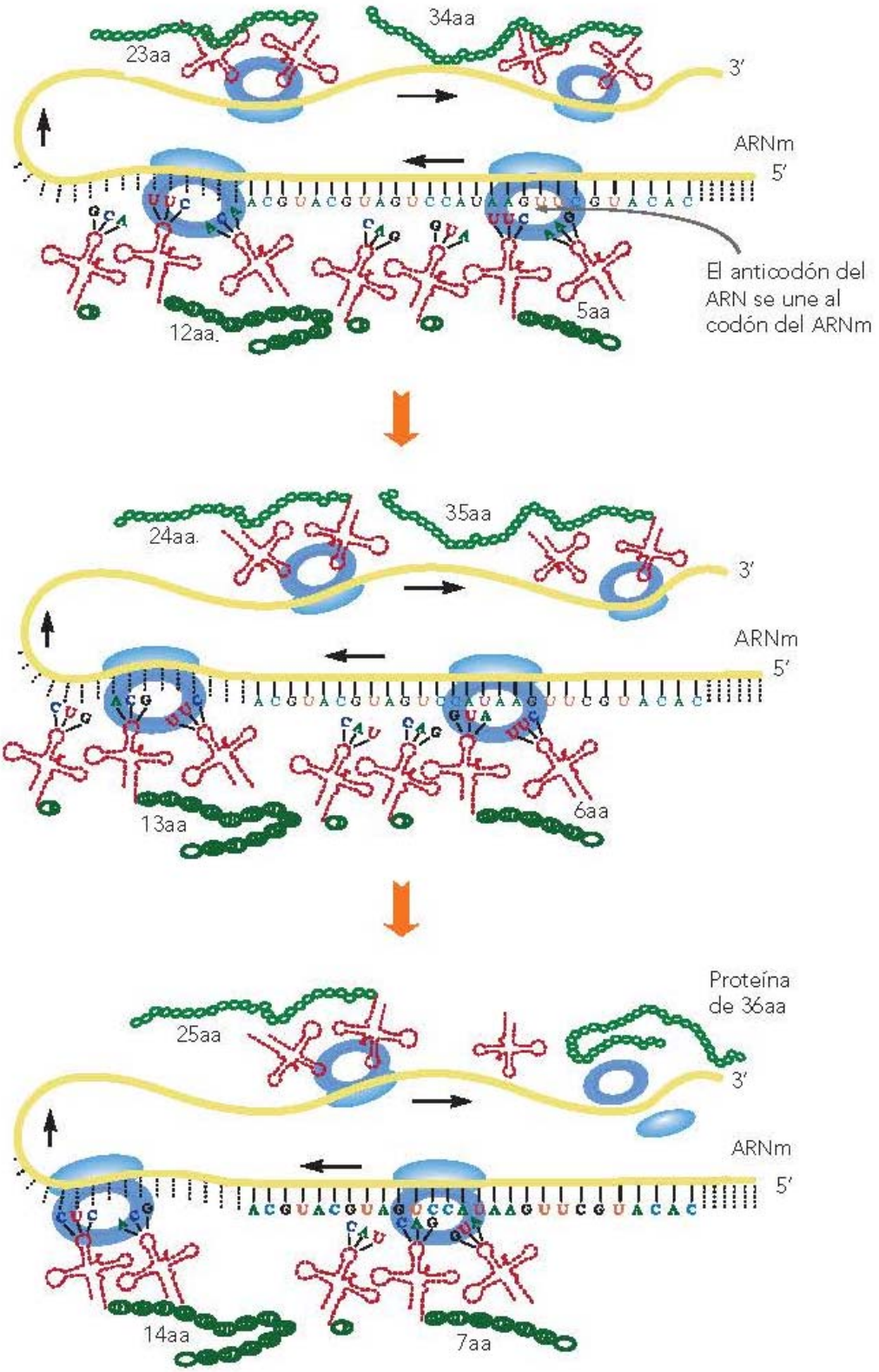


Figura II.7. Síntesis de proteínas: el ARN mensajero y su traducción en los ribosomas permite la síntesis de estos polímeros biológicos que son las proteínas.

amarilla, es el intermediario de la síntesis de proteínas (que se muestran como collares con cuentas verdes). El ARN mensajero al ser copia del ADN, lleva la información de los genes a los ribosomas, donde es traducida en proteínas. Las cadenas de aminoácidos o proteínas, son sintetizadas cuando los ribosomas (estructuras azules) se mueven leyendo, como una cabeza lectora de cintas, sobre las moléculas de ARN mensajero. Una sola molécula de ARN mensajero normalmente es utilizada para sintetizar varias moléculas de la misma proteína, al leerse simultáneamente por varios ribosomas, como los cuatro que se muestran en la figura y sintetizan cuatro cadenas de la misma proteína en este ejemplo.

Durante el proceso de lectura del ARN mensajero por los ribosomas, los codones del mensajero se asocian con los anticodones complementarios de los ARN de transferencia (estructuras rojas) que se encuentran "cargados" con los aminoácidos respectivos de acuerdo con el código genético (ver figura II.6). Inmediatamente después, ocurre un fenómeno de transferencia del aminoácido nuevo que llega y que así es incorporado a la cadena de proteína naciente, compuesta por varios aminoácidos previamente unidos entre sí. En la primera sección (superior) de la figura II.7, se muestra a los cuatro ribosomas en los cuales ya se ha iniciado la síntesis de las proteínas y se han formado cuatro pequeñas proteínas con 5, 12, 23 y 34 residuos de aminoácidos (aa) cada una, que se ven como cuentas verdes de los collares. En la segunda sección de la figura se muestra cómo ha ocurrido el crecimiento de los collares de aminoácidos en las proteínas; en todas ellas el tamaño del collar ha crecido en un aminoácido adicional (6, 13, 24 y 35aa). Finalmente, en la tercera sección de la figura, el proceso de crecimiento de la cadena ha permitido la incorporación de un aminoácido adicional en todas las cadenas de proteínas nacientes (7, 14, 25, 36aa). De esta manera se lleva a cabo la elongación o crecimiento de los polímeros o collares biológicos y con ello la síntesis de proteínas completas (en este ejemplo 36 aminoácidos), la cual se libera del ribosoma al terminarse la lectura del mensajero, tal y como se muestra en la última sección de la figura, liberándose también el ribosoma que participó en la lectura del ARN mensajero.

Los humanos somos organismos compuestos por varios trillones de células (pluricelulares) y tenemos alrededor de 21,000 genes en nuestros 23 pares de cromosomas en cada una de nuestras células. Tenemos alrededor de cien mil proteínas diferentes codificadas por estos genes para llevar a cabo la mayoría de nuestras funciones biológicas. Las bacterias, organismos compuestos por una sola célula (unicelulares) tienen un solo cromosoma con alrededor de 4,000 genes que codifican para 4,000 proteínas con las que viven y funcionan estos organismos (*Avery* et al. 1944, *Watson y Crick 1953, Watson* et al. *1988 y 1996, Bolívar 2007, Hayden 2011).*

• En 1973, y debido a la aparición de las técnicas de la ingeniería genética, llamadas también de ADN recombinante (ADNr), la biotecnología alcanza una nueva dimensión. Gracias a estas metodologías, es posible aislar genes específicos de un organismo, amplificarlos e introducirlos (transferirlos) a otro, y generar así los organismos transgénicos u organismos genéticamente modificados (OGM).

En la figura II.8 se muestra un esquema general para la construcción de las plantas y animales transgénicos. El primer paso (A) es aislar o sintetizar químicamente el gene de cualquier origen —transgene— (excepto de la célula receptora), que se va a utilizar para construir el OGM. En la figura el ADN que lleva este transgene se muestra en color rojo. A través de diferentes procedimientos, como la electroporación, la transformación o la biobalística, el fragmento de ADN heterólogo o transgene de cualquier origen, es introducido (B) a la célula receptora atravesando la membrana de la célula (C), y luego, la membrana del núcleo de la célula. Mediante este proceso, el transgene, ya en el interior del núcleo de la célula receptora (D) puede ser reconocido por la maquinaria celular para incorporarlo como parte de su material genético. Este proceso (E) ocurre mediante la recombinación genética entre el transgene y el ADN de un cromosoma de la célula receptora. Así, se incorpora el transgene como un nuevo segmento del ADN cromosomal, indistinguible del material genético de la célula. Posteriormente, mediante el proceso de multiplicación celular (F) que da origen a las

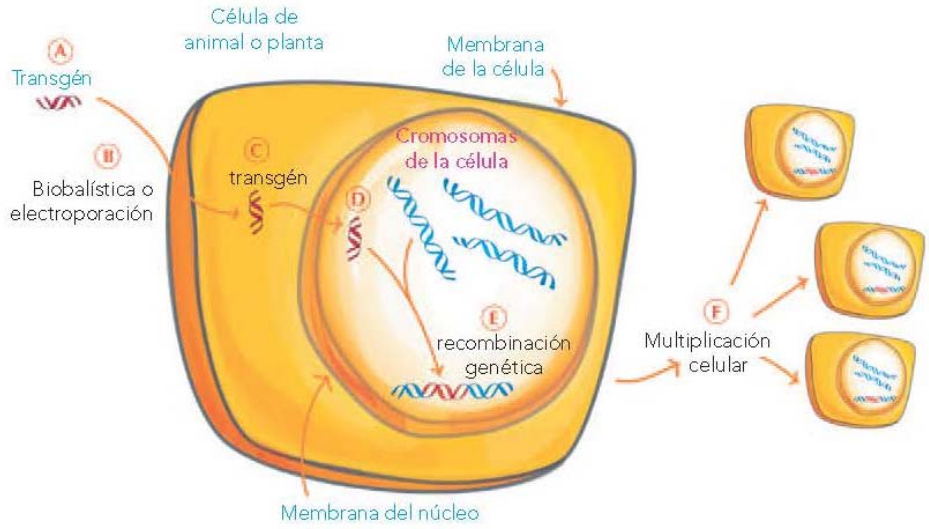


Figura II.8. Esquema general para la construcción de células de animales y de plantas transgénicas.

células hijas idénticas a la célula receptora original, se estabiliza y se transmite la presencia del transgene en la descendencia de la célula original. A partir de las células hijas se puede luego generar el organismo completo.

En la figura II.9 se muestra el procedimiento mayormente utilizado para crear bacterias transgénicas. En este caso, se utiliza un vector o plásmido —que es una molécula pequeña de ADN— para unirle o incorporarle

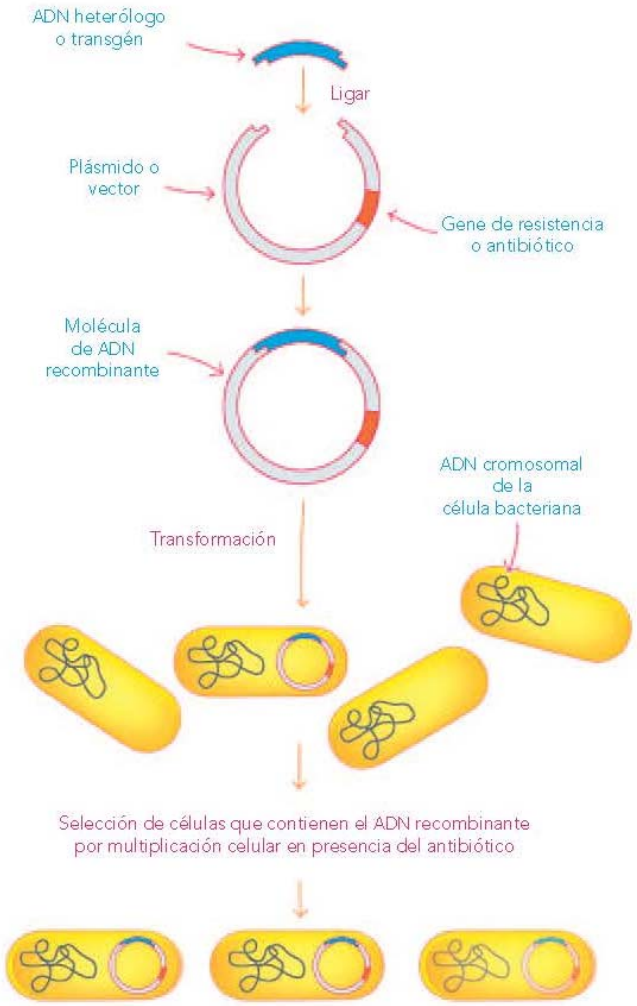


Figura II.9. Esquema general utilizado para construir bacterias transgénicas.

un fragmento de ADN de cualquier origen (transgén o ADN heterólogo) y formar así una molécula de ADN recombinante que lleva el transgene como parte de ella. El plásmido contiene también un gene que confiere resistencia a un antibiótico. Esta molécula de ADN recombinante —que lleva ADN del plásmido y ADN del transgene— puede ser luego incorporada a la célula receptora mediante el fenómeno de transformación. Posteriormente, las células que llevan esta molécula se seleccionan y crecen en presencia del antibiótico, gracias al gene de resistencia presente en el plásmido, dando lugar a un conjunto de células hijas donde todas ellas llevan el transgén como parte de la molécula recombinante (*Kornberg 1960, Smith y Wilcox 1970, Jackson* et al. *1972, Cohen* et al. *1973, Sánchez* et al. *1975,* Heyneker et al. 1976, *Bolívar* et al. *1977 y 2007, Korana 1979, Goeddel* et al. *1979, Itakura y Riggs 1980, Herrera-Estrella* et al. *1983, Mullis y Falona 1987, Watson* et al. *1988 y 1996, Tagahian y Nickoloff 1995, Lengeler* et al. *1999, Yao* et al. *2002, Prudhomme* et al. *2006, Barrera 2007, Herrera-Estrella y Martínez 2007*).

• Los organismos transgénicos se diseñan y construyen con el propósito de generar una nueva capacidad del organismo receptor, misma que reside en el material genético transferido o transgene (ver figura II.10). El objetivo de una biotecnología moderna sustentable es llevar a cabo modificaciones genéticas en diferentes organismos de la biodiversidad que permitan construir OGM que coadyuven en la solución de problemas en diferentes sectores, con la certeza de que estos organismos son seres vivos que se crean por procesos que ocurren cotidianamente en la naturaleza. Por lo anterior, los OGM tienen un menor riesgo e impacto en el medio ambiente, en la biodiversidad y en la salud humana y animal que tecnologías basadas en productos de síntesis química ajenos al medio ambiente, algunos de ellos causantes de daño a la salud y de carácter recalcitrante (*Itakura* et al. *1977, Goeddel* et al. *1979, Watson* et al. *1988 y 1996, Estruch* et al. *1999, Nuccio* et al. *2000, Yao* et al. *2000, Brink et al 2000, Larrick y Thomas 2001, Daar* et al. *2002, López-Munguía* et al. *2002, Herrera-Estrella* et al. *2002, Arias y Muñoz 2002, Barrera 2002, Noyola* et al. *2002, Gracia 2002, Bosch 2002, Bolívar* et al. *2002 y 2007, Purohit 2003, Sinagawa-García* et al *2004, Ollivier y Magot 2005, Barrera 2007, Herrera-Estrella y Martínez 2007, López-Munguía 2007, Ramírez y Uribe 2007, Arias 2007, Osuna y Paredes 2007, Gracia 2007, Ayala-Rodríguez* et al. *2009, James 2009, Gilbert 2010, Bio 2011*).

• El primer objetivo que motivó la modificación de células para obtener transgénicos fue la producción de proteínas idénticas a las humanas, para contender con problemas de la salud, mismas que han sido comercializadas desde hace casi más de 30 años. Existen en las

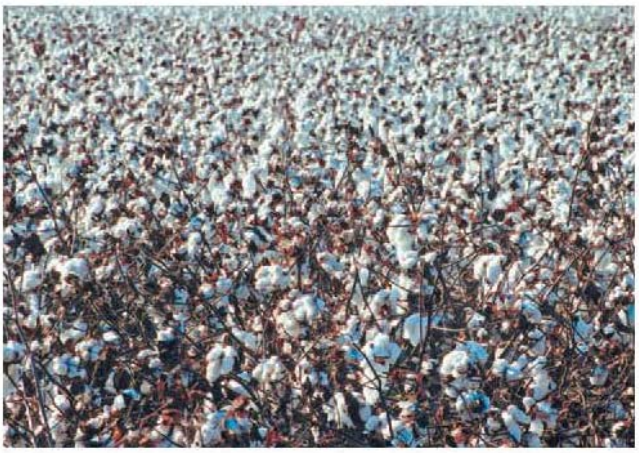


Figura II.10. Los organismos transgénicos y sus productos se utilizan en la producción de alimentos, medicamentos y vestido.

farmacias de México y del mundo, medicamentos de origen transgénico, llamados también recombinantes como la insulina, la hormona del crecimiento, los interferones, los anticoagulantes de la sangre (plasminógeno), los anticuerpos humanizados, entre otros productos, que se utilizan para tratar y prevenir enfermedades, incluidas las genéticas y las infecciosas causadas por organismos patógenos como virus y bacterias (ver figuras II.11 y II.12). Estos nuevos productos biológicos se producen comercialmente con organismos transgénicos y a la fecha no hay reporte de daño a la salud humana por ei uso de estos medicamentos, ni ambientales por el manejo industrial de microorganismos de origen recombinante (ver figura II.13). Sin los OGM no sería posible atender las necesidades de la población enferma de diabetes, anemia, cáncer, entre otras muchas enfermedades, ya que el abasto estaría limitado, no sólo por la baja concentración de estas proteínas en la sangre y tejidos humanos, sino por la complejidad ética derivada de un mercado basado en materia prima de esta naturaleza. Más aún, los organismos transgénicos que producen estas proteínas idénticas a las humanas no pueden

Figura II.11. Productos para la salud a la venta en farmacias de México, basados en proteínas recombinantes de origen transgénico de la compañía mexicana Probiomed S.A.

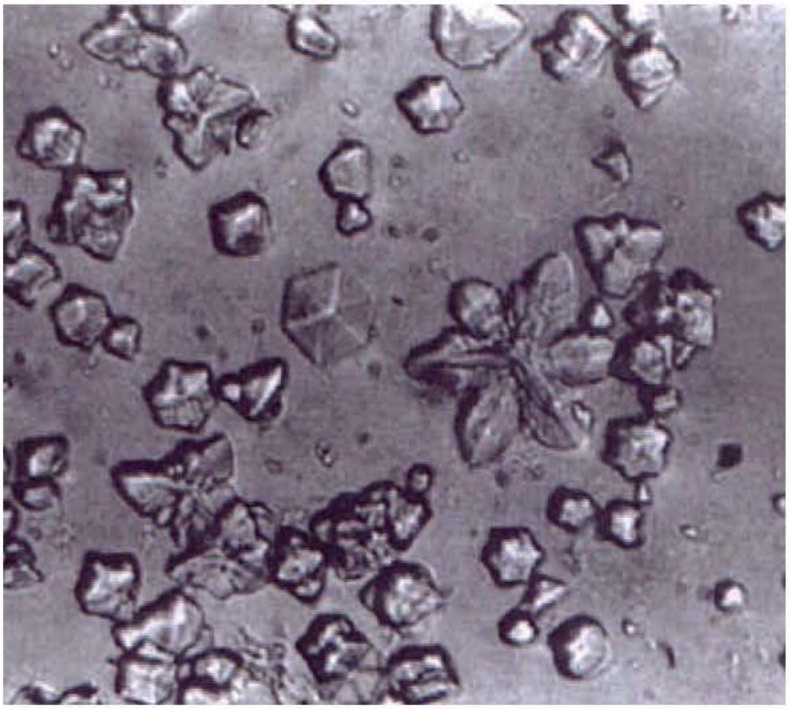


Figura II.12. Cristales de insulina humana producidos por microorganismos transgénicos en el Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Figura II.13. Proceso para la producción de medicamentos biotecnológicos.

Figura II.14. Los organismos transgénicos y sus productos se utilizan en la producción de muchos alimentos como cerveza, quesos, leche deslactosada y jugos.

actualmente ser sustituidos por ninguna otra tecnología. Desde 1981, la utilización de estas proteínas idénticas a las humanas de origen transgénico como biomedicamentos, ha contribuido significativamente a mantener y mejorar la salud humana y a contender con enfermedades terribles, como la diabetes y el cáncer *(Itakura* et al. *1977, Goeddel* et al. *1979, Pennica* et al. *1983, Watson* et al. *1988 y 1996, Copsey y Delnatte 1990, Winter y Milstein 1991, Brink* et al. *2000, Arias y Muñoz 2002, Daar* et al. *2002, Barrera 2007, Ramírez y Uribe 2007, Bolívar* et al. *2007, Bio 2011).*

• En la producción de alimentos el uso de proteínas de origen transgénico con actividad enzimática también ha tenido un impacto importante. Un ejemplo esla utilización de la quimosina recombinante en la producción de quesos (en Estados Unidos se utilizapara la elaboración de aproximadamente 70% de los quesos). Otras enzimas de origen transgénico, como las amilasas, son utilizadas en la hidrólisis de almidón; las pectinasas para la clarificación de jugos; las glucosa-oxidasas y catalasas para la deshidratación de huevo; las lipasas, para la maduración de quesos y la transformación de aceites; las glucosa-isomerasas para la producción de jarabes fructosados; las glucanasas, en producción de cerveza; las lactasas, para degradar la lactosa de la leche, entre las más importantes (verfigurall.14). Asimismo, las proteasas recombinantes son utilizadas en la elaboración de detergentes biodegradables. Si bienen la mayor parte de estos casos se emplean las proteínas de origen transgénico purificadas, existen aplicaciones, como la industria cervecera, en las que se emplea el microorganismo completo con una nueva actividad enzimática derivada de la modificación *(Brink* et al. *2000, Padilla y López-Munguía 2002, López-Munguía 2002, Kapuscinski* et al. *2003, Por qué Biotecnología 2006, López-Munguía 2007, Barrera 2007, Bolívar* et al. *2007, Bio 2011).*

• Las plantas transgénicas se comercializan desde 1996. Quince años después las plantas que hoy se utilizan comercialmente no han ocasionado efectos nocivos a la salud humana o a la biodiversidad, más allá de los que ocasiona la agricultura en general. La aprobación de toda planta transgénica como alimento requiere de un protocolo de análisis para demostrar su inocuidad. Como lo establece el Protocolo de Cartagena y la LBOGM, la evaluación del riesgo debe considerar las características del OGM, en particular el nuevo gen y la proteína para la que codifica, el análisis de todos los productos del metabolismo, y por ende de la composición de la planta, así como los efectos no intencionales de la modificación. Entre otras pruebas, se requiere la demostración de inocuidad mediante pruebas con diferentes animales de experimentación, tanto de las proteínas de origen transgénico, como del alimento en su conjunto (en el que las proteínas constituyen una

cantidad mínima). Se reconoce que existen algunas publicaciones recientes en las que se señalan posibles efectos negativos y de toxicidad en animales por el consumo de algunos cultivares transgénicos. Sin embargo, dichas publicaciones no son concluyentes, ni han sido reproducidas por otros grupos de manera independiente. Por lo anterior, ni la OMS ni las varias agencias gubernamentales responsables en el mundo de la aprobación y manejo de los OGM en diferentes países, han considerado que los resultados publicados sobre estudios de toxicidad en algunos animales amerite retirar del mercado alguna de las plantas transgénicas que actualmente se consumen. Si eventualmente para algunos de ellos se demostrara de manera reiterada, concluyente e independientemente por varios grupos de investigación efecto de toxicidad, habría que retirar ese producto transgénico del mercado.

Es importante resaltar que el uso de los cultivares transgénicos ha permitido reducir la utilización de pesticidas químicos, muchos de los cuales son productos recalcitrantes, lo que se ha traducido en un menor impacto en el ambiente. Además, algunos de los pesticidas químicos tienen también efectos carcinogénicos. El maíz, el arroz y la soya transgénicos se consumen en muchos países, y cada vez es mayor el número de hectáreas que se cultivan con plantas transgénicas. En 1996 se sembraron 1.7 millones de hectáreas. Para 2007 se reportaron 114.3 millones dehectáreas y más de 134 millones en 2009, sembradas con diferentes variedades de OGM en 27 países. En la actualidad se cultivan nueve diferentes especies de plantas transgénicas: arroz, maíz, soya, canola, calabaza, papa, alfalfa, betabel y algodón (ver figura II.15) *(Potrykus 1989, Struck* et al. *1997, Nuccio et al 1999, Yao* et al. *2000, Herrera-Estrella* et al. *2002, Noyola* et al. *2002, Herrera-Estrella* et al. *2003, Purohit 2003, Chen* et al. *2003 y 2004, Rascón-Cruz* et al. *2004, APBN 2004, Zhu* et al. *2004, Hammond* et al *2004, Zhuo* et al. *2004, Green* et al. *2004, Rhee* et al. *2005, Trigo y Capp 2006, OMS 2006, Valdez-Ortiz* et al. *2007, Poulsen* et al. *2007a y 2007b, Malley* et al. *2007, Domingo 2007, Bolívar* et al. *2007, Herrera-Estrella y Martínez 2007, Sakamoto* et al. *2007 y 2008, Schroder et al. 2007, Seralini* et al. *2007 y 2009, MacKenzie* et al. *2007, McNaughton* et al. *2008, He* et al. *2008 y 2009, Healy* et al. *2008, Delaney* et al. *2008, James 2008 y 2009, CIBIOGEM 2008, Magaña-Gómez et al. 2008, Appenzeller et al. 2009a y2009b, Mathesius* et al. *2009, Ayala-Rodríguez* et al. *2009, Domon* et al. *2009, Herouet-Guicheney* et al. *2009, Tutel'ian* et al. *2009, Juberg* et al. *2009, DeVendomois* et al. *2009, Bio 2011, Domingo y Bordonaba 2011).*

• Se ha estimado que para el año 2050 la población humana mundial crecerá de casi 7,000 millones de personas que somos actualmente a 9,000 millones, por lo que los problemas que habrá de enfrentar la humanidad serán cada vez más graves: pérdida de

Figura II.15. Diferentes plantas que se cultivan en sus variedades transgénicas: alfalfa, maíz, soya, canola y calabaza.

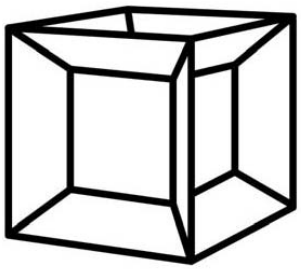
productividad agrícola; deterioro de los suelos; escasez de agua; agotamiento de las fuentes de energía; calentamiento global; contaminación; nuevas plagas y enfermedades; disminución de áreas verdes y pérdida de biodiversidad, entre otros (ver figura II.16). La biotecnología representa una herramienta poderosa que permite plantear escenarios diferentes para ayudar a contender con estas calamidades. Organismos con nuevas propiedades, como nuevas variedades de plantas transgénicas capaces de crecer con menores cantidades deagua, permitirán a los países que están desarrollando biotecnología, contender con varios de estos y otros problemas locales y mundiales. La implementación de una reglamentación adecuada ayudará a orientar el desarrollo de OGM hacia aquellos que resuelvan la problemática de cada país, con un menor impacto ambiental y con un uso adecuado y sustentable de sus recursos naturales. Bloquear la biotecnología, y en particular en México que es un país megadiverso, aislaría a la nación de una oportunidad que presentan la ciencia y la tecnología biológica para coadyuvar a corregir el rumbo *(Estruch* et al. *1997, The Biotech Revolution 1998, Nuccio* et al. *1999, Yao* et al. *2000, Larrick y Thomas 2001, Potrykus 2001, Herrera-Estrella* et al. *2002, López-Munguía* et al. *2002, Noyola* et al. *2002, Barrera 2002, Bolívar* et al. *2002 y 2007, Rascón-Cruz* et al *2004, Green* et al. *2004, Ollivier y Magot 2005, James 2009, Tang* et al *2009, Gilbert 2010, Bio 2011).*

a b c d

Figura II.16. Problemas relevantes:
a) y b) plagas en cultivos de papa y jitomate, c) gusano en granos de maíz, d) contaminación de ecosistemas y e) célula cancerosa.

Makerbi

Matemáticas, Arduino y un Robot



hipercubo
D.M.M. F.C.E. B.U.A.P.

Sesión 1.

Introducción

Photo credit: plural via Foter.com / CC BY-SA

En este curso hablaremos del movimiento maker, de matemáticas y robots.
Lo primero que debes hacer es la Instalación de los programas recomendados.

Te recomiendo siempre tomar notas y fotos, para generar tu propio cuaderno de maker.
Ahora hablaremos de algoritmos, de elementos básicos de electrónica y de los primeros programas para Arduino.
Esta forma de trabajar con software que mediante un hardware específico interactúa con el mundo real se le llama computación física.

Te recomiendo leer: El movimiento maker: la electrónica al alcance de todos Publicado originalmente en Saberes y Ciencias No. 43. http://saberesyciencias.com.mx/2015/09/02/el-movimiento-maker-la-electronica-al-alcance-de-todos/

Baila como robot

¿Sabes lo que es un algoritmo?

Para darte una idea mira el siguiente video: https://youtu.be/M8xtOinmByo

¿Puedes reproducir a la primera este **algoritmo de la marcha?**

Wikipedia nos dice que un **Algoritmo**:

...es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad. Dados un estado inicial y una entrada, siguiendo los pasos sucesivos se llega a un estado final y se obtiene una solución.

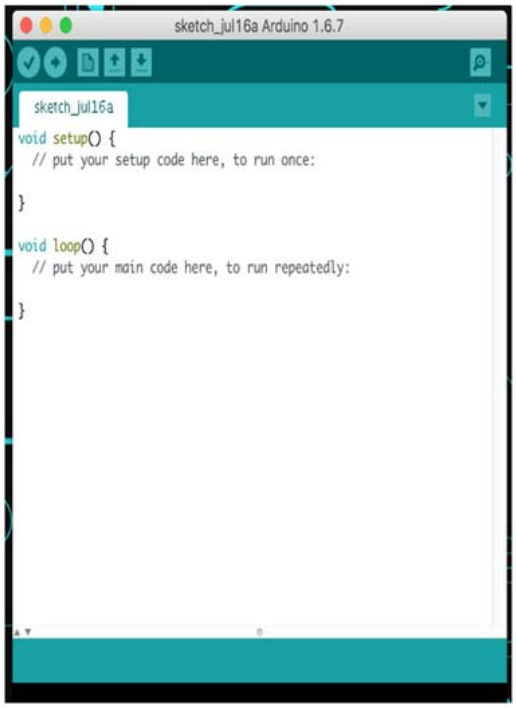
A veces a los algoritmos solo les llamamos **instrucciones**. Como cuando te dan las instrucciones para llegar a un sitio.

Vamos generar nuestros primeros algoritmos. Te recomiendo que los hagas en orden. Para realizarlos debes tener instalados los programas recomendados y realizar las conexiones que se te indican en cada caso.

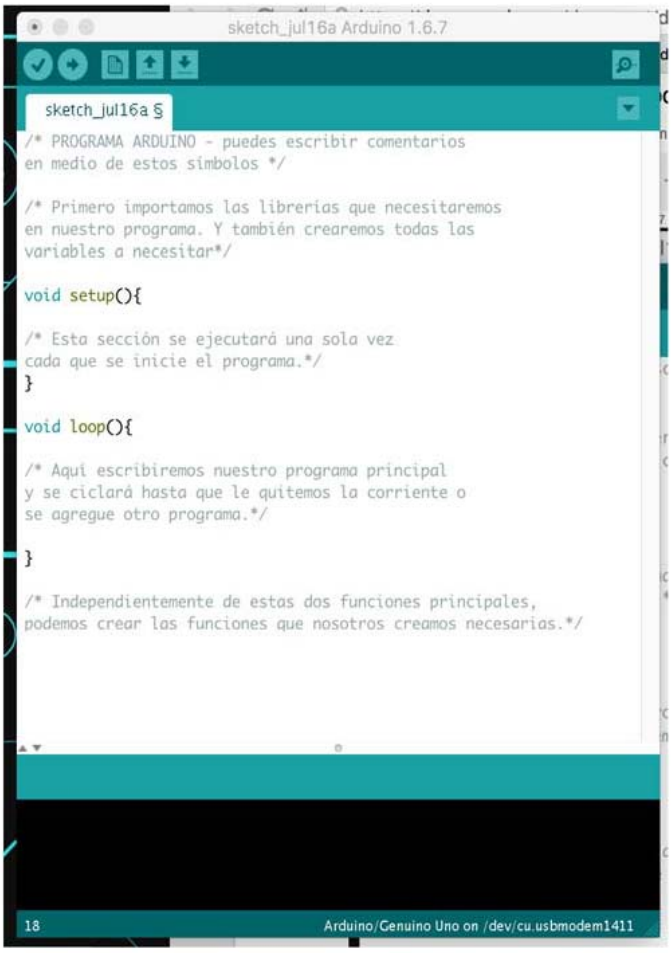
Instalación

Para usar Arduino debes ir a la página https://www.arduino.cc/ y descargar el software que corresponda a tu sistema operativo. Recomendamos tener el más actual. A veces hay que agregar algunos controladores para los puertos.

Una vez instalado podrás ver una interface gráfica, llamada IDE de Arduino, como la esta:



Un programa de Arduino tiene la forma siguiente:



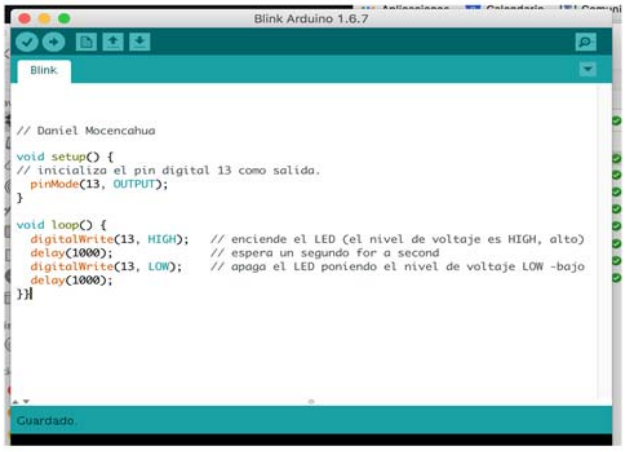
Veamos ahora el primer programa.

Blink

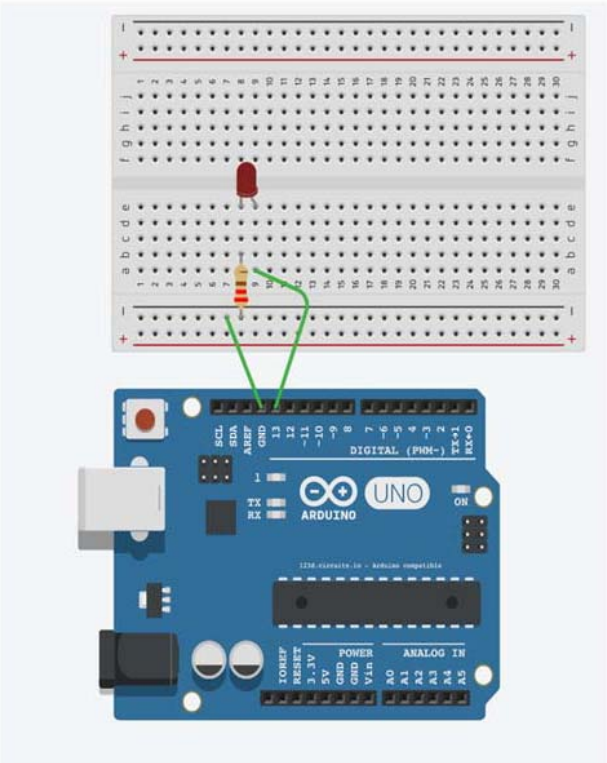
Hace mucho tiempo, cuando alguien aprendía a algún lenguaje de programación, el primer programa que se hacía mostraba la frase "Hola mundo" en el monitor.

El "hola mundo" en robótica es el **cepillobot.**Puedes ver un video de un en acción aquí: https://youtu.be/7tlDLI6p9R4

En el caso de Arduino es el programa de Blink.



La conexión de hardware es la siguiente. Nota que hemos colocado un LED con el ánodo al pin 13 y cátodo a tierra (GND).



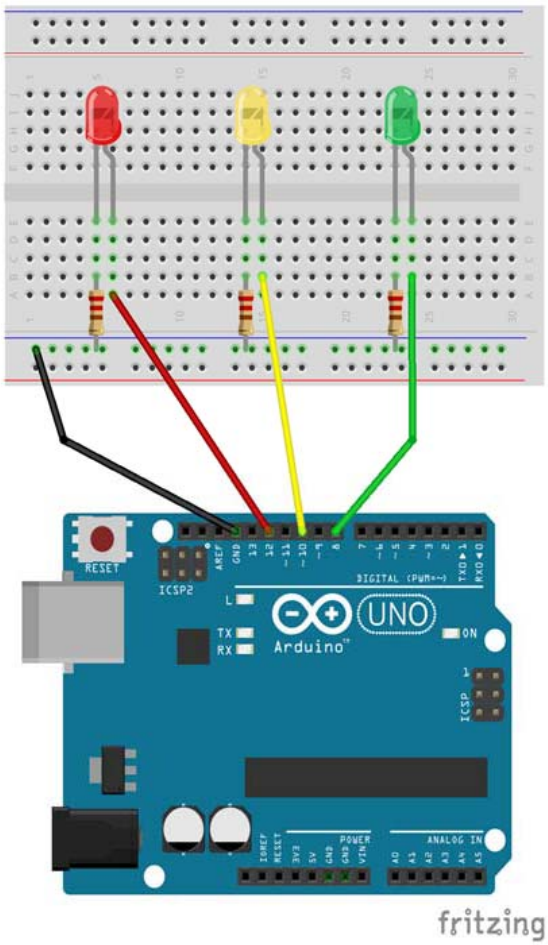
Lenguaje de programación de Arduino

Si quieres saber más del lenguaje de programación de Arduino visita: http://blog.grupolinda.org/files/File/arduino/Arduino2.pdf

Semáforo

Modificaremos el programa de Blink para que generemos un semáforo con la placa de Arduino.

Primero haremos las conexiones usando un protoboard.

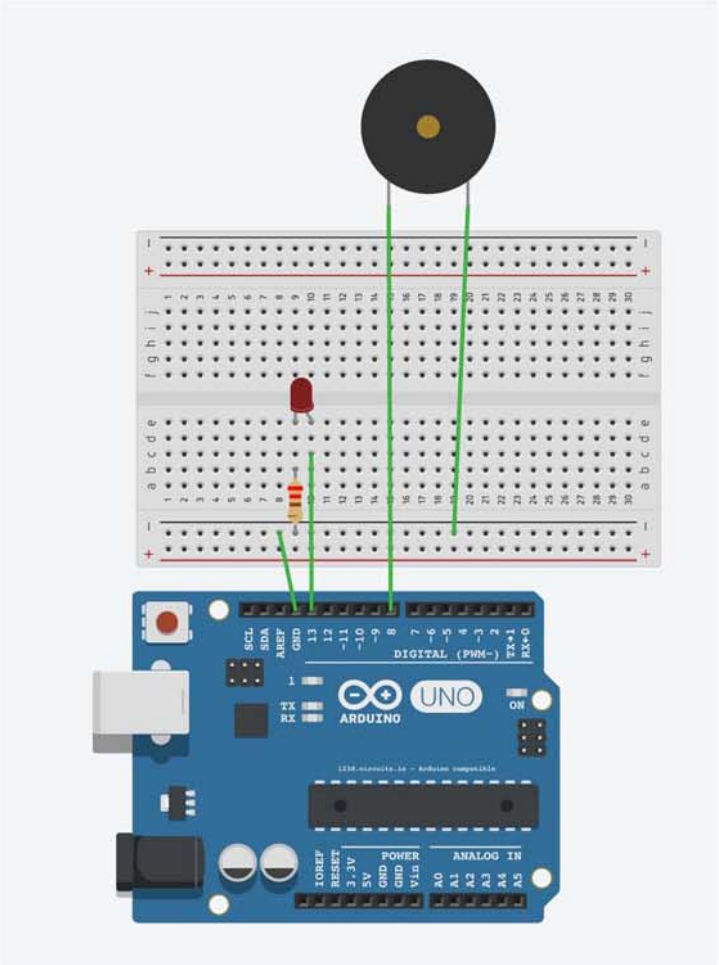


Mira el programa “Semáforo con LEDs” y todos los posteriores en la liga que te dará el profesor

SOS

Ahora modificaremos un poco el programa de Blink para hacer la señal de auxilio en código morse.
El SOS consiste en tres pulsos cortos, luego tres largos y después tres cortos.

Nota que el buzzer tiene polaridad y su negativo está a tierra.
Se usará el comando tone, que tiene la forma tone(pin, frecuencia, duración); Si quieres detener el sonido generado por un tono puedes usar noTone(pin).



El circuito recomendado es el de la imagen. EL programa a usar se llama "SOS con tonos".

Potencias de diez

En la ciencia y en la tecnología es muy común usar cantidades en potencias de diez, las recordamos ahora. En electrónica es común usar G, M, k, μ, n y p. Por ejemplo 2GHz, 1MV, kW, μs, nF, pF.

Una resistencia puede escribirse como 2.2kΩ por
2200 Ohms. En la práctica se dice 2.2k y ya se sabe a qué se refiere.

Multiplicador	Prefijo	Símbolo	Nombre	Sustantivo
10^{24}	yotta	Y	cuatrillón	unidad de cuatrillón
10^{21}	zetta	Z	mil trillones	unidad de trillón
10^{18}	exa	E	un trillón	unidad de trillón
10^{15}	peta	P	mil billones	millar de billón
10^{12}	tera	T	un billón	unidad de billón
10^{9}	giga	G	millardo	millar de millón
10^{6}	mega	M	un millón	unidad de millón
10^{5}	miria		diez mil	decena de millar
10^{3}	kilo	k	mil	millar
10^{2}	hecto	h	cien	centena
10^{1}	deca	da	diez	decena
10^{0}	-	–	uno	unidad
10^{-1}	deci	d	décimo	
10^{-2}	centi	c	centésimo	
10^{-3}	mili	m	milésimo	
10^{-4}			diezmilésimo	
10^{-5}			cienmilésimo	
10^{-6}	micro	μ	millonésimo	
10^{-9}	nano	n	milmillonésimo	
10^{-12}	pico	p	billonésimo	
10^{-15}	fento	f	milbillonésimo	
10^{-18}	atto	a	trillonésimo	
10^{-21}	zepto	z		
10^{-24}	yocto	y	cuatrillonésimo	

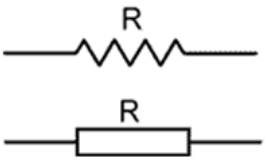
Si no recuerdas cómo se comportan las potencias en general te recomiendo ver este capítulo de Troncho y Poncho.
https://youtu.be/A55XWvZVWGY

Componentes electrónicos

Comentamos detalles de algunos componentes que usamos en esta sesión.

La resistencia

Componente eléctrico que modifica el paso de la corriente.



Símbolo eléctrico

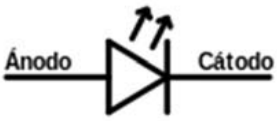
Código de colores de una resistencia

Color de la banda	Valor de la 1°cifra significativa	Valor de la 2°cifra significativa	Multiplicador	Tolerancia	Coeficiente de temperatura
Negro	0	0	1	-	-
Marrón	1	1	10	±1%	100ppm/°C
Rojo	2	2	100	±2%	50ppm/°C
Naranja	3	3	1 000	-	15ppm/°C
Amarillo	4	4	10 000	±4%	25ppm/°C
Verde	5	5	100 000	±0,5%	20ppm/°C
Azul	6	6	1 000 000	±0,25%	10ppm/°C
Morado	7	7	10 000 000	±0,1%	5ppm/°C
Gris	8	8	100 000 000	±0.05%	1ppm/°C
Blanco	9	9	1 000 000 000	-	-
Dorado	-	-	0,1	±5%	-
Plateado	-	-	0,01	±10%	-
Ninguno	-	-	-	±20%	-

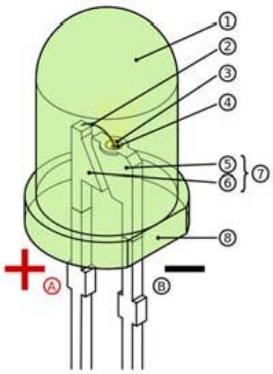
Te puedes apoyar con esta página interactiva para verificar los valores de tus resistencias http://www.inventable.eu/paginas/ResCalculatorSp/ResCalculatorSp.html

LED

Un LED (light-emitting diode) es un Diodo Emisor de Luz con símbolo eléctrico



Y algunas de sus características son:



A: ánodo
B: cátodo
1: lente/encapsulado epóxico (cápsula plástica).
2: contacto metálico (hilo conductor).
3: cavidad reflectora (copa reflectora).
4: terminación del semiconductor
5: yunque
6: poste
7: marco conductor
8: borde plano

Imagen de wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Led

Sesión 2. Mirada de robot: sensores

Sensores

Los sensores electrónicos son dispositivos capaces de detectar magnitudes del medio ambiente y transformarlas en señales electrónicas. Hay muchos tipos de sensores, como los que detectan luz, sonido, humedad, flujo de agua, gases, campo magnético, entre otros.

Empezaremos con un sensor de luz y otro de sonido, pero antes hablamos un poco de como conectarlos a Arduino.

Entradas analógicas y digitales

En Arduino podemos disponer de entradas analógicas y entradas digitales.

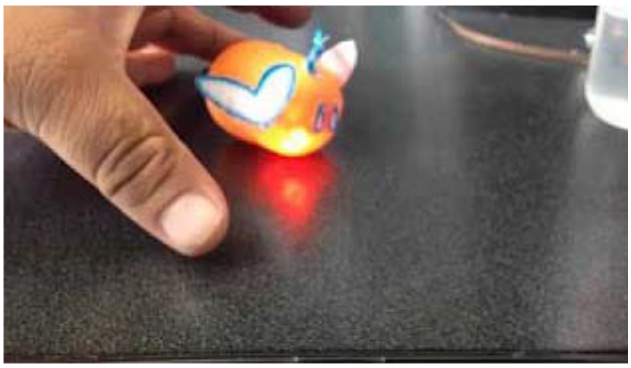
Las entradas digitales detectan valores alto o bajo, 0v o 5v. El comando **digitalRead(pin)** lee el voltaje de entrada del pin y devuelve el valor alto (HIGH) o bajo (LOW). Nota que Arduino uno tiene 14 entradas digitales.

Las analógicas detectan un rango de entrada desde cero hasta un máximo de 5v, y lo mapean en un número entero que va de 0 hasta 1023 mediante el comando **analogRead(pin)**. Las entradas analógicas están etiquetadas con una A, como A0, A1, etc. Como entregan una mayor resolución (mas valores) que las entradas digitales es recomendable usar el puerto de comunicación serial para ver los valores en la pantalla de nuestra computadora.

Fotorresistencias

Las fotorresistencias, o LDR por sus siglas en inglés, son resistencias que varían con la intensidad de luz que inciden en ellas. Son un tipo de fotosensor. Un uso muy común de las LDR es en las lámparas de jardín, o de las calles, que se encienden cuando anochece.

Mira este ejemplo de un fotosensor:

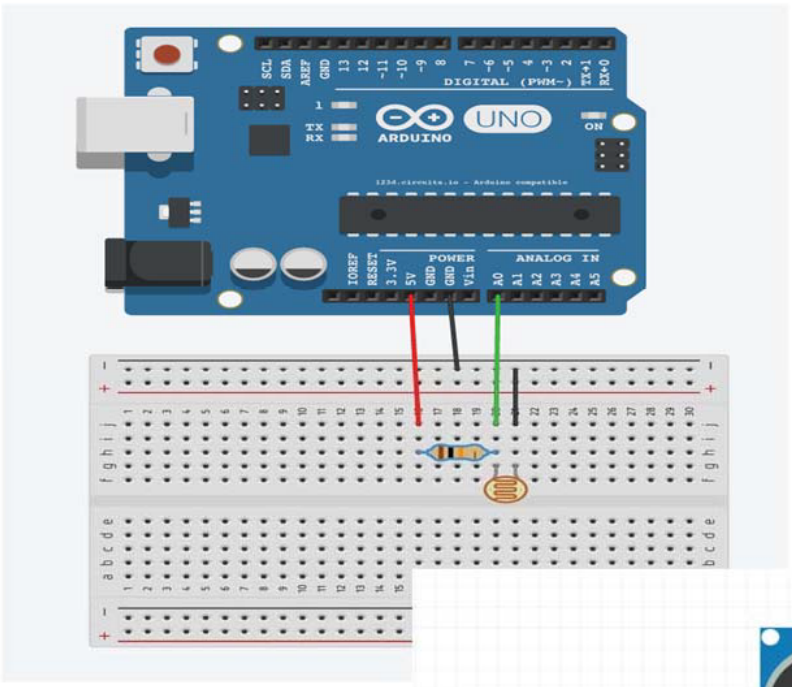


https://youtu.be/Sd-5Ir3MDcw

LDR Usando el puerto serial

Para este proyecto usaremos una LDR y una resistencia de 10k, con la siguiente configuración.

En el código usaremos el puerto serial para ver los cambios de la variable que entrega la LDR.

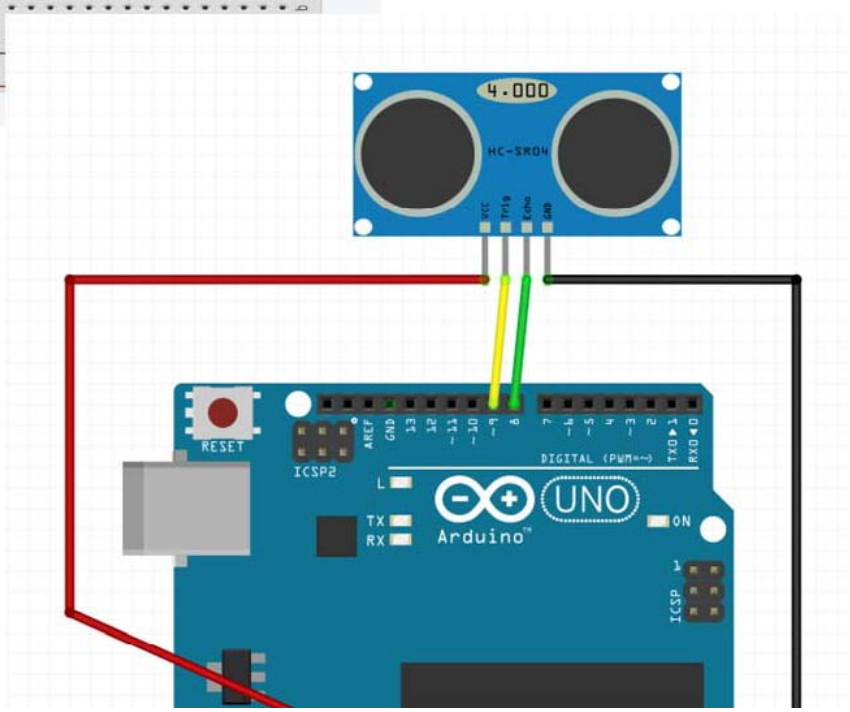


Ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos tienen un comportamiento parecido al de los murciélagos, ya que lanzan un sonido de muy alta frecuencia (ultrasónico), que rebota contra los objetos, midiendo el tiempo en que regresa el eco del sonido se sabe a qué distancia está el objeto.

Para esta sesión usaremos esta disposición.

Estamos usando un sensor HC-SR04 y debemos descargar una librería para poder usarlo. ¿Cómo instalar una librería de Arduino? Revisa este tutorial:



http://www.geekfactory.mx/tutoriales/como-instalar-una-libreria-de-arduino/ El programa se llama “Ultrasónico”

La librería a descargar es NewPing de
http://playground.arduino.cc/Code/NewPing#Download

Sentencias de control

Son instrucciones para tomar decisiones y hacer diversas repeticiones de acuerdo a los parámetros en sus enunciados. Podemos separarlas en dos tipos: **condicionales** y de **ciclos**.

Condicionales Las sentencias condicionales definen la decisión después de evaluar condiciones lógicas, y son el **If** y **Switch/case**.

Forma del If

```
if(entrada < valorfijo)
{
Acción para valores menores
} else
Acción para valores mayores
}
```

Forma del Switch/case

```
switch(var){
case 1:
acción para el primer caso
break;
case 2:
acción para el segundo caso
default:
acción si no ocurren los otros casos
}
```

Ciclos Los ciclos repiten lo que se encuentre dentro de ellos. Se tiene al **For (por)** y el **While (mientras)**.

Forma del For

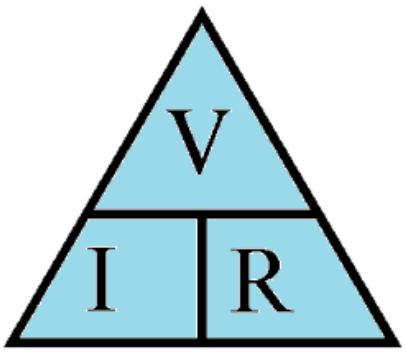
```
for(int a=0; a>10; a++) {
acción a repetir
}
```

Forma del While

```
while(var<200) {
acción a repetir
var++;
}
```

Ley de Ohm

La ley de Ohm dicta que la corriente (**I**) que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional al voltaje (**V**) e inversamente proporcional a la resistencia (**R**).



V = I x R

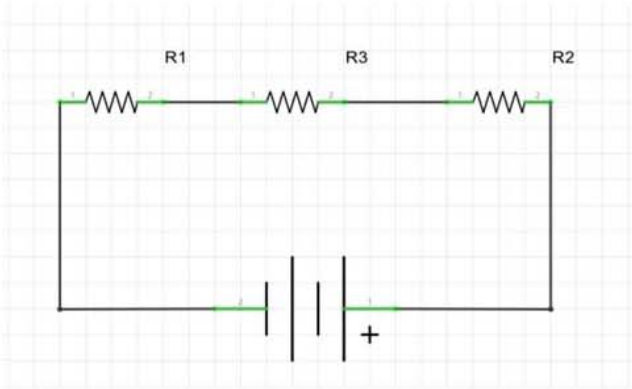
I = V / R

R = V / I

Triangulo Ley de Ohm

Hay dos configuraciones básicas para conectar resistencias.

Resistencias en serie



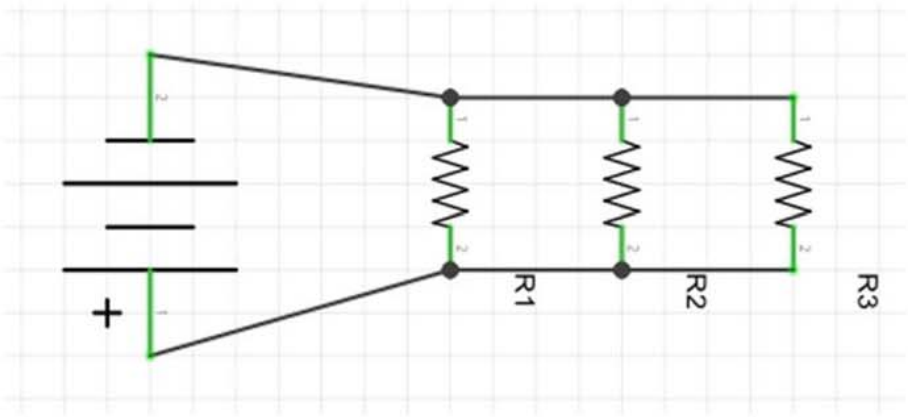
La **corriente total** es igual a corriente en R1, igual a R2 e igual a R3.

La **resistencia total** es igual a la suma de todas las resistencias.

El **voltaje total** es igual a la caída de tensión en R1 más la caída de tensión en R2, más la caída de tensión en R3.

Resistencias en paralelo

La corriente total en este circuito es igual a la suma de las corrientes de cada una de las ramas del circuito. La inversa de la resistencia total es igual a la suma de las inversas de cada una de las resistencias que componen el circuito.



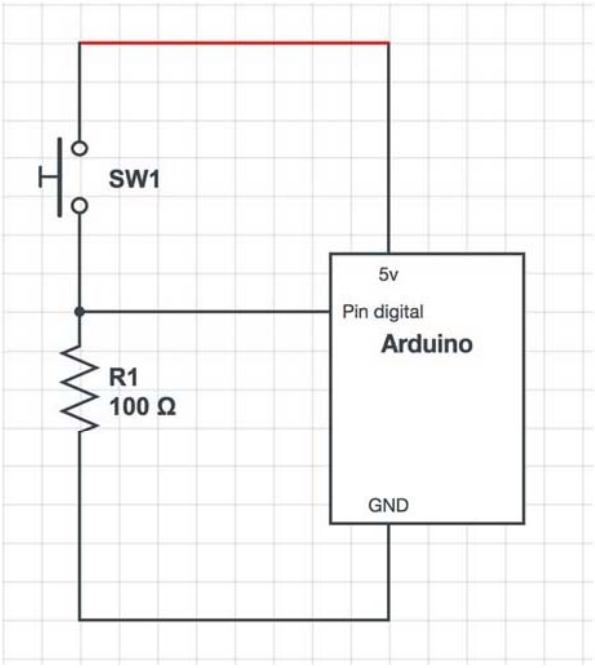
La tensión total es igual a la tensión en cualquier rama del circuito.

Para leer más

Fotorresistencias:
http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/optopdf2_archivos/unidad2tema2.pdf

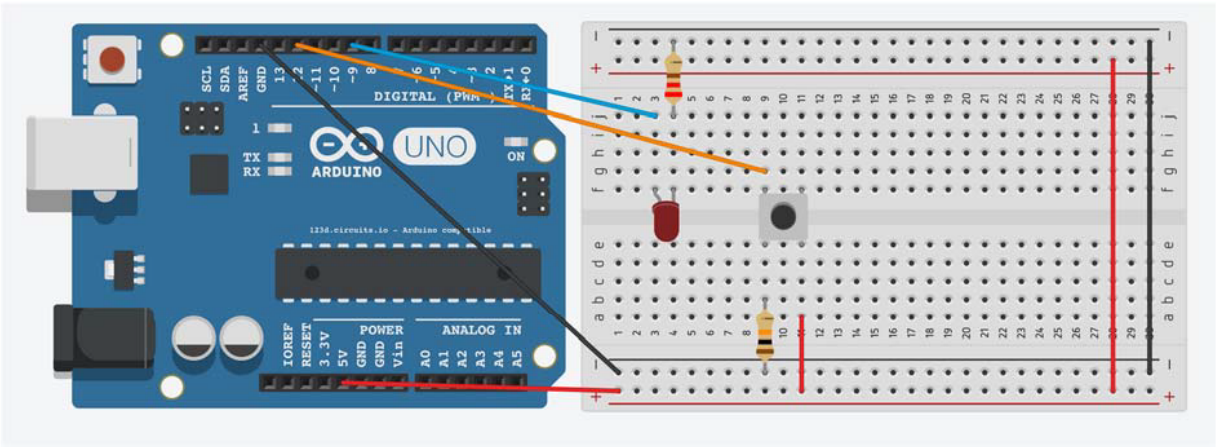
Sesión 3 Botones y ultrasónicos

Botones



Un botón de presión o push button es un interruptor que permanece normalmente abierto, hasta que se presiona, cierra y deja pasar la corriente. Por lo mismo sirve como un sensor digital y lo conectaremos a Arduino a un pin digital. Sin embargo, se debe conectar por medio de una resistencia a tierra en una configuración llamada pull down.
Esta ayuda a definir correctamente un voltaje alto o bajo. Sin ella Arduino podría marcar errores.

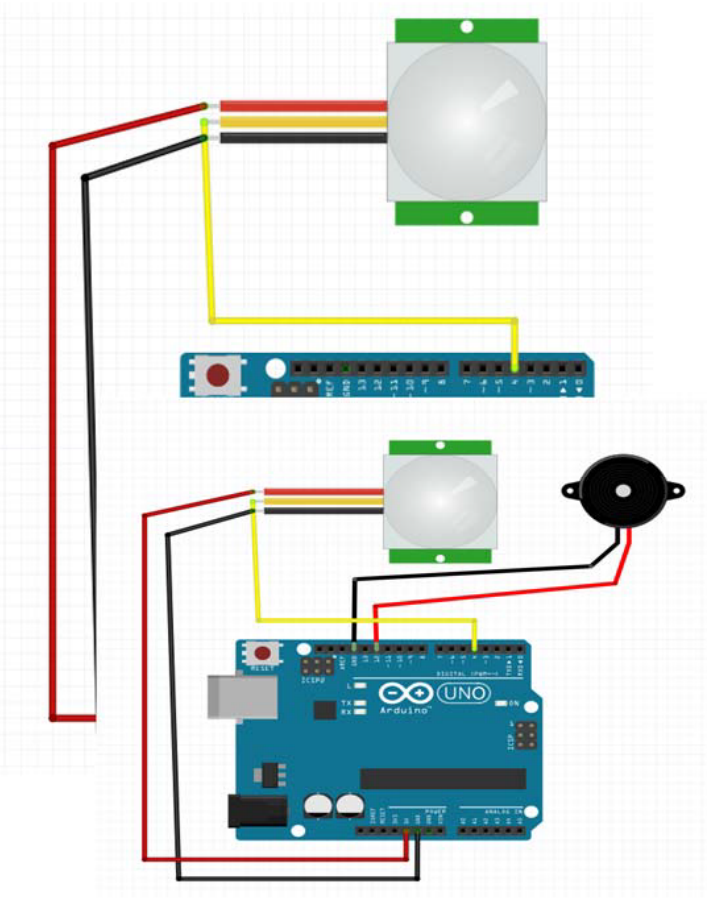
Vamos a hacer que un LED se prenda cuando se oprime el botón. La configuración de hardware es:



El programa usado es " Botón para encender un LED"

PIR

Ahora activaremos un LED a partir de un movimiento. Para esto usaremos un sensor PIR (Passive Infrared Pyroelectric) el cual mide radiación infrarroja.



La configuración en hardware es como se aprecia en la imagen. Este sensor ya tiene la electrónica necesaria para conectarlo directamente a Arduino por lo que solo lo alimentamos directamente de la placa.

La salida del sensor se conecta a una salida digital.
El código se llama “Sensor PIR”

Podemos armar una sencilla alarma agregando un buzzer.

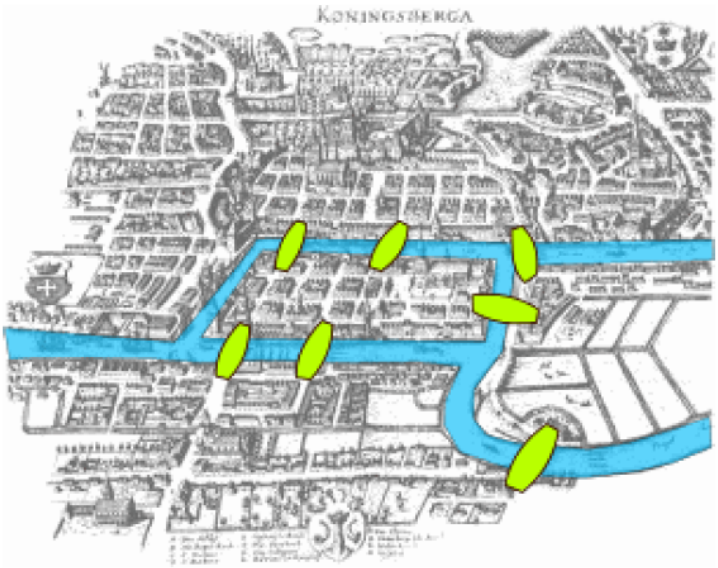
Solo agregamos abajo de donde prende el LED:
tone(12, 600);

Y abajo de donde apaga el LED:
noTone(12);

Topología

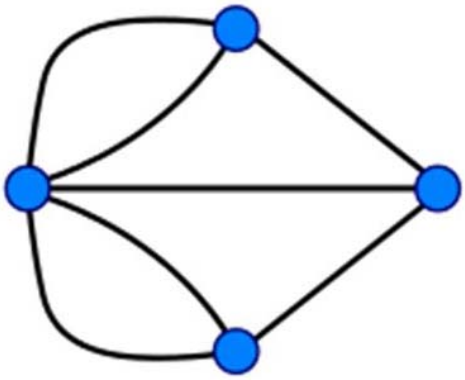
En el año de 1736 no había pantallas, ni radio, ni nada con que entretenerse en un domingo cualquiera. En una ciudad como Konignsberg (antes de Prusia, ahora de Rusia), solo quedaba caminar por las calles de la ciudad.

A Euler le preguntaron si era posible encontrar un recorrido para cruzar a pie toda la ciudad, pasando sólo una vez por cada uno de los puentes, y regresando al mismo punto de inicio. Esta pregunta se conoció como el problema de los siete puentes de Konignsberg.



La ciudad de Koningsberg en la época de Euler (Wikipedia).

Una de las habilidades de un matemático es el de quitar aquellos elementos que están demás en un problema y quedarse con aquello que es intrínseco al problema y usarlo para la solución. Así que Euler cambió el mapa de la ciudad por lo que más tarde se conocería como grafo, un dibujo como el de la imagen.



Grafo de Euler para el problema de los puentes

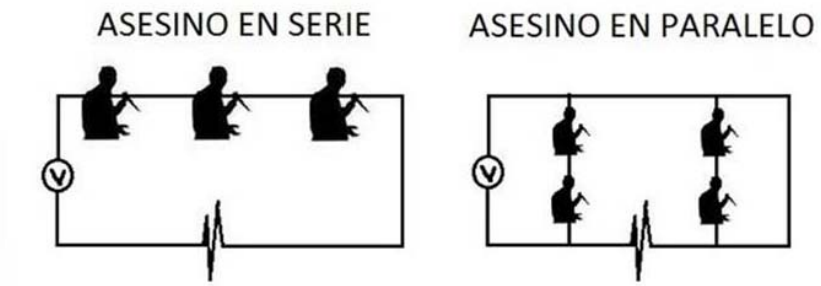
Nota que en este dibujo no importan las distancias (el problema no las pide), sino las relaciones entre los puntos de partida y de llegada. Por ejemplo, el punto de la extrema izquierda tiene cinco líneas de conexión (que representan a cinco puentes). Al no hablar de distancias ya no hablamos de geometría, sino de Topología[1]. Y este problema

[1] Lee el texto completo en http://radiobuap.com/2016/07/todos-estamos-conectados/

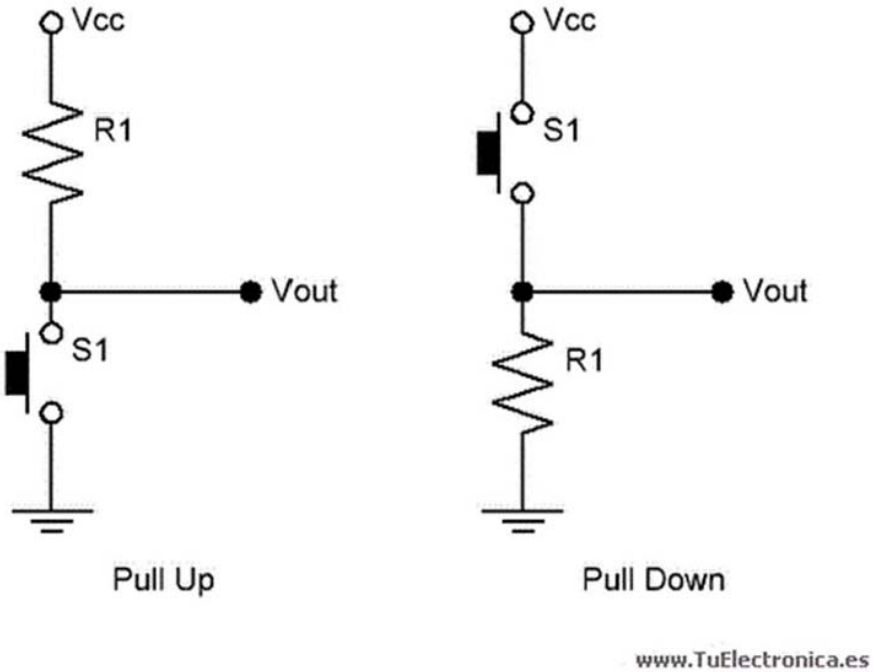
es reconocido como uno de los primeros problemas topológicos resueltos. Ya que Euler lo resolvió muy fácilmente como bien explican en Wikipedia[2].

En nuestro caso la topología nos ayuda a visualizar que no es lo mismo las resistencias en serie o en paralelo.

O como la broma de que a veces aparece en las redes sociales:



Es muy importante diferenciar también la conexión de las resistencias Pull Down y Pull Up[3].



[2] https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_de_los_puentes_de_K%C3%B6nigsberg

[3] Como bien nos explican en http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/resistencia-pull-up-y-pull-down.html

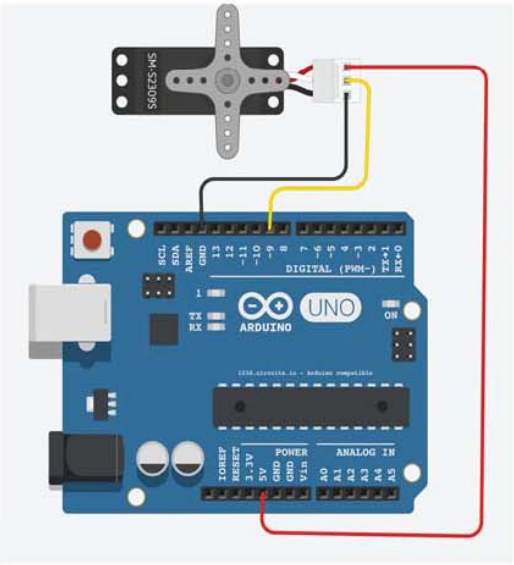
Sesión 4 Motores y ángulos

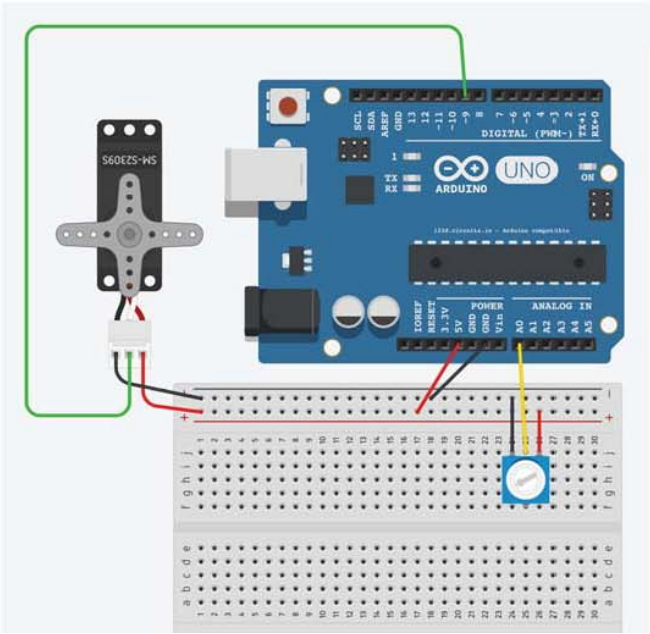
Servomotores

Aunque existen muchos tipos de motores, empezaremos con los más simples de conectar que son los servomotores.

Estos son motores de corriente directa que tienen integrado un circuito y un sensor que le permite hacer movimientos en precisión de grados.

La disposición más simple esta.
El programa se llama “Servo”





Podemos mover el servo con un sensor analógico, como un potenciómetro.
Programa “Servo analógico”

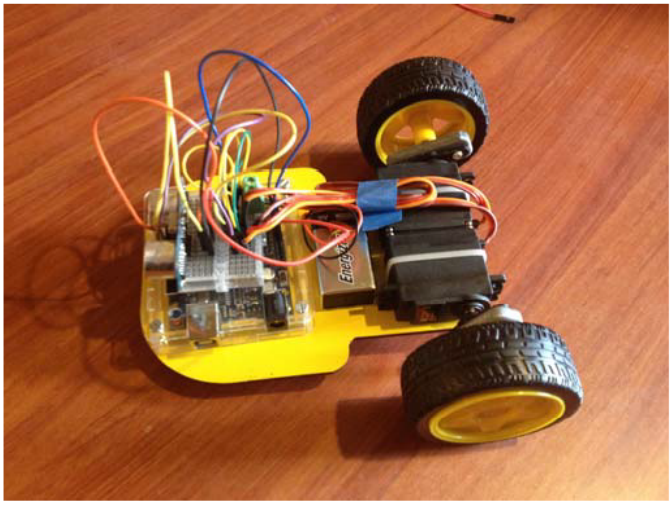
.

Sesión 5. Un robot en acción

Armando el robot

Integrando los elementos anteriores podemos hacer un robot móvil sencillo[4].

Esta es mi versión con la base que manejamos en el taller, pero con un minoproto.



Se fijan los servos a la base, y se pone la rueda loca al frente. Se usará además un sensor ultrasónico y un botón. El botón se conecta al pin 2 (recuerda su resistencia pull down de 10 a tierra) y el ultrasónico conectado al pin 8 para trig y 9 para echo. Los servos se conectan a los pines 13 para el 1zquierdo y 12 para el derecho.
Para el código se incluye la librería Servo.h.

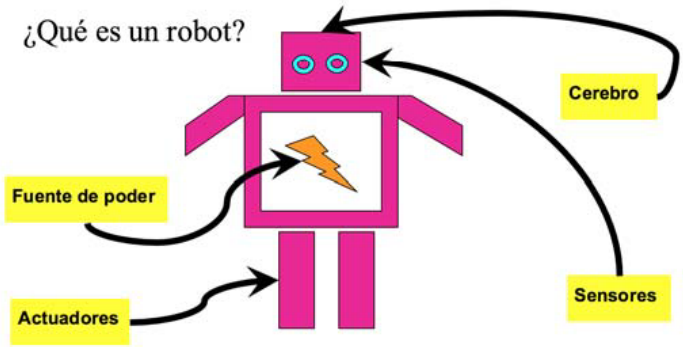
El programa se llama "Robot". Como se usarán servos de rotación continua se escribirá 0 o 180 para definir el sentido de giro.

[4] Basado en http://www.instructables.com/id/Building-a-Simple-Arduino-Robot/

¿Qué es un robot?

El primer robot real fue creado por Joseph Engelberger y George Devol en 1961. Era un brazo robótico llamado Unimate. Y no hay una definición aceptada universalmente acerca de lo que es un robot. El mismo Engelberger dijo alguna vez "no puedo decir lo que es un robot, pero reconozco uno en cuanto lo veo"

Con el paso del tiempo he definido un robot como un artefacto hecho por el hombre para asumir una tarea y que cuenta con sensores, actuadores, cerebro y fuente de poder.



Los sensores (como el ultrasónico) permiten al robot ver fuera de si y sensar el medio ambiente. Los actuadores le permiten moverse. La fuente de poder da energía a todo el sistema y el cerebro verifica si se está realizando la tarea encomendada o hay que hacer correcciones.

Con esta definición podemos aceptar como robot a las criaturas de Theo Jansen, las cuales viven en las playas y se mueven mediante las corrientes de aire[5], contando con un cerebro analógico (unas botellas de agua) para no perderse en el mar.

Geometría: transformaciones afines

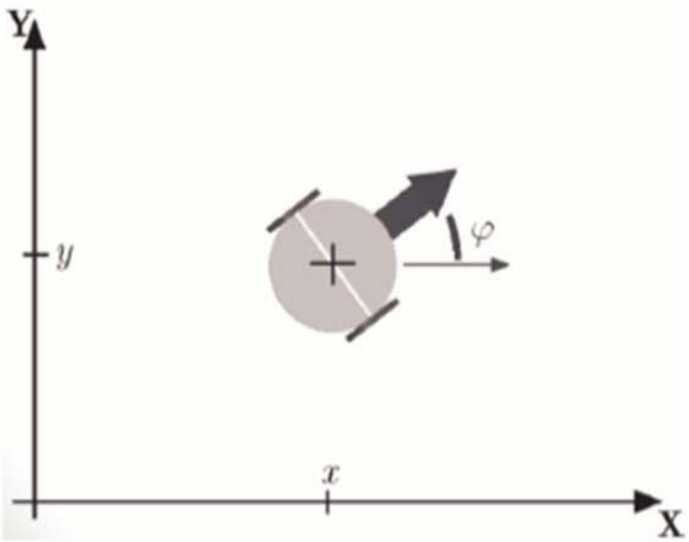
Tanto Devol como Engelberger eran admiradores de Isaac Asimov, quien en sus narraciones inventó la palabra robótica e inventó las leyes de la robótica. Estas eran una herramienta literaria para evitar caer en escenarios catastróficos como los de Terminator. Sin embargo, el mismo desarrollo de los robots en sus narraciones, alterando estas leyes de modo mínimo, permitía aventuras muy interesantes.

[5] Miralas en este video: https://www.ted.com/talks/theo_jansen_creates_new_creatures?language=es

Falta poco para que exista una inteligencia artificial como la de las películas y la literatura, que necesite las leyes de Asimov para no atacar a los humanos. Sin embargo, las leyes que siguen actualmente los robots son leyes mucho más simples: pura matemática.

El robot que acabamos de hacer es un robot móvil en configuración diferencial y para describir su movimiento se necesitan algunos elementos matemáticos. En particular platicamos de las transformaciones afines. En geometría una transformación afín es un cambio de una figura que no le afecta en su colinealidad, es decir, dos puntos en una recta siguen estando en la recta transformada.

En el caso de nuestro robot las transformaciones que nos interesan son principalmente la rotación y la traslación.



Collazo[6] nos muestra que si tomamos como referencia la imagen de la arriba, la ley de movimiento del robot estará dada por los valores de x' y y' si conocemos el radio r de las ruedas del robot, el ángulo en que está dirigido y las velocidades angulares de las ruedas.

Esto usando las fórmulas que aquí vemos:

[6] http://www.mecamex.net/anterior/cong08/articulos/58.pdf ver también http://web.usbmed.edu.co/usbmed/fing/v5n1/v5n1a3

$$x' = \frac{-r\sin\phi}{2}w_i - \frac{r\sin\phi}{2}w_d$$
$$y' = \frac{r\cos\phi}{2}w_i + \frac{r\cos\phi}{2}w_d$$
$$\phi' = \frac{-r}{b}w_i + \frac{r}{b}w_d$$

Mapas para robots

Imagina que quieres que un robot se desplace por una casa. Puedes obtener un plano de la casa y lo cargas en la computadora que planificará la trayectoria del robot. A veces lo primero que se hace es mandar a un robot que lentamente vaya moviéndose por la habitación, recorriéndola palmo a palmo, pero con un sistema que detecte su posición exacta respecto a alguna posición fija o punto de inicio. Así sabe en qué coordenadas está a cada momento. Cada vez que se detiene gira para que sus sensores revisen la habitación. Generalmente estos sensores pueden ser sonares. Así que con sonidos ultrasónicos se va generando una imagen tridimensional de la habitación, y es el mapa para el robot.

Imagina ahora que no solo has hecho el mapa de una habitación, sino que has hecho la imagen ultrasónica de un departamento y deseas que el robot se dirija desde la sala hasta el comedor para traerte una bebida.

Entonces las computadoras generan distintas trayectorias y elige la mejor según algún criterio: menor distancia, menor tiempo, menor costo de energía, menos número de vueltas. Ya elegida el robot va hacia el comedor siguiendo la ruta trazada. Pero puede ocurrir que se atraviese una persona, o un gato u ¡otro robot! Su computadora de a bordo debe reaccionar a lo que sus sensores le indiquen y decidir si se detiene o se desvía. Y luego continuar hasta llegar a la meta[7]. Usando la geometría que mencionábamos arriba, el robot se mueve para lograr su tarea.

[7] Lee más de esto en http://radiobuap.com/2016/06/mapas-para-robots/

Biocatálisis, metagenómica y biología sintética

Los seres vivos somos maquinarias extremadamente complejas. Los humanos no hemos podido crear una máquina tan compleja como la célula más sencilla. La complejidad de las células se manifiesta en procesos que aún no hemos podido duplicar con nuestras creaciones humanas, tales como la capacidad de reproducción, de nutrición o de adaptabilidad al ambiente (entre otras).

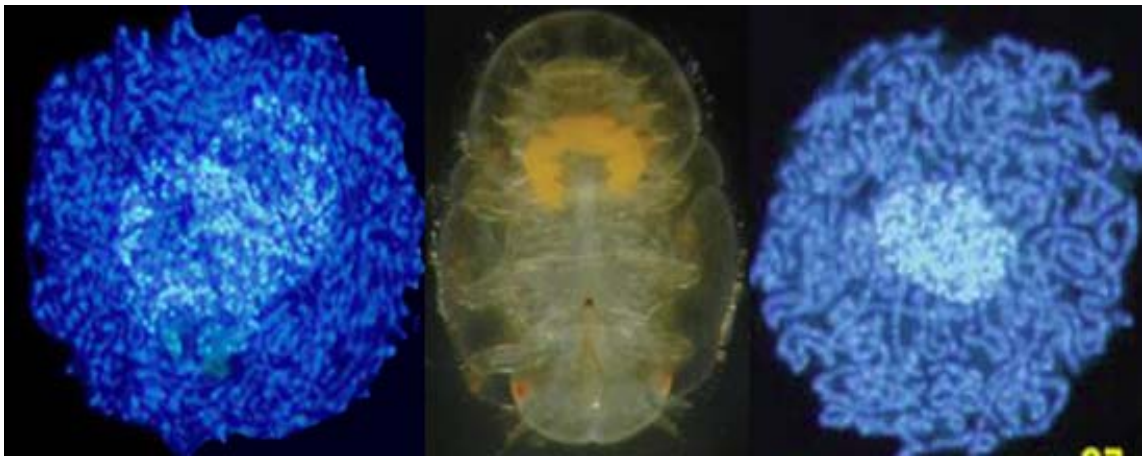
Las células por más sencillas que parezcan, guardan tal complejidad como información genética. Es un reto intelectual, por ejemplo, pensar que el canto de un ave, nuestra capacidad para razonar, o la habilidad para seguir una migración de un insecto, todo está codificado en un idioma de cuatro moléculas conocidas como nucleótidos: Adenina, Guanina, Citosina y Timina (A, G, C y T).

El orden de estas cuatro moléculas en polímeros extremadamente largos determina cuáles serán las funciones y características de una célula. Ese polímero es el ADN. La secuencia de 159,662 nucleótidos compone el genoma más pequeño conocido de una bacteria endosimbiótica, llamada *Carsonella ruddii*. Esta bacteria que vive dentro de las células de una chinche, tiene codificadas en su genoma todas las funciones propias de un ser vivo. Aquí el genoma completo de la cadena codificante:

```
>AP009180.1 Candidatus Carsonella ruddii PV DNA, complete genome
```

[illegible]

En el otro extremo, el genoma más grande conocido pertenece a la planta *Paris japónica* que cuenta con 149,000,000,000 nucleótidos, cerca de 50 veces más grande que el genoma humano que tiene cerca de 3,000,000,000 nucleótidos. Estos genomas ocuparían 937,106.9 y 18,867.9 páginas de este manual, respectivamente.



De izquierda a derecha: 1) La bacteria *Carsonella ruddii*; 2) el insecto chupador (Psílido) en el cual habita; y 3) el genoma de *Carsonella ruddii*. Fuente: http://science.sciencemag.org/content/314/5797/267.full

Paris japónica. Fuente: http://www.botanicayjardines.com/paris-japonica/

Los científicos nos hemos hecho varias preguntas como ¿Un genoma más grande pertenece a un organismo más complejo? ¿El tamaño del genoma determina alguna ventaja o desventaja para el organismo? ¿Por qué organismos tan distintos pueden tener genomas tan similares? Y sobre todo, la pregunta más importante de todas ¿Cómo están codificadas en el ADN las funciones de los organismos?

El ADN funciona como un código, el código genético basado en 4 nucleótidos distintos. El código binario de las computadoras tiene solo dos números 0 y 1, mientras que el lenguaje español tiene 27 letras distintas. Dependiendo del orden de esas letras podemos escribir un poema o una declaración de guerra. En el código genético ocurre de la misma manera, la secuencia determina el mensaje.

El genoma de un organismo es como una gran biblioteca, ahí se almacena toda la información. Imagina que el genoma es una gran biblioteca con planos de construcción de una fábrica. En esa biblioteca reside toda la información para construir el edificio, los equipos, y los propios objetos que ahí se producen. El genoma reside en los eucariontes en el núcleo celular.

Debes reconocer, sin embargo, que la biblioteca contiene solo información, que, si no es leída o no puede leerse, no tendría ninguna función per se. En la biblioteca hay secciones que se emplea una sola vez y ya no vuelve a ser leída en la vida de un organismo, como los planos de los cimientos de la fábrica, sólo se emplean cuando se construye el edificio. Hay otras secciones mucho más activas, aquellas que contienen los planos de los objetos que se producen con mayor frecuencia. Por ejemplo, los planos de un martillo.

Para transformar la información que reside en la biblioteca en un objeto físico debe leerse e interpretarse, es decir, deben existir dos procesos uno en el que la información pasa del plano de la biblioteca a un documento de trabajo en donde será usado y otro en el que la información del plano es transformada en el objeto físico.

En las células el proceso de copiar la información para poderla llevar al campo es un proceso llamado transcripción, en el cual fragmentos del ADN son leídos y copiados en una molécula distinta, el ARN. Este proceso al igual que en la analogía de la fábrica está controlado en tiempo y espacio. Es decir, hay segmentos de ADN que se leen en determinado momento y otros que se leen en determinado lugar. La copia de información contenida en el ADN es el ARN y puede tener varias funciones, pero centrémonos en la más importante, los ARN mensajeros.

Los ARN mensajeros como su nombre lo dice, llevan un mensaje, es decir, portan la información del ADN al ser éstos una copia fiel de la secuencia que les dio origen. Los ARN mensajeros son copias de los planos que pueden abandonar la biblioteca y ser interpretados en donde son requeridos. En los organismos unicelulares un ARN no tiene mucho a dónde ir, pero en organismos superiores como los árboles, los ARNs pueden viajar por el floema, alcanzando células distintas, pueden moverse desde las raíces hasta las hojas e incluso pueden moverse de un árbol a otro a través de las conexiones que los árboles mantienen a través de hongos micorrícicos.

Una vez que los ARNs han llegado a su destino, es momento de que sea interpretada la información codificada en ellos. Es el momento en el cual la copia del plano se transforma en un objeto físico. El proceso de fabricar por ejemplo un martillo requiere de materiales distintos al material del plano como hierro, madera, plástico, etc. En la célula los objetos físicos se construyen con aminoácidos uniéndolos para formar desde pequeños polipéptidos hasta proteínas muy grandes. La mayoría de las células emplean 20 distintos tipos de aminoácidos para formar las proteínas, aunque hay organismos muy primitivos que pueden usar hasta 22 aminoácidos distintos y más recientemente con herramientas de biología sintética, podemos incluir más de 100 aminoácidos empleando un código genético artificial.

Pero bueno, pensar en que solo 20 aminoácidos puede ser un universo limitado, piensa en las combinaciones que puedes hacer uniendo dos de estos 20 aminoácidos distintos para formar un dipéptido. Esto es 202 o sea 400 dipéptidos distintos. Si combinas tres aminoácidos tendrías 203 u 8000 tripéptidos distintos. Imagina ahora los números de un polímero de 100 aminoácidos esto es 20^{100} o 1 x 10^{174} distintas proteínas posibles de 100 aminoácidos de largo. Ahora, considera que las proteínas pueden ir de alrededor de 50 hasta más de 30,000 aminoácidos.

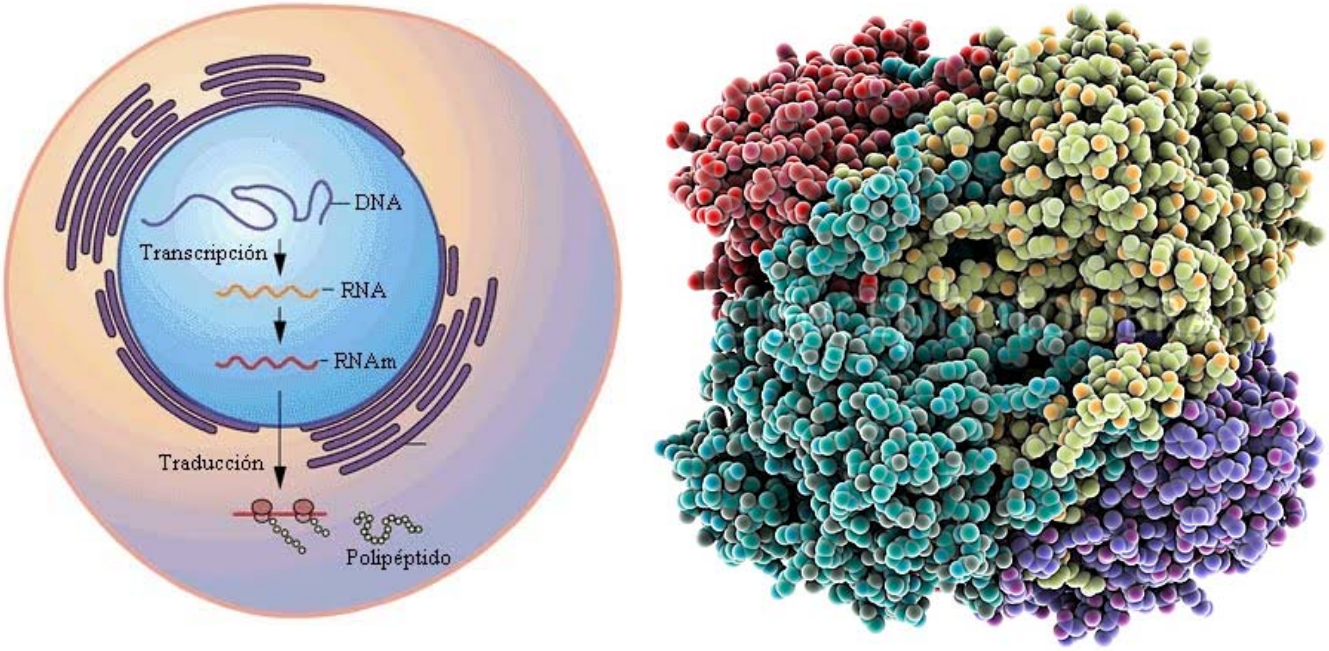


Diagrama de una célula y esquema de una enzima (Catalasa)

Los 20 aminoácidos que usan la mayoría de las células son en sí moléculas que podemos concebir como herramientas moleculares, las hay alifáticas, es decir, que son no polares; se disuelven en aceite, las hay con carga positiva, con carga negativa, con anillos aromáticos y finalmente los polares sin carga. Al concebirlos como herramientas podemos imaginar entonces que la secuencia de los aminoácidos en una proteína determina en primer lugar la propia estructura de la proteína, por ejemplo, los aminoácidos alifáticos serán excluidos por el agua favoreciendo que se acerquen físicamente, aunque en la secuencia primaria se encuentren separados. Otro caso sería que los aminoácidos con carga positiva sean atraídos con aminoácidos con carga negativa. Finalmente, las fuerzas del caos actúan provocando que la proteína naciente adopte la estructura más estable posible, en otras palabras, la más cómoda.

Para entender esto último podemos pensar en que la proteína es un trabajador de la fábrica y para mantenerse lo más cómodo posible adopta una posición ergonómica que le hace trabajar mejor. Es justo aquí donde ocurre algo sorprendente. Imagina que tienes a tu proteína en su estado más relajado posible, cómodamente sentada en el sillón ergonómico. Junto a ella pasa otra molécula que incrementa aún más su estado de relajación máxima, como si fuera una almohada. Pero al tomarla y acomodarse, deforma a la molécula y la rompe. Lo que sucedió es que la proteína al buscar su máximo estado de estabilidad, indujo que la otra molécula llegara a un punto de inestabilidad tal que sufre una transformación y en este caso se rompe. Las proteínas que tienen capacidad de modificar otras moléculas se llaman enzimas y las moléculas a las cuales modifican se llaman sustratos, en este caso los fragmentos rotos se llaman productos.

Las enzimas con este modo de acción pueden acelerar reacciones químicas que sin su presencia tardarían muchísimo tiempo en suceder. Por ejemplo, una enzima llamada catalasa, tiene la capacidad de acelerar la descomposición del H2O2 1 x 1017 veces. Para tener una idea de esto, es el equivalente a que una

reacción de rompimiento del peróxido con catalasa tomara un segundo y sin catalasa más de 3,000,000,000 de años.

TTT	F	Fenilalanina		TCT	S	Serina	TAT	Y	Tirosina	TGT	C	Cisteína
TTC				TCC			TAC			TGC		
TTA	L	Leucina		TCA			TAA	*	Alto	TGA	*/U	Alto (Selenocisteína)
TTG			inicio	TCG			TAG	*/O	Alto (Pirrolisina)	TGG	W	Triptófano
CTT				CCT	P	Prolina	CAT	H	Histidina	CGT	R	Arginina
CTC				CCC			CAC			CGC		
CTA				CCA			CAA	Q	Glutamina	CGA		
CTG			inicio	CCG			CAG			CGG		
ATT	I	Isoleucina		ACT	T	Treonina	AAT	N	Asparagina	AGT	S	Serina
ATC				ACC			AAC			AGC		
ATA				ACA			AAA	K	Lisina	AGA	R	Arginina
ATG	M	Metionina	INICIO	ACG			AAG			AGG		
GTT	V	Valina		GCT	A	Alanina	GAT	D	Aspartato	GGT	G	Glicina
GTC				GCC			GAC			GGC		
GTA				GCA			GAA	E	Glutamato	GGA		
GTG				GCG			GAG			GGG		

Código genético no canónico. Fuente: Agris, P. F. (2008). Bringing order to translation: the contributions of transfer RNA anticodon-domain modifications. EMBO reports, 9(7), 629-635.

Otra de las propiedades de las enzimas es su especificidad, ya que la disposición tridimensional de cada una de ellas es prácticamente única, resultando de la misma manera única su afinidad al sustrato. Por esta razón la catalasa solamente actuará sobre el H_2O_2 y sobre ninguna otra molécula más.

Las enzimas son las proteínas que son responsables de las distintas reacciones bioquímicas que ocurren en el interior de la célula, transformando moléculas grandes en moléculas pequeñas para obtener energía en un proceso llamado catabolismo o bien para la síntesis de moléculas grandes a partir de moléculas pequeñas en un proceso llamado anabolismo. Ambas redes interactúan para estructurar el metabolismo celular. A la fecha se conocen más de cien mil reacciones catalizadas por enzimas que se manifiestan en la enorme biodiversidad que alberga nuestro planeta.

Los humanos hemos aprendido a domesticar estas enzimas, al inicio los egipcios lo hicieron indirectamente dominando a los microorganismos que las producían, por ejemplo, para transformar jugo de uvas en vino o cebada en cerveza, o más formalmente carbohidratos en alcohol, o bien empleando

extractos ricos en enzimas como el cuajo de las cabras que permite la transformación de la caseína de la leche en un polímero llamado queso.

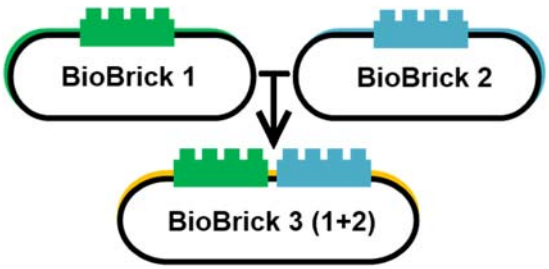
Más recientemente, los humanos empleamos las enzimas a nivel industrial ya purificadas. Las obtenemos a partir de microorganismos que se cultivan en biorreactores y que liberan las enzimas al medio. Una vez purificadas, se emplean en procesos industriales o caseros. Por ejemplo, el detergente biológico, que contiene proteasas de *Bacillus subtillis*. Esas proteasas rompen a otras proteínas descomponiéndolas, lo que macroscópicamente identificamos como la eliminación de una mancha de mugre en el cuello de nuestra ropa.

Las enzimas son fascinantes pues son los mecanismos moleculares que empleamos para transformar la materia biológica y producir entre otras cosas nuevos biocombustibles, nuevos antibióticos, nuevos plásticos, nuevos agroquímicos, etc.

Una de las herramientas más poderosas para poder generar nuevos productos biológicos es la Biología Sintética. La biología sintética se basa en el diseño y uso de “Biopartes” o también conocidas en inglés como “Biobricks”. La biología sintética permite el diseño o modificación de enzimas, rutas metabólicas o incluso organismos completos, capaces de producir biomoléculas controlando su cantidad, el tiempo en el que se producen, etc. Para ello, se diseñan in silico, es decir, en una computadora las biopartes, luego éstas son “impresas” en una máquina sintetizadora de ADN y con estas moléculas ensamblan diferentes secuencias de ADN con la finalidad de crear o modificar información genética de organismos.

Una bioparte es una secuencia de ADN perfectamente definida que se puede agrupar con otras como si fueran piezas de legos. Hay secuencias que contienen características genéticas específicas algunos ejemplos son: Promotores que son secuencias que como su nombre lo dice, promueven la expresión o lectura de un gen. Terminadores, que son secuencias que indican el final de un gen. Genes estructurales, que son los que propiamente codifican para proteínas o enzimas. Otras biopartes pueden ser elementos de especificidad espacio-temporal, o elementos de respuesta a algún inductor externo como un antibiótico o un tipo peculiar de azúcar.).

Cuando estas biopartes se combinan, se pueden formar sistemas genéticos para alguna aplicación en particular. Un investigador puede tomar las biopartes como secuencias y armar estos sistemas copiando y pegando en una computadora e imprimiendo el genoma de sistema completo o bien puede hacer el corta y pega molecular con las moléculas físicas. De cualquier manera, el diseño de estos sistemas y sus biopartes se le conoce como biología sintética.



Cada bioparte desarrollada está disponible en el Registro de Partes Biológicas Estandarizadas (Registry of Standard Biological Parts) y cuenta con número único de identificación, información y función. En México, hay varios Centros de Investigación que se dedican a diseñar nuevas biopartes. Este tipo de esfuerzos nacionales brinda soberanía para el diseño de tecnología nacional.

Tiburones y Rayas

Introducción

El Programa de Conservación de Tiburones tiene el placer de presentarte, a ti y a tus alumnos, la guía didáctica TIBURONES: GUARDIANES DEL MAR, un apasionante documento que los transportara a un viaje inolvidable dentro del fascinante mundo submarino de los depredadores más avanzados del planeta.

Este documento pretende normalizar la percepción que tienen las personas de los tiburones mostrando cómo son realmente en su hábitat natural: no se trata de malvadas criaturas devoradoras de hombres, como suelen retratarlos las ficciones cinematográficas, sino fascinantes animales salvajes en peligro de extinción.

TIBURONES: GUARDIANES DEL MAR, no sólo ofrece una presentación educativa única y memorable, sino que también transmite un convincente mensaje conservacionista. Constituye un valioso medio de comunicar la importancia que tiene proteger el ecosistema marino, cada vez más frágil, y mantener su biodiversidad.

El material de este documento está pensado para alumnos de educación básica y media, y te invitamos a adaptar cualquiera de las actividades incluidas según las necesidades específicas de cada curso.

Si deseas más información sobre los contenidos de esta guía, puedes visitarnos en nuestro sitio web *www.tiburoneschile.cl*

CAPITULO I - ¿Qué es un tiburón?

Los tiburones son los animales más antiguos del océano y han evolucionado para convertirse en depredadores topes del ambiente marino. Los primeros tiburones aparecieron hace unos 400 millones de años (Devónico), unos 200 millones de años antes que los dinosaurios. Consideremos que el hombre moderno apareció en la tierra hace sólo 40.000 años.

Los tiburones pertenecen taxonómicamente a la Clase Chondrichthyes o Condrictios (nombre derivado del griego "chondros": cartílago y "ichthos": pez), denominados también peces cartilaginosos. Dentro de este grupo de peces se agrupan dos subclases, los Elasmobranquios que incluyen a los tiburones y rayas. Y la Subclase Holocefala en la que se incluyen a las quimeras.

Los tiburones se encuentran en todos los océanos del mundo. Algunos viven en las frías aguas polares, mientras que otros han elegido los cálidos mares tropicales. Algunos habitan en las profundidades marinas, cerca del fondo, y otros prefieren nadar cerca de la superficie. Muchos viven cerca de arrecifes de coral o únicamente en determinadas costas, y también son muchos los que han decidido vivir en alta mar.

CURIOSIDAD

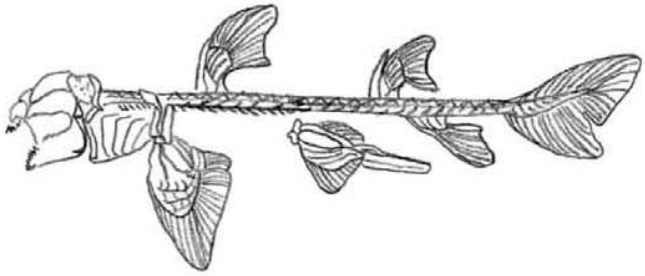
Muchas especies de rayas y un par de especies de tiburones viven en ríos y lagos; como es el caso del tiburón toro (*Carcharinus leucas*) que es un visitante frecuente de los ríos del Amazonas y lagos en Centroamérica.

1. Un pez cartilaginoso

El tiburón es un pez. Porque como todos los peces nada mediante aletas y respira a través de branquias. Sin embargo, el tiburón no es como cualquier otro pez, pues se trata de un pez cartilaginoso (por oposición a "pez óseo"). El esqueleto de los tiburones está hecho de cartílago, un tejido ligero y flexible. Por ejemplo, tenemos cartílagos en la nariz y las orejas. Los peces cartilaginosos se diferencian también de los óseos por tener de 5 a 7 hendiduras branquiales en lugar de sólo una. La ligereza del cartílago, además, ayuda al tiburón a mantenerse a flote.

CURIOSIDAD

Los cartílagos de los tiburones siguen creciendo durante toda su vida.



ESQUELETO DE CARTILAGO

Los peces cartilaginosos, que incluyen también rayas y quimeras, comparten una segunda característica en común: a diferencia de los peces óseos, no tienen vejiga natatoria, sino un gran hígado muy graso. Un hígado rico en grasas les da flotación porque el aceite es menos denso que el agua, y por lo tanto más ligero. Sin embargo, tienen que nadar constantemente para no hundirse. Algunos de los tiburones de mayor tamaño, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), poseen enormes hígados que les mantienen a flote mientras deambulan por el mar.

2. Forma

Los tiburones tienen una forma aerodinámica, como la de un torpedo. Un tiburón típico tiene un hocico oblongo, más afilado hacia la punta, y una larga aleta caudal. Es precisamente esta forma aerodinámica, o "hidrodinámica", lo que les permite mover su pesado cuerpo con tanta facilidad y rapidez por el agua.

3. Tamaño

Hay unas 400 especies diferentes de tiburones. Entre ellas, los tres peces más grandes del mar: Tiburón ballena (*Rhincodon typus*), tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*), y el tiburón bocudo (*Megachasma pelagios*), que no son peligrosos para los humanos. Pero los tiburones pueden tener formas y tamaños muy diversos. Menos del 20% de los tiburones son más grandes que una persona. El 50% de las especies nunca crecen más de 1,80 metros, aproximadamente la estatura de una persona adulta. Y sólo 10 entre todos los tiburones conocidos alcanzan los 4 metros de longitud. La mayoría de los tiburones mide de 60 a 90 centímetros. El tiburón ballena es el pez más grande del mundo, puede medir casi 20 metros de largo y pesar más de 12 toneladas. En cambio el tiburón más pequeño del mundo es el pigmeo (*Squaliolus laticaudus*), este puede caber en la palma de la mano ya que sólo mide unos 20 centímetros.

CURIOSIDAD

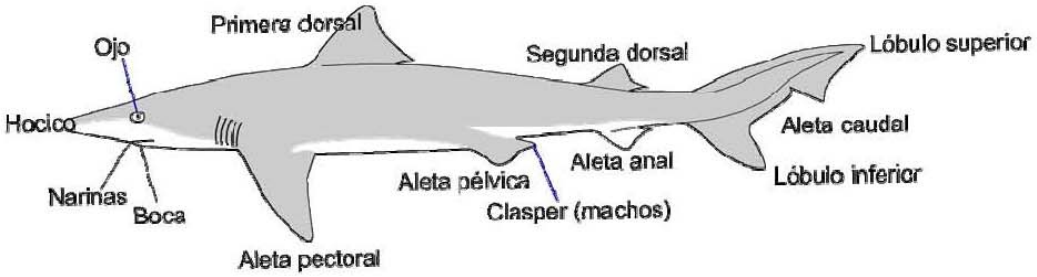
El tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*), es un visitante ocasional en el sur de Chile, adentrándose en los canales del sur para alimentarse, este tiburón alcanza tamaños hasta a los 12 metros de largo y pesa más de 4 toneladas.

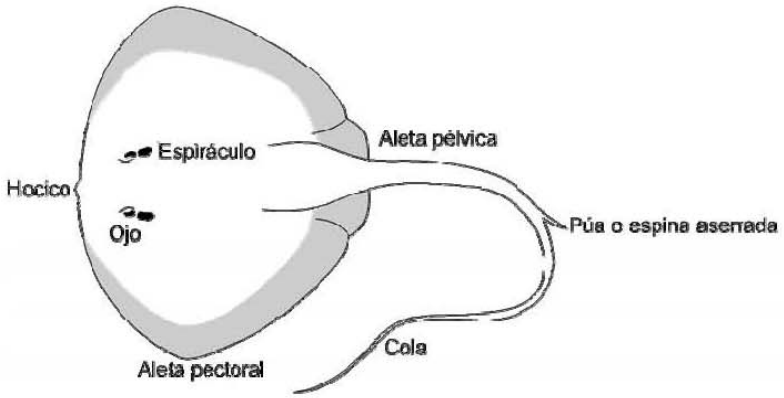
4. Aletas

Las aletas desempeñan un papel crucial para los tiburones. No son flexibles, sino rígidas, y se sostienen mediante radios cartilaginosos. Las aletas del tiburón tienen dos funciones principales:

(a) En primer lugar, evitar que el tiburón gire sobre sí mismo. Los tiburones tienen una o dos aletas dorsales que estabilizan su cuerpo. Las aletas anal y pélvica tienen la misma función.

(b) En segundo lugar, propulsar y controlar la dirección. Las aletas pectorales evitan que el tiburón se incline hacia arriba o hacia abajo y se mueva de forma desequilibrada. Las aletas pectorales dobles elevan al tiburón cuando nada para impedir que se hunda. La aleta caudal propulsa al tiburón hacia delante.





Un tiburón sin aletas no podría nadar y, por lo tanto, moriría. Los tiburones utilizan su cuerpo y su cola realizando movimientos laterales para desplazarse por el agua. Este movimiento oscilante da al cuerpo un fuerte impulso hacia delante. Las aletas pectorales presentan una ligera inclinación que permite a los tiburones ascender. Inclinando las pectorales y curvando el cuerpo, el tiburón puede girar con gran facilidad. Para reducir la velocidad sólo tiene que cambiar la inclinación para que las aletas frenen contra el agua.

CURIOSIDAD

Los tiburones tienen aletas pélvicas y pectorales donde otros animales tienen patas delanteras y traseras.

UN DATO SORPRENDENTE

Algunos tiburones, como el blanco, se mueven tan deprisa que generan la fuerza suficiente para saltar fuera del agua. Es un espectáculo maravilloso, ¡y una buena técnica de caza!

SOPA DE ALETA DE TIBURÓN Y PELIGRO DE EXTINCIÓN

Los tiburones están amenazados por la creciente demanda de la sopa de aleta de tiburón, considerada un plato exquisito en algunos países asiáticos. En la actualidad, este es uno de los mayores peligros que acechan a las poblaciones de tiburones: se les saca del agua sólo para cortarles las aletas cuando aún están vivos y después se les devuelve al mar, donde les espera una lenta muerte.

5. Dientes

Los dientes de los tiburones son algo único. Un tiburón sin dientes moriría de hambre, por supuesto. Por eso, a diferencia de otros animales, los dientes del tiburón crecen constantemente para sustituir los que pierde al cazar. La boca del tiburón suele tener cinco o más hileras de dientes, una detrás de otra. Utilizan las filas delanteras para atrapar y desgarrar a sus presas. Cuando se caen o rompen sus dientes delanteros, la hilera siguiente se mueve para sustituir los dientes perdidos. Los tiburones desarrollan dientes nuevos durante toda su vida.

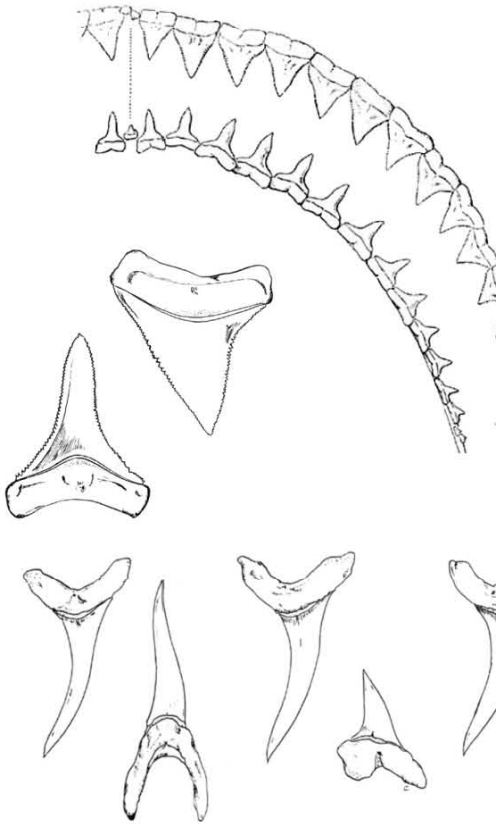
CURIOSIDAD

Un tiburón de gran tamaño, como el tiburón marrajo puede llegar a fabricar 30.000 dientes a lo largo de su vida.

Los dientes de los tiburones están adaptados a su forma de alimentarse. A diferencia de los humanos, los tiburones no mastican la comida. Y no son omnívoros como nosotros, sino carnívoros. Emplean los dientes para capturar a la presa y, si es necesario, para partirla en trozos más pequeños que puedan tragar.

La mayoría de los dientes de tiburón son muy cortantes. Sus mandíbulas son potentes y los afilados dientes son capaces de cortar el hueso e incluso pequeñas cadenas de acero.

Los dientes de los tiburones tienen diversas formas, que oscilan entre puntas curvadas de feroz aspecto y puntas triangulares planas, algunos dientes son como pequeñas placas que le sirven para apretar y triturar la presa. Las especies de gran tamaño, como el tiburón azul y el peje-zorro, tienen dientes triangulares con bordes puntiagudos. Estas características les ayudan a sostener a los peces y animales grandes que cazan para poder entonces arrancar pedazos de carne o partir la concha de las tortugas. Los dientes del tiburón limón en cambio, son largos y estrechos, lo que les da un aspecto temible, pero en realidad este tipo de tiburón no es muy agresivo. La forma de sus dientes es ideal para agarrar con fuerza presas resbaladizas, como peces y calamares.



DIVERSIDAD DE DIENTES

CURIOSIDAD

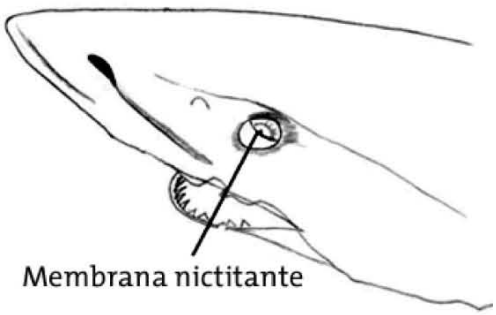
El tiburón ballena, uno de los más grandes del planeta, tiene unos dientes muy pequeños. Este tiburón no emplea los dientes para morder porque se nutre filtrando alimento.

6. Sentidos

Los tiburones tienen unos sentidos asombrosamente desarrollados, y los utilizan para evitar a los depredadores, buscar presas y reproducirse. Pueden ver, oler, saborear, tocar y oír mucho mejor que los humanos. Y además, tienen un sexto sentido ya que son capaces de detectar pequeños impulsos eléctricos en el agua. Todos los animales producen algún tipo de señal eléctrica, que puede resultar muy útil para detectar a las presas que están ocultas.

Vista

Los tiburones tienen una vista excepcional, y su visión nocturna es bastante buena. Ven diez veces mejor que los humanos con poca luz, y esto les permite cazar antes del amanecer y ya entrada la noche. Los ojos de los tiburones tienen un mecanismo similar al de los gatos. La parte posterior de los ojos lleva una capa parecida a un espejo denominada *tapetum lucidum*. Esta capa duplica la intensidad de luz que reciben los ojos reflejando de nuevo los rayos de luz sobre la retina, con lo que se aprovecha al máximo la luz disponible. Otra de las ventajas de los ojos de los tiburones es su capacidad de adaptación a la luz. Un tiburón ve igual de bien durante el día que por la noche. Esto se debe a que las pupilas del tiburón pueden dilatarse y contraerse para regular la cantidad de luz recibida. Podríamos creer que su mundo es en blanco y negro, como el de otros animales, pero en realidad ven diferentes sombras y algunas especies incluso ven en color. Son verdaderamente el depredador perfecto. Los ojos de los tiburones están situados a los lados de la cabeza, lo que les da un campo de visión más amplio que el de los humanos. Algunos de los tiburones que viven cerca del fondo oceánico tienen los ojos sobre la cabeza. Los tiburones que cazan con rapidez ven mejor que los que permanecen en el fondo del mar acechando a sus presas. Todos los tiburones tienen un párpado fijo, situado alrededor del ojo, y algunos, los de la familia Carcharhinidae, poseen también un párpado móvil, llamado membrana nictitante. Se trata de una capa de piel que se cierra para proteger a los ojos cuando el tiburón ataca. Los que no disponen de esta membrana hacen girar sus ojos para introducirlos bajo la cabeza cuando atacan.


Membrana nictitante

Olfato

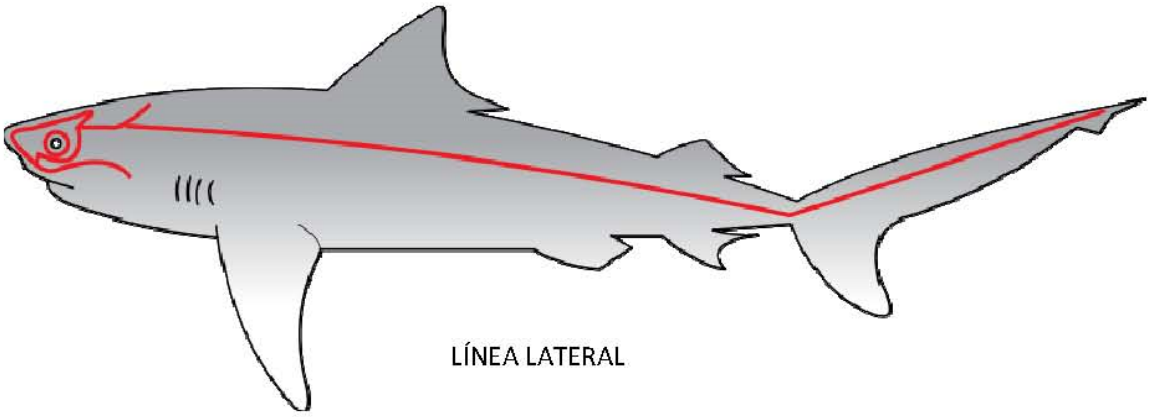
Los tiburones también tienen un potente sentido del olfato, que les permite detectar olores casi inapreciables. Un tiburón puede oler una gota de sangre a unos cinco kilómetros de distancia, e identificar sin problema el olor general de los peces y otros animales. La nariz de los tiburones, llamada Narinas, tiene fosas nasales, pero sólo sirven para oler y no para respirar. La mayoría de los tiburones encuentran a sus presas moviéndose y utilizando el olfato, y sólo emplean la vista cuando están cerca. El olfato es útil a larga distancia, pero cuando el tiburón quiere probar su posible fuente de comida, muerde un trozo, y si no le gusta, lo escupe.

Gusto

Los tiburones tienen un poderoso sentido del gusto: son bastante exigentes con la comida y rechazan lo que no les sabe bien, como las personas, por ejemplo. Si a veces engullen latas de conserva y bolsas o botellas de plástico, es por accidente. Además de la boca, todo su cuerpo está recubierto de papilas gustativas. Así, con sólo frotarse contra un objeto pueden detectar su sabor. Esto explicaría por qué los tiburones chocan contra presas desconocidas en lugar de morderlas. No pretenden intimidarlas, sino probarlas a través de su piel.

Tacto

Bajo la piel, los tiburones tienen terminaciones nerviosas muy sensibles al tacto. Esta gran sensibilidad es debida a la línea lateral que tienen los tiburones. A lo largo de esta línea lateral todos los tiburones poseen células que salen de la cabeza y se extienden por todo el cuerpo. Estas células son capaces de detectar el más ligero movimiento a su alrededor. De hecho, les permiten no sólo sentir su propio cuerpo y movimientos, sino también obtener información sobre la temperatura del agua, las corrientes y cualquier señal eléctrica presente en el agua. Así, para un tiburón es muy fácil detectar a un pez aleteando en las inmediaciones. Además, esta hipersensibilidad les permite identificar peligros, aparearse y encontrar el camino que quieren seguir.

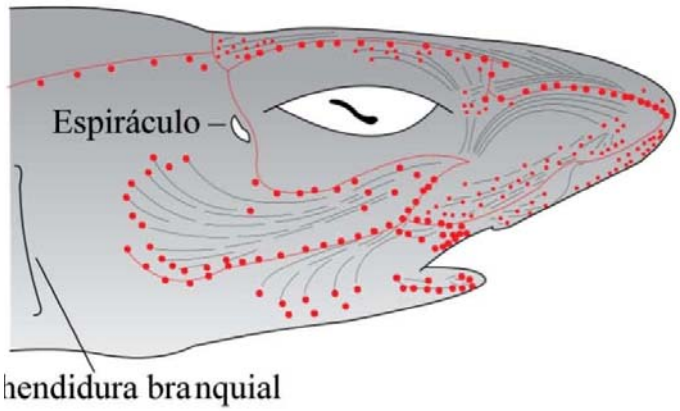


Oído

Los tiburones tienen un oído excelente y detectan sonidos a gran distancia. Los tiburones poseen orejas a ambos lados del cerebro, conectadas a la línea lateral. No las podemos ver porque están dentro de la cabeza. Oyen sonidos profundos, de baja frecuencia, como el motor de una embarcación, y a veces incluso acuden a curiosear. Por supuesto, pueden oír al pobre pez herido hundiéndose, y también olerlo. Los submarinistas no logran nunca entrar en el agua sin ser detectados. Los tiburones emplean el oído para buscar comida. Suele ser el primer sentido en que confían para detectar a la presa. Bajo el agua, el sonido viaja más rápidamente y hasta una mayor distancia que en la superficie. Los tiburones se sienten atraídos por los sonidos de baja frecuencia, similares a los que emiten las presas heridas o enfermas. La mayoría de los sonidos más atractivos se sitúan entre 25 y 100 Hz de frecuencia. Algunos tiburones son atraídos por fuentes de sonido a distancias tan considerables como 250 metros.

Electrorecepción: un sexto sentido

Como muchos otros peces, los tiburones tienen un sentido más, el sexto sentido, acerca del que sabemos muy poco. Son capaces de detectar pequeños impulsos eléctricos en el agua. Este sentido puede ser muy útil, pues todos los animales producen algún tipo de señal eléctrica. Les permite detectar movimientos en el agua desde centenares de metros de distancia. Dado que captan las señales eléctricas generadas por la presa, pueden detectar los movimientos de otros animales. El sexto sentido existe gracias a unos órganos electrorreceptores denominados ampollas de Lorenzini, descubiertas no hace mucho por cierto. Estas ampollas son poros llenos de gelatina. Están situados alrededor de la cabeza, con una mayor concentración cerca del hocico, y se conectan al



AMPOLLAS DE LORENZINI

cerebro mediante terminaciones nerviosas. Básicamente, las ampollas son detectores de campos eléctricos. Todo ser vivo produce un campo eléctrico y los tiburones pueden percibirlo. Extrañamente, a veces los tiburones atacan a objetos metálicos. Este comportamiento se debe a que, en el agua salada del mar, los metales desprenden señales eléctricas que hacen pensar al tiburón que se trata de una presa. Los tiburones no sólo pueden detectar a su presa, sino también a un submarinista o posible cazador sin ni siquiera verlos.

CURIOSIDADES Alcance de los órganos sensoriales de los tiburones

Tacto y gusto:	por contacto
Ampollas de Lorenzini:	algunos metros
Vista:	decenas de metros
Olfato y línea lateral:	varios campos de fútbol
Sonido:	varios kilómetros

7. Reproducción

La mayoría de especies de tiburón crecen lentamente y necesitan muchos años para alcanzar la madurez. Las especies más grandes suelen tardar de seis a ocho años en madurar, e incluso más. Los científicos no saben con exactitud cuántos años viven los tiburones. Se sabe que algunas especies grandes pueden alcanzar los cuarenta años de edad, y quizá más. Los tiburones tienen un ciclo reproductivo largo, de uno a dos años de duración en la mayoría de especies, y también un prolongado periodo de gestación. La gestación dura entre tres y cuatro meses en las especies pequeñas y hasta dos años o más en los tiburones de gran tamaño. Su tasa de fecundidad es baja en comparación con otros peces quienes pueden desovar desde miles a millones de huevos. Debido a su lenta maduración, una tasa de reproducción baja, una fecundidad reducida y una larga gestación, los tiburones son muy vulnerables a la sobreexplotación pesquera.

Mientras que algunos tiburones dan a luz en los fondos oceánicos profundos, muchas especies alumbran en los arrecifes de coral, en aguas costeras superficiales o en estuarios, es decir, en lugares con abundante alimento. Precisamente, los mismos lugares que frecuentan los pescadores. La pesca puede hacerlos desaparecer del océano antes de que puedan reproducirse.

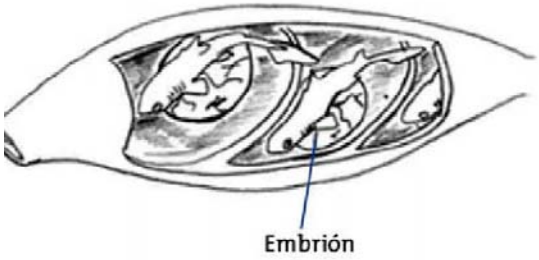
Además, cualquier degradación medioambiental es una amenaza directa para sus zonas de cría. Durante el apareamiento, la hembra libera en el agua sustancias químicas perfumadas. El macho, atraído por el aroma, busca a la hembra y la anima a emparejarse persiguiéndola y mordiéndola. La gruesa piel que suelen tener los tiburones hembra les permite sobrevivir a las mordeduras del apareamiento. Pero a veces la hembra llega a morir en el intento, víctima de los mordiscos de machos demasiado excitados. El tiburón macho posee un par de órganos reproductores llamados "cláspers", que son extensiones de las aletas pélvicas. Al aparearse, los introduce en el órgano reproductor femenino, denominado cloaca. El esperma del macho se deposita entonces en la hembra y nada hasta dar con un óvulo, en uno de los dos úteros. Los huevos se fertilizan en el interior del cuerpo de la hembra (fecundación interna).

En la mayoría de los tiburones recién nacidos, las crías están aptas para sobrevivir en el medio marino, vienen al mundo con un juego de dientes completo y están preparadas para alimentarse por sí solas. De hecho, tras nacer se ponen a nadar rápidamente para huir de su madre, que podría llegar a comérselos. El tamaño de la camada oscila entre una o dos crías y más de cien. Según la especie, los óvulos fecundados pueden desarrollarse de tres maneras diferentes. El 70% de los tiburones nacen vivos: son vivíparos u ovovivíparos. El 30% restante son ovíparos, es decir, ponen huevos.

CURIOSIDADES

El número de embriones producidos por una sola madre oscila entre dos y varios centenares, como por ejemplo en la pintaroja común (*Schroderictys chilensis*) puede tener máximo dos crías, la hembra de tollo negro (*Centrocyllum granulatum*) común en las aguas profundas de de Valdivia puede tener entre 8 a 16 y hasta 300 crías que puede tener el tiburón ballena.

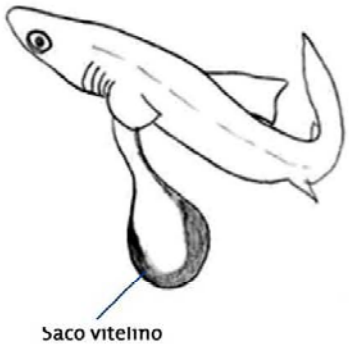
Viviparidad



El embrión se desarrolla dentro del cuerpo de la madre, unido a la pared uterina y con una placenta que proporciona nutrientes y oxígeno. El embrión se alimenta a través de la sangre de la madre mediante un cordón umbilical que se une al embrión cerca de las aletas pectorales. Tras una gestación de 9 a 12 meses, la madre pare crías vivas. Al nacer, las crías ya formadas salen de la madre con la cola por delante. Así su cabeza queda protegida durante el parto. Las crías recién nacidas ya saben nadar, no dependen de su madre y se valen por sí solas inmediatamente.

Ovoviviparidad

Los embriones se desarrollan dentro de un huevo en el útero. No se alimentan de la inexistente placenta sino a partir de un líquido llamado vitelo que está almacenado en un saco o bolsa unida a su cuerpo. En algunas especies de tiburón cuando el vitelo se termina, los embriones se alimentan de los huevos no fecundados y de las crías más pequeñas y por tanto más débiles. Muy pocas crías sobreviven hasta el nacimiento a causa de esta forma de canibalismo entre hermanos. El embrión se alimenta del saco vitelino unido a su abdomen hasta que está apto para ser dado a luz por la madre.



CURIOSIDAD

El tiburón, tollo de cachos (*Squalus acanthias*) que no alcanza más de metro y medio de longitud, tiene el record del periodo de gestación más largo en el mundo animal: se demora entre 18 y 24 meses en dar a luz entre 1 a 20 crías

Oviparidad

La hembra encierra el huevo en una cápsula de colágeno, denominada huevo o cápsulas. Estas cápsulas cumplen la función de proteger al embrión de depredadores. Son de diversas formas y presentan estructuras como filamentos o zarcillos en los extremos, lo que les permiten adherirse. La madre libera los huevos en el mar, enredándolos en algas o corales a través de los zarcillos. El embrión crece dentro del huevo y sale de este cuando está totalmente desarrollado. Tras depositar los huevos, la madre no se dedica a cuidarlos, por lo que las crías se ven expuestas a numerosos peligros. Sin embargo, la madre los deposita donde sabe que estarán a salvo y tendrán un buen suministro de comida cuando las crías rompan el huevo.

¿Sabías que...?

Este tipo de reproducción le permite a la hembra tener únicamente dos cápsulas en un periodo de tres a cuatro meses.

Si deseas más información sobre las pautas reproductivas de cada una de las especies de tiburones en Chile, visitar la sección exclusiva en nuestro sitio web *www.tiburoneschile.cl*

UNIDAD II -Tiburones: Falsos prejuicios

Esta unidad devela las falsas ideas o conceptos que tiene la gente sobre los tiburones y explica cómo son y se comportan realmente. Se cree habitualmente que los tiburones son animales enormes, feroces y crueles que comen mucho y adoran la carne humana. No es cierto. Los tiburones suelen atrapar presas bastante más pequeñas que ellos, y la carne humana no les sabe absolutamente a nada. Sin embargo, sí son unos de los animales más grandes que habitan en los océanos y su rol más importante es que ocupan la cima de la cadena alimentaria en los océanos, con lo que equilibran y controlan las complejas redes de seres vivos situadas en la parte inferior de la cadena.

En el océano, los peces y todas las criaturas del mar dependen unos de otros para sobrevivir. El continuo "comer y ser comido" que mueve a la naturaleza genera un ciclo vital en el que todo se aprovecha y nada se desperdicia. Sin los tiburones u otros depredadores superiores que se alimentan de peces más pequeños, no habría ningún control sobre las poblaciones de peces, que pronto agotarían sus fuentes de comida. Los tiburones desempeñan un papel crucial en los océanos manteniendo el equilibrio de la cadena alimentaria. Además, los tiburones se alimentan de animales heridos o enfermos, con lo que eliminan a los individuos más débiles. Podríamos decir que "limpian" los océanos para que el ecosistema se mantenga sano y en equilibrio.

1. ¿Qué comen los tiburones?

Todos los tiburones son carnívoros, y la mayoría se alimentan de peces y otros animales. Según la especie se alimentan de: calamares, pulpos, langostas, lobos marinos, tortugas e incluso otros tiburones, son su alimento habitual. Sin embargo, el tiburón ballena, que es el tiburón más grande y también el pez más grande del planeta, sólo come toneladas de plancton. A pesar de las historias que se rumorean, los tiburones no se comen a las personas. Los tiburones y otros peces predadores con grandes dientes son generalmente bastante de fiar. Incluso las especies de mayor tamaño se alimentan de criaturas mucho más pequeñas que los humanos. Pero pueden morder si se les provoca. Más de la mitad de los tiburones no alcanzan nunca una

longitud superior a 1,2 o 1,5 metros, y muchos tienen unos dientes demasiado pequeños para provocar heridas graves.

Aunque parezca sorprendente, los tiburones tampoco comen tanto, y de hecho algunos pueden estar semanas sin alimentarse. Los tiburones que son cazadores activos pueden llegar a comer sólo varias veces a la semana, mientras que los que capturan presas pequeñas pueden hacerlo varias veces al día.

2. ¿Cómo atacan los tiburones?

Los humanos hemos dado a los tiburones la mala reputación de "asesinos feroces y sanguinarios", y esta sigue siendo la idea que tiene mucha gente sobre estos peces. Los medios de comunicación se encargan de perpetuar este falso prejuicio. Desde un punto de vista estadístico, en cambio, los tiburones no son tan peligrosos para los humanos como se cree. Por supuesto, muchos tiburones son capaces de matar a una persona, pero sólo se presentan en promedio 5 ataques mortales a personas por año en todo el mundo, menos que el número de personas que mueren a causa de mordeduras de perro, picaduras de avispas, rayos o resbalones en la bañera. La primera reacción de la mayoría de los tiburones en su hábitat natural ante un animal poco familiar como los humanos, es la autoprotección. Es decir, alejarse.

Similitudes entre un nadador y una tortuga desde el punto de vista de un tiburón

De las 400 especies de tiburones que existen, sólo se conocen unas 20 que hayan atacado a humanos. Estas especies tienen tres cosas en común: se alimentan de peces o mamíferos marinos grandes, alcanzan un tamaño considerable y suelen merodear por las cálidas aguas costeras, donde también suele haber gente. Los humanos se convierten en una presa por casualidad. Un tiburón puede confundir a los bañistas o buzos con presas. Desde abajo, un

nadador, especialmente los surfistas se parecen a una tortuga o un lobo marino. Estos ataques suelen suceder en sectores donde la visibilidad es baja debido a la resuspensión de partículas en el agua o en zonas donde los tiburones comúnmente se alimentan.

Después de atacar, el tiburón suele darse cuenta del error y se aleja sin más. A los tiburones no les gustan los humanos: tenemos demasiados huesos, y, a diferencia de los lobos marinos, no tenemos suficiente carne ni grasa. Los tiburones también pueden causar heridas si golpean con fuerza a una persona. En los arrecifes de coral es tal la abundancia de peces pequeños que casi no se conocen ataques directos a los humanos. Los pocos casos registrados han sido personas que, durante la pesca con arpón, han vertido mucha sangre al agua. En la mayoría de los ataques se han visto implicadas personas que intentaban apresar a un tiburón atrapado o enganchado al anzuelo.

A veces los ataques son mortales, debido a que la víctima puede morir por desangramiento y no por ser comido por el tiburón, pero debemos recordar que son muy poco frecuentes. La mayor cantidad de ataques se registra en las aguas de Norteamérica, Australia y Suráfrica. La calidez de las aguas de estas zonas atrae a muchísima gente, lo que hace más probable entrar en contacto con los tiburones.

3. ¿Cómo obtienen alimento?

Caza

Los tiburones son los depredadores marinos más antiguos del planeta. Su cerebro es mayor que el de la mayoría de los demás peces, y son cazadores sofisticados, dotados de espectaculares sentidos. Los hábitos de caza del tiburón siguen siendo poco conocidos, pues nadan muy rápidamente a lo largo de grandes distancias y descienden hasta profundidades donde es difícil para los humanos llegar. Durante la mayor parte de su vida son animales solitarios. Suelen vivir y cazar solos, y su modo de subsistencia consiste en encontrar alimento y mantenerse sanos y salvos. Aunque se les puede ver nadando con otros individuos de su misma especie, la mayoría de los tiburones no atacan hasta que vuelven a estar solos.

A los tiburones se les llama "cazadores silenciosos" porque a menudo pasan desapercibidos para sus presas. Muchos recurren al camuflaje para actuar por sorpresa. Esperan el momento oportuno, aparecen por detrás o de abajo y atacan. Cuando un tiburón halla una posible presa, nada en círculo a una cierta distancia para evaluar la situación. Cuando está listo para atacar, se acerca a toda velocidad y muerde antes de que la presa pueda darse cuenta de nada. En la mayoría de los casos, un mordisco es suficiente para reducir a la presa. Después de atacar, esperan a que la víctima muera por desangramiento. Este método de caza les permite ahorrar mucha energía.

¿Sabías que...?

Los tiburones recurren al camuflaje para sorprender a sus presas al cazar. Por lo general, los tiburones presentan una coloración oscura por encima, en la zona dorsal, y más clara por debajo, en la parte ventral. Las presas o depredadores no siempre los ven cuando miran hacia abajo gracias a la oscuridad que emerge del fondo oceánico. Cuando la presa o depredador mira hacia arriba, el vientre claro de los tiburones se funde con la superficie del océano iluminada por el sol, con lo que también logran pasar inadvertidos. De forma similar, los tiburones que prefieren el fondo oceánico para vivir se confunden a la perfección con el lecho marino.

Filtrado

Algunos tiburones se alimentan nadando con la boca abierta. Engullen agua y filtran la comida que hay en ella. Su alimento son los organismos más pequeños del mar, un sinfín de plantas y animales diminutos que se denominan colectivamente "plancton" y viven flotando en el agua. Esta forma de alimentarse se denomina "filtrado". Curiosamente, tres de las especies de tiburón más grandes son filtradores: el tiburón bocudo, el tiburón peregrino y el tiburón ballena.

Otras estrategias

Los tiburones no siempre cazan para comer. Al igual que otros grandes predadores, como los tigres, buscan presas fáciles, por ejemplo animales heridos o enfermos. También son carroñeros, y se conforman con cualquier criatura muerta que encuentren con tal de que sepa bien. Algunos de los que viven en el fondo, camuflados, se confunden con el lecho marino y

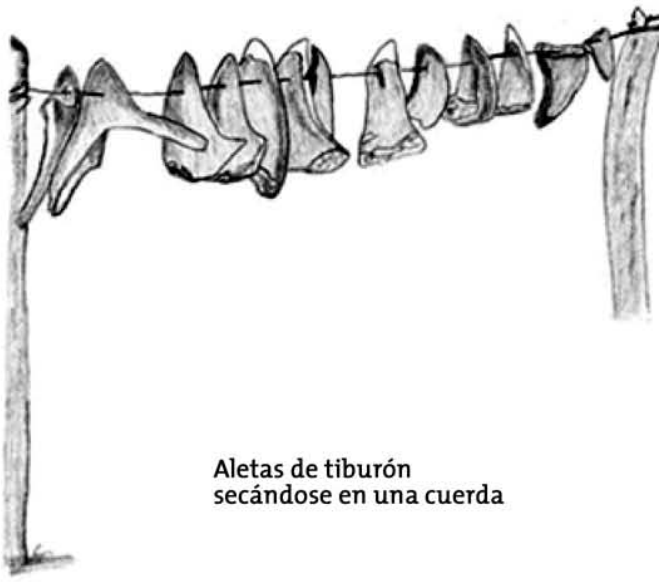
esperan hasta que llega una presa. Cuando un pez se acerca lo suficiente, abren la boca y se lo tragan entero.

4. Tiburones en peligro

Durante 400 millones de años, los tiburones han sobrevivido a grandes cambios ambientales, pero la evolución no les preparó para resistir al súper-depredador que ha aparecido hace apenas 500 años: el hombre industrializado. Algunos tipos de tiburones están en peligro de extinción. Al eliminar estos animales, el ser humano está poniendo en peligro el importante papel que desempeñan en el mantenimiento del equilibrio de la vida en los océanos.

Puede que la gente tenga miedo de este depredador oceánico, pero lo cierto es que los tiburones tienen más motivos para temer a los humanos que viceversa. La especie humana está destruyendo literalmente las poblaciones de tiburones de este planeta. En todo el mundo, cada año se matan unos 100 millones de tiburones.

Los tiburones son el blanco de los pescadores deportivos. Dado que no es fácil apresar a un tiburón, cuando un pescador lo logra suele exhibir en público las mandíbulas con sus dientes a modo de suvenir o las vende a algún turista. No obstante, la amenaza más grave es la pesca comercial. Millones de tiburones son sacrificados cada año por su carne, hígado (aceite), cartílagos, mandíbulas, dientes, órganos internos, piel y, sobre todo, por sus ALETAS.



Aletas de tiburón secándose en una cuerda

Debido a la escasez de bacalao, éste a veces es sustituido por cazón, un tipo de tiburón pequeño, en los restaurantes. Es significativo que en los mercados de pescado se venda tiburón bajo otros nombres, como congrio japonés, anguila o corvinilla. El cartílago de tiburón se vende como remedio contra el cáncer aunque no existen pruebas científicas de su eficacia. En muchos países asiáticos se ha disparado la demanda de la popular sopa de aleta de tiburón durante los últimos cincuenta años, solamente por pretender un estatus dentro de la sociedad. Esto significa que los pescadores cazan tiburones sólo por las aletas, y los devuelven al mar una vez que les han cortado tan preciado manjar. Sin las aletas, los tiburones no pueden maniobrar y acaban hundiéndose hasta el fondo del mar, donde mueren desangrados. La práctica de extirpar las aletas sólo está prohibida en algunos países como Colombia y Costa Rica, aunque muchos países Sudamericanos aún no poseen leyes que prohíban o regulen este tipo de prácticas.

En ciertos países costeros se colocan redes de seguridad para proteger a la gente de posibles ataques de tiburones. Sin embargo, estas redes también capturan a muchos tiburones inofensivos, y cuando uno de ellos se queda atrapado, las posibilidades de escapar son casi nulas. Otra cruel forma de muerte que afecta a los tiburones es quedarse atrapados en las redes de pesca o en anzuelos y palangres. Las gigantescas redes que se despliegan para pescar atunes acaban capturando a otros habitantes del océano, como tiburones y delfines, que son especies no deseadas. Esto se llama "captura incidental", y los tiburones capturados normalmente se devuelven al mar. Desafortunadamente, muchos de ellos mueren. De todos los tiburones que se cazan en el mundo, aproximadamente la mitad se capturan por simple casualidad, como captura incidental, en barcos pesqueros interesados en otras especies.

Los tiburones son particularmente vulnerables a la sobrepesca a causa de su baja tasa reproductora. En comparación con otros peces, los tiburones maduran tarde, crecen lentamente y producen pocas crías. Algunos tardan hasta seis años en alcanzar la edad reproductiva. El periodo de gestación (el tiempo que pasa el embrión dentro de la madre) puede alargarse hasta 24 meses en algunas especies, como por ejemplo, en el tollo de cachos Squalus acanthias, un habitante de los mares en el sur de Chile. La pesca puede hacerlos desaparecer antes de que logren reproducirse. Las prácticas de pesca destructivas, como las redes de arrastre, las redes de deriva y los palangres de fondo, también amenazan a los tiburones debido a que son muy poco selectivos, es decir, capturan incidentalmente muchas especies marinas de importancia ecológica como lo son los tiburones, corales y esponjas. El ser humano ha matado ya a tantos tiburones que los ecosistemas submarinos han perdido su equilibrio natural. Hoy, hasta un 80% de las especies de tiburones están en peligro de extinción.

CAPÍTULO III –
Los diferentes tipos de tiburones

1. Los tiburones

Como ya sabías, los tiburones son peces cartilaginosos, y aunque sean bastante diferentes de las rayas, pejegallos y quimeras pertenecen a esta misma clase de peces. A diferencia de lo que se cree, Chile presenta una rica biodiversidad de tiburones. En las aguas costeras habitan las pintarrojas y los tollos, mientras que en el océano abierto podemos encontrar al tiburón marrajo, el azul y el peje-zorro. Casi todos los tiburones que habitan en Chile, viven en las profundidades de los océanos, son de color negro y no alcanzan más de 1 metro de largo.

Uno de los peces más grandes del mundo, el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus)*, es un visitante frecuente del sur de Chile, donde incluso se acerca a la costa a alimentarse, y a pesar de tener un cuerpo que alcanza hasta los 12 metros de largo y 5 toneladas de peso, es un inofensivo consumidor de plancton. Su ancha boca está situada en la parte frontal de la cabeza y posee unos dientes pequeñísimos en la mandíbula inferior. No necesitan dientes grandes, pues se alimentan filtrando el agua.

¿Sabías que...?

El plancton es un término que describe a miles de diferentes de criaturas microscópicas que flotan a la deriva en el agua. Incluye determinados tipos de algas, que son plantas y utilizan la energía del sol para fabricar su alimento. Esta fracción vegetal se denomina “fitoplancton”. El plancton también contiene numerosos animales, o larvas, que se alimentan del fitoplancton e incluso se comen entre sí, y reciben el nombre de “zooplancton”.

Azulejo *Prionace glauca*

Marrajo *Isurus oxyrinchus*

Tollo de cachos *Squalus acanthias*

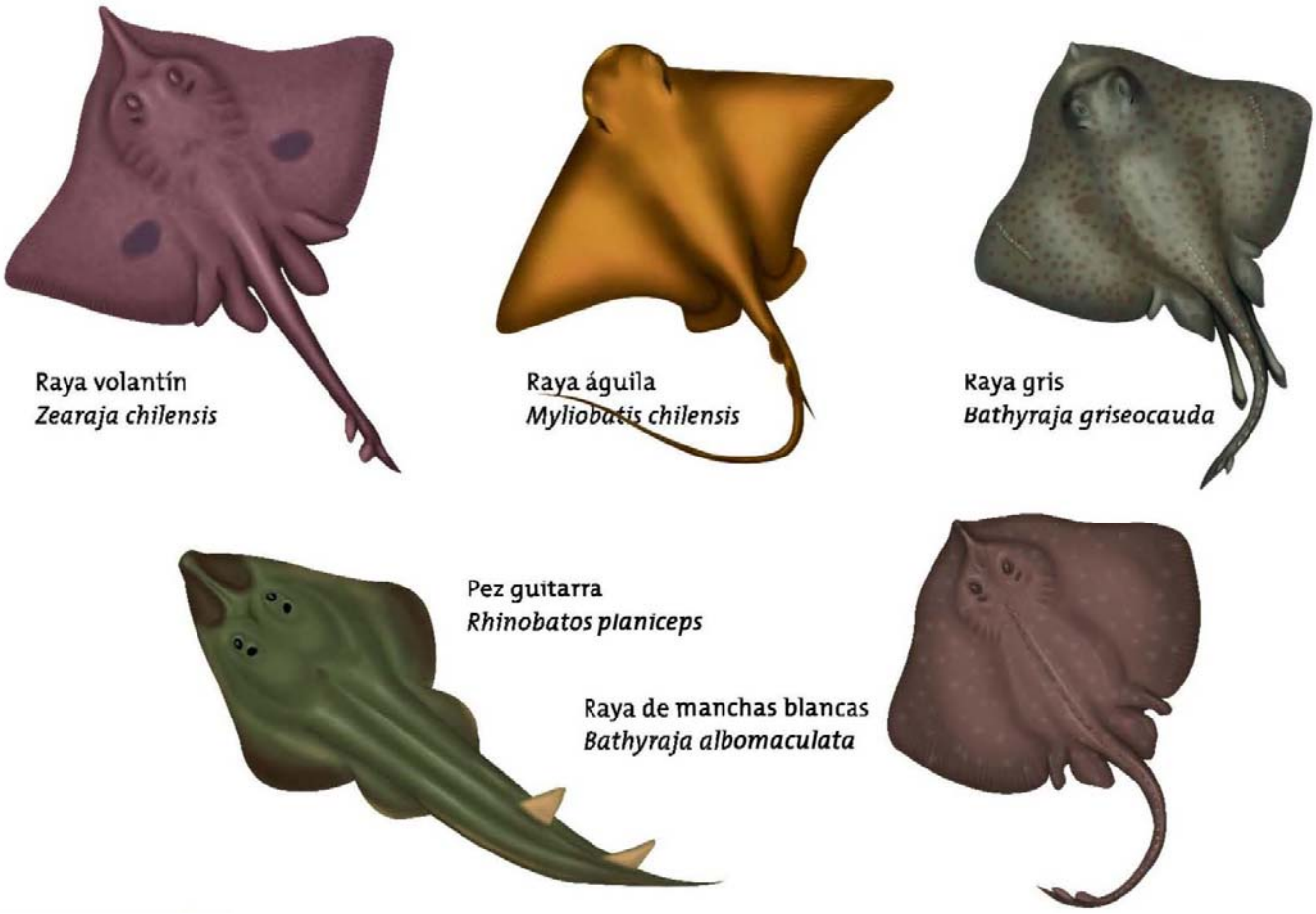
Tollo fino *Mustelus mento*

Pejezorro *Alopias vulpinus*

2. Las rayas

Las rayas pertenecen a la misma familia que los tiburones. Pero no se les parecen mucho, como ocurre a veces con algunos primos lejanos. Las rayas tienen un cuerpo plano y muy ancho. De hecho, sus aletas pectorales en forma de triángulo parecen alas y están unidas directamente a la cabeza. Los ojos están situados a los costados y detrás de cada ojo se encuentran unas aberturas llamadas "espiráculos" que a menudo se confunden por orejas. Sirven para aspirar agua cuando están descansando en el fondo del mar.

La raya espinosa *Dipturus trachyderma* es la raya más grande de Chile, y puede pesar hasta 100 kilos. Tiene un aspecto impresionante, y un ancho de casi 4 metros, es decir, más de dos autos uno junto a otro.



3. Las quimeras

Las quimeras son un primo lejano de los tiburones tienen un cuerpo que ha evolucionado para la vida en las profundidades del océano. Todas las especies son de grandes ojos y cola como un largo látigo. En su primera aleta dorsal, siempre tienen una larga espina aserrada que les sirve para protegerse de sus depredadores. A diferencia de los tiburones o las rayas, sus dientes se han fusionado formando cuatro placas con las cuales muelen los cangrejos y caracoles de los que se alimentan. A diferencia de sus primos, las branquias están cubiertas por un tejido blando a modo de opérculo.

¿Sabías que...?

Las quimeras no tienen dentículos dérmicos en la piel como sus primos los tiburones y rayas, su piel está desnuda. Solamente presentan dentículos dérmicos en etapas embrionarias.

Pejegallo
Callorhynchus callorhinchus

Quimera de ojos grandes
Hydrolagus macrophtalmus

RESCATE, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE ABEJAS SIN AGUIJÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERAS LOS PETENES (RBLP), CAMPECHE

Dr. Lucio A. Pat Fernández *(lpat@ecosur.mx),* ***Ing. Pablo Hernández Bahena*** (phernand@ecosur.mx)

Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente

Estudios Socioambientales y Gestión Territorial

El Colegio de la Frontera Sur Unidad Campeche

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen aproximadamente 20 000 especies de abejas. Las diversas especies varían en tamaño, forma y estilo de vida, todas ellas se caracterizan por su dependencia a las flores para abastecimiento de energía (néctar) y proteína (polen). Los meliponinos (tribu Meliponini) son abejas que, a diferencia de la mayoría de las especies que se conocen, viven en colonias permanentes con una reina y miles de obreras. Son las únicas abejas, junto con las abejas melíferas (tribu Apini), que son altamente sociales. Las abejas sin aguijón son un grupo ancestral probablemente de origen pre-Gondwaniano. Se conocen fósiles que datan del Mioceno (sur de México), el Oligoceno (República Dominicana) y el Cretáceo (Nueva Jersey) (Michener, 2000). Actualmente se conocen alrededor de 400 especies de abejas sin aguijón, las cuales se ubican en unos 50 géneros. En México se reporta la existencia de al menos 46 especies; 16 en la Península de Yucatán (Ayala, 1999; Quezada-Euán, 2005).

El manejo de la abeja sin aguijón de la especie Melipona Beecheii en la Península de Yucatán se remota antes de la llegada de los colonizadores europeos. Los mayas vinculaban la cría de abejas sin aguijón y la producción de miel a la tradición religiosa del dios “Ah Mucen Kab”, el consumo familiar para endulzar alimentos y bebidas, y para uso medicinal (Vit et al., 2004). La técnica empleada por los mayas para obtener la miel de la Xunáan kaab sigue siendo la misma que emplearon sus ancestros. Se utilizan troncos ahuecados llamados "jobones" los cuales se cierran mediante una tapa de madera la cual se sella con

arcilla del lugar. Posteriormente se acomodan en una estructura de madera y se colocan bajo una cubierta de guano para protegerlas de los elementos naturales, este lugar se denomina Nahil kaab o casa de la abeja.

Con el objetivo de rescatar y conservar la meliponicultura tradicional maya desde el 2015 iniciamos el proyecto “Rescate, conservación y manejo tradicional de las abejas nativas en comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP)”. Esta iniciativa pretende generar conocimientos y acciones para el rescate, la conservación y el manejo de las abejas sin aguijón así como también profundizar el estudio en aspectos ecológicos, económicos y biológicos de las distintas especies que existen en la RBLP. Además se pretende impartir cursos-talleres y visitas guiadas a diversas instituciones educativas y productores del estado interesados en el recate y conservación de las abejas sin aguijón especialmente de la "Xunáan kaab" (Melipona beecheii)

EL TRABAJO DE CAMPO

Actualmente, en recorridos de campo y visitas a diversas comunidades del norte del estado de Campeche, hemos podido constatar que la meliponicultura está desapareciendo como consecuencia de la deforestación; la falta de conocimiento en el manejo de la abeja; el abandono de la actividad por parte de los jóvenes campesinos; la falta de capacitación en el manejo; y el uso de agroquímicos en la agricultura.

A principios del 2016 en los terrenos de la unidad Ecosur-Campeche se estableció el meliponario “Ah Mucen Kaab” que cuenta con cuatro especies de abejas sin aguijón:

Melipona beecheii
Xunáan kaab

Trigona nigra *(Frieseomelitta)*
Sak xik

Cephalotrigona Zexmeniae
E'hol, ta'ah kaab

Nanotrigona perilampoides
Bo'ol

Meliponario "Ah Mucen kaab"

Los objetivos del meliponario son

- Reservorio biológico y de investigación de la diversidad de abejas sin aguijón
- Centro de capacitación para la cría y manejo de abejas sin aguijón
- Centro de divulgación para la conservación y desarrollo de la meliponicultura
- Rescate del conocimiento tradicional y cultura maya en relación con las abejas sin aguijón

BIBLIOGRAFÍA

Ayala, R. 1999. Revisión de las abejas sin aguijón de México (Himenóptera: Apidae: Meliponini). Folia Entomol Mex. 106: 1-123.

Baquero, L., G. Stamatti, G. 2007. Cría y manejo de abejas sin aguijón. Ediciones del subtrópico. Fundación proYugas. Pág.38.

Quezada-Euán, J. 2005. Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). Tratados 16, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Michener, C. 2000. The Bees of the World. The John Hopkins University Press. Baltimore and London.

Vit, P., Medina, M., Enríquez, M. 2004. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. Bee World, 85

Mejoramiento genético

El paso del hombre nómada a sedentario está asociado a la domesticación de las plantas y los animales, entendiendo como domesticación al hecho de traer una población silvestre o fundadora de plantas o animales, cerca del lugar de habitación del hombre como el campo de cultivo o el jardín (Harlan, 1992 citado por Chacón-Sánchez, 2009). La domesticación de las plantas se desarrolló en varias partes del mundo: el trigo (*Triticum* sp.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.*)* en Medio Oriente, arroz (*Oryza sativa* L.) y soya (*Glycine max* L.) en China, el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus* sp.) y calabaza (*Cucurbita* sp.) en Mesoamérica, entre otros.

La domesticación es considerada uno de los procesos evolutivos más importantes que ha acompañado a la civilización humana, donde el hombre ha dirigido ciclo tras ciclo una serie de cambios morfológicos y fisiológicos con el objetivo de favorecer la adaptación de las poblaciones silvestres al medio ambiente de cultivo, la dependencia de éstas al hombre para su supervivencia y quizás lo más importante, la modificación de la parte consumida donde generalmente se favorece el gigantismo, la ausencia de espinas y mejor sabor, entre otras características (Chacón-Sánchez, 2009). El maíz es un buen ejemplo de domesticación donde las plantas del pariente silvestre llamado Teocintle (*Zea perennis*, *Zea mays* subsp. *mexicana* y *Zea mays* subsp. *parviglumis*) tienen seis o más de tallos portadores de numerosas espigas pequeñas y las mazorcas tienen una sola hilera de granos. En cambio, las plantas de maíz modernas poseen un único tallo grueso con una o dos mazorcas grandes portadoras de granos dispuestos en una veintena de hileras (Figura 1) (Díaz-Guillén, 2010).

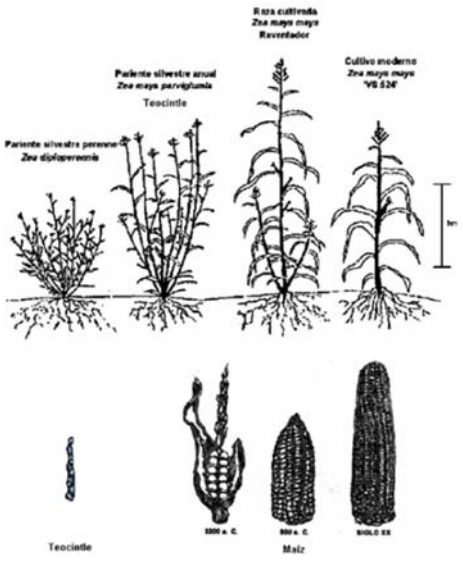


Figura 1. Plantas de parientes silvestres del maíz y del cultivo moderno (Díaz-Guillén, 2010)

El proceso de la domesticación se puede considerar un mejoramiento selectivo y tras miles de años, fue el único método empleado para mejorar los cultivos. Mientras eso ocurría, un Monje del Monasterio Brünn (Moravia), llamado Gregor Mendel, comenzó a experimentar con cruzamientos dirigidos entre plantas de chícharos (altas con bajas, de flores moradas con flores blancas y de guisantes amarillos con verdes). Mendel fue muy cuidadoso con sus experimentos, interpretó sus resultados y concluyó que existen factores en el polen y los óvulos de las flores

que determinan las características de las semillas. En 1865, Gregor Mendel había descubierto las leyes de la herencia genética lo cual lo convirtió en el Padre de la Genética (Malacarne, s.f.).

Los descubrimientos de Mendel estuvieron olvidados durante 34 años cuando fueron redescubiertos y se empezaron a usar para mejorar genéticamente los cultivos, también conocido como fitomejoramiento el cual se define como el arte y la ciencia de modificar la herencia de las plantas para crear nuevas variedades mejoradas genéticamente. Al hacer fitomejoramiento es importante tener definidos los objetivos, los cuales varían según la especie y lo más importante las necesidades de los agricultores (mayor cantidad de kilos cosechados por planta, resistencia a enfermedades, resistencia a estrés hídrico o inundación, etc.), la agroindustria (contenido de proteínas o aceite, ausencia de gluten, ausencia de granos manchados o partidos, etc.) y los consumidores (mejor sabor, textura después de cocción, tamaño, ausencia de espinas, etc.) que serán quienes los produzcan, procesen y consuman.

Para mejorar genéticamente los cultivos se necesita variabilidad, es decir, tener opciones donde poder seleccionar (Figura 2). Los recursos fitogenéticos comprenden todas las especies de plantas silvestres o domesticadas con potencial utilitario actual o futuro y son producto de la suma de todas las combinaciones de genes resultantes de la evolución de las especies vegetales.

Figura 2. Ensayo de evaluación de germoplasma de arroz proveniente del banco de germoplasma de Fundación Danac: A) Variabilidad en tamaño y estructura de los tallos, B) Panículas de arroz mostrando variabilidad en color, largo y número de granos

Los bancos de germoplasma son lugares diseñados para conservar recursos genéticos a largo plazo y de la misma forma que los bancos convencionales tienen tantas accesiones como materiales conservados (Figura 3). En el mundo existen más de 1.700 bancos de germoplasma destinados para conservan miles de accesiones, para los mejoradores son lugares donde pueden encontrar variabilidad genética necesaria para el mejoramiento de los cultivos.

Figura 3. Banco de germoplasma de arroz de Fundación Danac

Los materiales provenientes de los bancos de germoplasma pueden ser usados por los fitomejoradores como padres para generar nuevas combinaciones genéticas a través de cruzamientos dirigidos, que como su nombre los indica se basan en dirigir la reproducción sexual entre padres previamente seleccionados y portadores de características deseadas para el nuevo germoplasma.

De los cruces dirigidos se obtiene semillas producto de la reproducción sexual, donde se asegura que el polen de las plantas seleccionadas como padres fecunden los óvulos de las planta seleccionadas como madres, de esa forma se está seguro de que las semillas son producto únicamente del cruce planificado. La forma de hacer el cruzamiento dependerá del sistema de reproducción de la especie a mejorar, las plantas autógamas se autofecunda ya que presentan el órgano femenino y masculino en la misma flor y las plantas alógamas poseen mecanismos de fecundación cruzada tales como insectos polinizadores y viento (Figura 4).

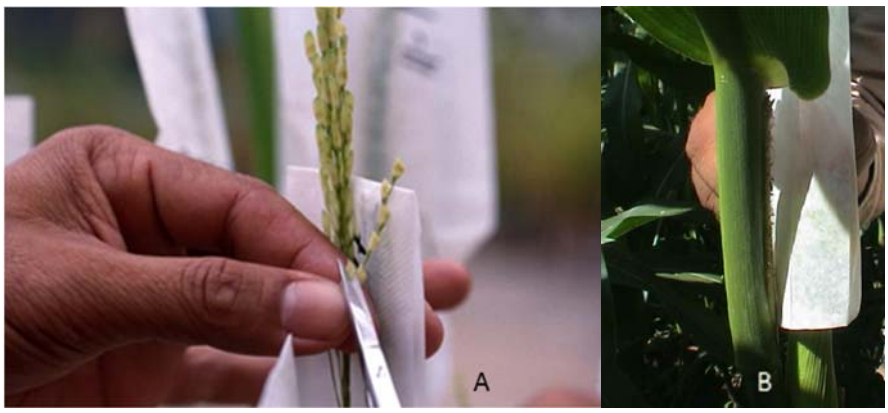


Figura 4. Cruces dirigidos en arroz (autógama) y maíz (alógama): A) Emasculación de anteras en flores madres de arroz, B) Barrera física para evitar la fecundación de óvulos con polen extraño en mazorca de maíz

Una vez conocidos los objetivos del mejoramiento y el sistema de reproducción de la especie se definirá el método de mejoramiento. Existen muchos métodos los cuales tienen sus ventajas y desventajas, el método que se utilice dependerá de la naturaleza del carácter de interés, el modo de herencia y la variabilidad presente o disponible. Los métodos más usados son (Vallejo-Cabrera y Estrada-Salazar, 2002):

- **Genealógico o de Pedigrí:** Obtenidos al cruzar dos progenitores conocidos y consiste en seleccionar genotipos superiores a partir de la segunda generación (F2).
- **Retrocruce:** Es un método para mejorar variedades que son sobresalientes en un buen número de aspectos y deficiente en pocos, ha sido utilizado de forma extensiva para transferir resistencia a insectos y enfermedades.
- **Selección recurrente:** Es un método de selección donde los individuos seleccionados de una población son cruzados entre sí para obtener una población que será usada para un nuevo ciclo de recombinación. El objetivo de este método es favorecer la acumulación de genes favorables evitando la homocigosis.
- **Híbridos:** Es la cruza entre dos líneas puras donde la descendencia es superior a los padres.

Durante todo el proceso de mejoramiento los fitomejoradores aplican el arte de la selección visual, tal como se ha hecho históricamente al domesticar los cultivos, donde la capacidad de poder diferenciar o identificar genotipos superiores se logra con un conocimiento profundo del cultivo y la experiencia. Para aumentar la eficiencia de selección se establecen ensayos bajo diseños experimentales, aplican índices de selección y se apoyan en equipos multidisciplinarios donde participan biotecnológos, agro industriales, especialistas en alimentos y fitopatólogos, entre otros.

Bibliografía:

Chacón-Sánchez, MI. (2009). Darwin y la domesticación de plantas en las Américas: el caso del maíz y el frijol. Acta biol. Colomb. 14(1):351-364.

Díaz-Guillén, F. (2010). El proceso de domesticación de las plantas. Casa del Tiempo (28):66-69.

Malacarne, F. (s.f.). Una breve historia del mejoramiento de los cultivos. Asociación de Semilleros Argentinos. 25 p. Consultado el 17 de julio de 2016. Disponible en: http://asabiotecnologia.com.ar/uploads/seccionarchivo/Una_breve_historia_del_mejoramiento_de_cvos.pdf

Vallejo-Cabrera, FA; Estrada-Salazar, EI. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 402p.

Murciélagos y dinosaurios voladores

Los murciélagos son mamíferos que pueden formar grandes colonias; corresponde al segundo grupo, después de los roedores, con mayor riqueza de especies (+1200). Además, juegan papeles importantes en los bosques actuando como polinizadores, reguladores de poblaciones de organismos pequeños (insectos y vertebrados), depredadores y dispersores de semillas. Estos mamíferos ocupan amplia variedad de refugios naturales y/o de estructuras hechas por el hombre como cuevas, minas, entre grietas de rocas, árboles (troncos huecos y follaje), nidos, termiteros, casas, edificios y puentes. Así como otros grupos de organismos, los murciélagos no están exentos de los desmanes del hombre. La destrucción, tanto de poblaciones como de sus refugios, los pone en la lista de protección. Para México se han reportado casi 140 especies, de las cuales 55 se distribuyen en Campeche. Sin embargo, aún existe desconocimiento del grupo. Por ello, es el interés de difundir los beneficios que los murciélagos aportan al ecosistema, por qué estudiarlos y conservarlos.

El caso de las aves, otro grupo de vertebrados muy diverso, contrapone y complementa las funciones ecológicas, que junto con los murciélagos, ejercen en los ecosistemas. Con más de 10000 especies registradas en el mundo, 1150 para México y alrededor 500 para Campeche, reflejan variedad de formas y funciones ecológicas. En este último punto, ambos grupos biológicos comparten funciones ecológicas, solo que las aves en el día básicamente y los murciélagos en la noche.

Una de las herramientas para estudiar los murciélagos y otros seres vivos son las grabaciones de los sonidos que emiten. Los sonidos producidos por la naturaleza pueden ser clasificados en audibles al oído humano (sonidos como tal) y los no audibles al oído humano como los producidos por murciélagos, ballenas, delfines, insectos entre otros (ultrasonidos).

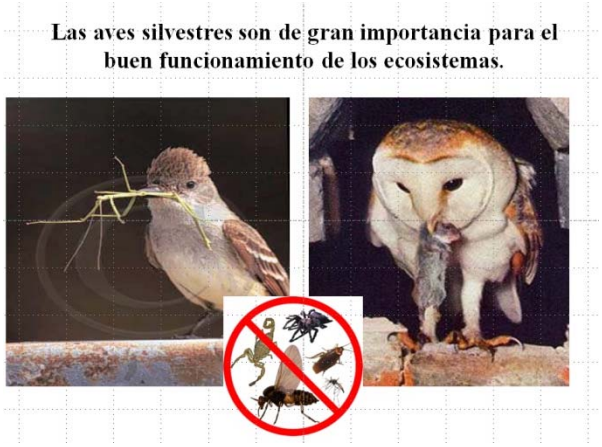
El curso tiene como propósito enseñar a capturar e identificar especies de aves y murciélagos locales a través del empleo de técnicas de muestreo, así como resaltar su importancia en el equilibrio de los ecosistemas y su conservación. Para lograr este propósito se revisaran 11 temas con los cuales se ampliará el conocimiento sobre las aves y los murciélagos.

TEMAS

I. Importancia económica y ecológica de los murciélagos

Importancia de los murciélagos en los cultivos foto proveniente de http://www.fumigacionesylegionellabilbao.com/aportacion-de-los-murcielagos-al-control-de-plagas/

II. Importancia económica y ecológica de las aves



En estos dos temas se proporcionará una visión de como ambos grupos de animales contribuyen al mantenimiento de los ecosistemas. Por citar dos ejemplos: los que se alimentan de insectos ayudan con el equilibrio de grandes poblaciones de insectos que pueden ser dañinos a cultivos y por lo tanto afectar la economía del hombre. En tanto, los que dispersan las semillas ayudan en la reforestación, recuperación, de las selvas y bosques.

III. Técnicas de captura y observación de aves y murciélagos

IV. Identificación de aves y murciélagos

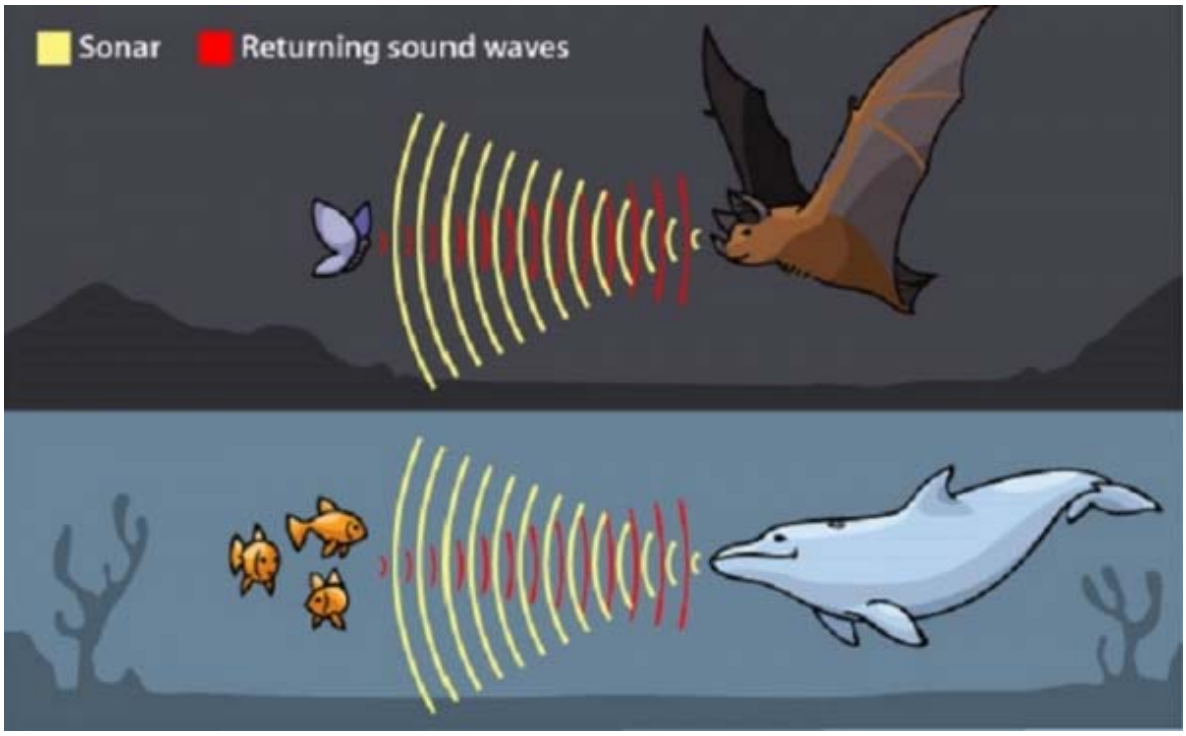
En estos dos temas se expondrá las formas de como se capturan y observan las aves, así como su identificarlos. El dicho dice "más vale pájaro en manos que cientos volando". La riqueza morfológica de las aves y murciélagos es enorme, por lo que es importante enseñar a los interesados a identificar organismos según sea el propósito como enlistar, análisis de la conducta social y distinguir especies amenazadas, entre otras.

V. Refugios

Tanto las aves como los murciélagos usan una gran diversas de refugios entre los que encontramos cuevas, árboles con mucho follaje, hojas grandes modificadas, troncos huecos, construcciones abandonadas, entre otras cosas. Algunas veces comporten el refugio.

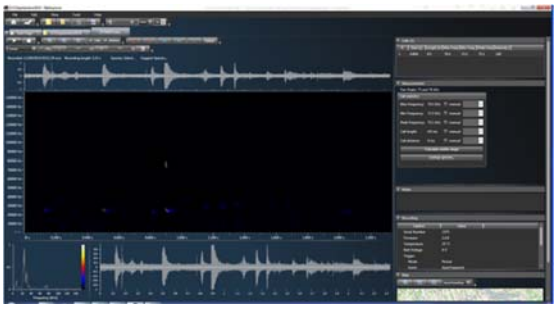
VI. Sonidos de aves y murciélagos

Equipo de grabación de aves y de murciélagos



VII. Estudios de caso

Cada una de las especies de aves y murciélagos poseen un sonido que los identifica. Lo primero que se diferencia es que las aves producen sonidos audibles al oído humano (20 a 20000 Hz), por el contrario los murciélagos emiten sonidos de alta frecuencia (12 a 200 kHz). Con equipo específico en ambos grupos se mostrará uso y análisis del sonido.



VIII. Colecciones

Una colección científica concentra ejemplares disecados para tenerlos como evidencia biológica pertenecientes a una región. El uso de estos ejemplares es diverso como ser fuente primaria de consulta para la investigación científica y en la educación ambiental, entre otras.

IX. Uso de las aves y los murciélagos por la sociedad humana

X. Protección de las aves y murciélagos (NOM, CITES, MER y entre otros)

En estos temas se proporcionará información sobre como las aves y los murciélagos han sido integrado en la vida del humano. En el caso de las aves el obtener estructuras par ornamentar su vestidura y mal entendido de los murciélagos al relacionarlos con cuestiones malignas. Otras actividades antrópicas como la deforestación y destrucción directa de las cuevas han puesto en peligro la permanencia de las especies. Se dará un panorama sobre la protección de los grupos.

Estado de conservación según CITES

XI. Prácticas de campo

La experiencia de campo es importante para obtener la información directa de las aves y los murciélagos mediante el uso de diferentes técnicas de muestreo. Las usada y fácil son las redes de nylon. Para generar un inventario completo se debe usar varias técnicas complementarias como grabación de sonidos, revisión de refugios, trampas arpas y redes de dosel, entre otras.

Nota. Al menos se requiere cada integrante tenga una lámpara de cabeza y guantes.

La comunicación sonora es una herramienta esencial en la vida de animales ya que les permite evitar depredadores, buscar pareja y alimento, delimitar territorios, establecer lazos sociales, entre otros.

Dada la gran diversidad biológica de nuestro país, el potencial de investigación en la bioacústica es ilimitado. En este aspecto, la utilización de los sonidos es crucial, para ayudar a determinar las unidades de biodiversidad que se desean conservar, evaluar hábitats críticos; en el área de la sistemática, con los sonidos no-aprendidos, se identifican nuevas especies, o se conocen las diferencias geográficas a nivel de especie o poblacionales. Entre algunas temáticas que se están trabajando en bioacústica se encuentran las estrategias de desarrollo vocal, cómo el aprendizaje vocal ha evolucionado, duetos, patrones de cantos, patrones de especiación, selección sexual y la evolución de “despliegues” vocales, el papel de las vocalizaciones en sociedades de animales complejas, los patrones de variación geográfica, trabajos comparativos entre trópicos y áreas templadas, grupos únicos y papel de interacciones interespecíficas en la evolución de señales.

La variabilidad acústica también se presenta en los seres humanos ¿Cómo es esta variabilidad? ¿Todos los seres humanos tienen la misma frecuencia de voz? En este taller aprenderás sobre las características de tu voz y cómo esta variabilidad se aplica el estudio del sonido en los seres vivos.

Notas