

# UNIDAD 1

---

## LA BIOLOGÍA Y SUS DISCIPLINAS

### Contenidos:

- ¿Qué estudia la Biología?
- La Biología como ciencia
- Las Ciencias Biológicas a lo largo de la Historia
- Los ámbitos de estudio de la Biología



**ARTÍCULO DE ANÁLISIS Y DEBATE****EL TRÁNSITO DESDE LA CIENCIA BÁSICA A LA TECNOLOGÍA: LA BIOLOGÍA COMO MODELO****ALDO GONZÁLEZ BECERRA**

Centro de Investigaciones Biológicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), de España. REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN. N° 18 (1998), págs. 91-106

El conjunto de las ciencias básicas (matemáticas, física, química y biología) ha tenido períodos de luces y sombras en el desarrollo histórico de la raza humana, dependiendo algunas veces de genialidades que han contribuido a dar saltos cualitativos y significativos avances. Estos avances han coincidido normalmente con un adecuado aporte económicosocial, pero también con períodos de crisis de los sistemas, en los que se ha puesto a prueba la capacidad de sobreponerse a imprevistos o catástrofes.

Esto ha originado que desde los tiempos de Pasteur se hablase de la ciencia y sus aplicaciones. Conceptos más modernos han centrado esta problemática dividiendo el campo entre ciencia básica, ciencia aplicada y tecnología. Aún hoy, no es fácil delimitar las fronteras entre estas grandes vigas maestras, donde se apoya y desde donde emerge el conocimiento.

**1. Introducción**

Quizás ha sido Konrad Lorenz el que ha puesto la adquisición del conocimiento al nivel de una ciencia de la naturaleza, tratando con ello de buscar una conexión con la realidad plausible. La teoría del conocimiento moderno, que se inicia con John Locke, va incorporando a través de su desarrollo una tendencia positivista y últimamente evolucionista. De tal forma se configura una pregunta fundamental: ¿de qué manera se adquiere conocimiento? La biología, por su parte, inquiriere cómo nace el conocimiento a partir de sí mismo. Y esta es la relación mínima que se establece entre la biología y la teoría del conocimiento (Riedl, 1983). Esta pequeña introducción, en la que se solapan algunos fundamentos de la filosofía moderna con la biología, se inserta en la dinámica propia de esta última como disciplina que crea conocimiento, al igual que la química, la física y las matemáticas, sin distinguir los grados de aproximación entre ellas y su capacidad para sumergirse en el campo de la abstracción misma. Sin embargo, no es posible concebir la puesta en marcha de un avance tecnológico sin disponer de los sólidos cimientos que aportan las ciencias básicas por separado. Más recientemente, como se ha podido evidenciar, se van produciendo puentes de aproximación en los que el soporte de una línea de trabajo se encuentra en los puntos de interacción entre dos ciencias. Este nuevo concepto es la multidisciplinariedad, palabra larga y compleja en contenido porque recoge teoría y experimentación de dos o más áreas de investigación, dando lugar a acoplamientos perfectos, en cuyos vértices se produce estimulación de la creatividad. La creación de conocimiento en las ciencias no tiende a admitir como verdad conceptos vagos ni imprecisiones cuantitativas; la forma más común está constituida por evidencias experimentales, que son vertebradas y comprendidas mediante factos lógicos.

Los resultados del avance científico en la unidad que ha venido funcionando desde hace siglos, la nación o el Estado, pueden ser medibles teniendo en cuenta los factores que inciden en el desarrollo de los países.

Tal desarrollo, que también se puede determinar, ha dado lugar a que se produzca una distribución entre países con capacidad para crear conocimiento y otros que casi no disponen de él; entre estos extremos se encuentran comprendidas todas las gradaciones. Un reciente ensayo del premio Nobel, Perutz (1991), en el que hace un análisis del impacto de la ciencia sobre algunos ámbitos que refuerzan la calidad de vida de las sociedades, concluye que el avance científico promovido por la investigación se ha producido en el área sanitaria, en la producción de alimentos, en el problema energético y en el del crecimiento de la población. En un artículo de Renart (1995) se señala que el desarrollo científico de un país es un parámetro indicador de la riqueza del mismo, tanto más cuanto que este desarrollo es la causa y no la consecuencia del desarrollo de los países.

Vista desde este ángulo, la relación entre sociedad-ciencia-tecnología y calidad de vida se sitúa sobre un eje en el que no es posible alcanzar el último paso antes de haber realizado un esfuerzo del conjunto social para establecer las bases de un desarrollo científico ordenado y sistemático que permita crear conocimiento. La biología, cuyo auge en este último medio siglo ha sido destacado, es un buen modelo de cómo una disciplina científica puede permear diferentes fases del quehacer social.

La biología es un ejemplo útil que indica cómo a partir de la creación de conocimiento y de su consistente transformación en tecnología, ha permitido elevar los índices de calidad de vida, logrando a su vez una optimización del uso de los recursos disponibles de cada país. Los países que forman parte de lo que se ha dado en llamar primer mundo han adquirido capacidad económica para la compra y disfrute de infraestructura e insumos de los que no disponían, ya fuera por razones geográficas (países nórdicos), de extensión territorial (Europa occidental) o por estar sujetos a la acción de agentes orográficos o geológicos (países bajos, Japón); sin embargo, pueden adquirir alimentos, minerales, maderas, etc., que no pueden producir por sí mismos: esa acumulación de capital se realiza en gran parte mediante la venta de tecnologías a los países terceros. Tal trueque, que en un comienzo fue sólo mercantil, ha terminado induciendo tremendas desigualdades que mantienen verdaderos círculos viciosos entre países independientes y dependientes.

## 2. Aplicaciones de la biología en nuevos ámbitos

Las ciencias biológicas, que son nuestro modelo de análisis, han impulsado el desarrollo en todos los ámbitos del quehacer humano: nuevos fármacos, vacunas, cirugía especializada, diagnóstico y prevención de enfermedades en hombres, plantas y animales, nuevas cepas de organismos vivos de uso agrícola, ganadero y forestal, reparación del medio ambiente, etc., por solo nombrar algunos tópicos de actualidad.

En campos tan alejados de la actividad científica como son los temas judiciales, se ha hecho presente y hasta allí ha alcanzado su influencia.

Hoy día a nadie le llama la atención que un juez solicite la aplicación de técnicas de PCR (Polychain enzyme reaction) para comparar el ADN de un supuesto agresor y dictar sentencia sobre un asesinato, o simplemente para determinar la paternidad responsable, identificar cadáveres calcinados por el fuego, semidestruídos por agentes químicos o destrozados en accidentes de tráfico.

Por ello mismo, es bueno manifestar que la propia sociedad debe crear los mecanismos para regular esta nueva afluencia de medios que proporcionan las nuevas tecnologías, con vista a que finalmente redunden en beneficio de la raza humana y se rijan por los estrictos cauces de la ética. Propugnar un avance en la investigación sin tener en cuenta estos aspectos fundamentales, creemos que cuando menos supondría una actitud irresponsable.

La biología, en el concepto globalizador más reciente, busca sus cauces en la interdisciplinariedad de sus tareas y en una estrecha relación con las otras ciencias básicas, matemáticas, física y química, fundamentalmente por la inabarcabilidad del conocimiento que se produce cada día en los laboratorios de los países que se van incorporando a las nuevas disciplinas. En este sentido, la biotecnología ofrece el modelo más integrador, donde concluye e interactúa un conjunto de disciplinas entre las que se da un fuerte componente de interdependencia con la ingeniería genética (Muñoz, 1995).

### **3. Disciplinas viejas-disciplinas nuevas y su relación con el entorno natural**

La biología, como todas las ciencias en su devenir histórico, ha ido construyendo un acervo de conocimientos por acumulación, pero quizás éste no sea su mayor tesoro ni su forma más espectacular de obnubilar a la razón humana. Sus saltos cualitativos son los que la sitúan a la cabeza del conocimiento y le permiten escudriñar en la frontera de lo desconocido.

Un ejemplo claro ha sido la taxonomía (Muñoz, 1992), la vieja madre de las ciencias biológicas, que desde Linneo ordena y clasifica para ir dando forma a la macroestructura organizativa de la naturaleza. La taxonomía contribuyó así al estudio de la función, y a partir de ella a las especialidades, que parecieron ser la solución del siglo XIX, hasta llegar al período de la biología reduccionista donde la taxonomía quedó relegada al oscuro desván de la historia. En tiempos recientes es la biotecnología la que lentamente va reponiendo a la taxonomía a su nuevo sitio, quizás hasta con un cierto protagonismo. Aparecen nuevas especies con las que hay que trabajar de forma urgente, y el biólogo molecular debe saber con certeza qué organismo es el que está manipulando, y debe disponer también de una metodología rápida y moderna que le permita distinguir para saber qué está ordenando. Se produce de este modo una simbiosis y un aporte de las otras especialidades, y hoy la taxonomía invade los campos del ARN, utiliza técnicas de campo pulsado para separar los cromosomas, y hasta causa fascinación cuando se descubre que las viejas especies que estuvieron agrupadas en un mismo género están emparentadas con otras de insospechado origen, y que los patrones morfológicos ya no son barreras seguras e infranqueables. Las especies se siguen comportando de acuerdo con la definición de Mayr, pero hay que cambiar los criterios, revisar los taxones y buscar nuevas metodologías para redefinir criterios con respecto a especies y subespecies en extinción que es necesario conservar para el bien de la humanidad. La misma evolución sitúa el listón de la taxonomía a un nivel alto para responder a los nuevos desafíos que suponen validar o rechazar las teorías y conceptos como la evolución horizontal que, hasta hace un tiempo, eran impensables. Hoy son temas de actualidad en los que trabajan biólogos que han descubierto que los plásmidos son capaces de transportar material genético de unas especies a otras cuando, hasta anteaer, se consideraban como barreras infranqueables.

De igual manera, se podría ejemplificar a través del interés actual por el estudio de la biodiversidad, enfocando su interés no solamente como un mejor conocimiento de todos los seres vivos del planeta, sino también como la posibilidad de poder conseguir beneficios de todo tipo con los seres vivos que se van descubriendo en países donde la investigación básica ha realizado pocos avances. Igualmente, la conservación de esta rica biodiversidad

es una obligación ineludible de la raza humana, concepto que se enlaza directamente con el medio ambiente. Un medio ambiente sometido a agresiones constantes por la colonización de las poblaciones humanas, reducido en sus posibilidades de equilibrio, con tendencia a incrementar la degradación de los ecosistemas, efectos que contribuyen con cierta inmediatez a reducir los índices de biodiversidad. Estudiosos de los fenómenos de catástrofes dan cuenta de este tipo de ruptura de los equilibrios, ya sea por sobrecaptura de las especies (captura indiscriminada de ciertas especies de peces en el Pacífico sur) o, por el contrario, explosión de la natalidad de otras que dilapidan el recurso de sustento (sobrepoblación de elefantes en África).

Ha sido esta nueva faceta de la biología la que ha hecho que actualmente los países del continente iberoamericano constituyan una de las zonas geográficas más interesantes de estudio, dada la importante biodiversidad que poseen y la constante amenaza que se cierne sobre ellos (zonas de guerra, extrema pobreza, explotación irracional de los recursos, etc.). Tanto en la zona del istmo centroamericano como en el África meridional, están ya en peligro de extinción varias especies de animales y de plantas, amenazadas por la actividad antropomórfica. En este último caso, se ha planteado un contencioso por parte de algunos países que consideran como una agresión que países ricos hayan incrementado sus bancos de genes con material originario de su flora. Un articulista de Zimbabwe escribía en un periódico suramericano que «el germoplasma de medio millón de especies vegetales ha sido ‘saqueado’ por países del norte a naciones en desarrollo de África y América del Sur...» (Mutume, 1995), y agregaba: «Más de dos tercios de las especies vegetales del mundo son originarias de países en desarrollo, y el valor de los recursos genéticos de uso medicinal podría llegar a 47.000 millones de dólares para el año 2000».

Estos países han perdido todo control sobre su utilización y las patentes, siendo más grave aún la negación al acceso a estos bancos de genes impuesto por las multinacionales. Plantas de uso agroindustrial que representan millones de dólares para la economía de los países en desarrollo, como el algodón y la soya, han sido manipuladas genéticamente en Estados Unidos y Europa, y posteriormente patentadas, lo que ha causado dificultades para su exportación al norte.

En Nicaragua, en ciertas zonas como las comunidades indígenas de Miskitos, Sumos, Ramas, etc., han convivido en una situación de equilibrio con su entorno natural en los últimos diez mil años, lo que les ha permitido obtener alimentación, medicinas, habitación y niveles básicos de calidad de vida haciendo uso de los recursos hídricos y de la capa vegetal. En otras zonas, el crecimiento de la población, que carece de los medios tecnológicos y del capital humano para la explotación racional de los recursos, crea un efecto negativo en el medio ambiente que rodea a estos asentamientos humanos. En tales casos se producen fenómenos de agresión a los recursos vegetales (selva tropical) para la obtención de suelo de cultivo y de combustible, lo que a su vez, por la labilidad de la estructura del suelo, produce su degradación, ya que son retirados de nutrientes de la capa orgánica. Algunos autores sostienen que la cubierta vegetal de las zonas tropicales se relaciona de una manera extremadamente débil con el suelo donde se implanta y que lo hace a través de fenómenos de simbiosis, como puede ser el de micorrizas. Éste consiste en una interacción positiva entre planta y hongo, en el que la planta alberga en sus tejidos al hongo y, por el contrario, sus raíces infectadas por el micelio (cuerpo) del hongo le permiten obtener nutrientes del suelo que de otra manera le sería imposible poder captar y aprovechar para su nutrición. De esta forma, las plantas alcanzan un mayor desarrollo, mejoran su resistencia a las plagas y elevan su rendimiento en calidad y cantidad de madera. Por el contrario, si se elimina la capa vegetal por tala indiscriminada, la alta pluviosidad de la zona arrastra el débil manto de materia vegetal y se pierde la capacidad de regeneración del suelo, dando paso a los primeros síntomas de erosión y haciendo imposible la restitución de la capa vegetal de origen.

En una etapa más avanzada en la estructuración de un ecosistema, se puede producir una ruptura de los ciclos biogeoquímicos, apareciendo los primeros síntomas de las catástrofes biológicas. Como es bien sabido, los productores primarios, que en los ecosistemas terrestres son los árboles, albergan faunas de consumidores primarios que son la fauna herbívora y la frugívora, además de la microfauna del suelo que corresponde a insectos saprófagos. Todos ellos se ven amenazados de inmediato en cuanto el recurso de sostén que es el suelo comienza un ciclo de destrucción. Tanto unos como otros son, a su vez, eslabones anteriores que permiten la implantación de consumidores secundarios y terciarios. Al desaparecer los primeros, se producen migraciones y en los casos de dificultad de desplazamiento estas poblaciones se ven amenazadas de extinción. En resumen, en una agresión a un ecosistema hay un constante ataque a las especies y una constante amenaza de disminución de la biodiversidad.

De otro lado, está el factor que tiene que ver con la supervivencia de las poblaciones humanas. Las autoridades de estos países deben considerar si aplican normativas para evitar la agresión medioambiental o ponen a estas poblaciones en condiciones mínimas de supervivencia al no poder sembrar maíz y coger madera para construir viviendas y preparar alimentos.

En tan lamentables condiciones que conforman la realidad de estas sociedades, el problema es la reducción notable de la biodiversidad: el dilema aparece sin solución en el horizonte próximo, por lo menos hasta la fecha. La única conclusión que podemos obtener es que biodiversidad y subdesarrollo son incompatibles. Parece que nos estamos aproximando a la hora en que las sociedades industrializadas van a tener que sopesar, entre sus políticas de cooperación, incluir líneas de acción para restablecer los equilibrios en las zonas deprimidas donde la destrucción de la biodiversidad ha pasado de ser una simple amenaza a constituirse en parte de una realidad. Como aporte positivo, la biología dispone de herramientas para inventariar y cooperar en la reparación de los ciclos dañados para restablecer el equilibrio entre las especies. Sin embargo, la evaluación del impacto ambiental, tanto desde el punto de vista de la actividad antropomórfica negativa como desde la implantación de industrias para impulsar el desarrollo, debe tener en cuenta el apoyo de las ciencias sociales. Sin contar con estos factores será imposible lograr que la sociedad en su conjunto se haga cargo de esta problemática (no hablamos sólo de zonas deprimidas).

En el entorno de los países desarrollados, estas sociedades, con más medios a su alcance, no han logrado garantizar un desarrollo sostenido en armonía con el medio ambiente. En cualquiera de los casos, se hace imprescindible desarrollar una conciencia social que sea capaz de involucrar a las poblaciones humanas en mantener los equilibrios con la naturaleza. Estos conceptos se recogen en determinadas sociedades como ecologismo. No obstante, creo pertinente señalar que la ecología es una ciencia cuantitativa que se preocupa del estudio del funcionamiento de los ecosistemas, y que lo que se echa en falta es la puesta en práctica de una política medioambiental que debe ser reflejo de una sociedad con las suficientes luces históricas como para comprender que las poblaciones humanas tienen una estricta dependencia de los sistemas donde están insertas, lo que hace que su deber sea tratar de mantener un equilibrio razonable con ellos dentro de sus posibilidades. El concepto general es introducir un manejo adecuado de los ecosistemas como recurso renovable para asegurar su permanencia. Esta conceptualización del medio ambiente como universo de procesos lábiles y limitados fue una cuestión que marcó la supervivencia de nuestros antepasados sin tener que recurrir a profundos análisis; lo esperable de las sociedades contemporáneas es que sepan rescatar dichos modos de hacer, de producir y de relacionarse con el medio ambiente, sin inducir procesos irreversibles de destrucción de los medios de subsistencia. En tal sentido, la biotecnología ambiental puede cumplir un papel relevante para detectar, prevenir y remediar la emisión de contaminantes, evitando la destrucción de los equilibrios



en los países desarrollados y corrigiendo los errores cometidos por estos en los países terceros cuando asuman mayores niveles de desarrollo (FEB, 1994b).

#### 4. La intromisión de la biología actual en la salud

Los estudios del proyecto genoma humano (PGH), que en su inicio no fue más que la osadía de un grupo de científicos para introducir la curiosidad en los mecanismos básicos de regeneración de la propia especie, van echando luces poco a poco sobre errores genéticos y enfermedades que hace no más de diez años aparecían con una etiología indefinida. Los tres objetivos a cubrir por el PGH fueron: un mapa genético de las posiciones relativas de los genes, un mapa físico de las posiciones reales, y la determinación de la secuencia de las bases del ADN (FEB, 1995).

Todos los humanos somos portadores de un genoma muy parecido, pero las mutaciones de su propio ADN son las responsables de las diferencias. Si estas diferencias están localizadas en una parte importante del ADN, se puede producir una interrupción de la actividad biológica normal generando lo que conocemos como enfermedad genética, que corresponde a trastornos o deficiencias que son propios del individuo y que están determinados por la conformación de su ADN.

A partir de aquí se ha creado la terapia génica, que ha ido ganando cuerpo con la aplicación de las técnicas de transferencia génica. Las aplicaciones pueden dirigirse a campos como el tratamiento del cáncer y las enfermedades infecciosas (ej., en casos de tanta actualidad como el SIDA). Sin embargo, cuando se habla de este tema es necesario hacer referencia a dos formas de atacar el problema: una es la terapia somática, que se aplica mediante la transferencia de genes (uno o varios) a células corporales, y su efecto incide sólo sobre el paciente. La otra es la terapia genética germinal que se aplica a las células germinales del individuo, con lo que se podría variar la configuración genética de las células sexuales y transmitir dichos caracteres a las futuras generaciones. Esta segunda terapia tiene profundas implicaciones éticas y morales, estando prohibida actualmente en todos los países.

El factor de interdisciplinariedad en áreas muy definidas de la biología molecular, como es la transferencia génica, debe concentrar esfuerzos para resolver los problemas prácticos que crea el nuevo conocimiento, como son: el mejor percibimiento de los sistemas de trasplante de células implicadas en la reconstitución, el desarrollo y mejora de técnicas de transferencia de genes, las consecuencias de la introducción de células que producen proteínas que se comportan como extrañas, el mejor entendimiento de los factores que controlan la expresión de genes introducidos en células somáticas (Muñoz, 1992).

Los últimos avances en materia de trasplantes han comenzado a utilizar células de cordón umbilical que contienen aproximadamente unos 100 cc de sangre placentaria, con células precursoras del sistema sanguíneo capaces de crecer y con unas características que aumentan la compatibilidad con el receptor, disminuyendo el rechazo que se da con frecuencia en los trasplantes de médula ósea aplicados al tratamiento de linfomas, leucemias y algunos tipos de anemias (El País, 1996). En varios países se han puesto en marcha bancos privados en los que se almacenan todos los cordones umbilicales de los recién nacidos, con vistas a servir al niño donante, en primer lugar, y luego a otros usuarios.

Un reciente hallazgo, destacado por la prensa, hace referencia a las características del gen BRCA-2, responsable en un 10% de los cánceres de mama y de ovario, que actúa de forma



silenciosa, es decir, pasa de una generación a otra sin manifestarse hasta que aparece la enfermedad; a estos genes inactivados por causas que se desconocen también se les ha llamado genes dormidos. Su detección, aislamiento y caracterización han contribuido a esclarecer su función como agentes etiológicos de este tipo de cáncer, ya que muchas mujeres pueden ser portadoras de este gen mutante pero no llegan a padecer la enfermedad. La detección por técnicas de biología molecular es una nueva vía para el tratamiento y prevención de esos tipos de cáncer (El País, 1996).

Esta verdadera estampida de los avances en biología molecular y en ingeniería genética está conduciendo a la idea de patentar series de genes humanos. Creemos que de forma paralela se deben introducir criterios que regulen y modulen el alcance de los mismos para que dicha biología y la que se haga a partir del año 2000 tengan abierta una puerta al futuro. En tal aspecto tiene especial influencia la actitud de las empresas, que se muestran renuentes a desarrollar aplicaciones diagnósticas y terapéuticas si sus cuantiosas inversiones no están protegidas mediante patentes. Este es un debate recién abierto por el que habrá que pronunciarse, teniendo en cuenta que se está manipulando la base que da consistencia a la existencia de la propia especie humana.

## 5. Una visión desde la zoología

Los mastozoólogos modernos han comenzado a disponer de herramientas poderosas para interpretar el comportamiento de las especies. Un ejemplo citado por Perutz (1991) nos puede ayudar a comprender cómo evolucionan los conceptos y, a partir de este punto, cómo se ponen en marcha las aplicaciones. El camello y la llama tienen una proximidad como especies pero viven en ambientes diferentes: el primero dispone de una hemoglobina que tiene una afinidad normal por el oxígeno y que está en relación con su tamaño; la llama, que vive en la cordillera de los Andes, ha sufrido una mutación en su ADN, correspondiente a una de las dos cadenas de globina que componen su hemoglobina, dándole a su vez una mayor afinidad por el oxígeno. Tal mutación le significa una ventaja, ya que este animal puede respirar un aire con bajo contenido de oxígeno, lo que le ha permitido que pueda colonizar las alturas andinas. Aquí surge de inmediato la pregunta: ¿fue la alteración del ADN lo que le facilitó colonizar nuevos nichos ecológicos?, o a la inversa, ¿el desplazamiento de la especie a ese ambiente incrementó la presión ambiental creando las condiciones para inducir la mutación produciendo la adaptación? Este sencillo ejemplo pone de manifiesto cómo el estudio de la biología con nuevas herramientas permite dar más explicaciones, pone en tela de juicio conceptos tan establecidos como la teoría de la evolución de las especies enunciada por Darwin y, al mismo tiempo, detecta cambios en los genes que permiten estudiar las ventajas o desventajas de las proteínas que codifican para determinadas funciones e inciden sobre el comportamiento de las especies.

Esta es una manera más de seguir profundizando en el conocimiento de los genes y en sus potencialidades como generadores de formas de vida, sin abandonar la motivación básica de forma creadora de conocimiento, que nunca puede ir en contra de quienes la han puesto en marcha, en este caso la especie humana en su multifacético caleidoscopio de razas y de distribución geográfica.

También hay que reseñar el espectacular avance moderno de la inmunología, que ha tenido importantes repercusiones en la biología básica (anticuerpos monoclonales) y en aplicaciones a la salud humana (trasplantes de órganos) o en control medioambiental (detección de contaminación por pesticidas).

## 6. Cómo se produce el conocimiento en las sociedades más desarrolladas

Las entidades que producen conocimiento científico están insertas en la trama social, y son esencialmente el Estado y las empresas (tabla 1). Esta tipología varía en gran medida dependiendo del país: Japón es el más claro ejemplo en el que la intervención del Estado es inferior a la de las empresas en I + D; en cambio, en Estados Unidos y Europa Occidental el Estado soporta una parte importante de la capacidad investigadora, en especial cuanto más básica es la investigación. Las empresas financian en mayor medida la investigación que supone menor riesgo, resultados a corto plazo y máximo de aplicación, lo que hace que sus características diferencien a una de la otra. Sin embargo, el esfuerzo conjunto de ambos sistemas da como resultado la evolución tecnológica que realimenta el sistema.

Producen Ciencias	Características	Resultados
Estado	Tiempo	Evolución Tecnológica
Empresa	Dirección Orientación Impacto	

**Tabla 1.** Entidades productoras de conocimiento científico, características y resultados

Si se toma como ejemplo la biotecnología, tenemos que en Estados Unidos, que es la actual potencia hegemónica, se hizo una seria apuesta por poner en marcha empresas de alto riesgo, que se crearon con el objetivo de centrarse en aspectos concretos para la obtención de productos específicos, y que tuvieron su origen en los equipos de investigación que procedían de las universidades o centros públicos de investigación. Esta gran iniciativa, que inició su andadura en 1988, se ha venido desarrollando con altibajos. Recientemente, a partir de 1993, se ha detectado un nuevo repunte, pero sigue sin consolidarse.

Los principales productos y sus aplicaciones se resumen en la tabla 2. Los avances de la biotecnología aún no han logrado consolidarse en los mercados, primero por la reticencia de los consumidores a incorporar a sus hábitos sanitarios, culinarios o de protección del medio ambiente organismos (MOMGs) o productos que hayan sido objeto de manipulación genética, cuando además no suponen ventajas económicas especiales para los consumidores (FEB, 1994b).

Actividad Económica	Ámbito	Organismos o Productos	Aplicaciones
Comercialización de Productos	Salud	Humana	Diagnóstico
	Alimento	Animal	Farmacéutico
		Plantas	Semillas-Fertilizantes
Calidad Ambiental	Alimento	Aditivos	Palatabilidad
		Estabilizantes	Conservación
	Enzimas	Degradación	
Microorganismos	Reciclaje		

**Tabla 2.** La biotecnología y las aplicaciones de los productos comercializados en algunos mercados

En Estados Unidos ya comienzan a aparecer a la venta tomates «Flav Savr», que han sido manipulados genéticamente para mantener la turgencia de la piel y facilitar el transporte (FEB, 1994a). Estos productos son expedidos, debidamente etiquetados, en mercados especializados.

Las leyes de Estados Unidos aún siguen a la cabeza de proporcionar una legislación permisiva que admite liberar estirpes o sus productos al medio ambiente sin mayores restricciones. En todas estas materias el resto de países permanece al margen o dispone de una legislación rígida y prohibitiva, como es el caso de Alemania.

## 7. Papel de la innovación en la dinámica ciencia y tecnología

La innovación continúa siendo el factor más versátil y el que produce la realimentación para que la dinámica entre ciencia y tecnología pueda producir conocimiento. El punto de convergencia está en el sector industrial, en el que sería imposible para la ciencia, con su propio esfuerzo aislado, crear las bases para obtener nuevo conocimiento sin disponer de la tecnología. En tiempos recientes, en los que la informática ha invadido todos los campos del quehacer científico, su avance sería impensable sin disponer de la innovación en nuevos materiales para la construcción de ordenadores cada vez más rápidos y de mayor capacidad. La fotónica ha dado su aporte al diseño de aparatos para cuantificar cambios a escala de nanogramos, las tecnologías de uso y aplicación del frío permiten mantener las estirpes a temperaturas inferiores a  $-80^{\circ}\text{C}$ , y así el conjunto de tecnologías que sería largo enumerar son en gran medida la explicación de los ingentes avances de la biología contemporánea (Fig. 1).

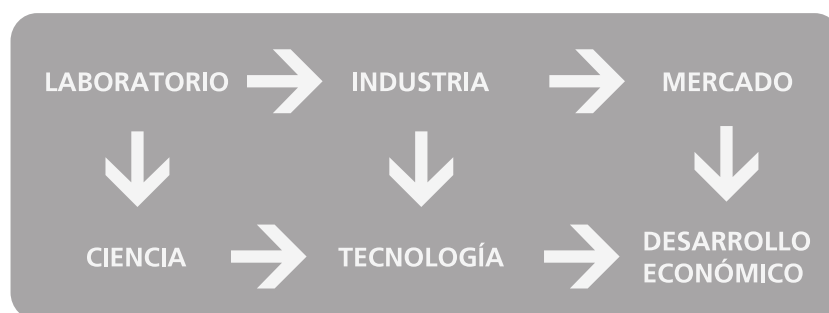


Figura 1. Esquema de las relaciones entre ciencia, tecnología e innovación

## 8. Existe una brecha que separa a los conjuntos sociales

Las actuales formas de medición dejan ver la distancia entre las sociedades a la luz de divisiones físicas o económico-políticas. Así se habla con propiedad de primer mundo y de continentes o subcontinentes deprimidos. A veces en un mismo país hay poblaciones con diferente grado de desarrollo, como es el caso de las costas Atlántica y del Pacífico en Centroamérica, donde incluso los componentes raciales están distribuidos de forma heterogénea y desigual. Las regiones o naciones carecen muchas veces de correspondencia en cuanto a su desarrollo evolutivo desde una perspectiva sociológica, ya que en algunos casos se respetaban las fronteras que separaron etnias o naciones, pero en otros se trazó simplemente una línea para separar territorios que interesaron a los colonizadores cuando esas tierras fueron descubiertas. Los grandes fenómenos socioculturales (India, China, Europa Occidental, Japón, África) no tienen una distribución homogénea y no es fácil analizar cada uno de ellos sin tener en cuenta su desarrollo histórico-socio-político. En Europa, un ejemplo lamentable es el enfrentamiento entre las diferentes etnias que componen la ex-Yugoslavia,

y en África ha ocurrido un fenómeno similar entre tutsis y hutus, lo que sirve de muestra acerca de la diversidad de razas y culturas en la especie humana, dando lugar a situaciones de alta complejidad a las que hay que incorporar gran número de variables que no son sencillas de definir. Lo único relativamente fácil de identificar es que en la actualidad existen tres zonas con altos índices de desarrollo, que son las que concentran casi el 95% de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

América Latina, como bloque, muestra una aproximación a esa descripción de la realidad internacional. Existen, por un lado, países con un buen desarrollo científico y con cierta capacidad para traducir ese avance en tecnología, pero no disponen del conjunto de estructuras para que se mantengan de forma sostenida y puedan competir en mercados internacionales. De esta manera, se ven relegados a la explotación de materias primas que en ocasiones las nuevas tecnologías van dejando obsoletas; por ejemplo, la sustitución del cobre por fibras sintéticas para la conducción de señales electromagnéticas, el clonaje de un gen que codifica una molécula similar al cacao, avances que dejan fuera del mercado las materias primas de uno o varios países. Este desequilibrio de posibilidades para producir tecnología se ha tratado de paliar creando mecanismos que faciliten la transferencia tecnológica, aunque muchas veces este camino se ve entorpecido por problemas de patentes y por los riesgos propios que implica dicha transferencia.

Por otro lado, hay países en los que incluso tal vía se ve obstaculizada porque no disponen de los mecanismos necesarios para que esta tecnología importada se implante, se desarrolle y se sostenga. De ahí emerge la urgente necesidad de realizar un esfuerzo para llevar a cabo una política científica que permita optimizar recursos de acuerdo con las prioridades que se establezcan en los países o en las regiones. Esta propuesta está condicionada fundamentalmente por el alto grado de competitividad que impone el actual desarrollo científico. Aun cuando en los países avanzados hay síntomas de crisis, no se abandonan las prioridades, porque se tiene conciencia de que es el conocimiento el que crea riqueza y no al contrario.

Es evidente que países pequeños, como es el caso de los que integran Europa Occidental, con una elevada tasa de población, no podrían sostener su alto índice de vida si no fuesen capaces de producir conocimiento y traducirlo en tecnología. También es necesario señalar que no es posible dejar toda la responsabilidad al componente científico sin tener en cuenta la promoción del componente social, donde por ejemplo el sector industrial es de gran importancia. No tomar en consideración este matiz puede llevar a producir ciencia elitista desligada de los planes estratégicos del conjunto social.

El pensamiento debe estar dirigido a elevar la capacidad de creación de conocimiento, reforzando el sistema universitario por medio de programas de formación de capital humano, asegurando su posterior inserción en los organismos que hacen ciencia a fin de consolidar los grupos de investigación, y asignando recursos para mantener laboratorios de investigación en líneas de interés que permitan desarrollar avances tecnológicos.

Por esta razón, el esfuerzo en formar personal altamente cualificado debe ser el primer eslabón para hacer ciencia de calidad traducible en tecnología, que permita a esos países la posibilidad de cimentar un desarrollo sostenido.

Es aconsejable formar a los científicos en un contexto donde estén concienciados de la utilidad de la ciencia como fuente de innovación. El científico debe estar abierto a incorporar nuevas líneas y a ser receptivo de la realidad que lo sostiene, a fin de innovar y mejorar los índices de calidad de vida de la sociedad. Y es probable que si no se logra aunar este esfuerzo y conducirlo a través de planes subregionales para optimizar los recursos, los países tengan que fijar a corto plazo un sistema de prioridades que puede resultar más rígido y con me-

nos posibilidades de incorporar un desarrollo científico adecuado a las necesidades de su potencial tecnológico.

De no ser así se corre el riesgo de hipotecar el futuro y quedarse relegado en un rincón de la historia.

En el caso de Iberoamérica es necesario utilizar todos los recursos disponibles provenientes de la cooperación internacional para hacer esta apuesta de futuro. Los países de la Comunidad Iberoamericana disponen de algunas herramientas producto de su devenir histórico, como es la ausencia de barreras lingüísticas. Eso facilita de entrada la búsqueda de conexiones que contribuyan a equilibrar las diferencias y que lentamente deben conducir a reducir otro tipo de barreras que impidan la integración.

Pensamos que siempre va a ser más fácil el diálogo entre dos personas discutiendo sobre la estructura de una proteína y, a partir de este punto, extenderlo hacia otras áreas de intereses económicos o sociales. Por otro lado, tampoco podemos caer en la ingenuidad de creer que la ciencia es neutra. Como todo quehacer humano, está impregnada de luces y sombras que son inseparables compañeras de nuestra especie desde los albores de la civilización.

## Bibliografía

ARGOS, L.: «España ha realizado siete de los 200 trasplantes de células de cordón umbilical del mundo». Diario El País, Madrid, 24.04.1996.

- - - «El gen del cáncer de mama BRCA-2 es silencioso». Diario El País, Madrid, 24.04.1996.

FEDERACIÓN EUROPEA DE BIOTECNOLOGÍA, Grupo de Estudio sobre la percepción de la biotecnología: «Biotecnología en alimentos y bebidas». Boletín 2, enero 1944a.

FEDERACIÓN EUROPEA DE BIOTECNOLOGÍA, Grupo de Estudio sobre la percepción de la biotecnología: «Patentando vida». Boletín 1, junio 1993.

FEDERACIÓN EUROPEA DE BIOTECNOLOGÍA, Grupo de Estudio sobre la percepción de la biotecnología: «La aplicación de la investigación genética humana». Boletín 3, enero 1995.

FEDERACIÓN EUROPEA DE BIOTECNOLOGÍA, Grupo de Estudio sobre la percepción de la biotecnología: «Biotecnología ambiental». Boletín 4, junio 1994b.

IRELA: Ciencia y Tecnología en América Central. Ed. Revel y George Ltd. Manchester, 1993.

LORENZ, K.: La otra cara del espejo. Ensayo para una historia natural del saber humano. Plaza & Janés, Barcelona, 1973.

MUÑOZ, E.: «Aspectos de la biología actual. Filosofía y Biología en acción». Arbor CXLIII, 564: 9-43, 1992.

MUÑOZ, E.: «Ingeniería genética en el sector primario y secundario: beneficios y problemas». Documento IESA 95-01: 1-21, 1995.

MUTUME, G.: «Patentes genéticas acorralan a agricultores del sur». Diario El Universal, Caracas (27.09.95), 1995.

PERUT, M.: Is Science Necessary? Oxford Univ, Press, 1991.

RENART, J.: «¿Es la ciencia necesaria?», Diario El País, 1995.

RIEDL, R.: Biología del conocimiento. Los fundamentos filogenéticos de la razón. Ed. Labor Universitaria, S.A. Barcelona, 1983.

# LA BIOLOGÍA Y SUS DISCIPLINAS

## GUÍA DE ACTIVIDADES

### Actividad 1

#### a. A modo de introducción comenzaremos con esta lectura...

Si compartimos la opinión de que la Tierra y el resto de los planetas del Sistema Solar tienen el mismo origen y se formaron aproximadamente al mismo tiempo, surge la pregunta de por qué planetas como Venus, Tierra y Marte que en su origen pudieron haber sido muy similares en su aspecto físico, hoy son tan diferentes.

O bien preguntarnos ¿Por qué sólo uno de aquellos planetas es rebosante en vida? Debemos entonces, analizar sus características distintivas.

**Venus** – Posee un diámetro de unos 12.300 km, una masa 0,82 veces la masa de la Tierra, una atmósfera muy densa, una temperatura global de 470 °C, una presión atmosférica 90 veces superior a la de la Tierra. Actualmente carece de agua la cual habría perdido por el efecto de calentamiento global.

**Marte** – Posee un diámetro de 6.790 km, una masa de 0,107 veces la masa terrestre, una delgada atmósfera de dióxido de carbono, una temperatura global de 60 °C bajo cero. No hay agua en estado líquido pero sí hielo en los casquetes polares.

**Tierra** – Posee un diámetro de 12.756,76 km, una atmósfera constituida principalmente de nitrógeno y en menor proporción oxígeno, una temperatura global de 15 °C. Existe agua principalmente en estado líquido. Además la superficie es cambiante.

Si comparamos los tres planetas resulta:

- La Tierra tiene un clima moderado.
- La Tierra tiene una gruesa capa atmosférica.
- La Tierra tiene agua predominantemente en estado líquido.
- La Tierra está plagada de vida.

¿La Tierra es así y por eso estamos nosotros?, o ¿la Tierra es así porque estamos nosotros?

#### → Oxígeno y vida

En primer lugar no había oxígeno atmosférico, su presencia habría sido fatal para los primeros seres vivos. El oxígeno es un producto de la propia vida.

#### → Agua y vida

El agua es el medio donde se disuelven y agrupan las moléculas orgánicas y los minerales necesarios para formar las estructuras celulares y desarrollar funciones vitales. No conocemos otro medio capaz de hacerlo. Se piensa que el origen de la vida ocurrió en el agua y muy tardíamente surgieron los primeros organismos terrestres y aéreos.

→ **Clima y vida**

El agua tiene un estrecho rango de temperatura dentro del cual permanece en estado líquido (0-100 °C). Por lo tanto la mayoría de las formas de vida que dependen del agua líquida, sólo pueden subsistir en aquel rango de temperatura.

En una atmósfera primitiva carente de oxígeno, donde el gas carbónico era el principal componente, el efecto invernadero fue de gran importancia para el surgimiento de la vida, ya que permitió que la temperatura no fuera extremadamente baja.

→ **Cambios en la Tierra y vida**

Ninguna de las características de la Tierra se ha mantenido inalterable a lo largo de la historia.

La transformación de la composición atmosférica está directamente relacionada con la aparición y desarrollo de los organismos vivos. Una atmósfera con oxígeno dio lugar a seres de respiración aeróbica y a la capa de ozono. Siendo los seres vivos sistemas abiertos que para su subsistencia dependen del intercambio permanente de materia y energía con el medio, las modificaciones de las condiciones en ese medio tienen que haber producido ajustes en el tipo y la cantidad de seres que lo habitaban.

La Tierra cambia lenta pero inexorablemente. Se originó hace unos 4.500 millones de años por agregación de materia sólida. Se encuentra formada por tres partes. Núcleo (fundido y denso), Manto (grueso y liviano) y Corteza (fina y de densidad baja). Es un planeta activo ya que sufre constantes cambios geológicos tales como deriva de continentes y deformaciones de la corteza. El tamaño es importante en relación a la manutención de núcleo fundido que determinan los cambios geológicos; y en relación al mantenimiento del campo gravitacional suficiente como para mantener océanos y una atmósfera.

Si observamos una fotografía de un paisaje y se nos pide que clasifiquemos a los elementos entre los de origen natural y de origen artificial, quizás nos resulte fácil hacer la separación. El siguiente paso es que clasifiquemos a los elementos de origen natural en las categorías: origen biológico y origen no biológico.

Nuestra intuición nos llevaría a agrupar a los de origen no biológico como **inertes**, estableciendo que obedecen a leyes específicas, en un sentido puramente mecánico (rocas, agua de océanos, arenas del desierto). En el otro grupo, es decir de origen biológico, agruparemos a los seres **vivos** u organismos, estableciendo que en esa categoría caben una riquísima variedad (plantas, animales y microorganismos).

Pero... ¿Cómo reconocemos que un objeto es un ser vivo? Surge la pregunta... ¿Qué es la vida? Interrogante que plantea un dilema nada trivial.

El tratar de definir el concepto de vida dividió la opinión de los científicos en dos corrientes:

→ La corriente **vitalista**, que considera que la vida queda determinada por la existencia de una fuerza particular, independiente de las leyes que rigen y explican al resto del Universo. Esta postura no conduce a la investigación científica ya que niega el poder de la misma para penetrar el "misterio de la vida".



→ La corriente **mecanicista**, que considera que los seres vivos pueden ser estudiados con los mismos métodos y razonamiento con el que son estudiados los mecanismos fabricados por el hombre. Esta postura fue la que más aporte dio acerca del fenómeno de la vida.

La corriente mecanicista abre la posibilidad de entender a los seres vivos como SISTEMAS. Las primeras nociones sobre la Teoría de los sistemas generales corresponden a un biólogo Karl Ludwing von Bertalanffy (1901-1972) en el año 1952, definiendo a un sistema como el conjunto de elementos en interacción. Los seres vivos actúan como **sistemas abiertos**, ya que mantienen un vínculo estrecho con el entorno y, por lo tanto se produce un intercambio permanente tanto de materia como de energía con el mismo.

Pero volviendo a la pregunta inicial... ¿Qué es la vida? ¿Qué es la muerte? Las respuestas pueden ser diferentes dependiendo del cristal con que se lo mire (una persona a favor del aborto legal, un médico, un sacerdote católico, un brahmán, etc.). El problema en definirla es que la vida no es algo abstracto.

#### Para discutir entre todos

**b. ¿Por qué es necesario definir qué es la vida? ¿Cómo creen que se responde a esta pregunta?**

## Actividad 2

### Epistemología y Filosofía de la Biología

Los conceptos de epistemología y filosofía de las ciencias se usan a veces como intercambiables, para referirse a reflexiones metacientíficas. Pero en realidad, si bien son ámbitos de estudio relacionados, no son sinónimos. **Epistemología** es la disciplina que trata sobre los problemas del conocimiento científico, las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a su obtención, y los criterios con los cuales se los justifica o valida. La epistemología es por lo tanto el estudio de las condiciones de producción y validación del conocimiento científico; analiza de qué manera los científicos se plantean problemas y las formas en que los resuelven, cambian o abandonan. El conocimiento y evolución del cuerpo teórico y estructura de las teorías de una ciencia particular es objeto también de su estudio. Diferentes corrientes epistemológicas proponen teorías, métodos y conceptos propios o complementarios para este abordaje.

El campo de estudio de la **filosofía de las ciencias** es más amplio. Le compete el análisis de la epistemología misma y los criterios de su fundamentación como disciplina científica. También se ocupa del análisis filosófico de los conceptos y teorías de la ciencia en general, como sistema de conocimiento institucionalizado, y el de las ciencias particulares.

El siglo XX ha sido llamado el siglo de la biología, y el siglo XXI se anunciaba como el siglo de la biotecnología. El impacto de los descubrimientos biológicos en nuestra forma de vida será profundo y, según algunos autores, revolucionario. Interesa estar preparados para los desafíos que se presentan con una formación adecuada, que no sólo es la formación científico técnica, sino la de sus implicancias socioculturales. La **filosofía de la biología** se ocupa de analizar los problemas que propone la biología a la reflexión metacientífica. En su campo de interés se encuentra el análisis de conceptos

claves, como los de adaptación, evolución, función y complejidad. Son objeto de su estudio problemas como la relación cerebro y mente, el debate creacionismo y evolucionismo, y la evaluación ética de la aplicación de los conocimientos biológicos. La filosofía de la biología se pregunta si hay una ética natural evolucionista y si los genes y la sociobiología pueden explicar el comportamiento y las relaciones humanas. También estudia la evolución conceptual de principios fundamentales como la explicación evolucionista, los problemas teleológicos y su relación con el concepto de función y diseño. Sus temas de estudio alcanzan debates más recientes como las relaciones entre el proyecto genoma humano y sus aspectos empíricos, éticos y conceptuales.

Adaptado de Corigliano, M. C.

**a. Relaciona la lectura precedente y el artículo inicial de la Unidad y sintetiza la información presentada. Para ello selecciona alguna de las estrategias o técnicas de estudio que se encuentran en la Unidad 1 del apunte de la asignatura *Ambientación Universitaria*.**

### Actividad 3

**Elijan uno de los anexos 1, 2 o 3 y en grupos resuelvan las siguientes consignas**

- a. Identifica las etapas seguidas por el/los científicos en el trabajo leído.**
- b. Analiza cada etapa y determina la metodología y procedimientos llevados a cabo.**

### Actividad 4

**A partir de la lectura del texto *“El tránsito desde la Ciencia básica a la Tecnología: la Biología como modelo”* (1998. González Becerra, A. Revista Iberoamericana de Educación 18:91-106) identifica al menos 5 preguntas que las Ciencias Biológicas intentan responder a la sociedad actual.**

### Actividad 5

## QUÉ NO SABEMOS LOS GRANDES INTERROGANTES DE LA CIENCIA

Adaptado de Guadalupe Henestrosa<sup>1</sup>,

Los chicos miran al mundo con los ojos asombrados y el espíritu libre de prejuicios; esta virgindad del alma les permite plantear las dudas más obvias, aquellas que ningún adulto se atreve a formular sin sentirse ridículo. Los científicos, aunque ya crecidos, conservan y alimentan esa curiosidad infantil, esta ansia por saber cómo funcionan las cosas, qué hay más allá, por qué el mundo es como es. Y, como niños, se

1. Publicado originalmente en Revista Nueva 331, 1997

lanzan con hipótesis e instrumentos a explicar cada parte de este complejo universo que nos contiene.

Sin embargo, los efluvios del fin de milenio parecen haber convencido a unos cuantos pensadores de la inminencia del fin de la ciencia, así como ya presagiaron el fin de la historia o el fin de las ideologías. uno de ellos es el estadounidense John Horgan, siglo próximo de cursar un período que ha bautizado "Explosión de la ciencia" (comenzando en 1650) y que describe como "una estructura histórica similar a la Edad del Bronce o la Revolución Industrial".

Estos agoreros aseguran que el hombre ya ha contestado muchas de las preguntas básicas que viene haciendo desde que se paró en dos pies, y que los interrogantes que quedan por resolver están bastante acotados. Genética, reacciones nucleares, electromagnetismo, biología molecular: parecería que el conocimiento humano se estuviera acercando al corazón de la verdad.

Sin embargo, esta idea está bastante alejada del pensamiento de los investigadores y, además, ignora por completo la naturaleza del proceso de la inquisición científica. Tal vez no sea conveniente hacer un catálogo de lo que se sabe porque la cantidad de información que maneja la ciencia actual es tal que abrumba y produce la ilusión de que el panorama está completo, de que se acabaron los objetos de investigación. Resulta mucho más estimulante, en cambio, confeccionar una lista de lo que queda por saber, en un humilde reconocimiento de la gigantesca ignorancia de la humanidad, y aceptar que semejante lista siempre estará incompleta, porque es imposible llegar a conocer todo lo que se conoce.

William Harvey, el descubridor de la circulación de la sangre, que vivió en Gran Bretaña en el siglo XVII, afirmaba que "todo lo que sabemos es infinitamente menos que lo que permanece sin descubrir". Quizás, engeguado, podría haber pensado que poco quedaba por conocer más allá de la vasta e imbricada red de vasos sanguíneos que acababa de descubrir. Sin embargo, y aunque los glóbulos rojos, las placas arterioscleróticas y los procesos inmunológicos estaban por ese entonces bien lejos de la más febril imaginación, Harvey, fiel a los principios de la ciencia, conservó su respeto por la incierta maravilla de lo desconocido.

El mecanismo de la investigación es en sí mismo una búsqueda interminable, en la que cada respuesta plantea a su vez miles de nuevas preguntas, como en un infinito juego de cajas chinas; esta cadena de curiosidad va profundizando cada vez más el conocimiento, y el límite de esta inmersión parece el horizonte, que se vuelve a alejar tras cada paso.

Además, la ciencia no es un objeto estático, sino una estructura que se arma y desarma continuamente, a medida que cambian los datos, las técnicas y las circunstancias de los hombres. Se la podría comparar con un edificio que se va construyendo de acuerdo con ciertas reglas: si se cambian los supuestos y las reglamentaciones del juego, el edificio será distinto. Pero aunque las conclusiones y los métodos de la ciencia varíen con el tiempo, siempre quedará en pie la curiosidad humana.

### **Qué, por qué, cómo**

Según Robert Hazen, geofísico del Instituto Carnegie (Washington, Estados Unidos), las dudas de la humanidad pueden clasificarse en tres categorías de preguntas: qué hay allá afuera, cómo (o por qué) se originó y cómo funciona. Los interrogantes sel

primer tipo lanzaron a los exploradores a descubrir continentes en busca de nuevas plantas, animales y minerales. También dispararon la conquista del espacio y del fondo del mar. Del mismo modo, los químicos aislaron nuevos elementos, los astrónomos catalogaron miles y miles de estrellas y los físicos registraron fenómenos inusuales asociados con electricidad y magnetismo.

Pero aún después de siglos de trabajo la mayoría de las estimaciones sugieren que hemos identificado sólo dos por ciento de las especies existentes, la geología apenas ha arañado la superficie del planeta y se han descrito apenas un puñado de las casi mil proteínas producidas por nuestro organismo. Del mismo modo, las combinaciones posibles de los ciento y pico de elementos de la tabla periódica resultan, a los fines prácticos infinitas.

Quizás el más claro ejemplo de esta ignorancia sea la materia oscura. Parece que el universo tangible y visible - casas, perros, planetas, estrellas - representan sólo el uno por ciento de la masa de todo lo que existe pero que es invisible y cuya presencia sólo se evidencia por sus efectos sobre el movimiento de rotación de las estrellas en las galaxias en espiral.

Las explicaciones de los astrofísicos teóricos sobre la existencia de esta materia oscura, que no se ve pero se siente, son abundantes, pero ninguna concluyente. Y menos aún se sabe sobre su naturaleza, composición y comportamiento. Si consideramos que todo nuestro conocimiento se centra en el infinito uno por ciento de la masa que existe y que todo el universo restante permanece ignoto e invisible, virgen al microscopio de la ciencia, seguramente se desechará y nacerá un sentimiento de profunda curiosidad.

El segundo tipo de preguntas ¿cómo se originó?, es el disparador de la Teoría del Big Bang, por ejemplo, que intenta relatar los primeros momentos de todo lo que es. El origen de la vida tal vez sea otro de los interrogantes más apasionantes aunque ya están bastante claros los pasos bioquímicos iniciales, todavía no se sabe cómo de ése caldo de moléculas orgánicas de los mares ancestrales surgió la primera célula. Y aunque también se conteste a esta pregunta, queda por determinar si hay vida en otros puntos del cosmos y cómo fue su origen.

Por último, en el tercer interrogante ¿cómo funciona?, yace el impulso que lleva a los chicos a desarmar sus juguetes para descubrir sus mecanismos internos. Esta necesidad de explicar los misteriosos procesos de la naturaleza ha llevado a la creación de numerosas disciplinas científicas, que intentan echar luz sobre un mar de dudas, cómo evolucionan los seres vivos y las estrellas, cómo se desgastan las rocas, cómo interactúan los átomos entre sí, cómo se reproducen los hongos... Pero quizás el misterio más viejo y más resistente será el proceso por el cual un óvulo fertilizado llega a convertirse en un individuo adulto: a caballo entre la genética, la embriología y la biología molecular.

Sin duda, las preguntas seguirán existiendo mientras haya un hombre para maravillarse con el abanico que se despliega a su alrededor. No importa cuántas se contesten siempre surgirán otras y ése es el motor de la ciencia: sólo basta con observar el mundo con el asombro, la curiosidad y la santa irreverencia con que un niño puede pasar horas mirando un caminito de hormigas en el jardín.

### **Preguntas a rolete**

En su libro *¿Por qué los agujeros negros no son negros?*, Robert Hazen y Maxime Singer enlistaron las catorce preguntas más acuciantes para los científicos de hoy. Estas son:

1. ¿Qué es la materia oscura?
2. ¿Hay un destino final para el Universo?
3. ¿Se puede desarrollar un teoría que explique absolutamente todos los comportamientos de la materia y la energía?
4. ¿Cómo se combinan los átomos?
5. ¿Nos quedaremos sin energía?
6. ¿Qué fenómenos ocurren dentro de la Tierra?
7. ¿Cuántas personas es capaz de mantener un ecosistema terrestre?
8. ¿Cómo se originó la vida en la Tierra?
9. ¿Podremos descifrar completamente el código genético?
10. ¿Cómo se diversificó tanto la vida sobre la Tierra?
11. ¿Cómo se desarrolló un ser humano a partir de una célula?
12. ¿Cuáles son los mecanismos de la memoria?
13. ¿El comportamiento está dictado por los genes?
14. ¿Estamos solos en el Universo?

**a. Habrás notado que este texto es del año 1997, ¿cuáles de estas preguntas piensas que ya han sido respondidas? ¿Podrían surgir nuevas respuestas a estas mismas preguntas?**

**b. ¿Qué preguntas tienes hoy que crees puedas responderte como estudiante de Biología?**

**c. ¿Qué preguntas consideras que hoy las Ciencias Biológicas deben responder a la sociedad? (Enumera al menos 5)**