Artículo en ALAMBIQUE (2008), nº 58, 8-22.
El cuerpo humano: una perspectivasistémica.Pedro Cañal.

**El cuerpo humano como sistema**Partiremos de la idea de sistema como todo ente físico o mental constituido
por un conjunto de elementos que mantienen interacciones entre sí, de
acuerdo con un determinado esquema organizativo que regula los cambios
posibles en el mismo, con lo que se mantiene, así, su identidad. Son sistemas,
por ejemplo, desde un átomo hasta el universo, una célula, una máquina, una
ciudad, el álgebra, una composición musical, la economía, el cuerpo humano,
un cuadro, etc.

Cualquier ser vivo puede y debe ser estudiado, por tanto, no sólo en cuanto a
los componentes o partes que forman su cuerpo, sino también en relación con
las interacciones que estas partes mantienen entre sí y los cambios y esquemas
organizativos relacionados con esas interacciones .
Una célula, por ejemplo, está formada por una serie de componentes
(membranas, orgánulos, diversas moléculas orgánicas e inorgánicas, etc.) que
interaccionan entre sí, lo que va generando cambios estructurales y
funcionales, pero de forma que éstos se mantienen, mientras la célula está
viva, entre unos márgenes regulados por su genoma, en interacción con el
medio en que desarrolla su existencia la célula considerada.

La perspectiva sistémica (GIE, 1991; Cañal, Pozuelos y Travé, 2005, etc.)
permite superar la descripción superficial de elementos de la realidad que
predomina en los currículos disciplinares. La organización sistémica del
conocimiento escolar sobre los seres vivos permite estructurar el saber de
forma relacional, incrementando así su significatividad potencial.

En concreto, en este caso, el enfoque sistémico permite relacionar
lógicamente y organizar los conocimientos biológicos de interés educativo
sobre el cuerpo humano. Y lo hace en torno a los cuatro elementos
metacognitivos antes mencionados: sus componentes anatómicos (provistos
de unidad y diversidad), las interacciones entre esos componentes y del
conjunto con el entorno, las formas de organización que presenta nuestro
organismo y los procesos de cambio que le caracterizan.

La visión sistémica que se expone a continuación, que sigue el modelo de
análisis que desarrollamos en Cañal (2008), nos puede proporcionar un
esquema conceptual reorganizador de nuestros conocimientos profesionales
en este campo, posiblemente también insuficientemente integrados. Se trata de
un esquema interpretativo más complejo que resultará muy útil a la hora de
reflexionar sobre los interrogantes específicos sobre nuestro organismo que
puedan surgir y abordarse en clase.

**Niveles de organización del cuerpo humano**

Cualquier sistema complejo puede presentar varios niveles de organización.
El cuerpo humano es sin duda un sistema complejo y al estudiarlo es preciso
contemplar sus distintos *niveles de organización*. Nuestro cuerpo puede ser
visto y analizado, al mismo tiempo, como un conjunto ordenado de moléculas,
como conjunto de células formando tejidos, como colección de órganos
(formando un organismo) o como integrante de una población de individuos
de nuestra especie en un eco-socio-sistema determinado. A la hora de
reflexionar sobre el conocimiento escolar relativo a la biología humana es
necesario tener en cuenta, en la medida de lo posible y adecuado en cada
etapa, cada uno de estos niveles de organización.
El nivel de organismo es sin duda el que nos resulta más básico y
accesible inicialmente. El cuerpo, tal como lo percibimos por nuestros
sentidos (su aspecto exterior, su conducta, etc., pero también, en alguna
medida, su estructura interior, con sus órganos internos), es el nivel al que
corresponden las principales experiencias y conocimientos iniciales de los
escolares. A partir de ahí partirá la exploración y comprensión elemental de
los niveles de organización no directamente perceptibles: hacia lo
microscópico (los niveles celular y molecular) y hacia lo macroscópico (las
poblaciones de individuos de nuestra especie que interaccionan con los demás
elementos de los ecosistemas).
Los organismos humanos presentan aspectos comunes entre sí, pero también
es patente su diversidad. Esta unidad y diversidad se manifiesta en todos los
niveles de organización que consideremos; en este caso los cuatro antes
mencionados: molecular, celular, de organismo y de población o ecosistema.

**Nivel molecular**En este nivel hay que destacar que la composición del cuerpo humano resulta
ser semejante en cuanto a los elementos químicos y la mayor parte de las
moléculas que forman parte de sus estructuras e intervienen en su
metabolismo. Pero hay diferencias características entre distintas partes del
organismo en determinados aspectos bioquímicos. Diferencias en lo que se
refiere a los genes activos y, por tanto, en los ARN producidos, en las
proteínas sintetizadas y, en general, en aspectos concretos del metabolismo en
cada estructura anatómica. No obstante, también son muy relevantes los
aspectos unitarios, pues cualquier parte del cuerpo está formada básicamente
por átomos de unos mismos elementos químicos, combinados entre sí en unos
determinados tipos de moléculas orgánicas e inorgánicas que suelen ocupar un
lugar semejante en el metabolismo.
**Nivel celular**Algo similar ocurre en el nivel celular. Todo el cuerpo está formado por
células, como unidad mínima de organización que realiza el conjunto de las
funciones vitales. Pero hay diversidad de células en cuanto a su forma,
orgánulos que presentan, tejidos de los que forman parte, funciones que
desempeñan, su distribución en el cuerpo, etc.
**Nivel del organismo**En cuanto al nivel de organismo, es el nivel organizativo básico que nos
servirá de referencia constante para la comprensión global y en detalle de la
estructura y fisiología de nuestro cuerpo. En este nivel es fundamental, en
primer lugar, comprender el sentido biológico global de nuestro organismo,
como superestructura que permite la satisfacción de las necesidades
metabólicas de cada una de las células que lo constituyen y el adecuado
mantenimiento de las propias estructuras y funciones corporales. Y, además,
naturalmente, comprender la función de cada estructura corporal concreta que
contribuye a satisfacer las necesidades vitales de los distintos tipos de células.
Pero es necesario enfatizar el sentido fisiológico de tales estructuras y
establecer paralelismos con otras especies, entre seres tan aparentemente
distintos como nosotros, un insecto o cualquier planta. Tiene gran importancia
el estudio de estructuras corporales concretas, atendiendo a sus características
específicas, pero sin perder de vista el para qué de cada órgano en el conjunto
del cuerpo, siempre en relación con la satisfacción de una o varias funciones
vitales.

**Nivel de población**

Por último, en el nivel de población, hay que resaltar que nuestra especie
incluye, como cualquier otra, individuos semejantes entre sí en sus rasgos
morfológicos, fisiológicos y comportamentales básicos, en razón de la

información genética característica de la especie que se transmite en la

reproducción. Pero ello no impide la existencia de diferencias de mayor o
menor entidad entre unos y otros individuos o poblaciones de nuestra especie,
tanto morfológicas (estatura, rasgos faciales, color del pelo, de la piel, etc.)
como en aspectos fisiológicos concretos; por ejemplo, el patente dimorfismo
sexual entre los adultos y los rasgos fisiológicos y comportamentales diferenciados.

**Interacciones entre componentes del sistema corporal**

En el *nivel molecular* se producen interacciones físicas y químicas entre iones
y moléculas orgánicas e inorgánicas, así como con fuentes de energía. Muchas
de estas interacciones constituyen la base de los procesos de nutrición,
relación y reproducción de cada individuo. A lo largo de la educación escolar
es posible resaltar algunos aspectos especialmente relevantes al respecto:
• Que todos obtenemos nuestros nutrientes a partir de los alimentos que
tomamos del entorno y que estos nutrientes se emplean para satisfacer
los requerimientos de las células que forman los tejidos, órganos y
aparatos que constituyen el cuerpo y así poder crecer, desarrollarnos,
relacionarnos y reproducirnos.
• Que la luz interacciona con sustancias situadas en estructuras
especializadas de nuestro cuerpo y ello permite procesos como la
visión, el funcionamiento de nuestro reloj biológico, etc.
• Que la luz solar interacciona también con moléculas que forman parte
de las células epidérmicas y provoca fenómenos como la expansión de
los melanocitos, quemaduras, producción de vitamina D, desarrollo de
tumores, etc.
• Que la interacción química que se produce entre moléculas de nuestro
cuerpo y otras moléculas y factores físicos del entorno (como la
temperatura, la humedad, ciertas vibraciones, etc.) sustenta el conjunto
de nuestras percepciones sensoriales, lo que resulta crucial en procesos
concretos de la nutrición, relación y reproducción.
• Que el funcionamiento del cerebro y todos los fenómenos psicológicos
(aprendizaje, recuerdos, sentimientos, deseos, la conciencia, etc.) se
basan en determinadas interacciones moleculares físico-químicas, entre
sí y con factores del medio.
En lo que se refiere al *nivel celular*, es necesario destacar la interdependencia
entre las células que forman nuestro organismo. En condiciones naturales,
cada célula de un ser vivo pluricelular sólo puede mantenerse viva, es decir,
realizando sus funciones, si se mantiene en interacción con las demás. Una
célula aislada carece del medio interno estable que necesita (rico en
nutrientes, libre de altas concentraciones de desechos tóxicos del
metabolismo, con una temperatura óptima, con moléculas reguladoras
procedentes de otras células, etc.) y no está debidamente protegida contra la
desecación, la exposición a radiaciones nocivas (como la ultravioleta) u otros
posibles agentes perjudiciales del entorno.

En el *nivel de organismo*, es fundamental comprender que nuestro cuerpo es
un todo en el que cada parte, cada órgano o sistema resulta necesario porque
realiza aportaciones concretas al mantenimiento de la vida. Todas las
estructuras corporales (digestivas, respiratorias, excretoras, de transporte, de
coordinación, etc.) se integran y adquieren su sentido en un diseño conjunto,
en función del modo particular en que nuestra especie satisface cada una de
sus necesidades vitales en los ecosistemas de los que forma parte.
En cuanto a las interacciones en el *nivel de población o ecosistema*, éstas se
producen entre los miembros de nuestra especie y también con individuos de
otros grupos taxonómicos, así como con el medio inerte en que desarrollamos
la existencia. Así, mantenemos relaciones intraespecíficas e interespecíficas,
todas evidentemente relacionadas con las funciones de nutrición, relación y
reproducción. Nuestro diseño corporal específico se correlaciona en buena
medida con los rasgos necesarios para implementar con cierto éxito biológico
las relaciones que mantenemos con nuestros semejantes, desde las
comunicativas a las de competencia, sexualidad, crianza, colaboración, etc.,
así como las que caracterizan nuestra interacción con los demás seres vivos y
componentes inanimados de nuestro entorno, muy escoradas hacia el
aprovechamiento nutritivo (recolección, cultivos, ganadería, etc.) pero
también a la construcción de habitáculos, la obtención de energía, la actividad
deportiva, la actividad económica, el disfrute estético, etc.

**Organización del cuerpo**Algo que caracteriza a los seres vivos respecto a los inanimados es la
capacidad de autoorganización, la capacidad del ser vivo de regular, en cierta
medida, las condiciones que definen su propia existencia. Es decir, la
posibilidad de establecer una situación de equilibrio dinámico, relativamente
permanente, con el medio, mediante el intercambio de materia, energía e
información entre el organismo y su entorno. Algo que logra el ser vivo
mediante dos procedimientos generales:
• Mediante la adaptación de su fisiología y su conducta individual a los
cambios del medio.

• Por medio de la evolución del genoma de la especie.

Con ello se consigue el establecimiento de un cierto equilibrio entre
conservación y cambio en las características de los seres vivos, al actuar
mecanismos reguladores que mantienen el esquema organizativo de la especie
entre ciertos límites, mecanismos que se describen en lo que sigue.
En el *nivel molecular*, la información que sustenta el esquema básico de
regulación de nuestra especie reside en el ADN. Las secuencias de
nucleótidos características de nuestra especie permiten el desarrollo de
diversos fenotipos (estructuras corporales, fisiología y conducta), en
interacción con los distintos factores del medio, y ello hace posible la
adaptación individual, dentro de los márgenes que establece el genoma para la
viabilidad del individuo.
El cuerpo humano muestra también un alto grado de organización en el nivel
celular. Las células embrionarias, mediante la interacción entre el núcleo y su
entorno celular y extracelular, se diferencian y forman los diversos tipos
celulares que se ubican en zonas determinadas del embrión y dan lugar a los
diferentes tejidos, órganos y aparatos. Estas células diferenciadas ajustan su
estructura y fisiología a las funciones específicas que han de desempeñar, bajo
la influencia del entorno celular inmediato, así como de otras células y
órganos especializados que envían sustancias o estímulos por medio del
sistema circulatorio o nervioso, contribuyendo a regular y coordinar su
funcionamiento.
En el *nivel de organismo* los sistemas de regulación nerviosa y hormonal
controlan las pautas básicas de comportamiento, alimentación, crecimiento,
desarrollo, relación y reproducción humana. En el punto séptimo se exponen
datos y ejemplos concretos que permiten apreciar de qué forma y mediante
qué estructuras se produce esta regulación nerviosa y hormonal.

En el *nivel de población* o ecosistema existen pautas elementales de
comportamiento, con componentes genéticos y/o culturales, que regulan la
relación entre las personas y de éstas con los demás seres vivos y con los
factores del biotopo. Los límites en que puede desenvolverse adecuadamente
nuestra especie están sujetos, en última instancia, a los mecanismos de
regulación de los ecosistemas de los que formamos parte y, en definitiva, del
eco-socio-sistema Tierra (los recursos materiales y energéticos disponibles,
los ciclos biogeoquímicos, el clima, la población humana, nuestro impacto,
etc.) junto con los mecanismos e instituciones de regulación familiar, local,
nacional o mundial que se han ido desarrollando.

**Cambios en el sistema "cuerpo humano"**El concepto de *cambio* es esencial para la comprensión de nuestro mundo y,
en particular, de los seres vivos. Es fácil apercibirnos de un conjunto de
cambios cíclicos en nuestro organismo: ciclo vital, ritmos de
actividad/descanso, ritmos corporales, pautas de crecimiento, cambios
hormonales, cambios morfológicos, etc.
La construcción del conocimiento sobre los cambios corporales exige la
comprensión del carácter dinámico de los sistemas, que los hace cambiantes
en el tiempo. Unas veces consistirán en cambios de localización; en otras
ocasiones, en cambios cíclicos y periódicos; y a veces, por último, pueden
consistir en transformaciones. En cualquier caso, los cambios que experimenta
nuestro cuerpo se caracterizan porque:
• Son las propias interacciones que se dan en el organismo las que
generan el cambio en el mismo, aunque los mecanismos reguladores
establecen límites en las posibles dinámicas de cambio. En el desarrollo
corporal, por ejemplo, la hormona del crecimiento que produce la
hipófisis estimula el aumento de tamaño de las células y las mitosis, lo
que acaba produciendo crecimiento y desarrollo; pero cuando se
alcanza un determinado nivel de desarrollo se desencadenan
mecanismos reguladores que lo detienen o ralentizan.
• Los cambios siguen unas pautas generales hereditarias que son
comunes en todos los humanos, pero que también dependen en alto
grado de factores como la alimentación, las enfermedades, el ejercicio,
etc.
• El cuerpo de cada persona es producto del cambio, de los eventos
producidos en su desarrollo, en su historia.
En el *nivel molecular*, los cambios que experimenta nuestro cuerpo son
cambios químicos. De hecho, el organismo vivo constituye un sistema
químico en constante cambio, aunque siempre dentro de los márgenes
regulados por la información genética, en su interacción con el medio. En
nuestro caso hay otros factores que se añaden a los anteriores en la generación
de cambios moleculares: medicamentos, radiaciones, cirugía glandular o
cerebral, etc.
Los principales cambios en el *nivel celular* se refieren a los propios del
desarrollo de cada célula, desde que ésta se origina por mitosis o meiosis a
partir de células madre y se ubica espacialmente de acuerdo con el esquema
morfológico que expresan los genes correspondientes. En función del tejido
del que vaya a formar parte, se activa o inhibe parte de la información
contenida en el ADN de cada célula y ello produce diferencias morfológicas y
funcionales entre las mismas. Además, cada célula experimenta un ciclo vital
propio de la estirpe a la que pertenece, que puede estar caracterizado
igualmente por cambios morfológicos y bioquímicos. Son ejemplos de ello el
proceso de desarrollo de una neurona, el de una célula de la epidermis o el de
un glóbulo rojo, en los que se producen cambios de gran calado. También hay
cambios continuos en estructuras como los cromosomas (por ejemplo, los
propios de la duplicación del ADN en las mitosis, el desarrollo temporal de
sectores del cromosoma cuando se produce ARN mensajero, el acortamiento
de los telómeros tras cada división celular, etc.), cambios que pueden
ocasionar procesos de reproducción, cáncer, producción de proteínas, muerte
celular, etc.
En cuanto al *nivel de organismo*, es aún más evidente la existencia de ciclos
vitales característicos, con procesos de crecimiento y desarrollo del individuo
a lo largo de su vida que comportan diversos cambios: desarrollo de caracteres
sexuales, musculación, alteración de rasgos faciales, acumulación de grasa,
etc. También se producen, a veces, cambios estacionales que afectan a la
fisiología y al comportamiento de las personas (períodos de menor actividad
vital, fases de activación, fases depresivas, etc.) y es patente la existencia de
ciclos diarios, que incluyen alteraciones del estado fisiológico (sueño-vigilia,
pasividad-actividad, etc.).
En el *nivel de población*, hay un cambio acelerado en cuanto al crecimiento de
la misma y también, sobre todo, en lo que se refiere a los cambios históricos
en nuestra forma de vida en los eco-socio-sistemas, originados por el
desarrollo cultural-tecnológico. Unos cambios con una capacidad de impacto
ambiental sobrecogedora que han generado la situación de emergencia
planetaria (Vilches y Gil, 2003) que estamos viviendo.

**Estructuras y funciones corporales**Argumentábamos anteriormente que la comprensión del organismo humano, o
de cualquier otro, como totalidad integrada sólo es posible si las diversas
estructuras corporales y las funciones particulares que cada una de ellas
realiza se interpretan y se relacionan reiteradamente con las funciones
generales que implementan todos los seres vivos, las de nutrición, relación y
reproducción. Pero estos nexos no suelen plantearse debidamente en los textos
escolares o se incluyen de forma parcial e insuficiente. Así, por ejemplo, es
común que la función de nutrición humana se relacione muy estrechamente
con el aparato digestivo, pero mucho menos claramente con otros; la función
de relación, casi exclusivamente con el sistema nervioso y los órganos de los
sentidos; y la función de reproducción, con el aparato reproductor. Pero basta
considerar las relaciones enunciadas en la tabla siguiente, que no pretende ser
exhaustiva, para apreciar el interés y utilidad didáctica de una perspectiva
sistémica en la enseñanza sobre el cuerpo humano, contemplando
conjuntamente las múltiples relaciones existentes entre las estructuras
corporales humanas (órganos, aparatos, sistemas...) y las funciones vitales
para las que sirven

Es evidente que las relaciones, cambios y mecanismos de regulación incluidos
en la tabla anterior poseen diferentes niveles de complejidad y dificultad en su
aprendizaje. Por ello, el proceso de construcción de un conocimiento
sistémico sobre el cuerpo humano debe ser gradual y puede abarcar toda la
escolaridad obligatoria. El dominio progresivo de esta perspectiva integrada
exige, a nuestro entender, una atención continua al establecimiento de
relaciones, desde los primeros cursos de la educación infantil y primaria hasta
el bachillerato. Un niño de infantil, por ejemplo, puede constatar la relación
entre el ejercicio y el ritmo cardíaco, aunque no llegue a comprender por qué
es necesaria una mayor frecuencia cardiaca cuando realizamos un esfuerzo
muscular prolongado. Y algunos estudiantes de biología y geología de
secundaria podrán además comprender, junto a lo anterior, que durante el
ejercicio se incremente también el ritmo de ventilación pulmonar y se
produzca un enrojecimiento transitorio de la piel, así como una copiosa
sudoración refrigerante. Será preciso, en este sentido, desarrollar una didáctica
del cuerpo humano que proponga objetos de estudio, hipótesis de progresión y
recursos coherentes con un enfoque sistémico como el aquí apuntado, además
de fundamentarse en los requisitos actuales de relevancia, significatividad y
funcionalidad para el alumno.
Resaltar, por último, que no se trata de incluir caprichosamente nuevos
contenidos que contribuyan a extender aún más el currículo escolar, sino de
evitar una errónea tradición que promueve el aprendizaje no significativo de
unos conocimientos sobre nuestro cuerpo cuya selección parece a veces
arbitraria y que genera conocimientos fraccionados e inertes. Una opción que
creemos injustificable, pues ignora una finalidad educativa muy relevante:
lograr que los escolares comprendan el funcionamiento de su cuerpo y las
necesidades del mismo, a fin de adecuar sus hábitos y comportamientos
personales y sociales a los requerimientos de una vida satisfactoria y
saludable.