



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"EL CONCEPTO DE LA DIGESTION EN LA
ENSEÑANZA DE LA BIOLOGIA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

BARBARA

REACHY

VALDES



FACULTAD DE CIENCIAS

UNAM

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. CARMEN SANCHEZ MORA

283691

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"El Concepto de la Digestión en la Enseñanza de la Biología."

realizado por **Bárbara Reachy Valdés**

con número de cuenta **9262277-1**, pasante de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis **M.enC. Carmen Sánchez Mora**
 Propietario

Codirectora

Propietario **M.enC. Julieta Fierro Gossman**

Propietario **M.enC. Ma.Cristina Hernández Rodríguez**

Suplente **Fís. Enrique Fierro Hernández**

Suplente **Fís. Adriana Bravo Williams**

Comunicación
Juliana
M. Cristina Hdz.
[Firma]
 FACULTAD DE CIENCIAS

Edna Suarez D.

Consejo Departamental de Biología
Coordinadora de la licenciatura
Dra. Edna Suarez Díaz

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
DE BIOLOGÍA

*Dedico el presente trabajo de tesis
a una hermosa mujer,
en todo momento a mi lado,
A mi madre,*

*“¡Cuán distintos los sones de la formación iberoamericana!
Semejan el profundo scherzo de una sinfonía infinita y honda;
voces que traen acentos de la Atlántida, abismos contenidos en la
pupila del hombre rojo, que supo tanto, hace tantos miles de años,
y ahora parece que se ha olvidado de todo. Se parece su alma al
viejo cenote maya, de aguas verdes, profundas, inmóviles, en el
centro del bosque, desde hace tantos siglos que ya ni su leyenda
perdura. Y se remueve esta quietud de infinito, con la gota que en
nuestra sangre pone el negro, ávido de dicha sensual, ebrio de
danzas y desenfrenadas lujurias. Asoma también el mogol con el
misterio de su ojo oblicuo, que toda cosa la mira conforme a un
ángulo extraño, que descubre no sé qué pliegues y dimensiones
nuevas. Interviene así mismo la mente clara del blanco, parecida
a su tez y a su ensueño...”*

*Tantos que han venido y otros que vendrán, y así se nos ha
de ir haciendo un corazón sensible y ancho que todo lo abarca y
contiene y se conmueve; pero henchido de vigor, impone leyes
nuevas al mundo. Y presentimos como otra cabeza, que dispondrá
de todos los ángulos para cumplir el prodigio de superar a la
esfera.”*

José Vasconcelos, “LA RAZA CÓSMICA”

"ÍNDICE"

	<i>página</i>
"INTRODUCCIÓN"	i
CAPÍTULO I. "FISIOLOGÍA DE LA NUTRICIÓN"	1
1- EL APARATO DIGESTIVO HUMANO	4
2- EL SISTEMA CIRCULATORIO HUMANO	10
2.1- ANATOMÍA DEL SISTEMA CIRCULATORIO	10
2.2- HISTOLOGÍA DEL SISTEMA CIRCULATORIO	12
2.3- COMPOSICIÓN DE LA SANGRE	13
2.4- FLUJO SANGUÍNEO GASTROINTESTINAL	14
3- EL SISTEMA LINFÁTICO HUMANO	14
3.1- ANATOMÍA DEL SISTEMA LINFÁTICO	15
3.2- HISTOLOGÍA DEL SISTEMA LINFÁTICO	15
3.3- COMPOSICIÓN DE LA LINFA	17
3.4- FLUJO LINFÁTICO GASTROINTESTINAL	17
4- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN	18
A- DIGESTIÓN	18
B- ABSORCIÓN	19
4.1- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS	20
4.2- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS	22
4.3- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE GRASAS	24
5- ASIMILACIÓN	28
5.1- ASIMILACIÓN DE CARBOHIDRATOS	29
5.2- ASIMILACIÓN DE PROTEÍNAS	31
5.3- ASIMILACIÓN DE GRASAS	32
CAPÍTULO II. "ENSEÑANZA-APRENDIZAJE"	35
1- LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE DAVID AUSUBEL	38
1.1- EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	38
1.2- CONDICIONES PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	40
1.3- ASIMILACIÓN	41
1.4- ORIGEN DE LOS PRIMEROS SUBSUMIDORES	43
1.5- QUÉ HACER CUANDO NO EXISTEN SUBSUMIDORES	43
1.6- TIPOS DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	44
1.7- EVIDENCIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	46

2- MAPAS CONCEPTUALES COMO RECURSO INSTRUCCIONAL Y CURRICULAR	48
2.1- MAPAS CONCEPTUALES COMO INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	49
3- CONCEPCIONES ALTERNATIVAS Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	49
4- CAMBIO CONCEPTUAL Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO	51
CAPÍTULO III. "ESTUDIOS PREVIOS"	54
CAPÍTULO IV. "OBJETIVOS Y MÉTODO"	59
1- OBJETIVOS	59
2- MÉTODO	61
2.1- LAS VISITAS GUIADAS EN EL MUSEO	62
2.2- EL CUESTIONARIO	63
2.3- LAS ENTREVISTAS	67
2.4- POBLACIÓN	67
2.5- ANÁLISIS DE RESULTADOS.	67
CAPÍTULO V. "RESULTADOS"	69
1- ESQUEMAS NO RELACIONADOS-NO INTEGRADOS	73
SUBESQUEMA 1.1	73
SUBESQUEMA 1.2	75
2- ESQUEMAS RELACIONADOS-NO INTEGRADOS	75
SUBESQUEMA 2.1	76
SUBESQUEMA 2.2	78
SUBESQUEMA 2.3	78
SUBESQUEMA 2.4	79
SUBESQUEMA 2.5	80
3- ESQUEMAS RELACIONADOS-INTEGRADOS	80
SUBESQUEMA 3.1	80
SUBESQUEMA 3.2	81

CAPÍTULO VI. "DISCUSIÓN"

82

1- PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DE LA FISIOLÓGIA DE LA NUTRICIÓN QUE PRESENTAN LOS ESTUDIANTES DEL ESQUEMA "NO RELACIONADO-NO INTEGRADO" Y DEL ESQUEMA "RELACIONADO-NO INTEGRADO	83
1.1 FUNCIÓN DE LOS ALIMENTOS	83
1.2 DIGESTIÓN	85
1.3 ABSORCIÓN	87
1.4 ASIMILACIÓN	90
1.5 ESTRUCTURA CELULAR DEL CUERPO HUMANO	93
1.6 METABOLISMO CELULAR	95
2- PROPUESTAS	96
2.1 TEMAS	97
2.11 FUNCIÓN DE LOS ALIMENTOS	97
2.12 CONSTITUCIÓN DE LOS ALIMENTOS	97
2.13 ESTRUCTURA CELULAR DEL CUERPO HUMANO	98
2.14 METABOLISMO CELULAR	98
2.15 DIGESTIÓN	98
2.16 ABSORCIÓN	98
2.17 ASIMILACIÓN	99
2.2 ACTIVIDADES	99
2.21 MAPAS CONCEPTUALES	99
2.22 CUESTIONARIOS O "TESTS"	100
2.23 EJERCICIOS, PROBLEMAS Y EXPERIMENTOS	100
2.24 VISITAS A MUSEOS	101

"CONCLUSIONES" 103

"BIBLIOGRAFÍA" 106

ANEXO 1 110

ANEXO 2 114

ANEXO 3 123

"INTRODUCCIÓN"

¿Cómo podría situarse el hombre en el universo tecnológico que le rodea si antes no conoce el de su propia existencia? La existencia, mejor aún, la subsistencia del hombre sobre la Tierra, depende, desde hace milenios, de su nutrición. De lo que se trata, pues, es de la vida, y vivir es comer.

MICHEL VILLEMONT

Cuando se cuenta con alimentos disponibles, comer es algo simple, basta con abrir la boca y dejar entrar los alimentos a nuestro cuerpo; pero a la vez comprender los sutiles mecanismos que rigen nuestro ser y transforman mediante unos maravillosos procesos físicos y químicos nuestro alimento cotidiano, es más complejo que la más sofisticada de las computadoras. El hombre, organismo pluricelular de millones de células que come, respira, utiliza energía, crece y repara fuerzas en función de un programa codificado, es un ser de vías metabólicas aún por descubrir.

Preocuparse de uno mismo con conocimiento de causa es el secreto de saber comer y, por tanto, de saber vivir. Saber cómo reacciona el organismo ante tal o cual alimento es poder definir con exactitud lo que es bueno o malo para uno mismo; es al mismo tiempo poder modelar o modificar lo que somos. A todos nos concierne íntimamente, pues cada individuo es diferente en sí, y de ahí la imposibilidad de uniformar en forma de estándares alimenticios las necesidades reales de cada persona.

Si saber alimentarnos es algo vital, ¿qué puede hacer la ciencia biológica al respecto? El área de enseñanza dentro de la biología juega un papel fundamental al preocuparse por la educación de los alumnos. Esta aplicación de la ciencia biológica, además de fortalecer la cultura científica y de enriquecer la visión del mundo de los estudiantes, contribuye a que el joven acceda a conocimientos que simple y sencillamente le permitirán vivir mejor.

En particular la enseñanza sobre nutrición, que es el tema del presente trabajo de tesis, no pretende convertirse en el arma total para combatir los males de nuestra civilización; pero al menos intenta proporcionar a cada estudiante los medios para vivir mejor, en armonía consigo mismo a través de su alimentación cotidiana, hacerlo reflexionar sobre lo que come, más que dejarle comer mecánicamente -al seguir las modas publicitarias, dietas absurdas-, y guiarle en su elección, tal es su propósito. Ésta enseñanza sobre nutrición es un deber fundamental en la actualidad, pues en mi labor como guía en el museo universitario de las ciencias UNIVERSUM (de noviembre de 1996 a julio de 1998), en la sala referente al cuerpo humano, tuve la oportunidad de constatar que la mayoría de los visitantes desconocen el proceso fisiológico de la nutrición humana. En este inciso quiero aclarar que el título de este trabajo de tesis debería ser: "El Concepto de la Nutrición en la Enseñanza de la Biología" y es el que considerará el lector.

Pero para incursionar en la enseñanza, se debe comprender cómo es que los individuos aprenden. Al respecto, la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, que es el marco teórico que sustenta al presente trabajo de tesis, sugiere que el conocimiento previo con el que los estudiantes ingresan al aula, es el factor más importante que influirá en su aprendizaje.

Así, el objetivo puntual de ésta investigación es describir y analizar las ideas previas, más específicamente los “esquemas conceptuales”, que tienen los estudiantes de segundo grado de educación secundaria con respecto a la fisiología de la nutrición; para posteriormente realizar propuestas sobre los aspectos de la enseñanza de la nutrición, en los cuales debería incidir la educación. Se hace referencia a los estudiantes de segundo grado de educación secundaria ya que en este nivel los jóvenes ya han estudiado este proceso en años anteriores y lo volverán a estudiar en detalle al transcurrir el curso de biología. Además segundo grado es el último grado de la educación secundaria en que se enseña biología, por tanto la última oportunidad para los estudiantes que no ingresarán al bachillerato, de adquirir nociones básicas de nutrición. Por otro lado, se considera esencial la educación en nutrición ya que la mayoría de las personas sufren de enfermedades gastrointestinales y a esta edad (12-14 años) los jóvenes comienzan a preocuparse por su cuerpo y a tomar decisiones en este sentido.

En segundo término este trabajo queda a la disposición del educador (ya sea en un ambiente formal o no-formal), de manera que sus resultados puedan llevarse a la práctica. De tal modo, este trabajo pretende ser un paso hacia el mejoramiento de la enseñanza sobre nutrición y quizás hacia una nueva propuesta didáctica, que tenga en cuenta las representaciones de los alumnos.

Para comenzar, en el capítulo 1 (FISIOLOGÍA DE LA NUTRICIÓN) se define el término de nutrición y se describe con detalle tal proceso fisiológico en el ser humano. Es el marco de referencia biológico del presente trabajo.

El capítulo 2 (ENSEÑANZA-APRENDIZAJE) presenta con detalle las bases educativas sobre las que reposa la presente investigación.

En el capítulo 3 (ESTUDIOS PREVIOS) se muestra un panorama general de las investigaciones educativas que se han realizado en el campo de la biología, recientemente.

La metodología, objetivos e hipótesis del presente trabajo de tesis, se indican en el capítulo 4 (OBJETIVOS Y MÉTODO). (A partir de éste capítulo se apreciarán de manera integrada los capítulos 1, 2 y 3, los cuales constituyen el marco teórico del presente trabajo de tesis).

El capítulo 5 (RESULTADOS) presenta los resultados obtenidos, es decir, los esquemas conceptuales sobre nutrición presentados por los alumnos.

En el capítulo 6 (DISCUSIÓN) se efectúa un análisis de los esquemas conceptuales presentados por los alumnos a partir del cual se destacan algunos de los problemas para el estudiante en el aprendizaje de la nutrición y se realizan una serie de propuestas relativas a temas y actividades para mejorar la educación sobre nutrición ya sea en un ambiente formal o no-formal.



Esta pintura de Giuseppe Arcimboldo (artista del siglo XVI) muestra a un hombre hecho literalmente de comida, pues ¡Un hombre es lo que come!

CAPÍTULO I

"FISIOLOGÍA DE LA NUTRICIÓN"

Al reducir el pan a calorías, el vino a una droga y la sexualidad a higiene, negamos el papel afectivo de la carne y proclamamos que nuestra ciencia basta para dar sentido a la vida, relegando lo simbólico y lo sagrado al rango de bárbaros vestigios.

JEAN TRÉMOLIÈRES

Este capítulo tiene como objetivo ofrecer una visión general sobre la fisiología de la nutrición humana. Para este propósito, primero se definirá el término de "nutrición" en el marco de la fisiología animal. Posteriormente se expondrá someramente la anatomía de algunos de los aparatos y sistemas que intervienen en la nutrición humana: el aparato digestivo, el sistema circulatorio y el sistema linfático. Finalmente se describirán brevemente las funciones nutritivas esenciales: digestión, absorción y asimilación de carbohidratos, proteínas y grasas.

Si se hiciera un listado de los "aparatos digestivos" de los distintos organismos, saldrían a relucir muchos términos anatómicos sin que se comprendiera el proceso de la nutrición. El detalle de las distintas "estructuras" en las cuales se lleva a cabo la digestión, varía ampliamente en cada especie, sin embargo, todos los "aparatos digestivos" de las especies animales presentan una unidad fisiológica. La misión principal de estas "estructuras digestivas" consiste en la: a) INGESTIÓN de fragmentos alimenticios, b) CONDUCCIÓN de dichos fragmentos a la región digestiva, c) DIGESTIÓN de los fragmentos en moléculas e iones, d) ABSORCIÓN de moléculas, iones y agua hacia el sistema de transporte y e) DEFECACIÓN O EGESTIÓN de los materiales residuales (Eckert, Randall y Augustine, 1992).

Por ejemplo, en algunas de las formas más simples de vida animal como las esponjas, cada célula funciona individualmente como un "aparato digestivo" completo que ingiere partículas microscópicas de alimento formando una vacuola digestiva, con la ayuda de corrientes y remolinos producidos por el movimiento de los flagelos. El citoplasma celular secreta entonces las enzimas digestivas en la vacuola recién formada y, una vez que se ha producido la hidrólisis de las sustancias ingeridas, los fragmentos aprovechables son absorbidos por el citoplasma. Los residuos indigeribles son expulsados al exterior mediante un proceso que es en esencia, el reverso de la ingestión (Weisz, 1985).

En los radiados y en los platelmintos la nutrición se realiza mediante una combinación de digestión extracelular e intracelular, mayormente en aquellos grupos en los que el aparato alimentario es del tipo de un saco con una sola abertura. El alimento procedente del exterior entra en la cavidad digestiva de diversos modos; por ejemplo, en los celentéreos las presas son capturadas mediante tentáculos situados alrededor de la abertura de acceso a dicha cavidad. En ésta las paredes interiores están recubiertas por células digestivas productoras de enzimas hidrolíticas. Estas enzimas llevan a cabo una descomposición química preliminar de los alimentos ingeridos, que constituye la fase extracelular de la digestión. La fase intracelular es posterior y se realiza cuando las

minúsculas porciones de alimento, separadas por hidrólisis de la masa principal, son ingeridas por las células que tapizan la cavidad digestiva. La descomposición ulterior de dichos fragmentos es intracelular y semejante a la que realizan los protozoos o las esponjas. Los nutrientes son absorbidos y los residuos del proceso son finalmente expulsados por la abertura del aparato digestivo (Weisz, 1985). (figura 1)

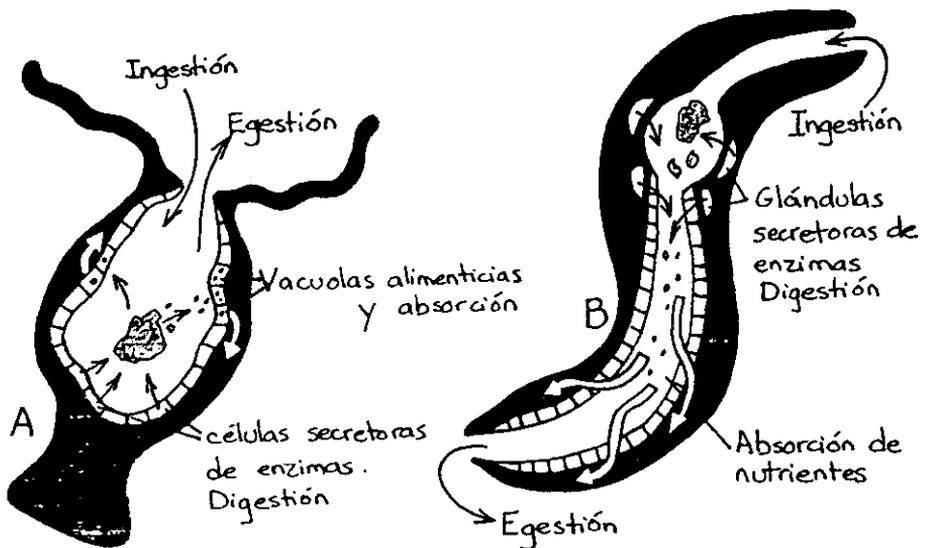


FIGURA 1. Estructuras digestivas. (A) De los animales radiados, en este caso un celentéreo. (B) De los animales bilaterales. Se observan los procesos de ingestión, digestión, absorción y egestión (Bárbara Reachy V.)

Los animales más complejos realizan primeramente la ingestión por el extremo oral, seguida de una digestión extracelular, que se produce en una cavidad tubular que se extiende a través del organismo. Las sustancias nutritivas se absorben por la pared de este tubo y las sustancias restantes son expulsadas (defecación) por el extremo anal (extremo opuesto del tubo) (Eckert, et al, 1992). (ver figura 1)

El desarrollo de la digestión extracelular en un tubo digestivo ha sido una innovación evolutiva muy importante. Ha liberado a muchos organismos de alimentarse continuamente, porque ahora pueden ingerir rápidamente unos pocos pedazos grandes de alimento en lugar de obtener lentamente muchas partículas suficientemente pequeñas para que entren en las células y sufran una digestión intracelular. La organización tubular de los sistemas digestivos es eficiente porque permite que el alimento lo atraviese en una dirección, pasando por las distintas regiones de especialización digestiva. En el tracto de los vertebrados se dan las fases ácida y alcalina, y ambas son activas al mismo tiempo y proporcionan diferentes tipos de acción digestiva (Eckert, et al, 1992).

A partir de los platelmintos, todos los Phylla tienen esta organización tubular del sistema alimenticio. Pero en los tipos mas primitivos que éstos, en los celentéreos por ejemplo, se observa una cavidad ciega, el celenterón, que se abre solo por una "boca" que también sirve para la expulsión de los restos no digeridos. De esta manera, si bien no encontramos una unidad morfológica en los sistemas digestivos desde las esponjas hasta los vertebrados, si encontramos una sorprendente unidad fisiológica. La cual le da realmente sentido a estos "aparatos alimentarios" y a la nutrición en si.

Se ha mencionado la unidad funcional de las diversas estructuras digestivas, pero esto sólo es una parte de la nutrición. La nutrición animal, además de incluir algunas de las funciones del aparato digestivo antes mencionadas (ingestión, conducción, digestión, absorción y egestión) incluye también la función de asimilación. La asimilación se refiere a la entrada de las moléculas digeridas y absorbidas a los tejidos corporales. Así la nutrición es un término amplio del conjunto de procesos que emplea el animal para OBTENER, DIGERIR, ABSORBER y ASIMILAR los alimentos.

En los organismos más sencillos, la asimilación es prácticamente simultánea a la absorción, los nutrientes, minerales y agua se suministran por difusión. Pero este proceso es relativamente lento, y el nivel de sustrato limitará la asimilación si los productos finales son distribuidos sólo por difusión a lo largo de grandes distancias. Los sistemas de transporte han por consiguiente evolucionado, para realizar el transporte de materiales entre las distintas regiones del organismo en los animales grandes, en los cuales no pueden alcanzarse unas velocidades de transporte adecuadas exclusivamente por mecanismos de difusión. De esta manera los sistemas de transporte (el aparato circulatorio y el sistema linfático en el ser humano) permiten la asimilación en los animales grandes, están íntimamente ligados a la función de nutrición en los animales mayores a 1 milímetro (Weisz, 1985). (figura 2)

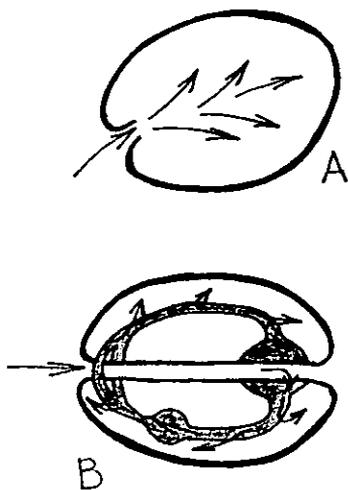


FIGURA 2. El transporte de los alimentos a corta distancia se efectúa, como se indica en A, por difusión directa y transporte de moléculas nutritivas de una célula a la vecina. El transporte a larga distancia, como se indica en B, se efectúa por medio del sistema circulatorio; los nutrientes son tomados del tubo digestivo por la sangre y la linfa (sombreado oscuro) y son transportadas a todas las regiones del cuerpo. Una vez allí, el transporte a corta distancia distribuye las moléculas nutritivas de la circulación a las células de los tejidos vecinos. (Weisz, p. 253)

La nutrición es un proceso característico de la vida que se realiza en todos los organismos, independientemente de su morfología. En los animales mayores a 1 mm y en particular en los seres humanos, requiere de la interacción de distintos aparatos/sistemas: digestivo, circulatorio y linfático. Por lo tanto es un bello ejemplo de la interacción de los distintos sistemas del cuerpo humano, para conformarlo como unidad vital.

Cabe señalar que el término nutrición recibe varias acepciones. No se pretende analizarlas, pero se considera importante señalarlas para evitar confusiones y delimitar las bases del presente estudio.

- Para algunos es un sinónimo de alimentación, de digestión.
- Para otros es un término mucho mas amplio, que incluye toda la serie de procesos biológicos que mantienen a un organismo en buen estado y lo proveen de energía:

"Conjunto de procesos de asimilación y desasimilación que tienen lugar en un organismo vivo y le permiten mantenerse en buen estado al proveerle de la energía vital necesaria."
(Demounem, Gourlaouen y Perilleux, 1989).

Esta última definición incluiría no sólo los procesos de digestión, absorción y asimilación de alimentos, sino además los de respiración, excreción y síntesis.

- En el presente trabajo se adoptan las definiciones propuestas por Eckert, Randall y Augustine(1992, p.523):

"La nutrición es un término amplio del conjunto de procesos que emplea el animal para obtener, digerir, absorber y asimilar los alimentos."

y por Weisz (1985, p.40):

"El papel de la nutrición es transportar las cantidades y tipos adecuados de alimentos desde el medio externo al interior del organismo vivo."

Una vez definido el término de nutrición, se hablará de la nutrición humana para lo cual se abordará brevemente la anatomía de los sistemas de transporte (sistema circulatorio y linfático) y del aparato digestivo además de las funciones nutritivas antes mencionadas: digestión, absorción y asimilación.

1- EL APARATO DIGESTIVO HUMANO

1.1-ANATOMÍA E HISTOLOGÍA

El aparato digestivo se compone de un tubo de aproximadamente 9 m de largo que se extiende desde los labios hasta el ano. Además hay órganos fuera del tubo, pero que están unidos a él y que se llaman órganos accesorios. Estos órganos son hígado, vesícula biliar, glándulas salivales y páncreas (Dienhart, 1981). (figura3)

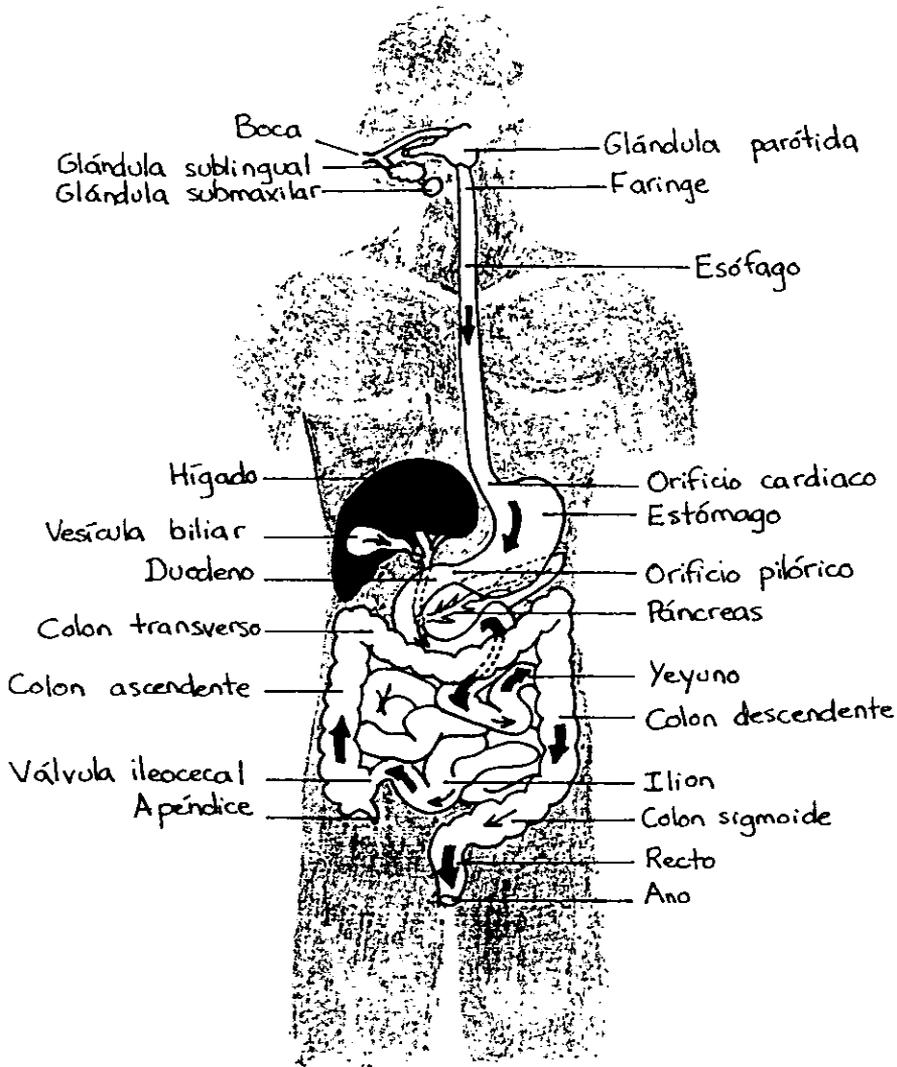


FIGURA 3. El aparato digestivo humano, visión general. (Bárbara Reachy V.)

La pared del tubo se compone de cuatro capas principales de tejido:

-La mucosa, o capa interna, contiene una delgada capa basal de músculo liso. Hay también una capa de tejido conectivo que contiene vasos sanguíneos de pequeño calibre, tejido linfático, y en algunas zonas, glándulas secretorias. La capa interna de la mucosa está formada por tejido epitelial, cuyo tipo varía en las diferentes porciones del tubo según su función.

-La submucosa se encuentra debajo de la mucosa y es una capa de tejido conectivo laxo. Contiene una red de vasos sanguíneos de mayor calibre y fibras nerviosas autónomas. Las

glándulas de la submucosa se encuentran únicamente en dos partes del tubo, a saber: en el duodeno y en el esófago.

-La muscular externa se encuentra debajo de la submucosa, y es la principal capa muscular del tubo. Suele componerse de dos capas de músculo liso. Las fibras de la capa interna se encuentran dispuestas en forma circular alrededor del tubo y las de la capa externa están dispuestas en forma longitudinal. Esta disposición presenta algunas diferencias a distintos niveles del tubo.

-La adventicia o serosa es la capa más externa del tubo digestivo. Es una cubierta delgada de membrana fibrosa o serosa. La parte del tubo que se encuentra arriba del diafragma está cubierta de una membrana fibrosa que se llama adventicia. Debajo del diafragma la capa externa es una membrana serosa y se le llama serosa (Dienhart, 1981).

Las partes que componen el tubo digestivo son:

-**Boca.** Conformada por vestibulo, mejillas, lengua, dientes, bóveda palatina y glándulas salivales.

-**Faringe.** Tiene varias aberturas por las que comunica con las fosas nasales, la trompa de Eustaquio, la laringe y el esófago.

-**Esófago.** Se encuentra detrás de la tráquea, es un tubo elástico de alrededor 25 cm. A partir de la laringofaringe, atraviesa el diafragma y se abre en el estómago. Hay glándulas mucosas en la submucosa y glándulas cardíacas en la capa del tejido conectivo de la mucosa.

-**Estómago.** Se encuentra en la parte superior de la cavidad abdominal, debajo del diafragma. El orificio entre el esófago y el estómago es el orificio cardíaco. Las fibras de la muscular externa en esta zona están en estado de contracción, lo que contribuye a impedir el flujo retrógrado del contenido estomacal hacia el esófago.

Cuando el estómago está vacío, la mucosa presenta dobleces longitudinales llamados arrugas. Estas arrugas desaparecen cuando el estómago está lleno.

-**Intestino delgado.** Mide alrededor de 7 m y tiene un diámetro de 2.5 cm. Se extiende del orificio pilórico al orificio ileocecal, que es la apertura hacia el intestino grueso. La válvula ileocecal que protege este orificio tiene por objeto impedir el reflujo del material fecal del intestino grueso hacia el intestino delgado. Las tres partes del intestino delgado son duodeno, yeyuno e ileon.

Los primeros 30 cm del tubo son el duodeno. Forma una curva en forma de C alrededor de la cabeza del páncreas. El conducto colédoco (proveniente del hígado y vesícula biliar) y el conducto de Wirsung (proveniente del páncreas) se abren en el duodeno en una pequeña elevación llamada ampolla de Vater.

El yeyuno forma los dos quintos siguientes (alrededor de 3 m) del intestino delgado. El ileon forma la porción distal del tubo y mide alrededor de 4 m. Ambas partes se encuentran en la cavidad abdominal posterior. No existe una línea divisoria bien marcada entre estas dos porciones y presentan diferencias entre sí a medida que se imponen cambios graduales. El yeyuno tiene un diámetro ligeramente mayor, paredes más gruesas y un color más oscuro que el ileon.

Como se muestra en la figura 4, la superficie interna del intestino delgado presenta muchos pliegues denominados válvulas conniventes o plicas. Estos pliegues están formados por mucosa y submucosa, y aumentan la superficie absorbente de la mucosa al triple. Sobre y entre los pliegues se encuentran pequeñas proyecciones digitiformes llamadas vellosidades, las cuales decuplican el área de absorción. Cada vellosidad

contiene un capilar sanguíneo y un capilar linfático. Las células epiteliales que están sobre la superficie de las vellosidades se caracterizan por un borde en cepillo formado por microvellos (cada célula tiene aproximadamente 600 microvellos de 1 micrómetro de longitud y de 0.1 micrómetros de diámetro). Estos microvellos o microvellosidades, aumentan la superficie expuesta a material intestinal otras 20 veces. De modo que la combinación de las válvulas conniventes, las vellosidades y los microvellos aumentan el área de absorción de la mucosa alrededor de 600 veces y conforman una enorme área total de alrededor de 250 m² para todo el intestino delgado.

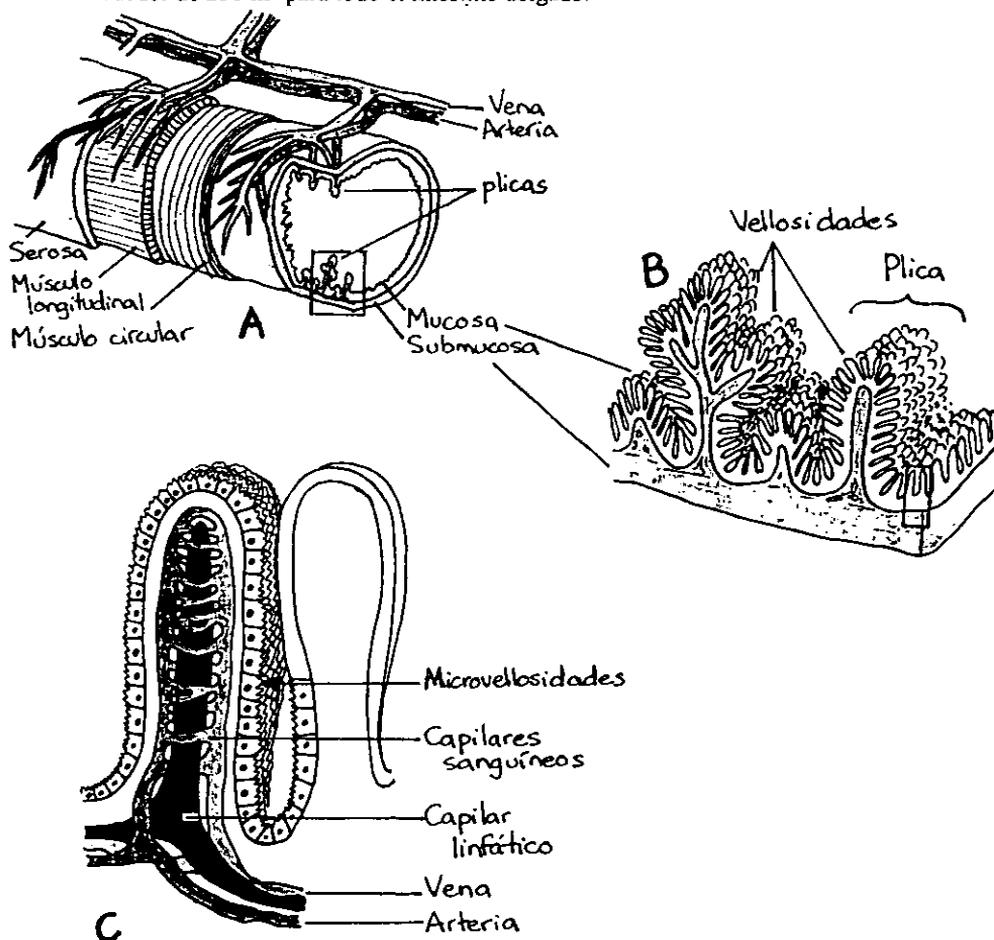


FIGURA 4. Corte transversal de intestino delgado (A). Pared intestinal interior que muestra las plicas cubiertas de vellosidades (B). Acercamiento de una vellosidad mostrando su irrigación linfática y sanguínea además de las microvellosidades características de las células epiteliales (C). (Bárbara Reachy V.)

Las glándulas intestinales de la mucosa (criptas de Lieberkūn) penetran profundamente casi hasta llegar al nivel de la capa muscular de la mucosa y se encuentran distribuidas a todo lo largo del intestino delgado. Las glándulas de la submucosa (glándulas de Brunner) se encuentran únicamente en el duodeno.

Las capas circular y longitudinal de la capa muscular externa se hacen más delgadas a medida que se llega al extremo distal del tubo. Entre las dos capas musculares se encuentran fibras nerviosas autónomas y ganglios parasimpáticos.

-Intestino grueso. Se extiende a partir del intestino delgado a nivel del orificio ileocecal y se prolonga hasta el ano. Tiene una longitud de 1.30 a 1.60 m y un diámetro de 6 cm. Además de su mayor diámetro, tiene dos diferencias principales respecto al intestino delgado. En primer lugar, la capa muscular longitudinal es incompleta y forma cintas aisladas y equidistantes a todo lo largo del tubo. Estas cintas se llaman cintillas longitudinales del colon. En segundo lugar, puesto que las cintillas son más cortas que el intestino grueso mismo, la pared del tubo se comba entre ella para darle un aspecto "arrugado". Estas arrugas se llaman haustros y se manifiestan internamente por pliegues semicirculares.

Las partes del intestino grueso son ciego, colon, recto y conducto anal. El ciego es una porción cerrada en uno de sus extremos, de 5 a 7.5 cm de largo, que se encuentra debajo de la unión del íleon y el colon. Se abre por arriba en el colon ascendente y su extremo ciego está dirigido hacia abajo. La porción terminal del íleon se dobla hacia el ciego y forma la válvula ileocecal.

El fondo del ciego, que originalmente tenía un diámetro gradualmente decreciente, poco a poco forma un tubo delgado, el apéndice; que si bien es variable su longitud, suele tener alrededor de 7.5 cm.

El colon ascendente se extiende hacia arriba a partir del ciego, a lo largo de la pared abdominal posterior hacia la superficie inferior del hígado. Aquí se dobla hacia la línea media para formar el ángulo cólico derecho o ángulo hepático. La parte mayor del intestino grueso es el colon transversal. Cruza la cavidad abdominal superior de derecha a izquierda y luego se dobla hacia abajo y forma el ángulo cólico izquierdo o ángulo esplénico. La mayor parte del intestino delgado se encuentra debajo y detrás del colon transversal.

El colon descendente se extiende del ángulo cólico izquierdo hacia abajo por el lado izquierdo del abdomen hasta el borde de la pelvis. Al pasar por delante del íleon se dobla hacia la línea media y hacia abajo, para terminar en el colon sigmoide.

Como su nombre lo indica, el colon sigmoide tiene la forma de una S. Es la prolongación del colon descendente a lo largo de la pared pélvica izquierda y luego se extiende en forma transversal a través de la pelvis hacia la derecha. Por último, pasa hacia atrás y hacia abajo y se continúa con el recto.

El recto se extiende del colon sigmoide al ano y mide de 12 a 18 cm.

El orificio terminal del tubo digestivo es el ano. El esfínter anal interno, anillo de músculo involuntario, rodea el conducto anal inmediatamente arriba del punto en que la mucosa del tubo se une a la piel. El esfínter anal externo de tipo voluntario se encuentra cubriendo el esfínter interno, pero se extiende hacia abajo, para terminar en la piel alrededor del ano.

Aunque no existen vellosidades en el intestino grueso, sus paredes contienen gran número de glándulas intestinales mucosas. Se encuentran ganglios linfáticos solitarios

diseminados por toda la capa de tejido conectivo de la mucosa. Hay una extensa red de venas en la mucosa y en la submucosa del recto.

Órganos accesorios:

-Hígado. Es el órgano más grande del cuerpo y pesa alrededor de 1500 g en el adulto. Se encuentra en el cuadrante superior derecho de la cavidad abdominal, y su superficie superior se encuentra debajo del diafragma. Su superficie inferior se adapta al contorno del estómago, duodeno, ángulo cólico derecho y riñón derecho. Tiene 4 lóbulos. La vesícula biliar se encuentra en una depresión en su superficie visceral.

El hilio o "puerta" del hígado, es la región donde la arteria hepática y la vena porta penetran en el órgano y donde lo abandonan los conductos biliares. El conducto colédoco se forma por la unión del conducto hepático, que lleva bilis del hígado, y el conducto cístico, que lleva bilis de la vesícula biliar. El conducto colédoco lleva la bilis hacia el duodeno a través de un orificio en la ampolla de Vater. La arteria hepática lleva sangre arterial para la nutrición de las células hepáticas. La vena porta lleva sangre que contiene los productos de la digestión del intestino hacia el hígado. Hay tres venas hepáticas que llevan sangre venosa del hígado y que desembocan en la vena cava inferior.

En el interior del órgano los lobulillos hepáticos son las unidades funcionales del parénquima hepático. En el hígado humano los lobulillos no se encuentran separados en forma definida uno del otro por tejido conectivo. Sin embargo, cada lobulillo tiene ciertas características anatómicas por medio de las cuales se le puede reconocer.

-Vesícula biliar. Se encuentra en la superficie inferior del hígado, es un órgano en forma de bolsa de alrededor 10 cm de largo. Su extremo cerrado es de forma pisciforme y se llama fondo. La parte principal es el cuerpo, y el extremo fusiforme se llama cuello. Cuando está vacía la membrana mucosa presenta numerosos dobleces que desaparecen cuando el órgano se llena de bilis.

El conducto cístico, estrecho, sale del órgano y es rama colateral del conducto hepático que proviene del hígado. En la porción proximal del conducto cístico existen dobleces de la mucosa que están dispuestos en forma espiral y que se conocen como válvulas de Heister. Los conductos cístico y hepático se unen para formar el conducto colédoco, que lleva la bilis hacia el duodeno. Existe un débil esfínter que protege el orificio duodenal. Sin embargo, dispuesto en forma proximal al punto en que penetra el colédoco en la pared duodenal existe una capa muscular que forma el esfínter de Oddi. Este esfínter es suficientemente fuerte para impedir el paso de la bilis hacia el duodeno.

La vesícula biliar almacena y concentra la bilis. La bilis que sale de la vesícula biliar es de 6 a 10 veces más concentrada que la que proviene del hígado. Esta concentración se produce sobre todo al absorberse agua de la bilis hacia la mucosa de la vesícula biliar. La capacidad de almacenamiento del órgano es de 35 a 50 cm³.

-Páncreas. Es un órgano alargado, de 15 a 21 cm de largo, que se encuentra en el abdomen, por detrás y debajo del estómago. Su cabeza se encuentra en la curvatura que forma el duodeno. Su cuerpo se extiende en forma horizontal hacia el bazo, y su cola obtusa a menudo hace contacto con el bazo. El páncreas tiene una cápsula de tejido conectivo delgada, y puede verse a simple vista su estructura lobulada. Se ha dicho que el órgano tiene el aspecto de queso fresco.

Los jugos digestivos que secretan las células de los acinos pancreáticos (glándulas) se reúnen en pequeños conductos, que a su vez, desembocan en el conducto de Wirsung.

Este conducto comienza en la cola del páncreas y se extiende a todo lo largo del órgano, y en la región de la cabeza se le unen conductos más pequeños. Cuando abandona el páncreas, el conducto de Wirsung se une con el colédoco para pasar con él a través de la pared del duodeno y abrirse en la ampolla de Vater.

El páncreas produce las hormonas: insulina y glucagon. Aunque la mayor parte del páncreas se compone de células acinares que producen las enzimas digestivas, el glucagon y la insulina son producidos por pequeñas masas de células que se llaman islotes de Langerhans, diseminados por la glándula (Dienhart, 1981).

2- EL SISTEMA CIRCULATORIO HUMANO

La idea de que la sangre circula es relativamente moderna. Los físicos antiguos albergaban ideas acerca del sistema cardiovascular que ahora nos parecen muy extrañas. En un principio, pensaban que las arterias contenían aire en vez de sangre, pues las encontraban llenas de este gas cuando disectaban cadáveres. Se inventó el microscopio y en 1661 Marcello Malpighi examinó pulmones de rana, donde finalmente pudo observar el movimiento de la sangre a través de los capilares.

A veces se habla de los vasos sanguíneos como el "árbol vascular". En esta metáfora el lado izquierdo del corazón envía su sangre hacia la aorta, el tronco del árbol arterial. Arterias mayores se ramifican de este tronco para irrigar las grandes regiones del cuerpo: la cabeza, brazos, abdomen y piernas. Ramificaciones sucesivas forman pequeñas arterias. Las ramas finales son las arteriolas, de las cuales surgen numerosos capilares, los retoños del árbol. Una pequeña fracción del flujo cardíaco pasa por cada capilar, brindando oxígeno, nutrientes y hormonas a cada célula; y recogiendo los desechos metabólicos. Las venas forman un segundo árbol pero en sentido inverso; los capilares se unen para formar primero vénulas, después venas que finalmente se reúnen en el tronco de la vena cava. En conjunto hay aproximadamente 100,000 kilómetros de vasos sanguíneos en el adulto (Moffett, Moffett y Schauf, 1993).

2.1- ANATOMÍA DEL SISTEMA CIRCULATORIO

El aparato cardiovascular consta de dos bombas - la parte derecha e izquierda del corazón - y tres grandes tipos de vasos: arterias, las cuales llevan sangre del corazón a los órganos; capilares, las principales regiones de intercambio de materiales entre la sangre y los tejidos; y venas, las cuales llevan la sangre de regreso de los órganos al corazón. Las arterias se ramifican sucesivamente en arteriolas, metaarteriolas y capilares. Estos últimos se unen formando vénulas y posteriormente venas.

El sistema circulatorio forma un circuito en el cual la sangre pasa del corazón derecho hacia los pulmones, de ahí al corazón izquierdo y posteriormente al cuerpo para finalmente regresar al corazón derecho y comenzar otro viaje. La circulación sistémica o periférica es la parte del circuito que pasa del corazón izquierdo hacia la aorta, arterias, capilares de varios órganos y de regreso al corazón derecho a través de las venas cavas

superior e inferior. En los capilares sistémicos, la sangre libera parte de su oxígeno a cambio de dióxido de carbono producido por el metabolismo tisular. La circulación pulmonar es la parte del circuito que pasa del corazón derecho a través de las arterias pulmonares hacia los capilares pulmonares en los pulmones y de regreso hacia el corazón izquierdo a través de las venas pulmonares. En los capilares sistémicos, el dióxido de carbono adquirido por la sangre en los capilares sistémicos es transferido a los pulmones, y el oxígeno que se liberó en el circuito sistémico es repuesto.

Como regla, la sangre pasa a través de tan solo un juego de capilares antes de regresar al corazón, de tal manera que cada órgano o circulación regional está en un patrón en paralelo con los demás de la circulación sistémica. Hay tres excepciones importantes a esta regla. La primera excepción es la circulación porta hepática, por medio de la cual el hígado recibe sangre que ya ha pasado a través de la circulación del tracto gastrointestinal. Esto permite que el hígado tenga acceso directo a los nutrientes antes que entren en la circulación general. La segunda excepción, el sistema porta pituitario hipotalámico-anterior, transporta factores químicos que afectan la secreción de hormonas pituitarias anteriores del hipotálamo. La tercera excepción a la regla se encuentra en el riñón, donde la sangre pasa primero por los capilares glomerulares, y luego a través de los capilares peritubulares (Moffett, et al, 1993). (ver figura 6)

El objetivo total de la circulación, es decir el transporte de nutrientes a los tejidos y la remoción de las excreciones celulares se cumple en la microcirculación. Las pequeñas arteriolas controlan el flujo sanguíneo que llega a cada área tisular y las condiciones locales que existen en los tejidos mismos controlan los diámetros de las arteriolas que los nutren. En esta forma, en la mayor parte de los casos cada tejido controla su propio flujo sanguíneo.

En cuanto a la estructura, dentro de cada órgano la microcirculación está organizada para atender las necesidades de ese órgano en especial. La sangre pasa de la arteriola hacia una serie de metaarteriolas, que algunos fisiólogos denominan arteriolas terminales, que tienen una estructura intermedia entre la de las arteriolas y los capilares. Después de pasar por los capilares, la sangre entra en la vénula y regresa a la circulación general.

Las arteriolas tienen en sus paredes muchas fibras musculares; esto hace posible cambiar su diámetro en varios múltiplos. Las metaarteriolas no tienen una capa muscular continua, sino más bien poseen fibras de músculo liso que rodean al vaso en puntos intermedios.

Habitualmente, en el punto de la metaarteriola donde los verdaderos capilares se inician, existe una fibra de músculo liso que rodea al capilar. A esto se ha llamado esfínter precapilar. Dicho esfínter puede abrir y cerrar la entrada hacia el capilar. Las vénulas son de diámetro considerablemente mayor que las arteriolas y tienen una capa muscular mucho más débil. Sin embargo, debe recordarse que la presión dentro de ellas es bastante menor que la de las arteriolas, de modo que las vénulas aún pueden contraerse (Guyton, 1987). (figura 5)

Lo más importante de todo es que las metaarteriolas (y los esfínteres precapilares cuando también existen) están en contacto extraordinariamente cercano con los tejidos a los cuales sirven. Por lo tanto, las condiciones locales de los tejidos -concentración de nutrientes, productos finales del metabolismo, iones hidrógeno, etc.- pueden originar

efectos directos sobre las arteriolas para controlar el flujo sanguíneo local en cada área tisular minúscula.

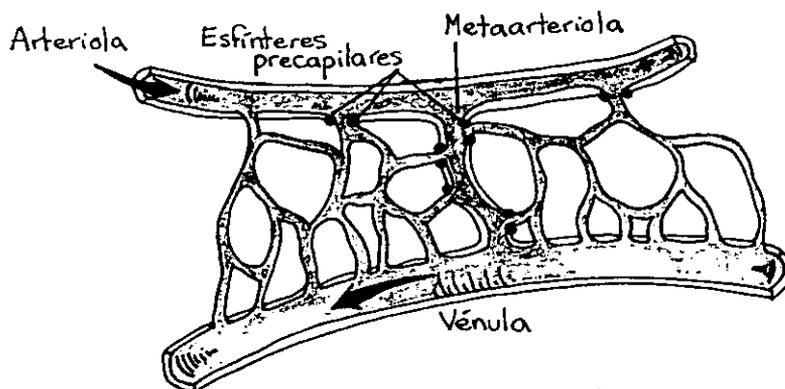


FIGURA 5 La microcirculación en el músculo. Nótese la presencia de las metaarteriolas que conectan con las vénulas. La entrada a los capilares es controlada por los esfínteres precapilares. (Moffett, et al. p.401)

Además de la muy importante regulación del flujo sanguíneo que realiza cada tejido local, el sistema nervioso también ejerce un control adicional y muy poderoso sobre la circulación, aunque generalmente de diferente clase. En situaciones normales, el control nervioso participa muy poco en la adecuación del flujo sanguíneo tejido por tejido - esta es la función del control del flujo sanguíneo tisular local -. En contraste, el control nervioso (a través casi por completo del sistema nervioso autónomo) afecta funciones mas globales, como la redistribución del flujo sanguíneo a diferentes áreas del cuerpo, el aumento del bombeo cardiaco y en especial, ofrece un control muy rápido de la tensión arterial (Guyton, 1987).

2.2- HISTOLOGÍA DEL SISTEMA CIRCULATORIO

Las venas y las arterias, consisten en una capa de músculo liso longitudinal, la túnica externa, rodeando una capa interna de músculo liso circular, la túnica media. La superficie interna se compone de una sola capa de células endoteliales, la túnica íntima. Arterias y venas difieren en que a lo largo de las últimas, la túnica íntima forma válvulas.

Estó favorece que el flujo sanguíneo vaya siempre al corazón, en regiones donde las venas están sometidas a compresiones periódicas, como en el músculo esquelético. Además, el grosor del músculo liso de las arterias es considerablemente mayor, y el lumen menor que aquellos correspondientes a las venas (Moffett, et al, 1993).

Los capilares, no son arterias o venas miniatura, les faltan las capas musculares de los otros vasos. Son estructuras muy delgadas con paredes de una sola capa de células endoteliales altamente permeables, rodeada de una membrana basal. El grosor total de esta pared es de alrededor de 0.5 micrómetros. El diámetro capilar es de 4 a 9 micrómetros, apenas el tamaño suficiente para que a su paso los eritrocitos y otras células sanguíneas se compriman. Poseemos alrededor de 10 billones de capilares que tienen una superficie total de entre 500 y 700 m². De hecho, es raro encontrar una célula funcional dentro del cuerpo que se encuentre a una distancia mayor de 20 a 30 micrómetros de un capilar (Guyton, 1987).

Generalmente los capilares son permeables a solutos y fluidos, pues el endotelio capilar es permeable. Existen dos sitios diminutos que conectan el interior del capilar con el exterior. Uno de ellos es la grieta intercelular, la hendidura delgada entre células endoteliales adyacentes. Cada una de estas grietas se interrumpe periódicamente por bordes cortos de proteínas que se anclan al fondo y mantienen a las células endoteliales juntas. Debido a que las grietas intercelulares están localizadas sólo en los bordes de las células endoteliales, habitualmente no representan más de un milésimo (1/1000) de la superficie total del capilar.

En las células endoteliales también existen muchas vesículas plasmalémicas diminutas. Éstas se forman en una superficie de la célula al absorber pequeñas cantidades de plasma o líquido extracelular. A continuación, pueden moverse con lentitud a lo largo de la célula endotelial y se ha postulado que transportan cantidades significativas de sustancias a través de la pared capilar.

Estos "poros" (grietas intercelulares y vesículas plasmalémicas) tienen características especiales que sirven para satisfacer las necesidades peculiares de cada órgano. Sirva como ejemplo el del cerebro, en el cual las uniones entre las células endoteliales son principalmente uniones "estrechas" que sólo permiten el paso de moléculas muy pequeñas hacia tejidos del cerebro. A esto se le llama la barrera hematoencefálica (Guyton, 1987).

2.3. COMPOSICIÓN DE LA SANGRE

La sangre consiste en una serie de tipos celulares suspendidos en un líquido llamado plasma. Entre las células encontramos a los glóbulos blancos (leucocitos), las plaquetas (trombocitos) y los glóbulos rojos (eritrocitos). El plasma consiste en agua, iones, varios compuestos orgánicos producidos o consumidos por el metabolismo y proteínas plasmáticas (albúminas, inmunoglobulinas, fibrinógeno etc.) (Moffett, et al, 1993).

2.4- FLUJO SANGUÍNEO GASTROINTESTINAL

Los vasos sanguíneos del aparato digestivo son parte de un sistema más extenso llamado circulación esplácnica. Incluye el flujo sanguíneo por el tubo digestivo mismo, además del flujo sanguíneo por el bazo, el páncreas y el hígado. El sistema está diseñado para que la sangre que pasa por el intestino, bazo y páncreas regrese de inmediato al hígado por medio de la vena porta. En el hígado, la sangre atraviesa millones de sinusoides finos y finalmente lo abandona por las venas hepáticas, que se vacían en la vena cava que proviene de la circulación general. Este flujo secundario de sangre por el hígado permite que muchos de los nutrientes que se absorben del intestino se transporten a los sinusoides hepáticos. Aquí, tanto las células reticuloendoteliales como las células principales del parénquima hepático, las células hepáticas, absorben nutrientes de la sangre y almacenan transitoriamente entre la mitad y las tres cuartas partes de lo que absorbieron.

Las vellosidades intestinales (ver anatomía del aparato digestivo), presentan una organización especial del flujo sanguíneo. Cada vellosidad cuenta con una pequeña arteriola y una pequeña vénula que se interconectan con un sistema múltiple de asas capilares interconectantes. Las paredes de estas arteriolas son musculares e intensamente activas en el control del flujo sanguíneo de la vellosidad. (ver figura 4)

Bajo condiciones normales, el flujo sanguíneo en cada área del tubo digestivo así como en cada capa de la pared intestinal se relacionan directamente con el nivel de actividad local. Por ejemplo, durante la absorción activa el flujo sanguíneo en las vellosidades y regiones adyacentes submucosas aumenta mucho. Asimismo, el flujo sanguíneo a las capas musculares de la pared intestinal aumenta al incrementarse la actividad motora del tubo digestivo. Por ejemplo, después del alimento aumentan tanto la actividad motora como la secretora y la absorbente, y al mismo tiempo el flujo sanguíneo se incrementa entre 100 y 150% por un lapso de tres a seis horas.

Aunque aún no son claras las causas del aumento del flujo sanguíneo durante el incremento de la actividad gastrointestinal, se cree que algunas de las causas de este aumento son:

- Producción de varias sustancias vasodilatadoras durante el proceso digestivo (como colecistocinina, gastrina y secretina).
- La disminución de la concentración de oxígeno en la pared intestinal, al incrementarse la tasa metabólica durante la actividad intestinal (Guyton, 1987).

3- EL SISTEMA LINFÁTICO HUMANO

El sistema linfático es una ruta accesoria por la cual fluyen los líquidos del espacio intersticial a la sangre. Más importante que todo, los linfáticos pueden acarrear proteínas y materia en partículas grandes desde los espacios tisulares, ninguna de las cuales puede ser removida por absorción directa hacia los capilares sanguíneos. Esta remoción de proteínas desde los espacios intersticiales es una función esencial, sin la cual moriríamos en 24 horas (Guyton, 1987).

Los vasos linfáticos tienen una localización ideal para los elementos del sistema inmune: los nódulos linfáticos, pues la linfa proveniente de las regiones infectadas

contiene los microorganismos dañinos. En caso de infección, la acumulación de fluido intersticial empuja a las bacterias hacia el sistema linfático, donde rápidamente se dispara la respuesta inmune (Moffett, et al, 1993).

3.1- ANATOMÍA DEL SISTEMA LINFÁTICO

Con escasas excepciones, casi todos los tejidos del cuerpo tienen conductos linfáticos que drenan el exceso de líquido de los espacios intersticiales. Este líquido pasa de los capilares linfáticos a las venas linfáticas, que finalmente se reúnen para formar dos conductos linfáticos: el conducto torácico y el conducto linfático derecho. En esencia, toda la linfa de la parte baja del cuerpo, fluye hasta alcanzar el conducto torácico y se vacía al sistema venoso en el sitio donde se unen la vena yugular interna izquierda y la vena subclavia homolateral. La linfa del lado izquierdo de la cabeza, del brazo del mismo lado y gran parte de la región torácica también entra en el conducto torácico antes de su vaciamiento en las venas. La linfa del lado derecho del cuello, la cabeza y del brazo derecho; se vacía en el conducto linfático derecho y posteriormente en el sistema venoso donde se juntan la vena subclavia y la yugular interna derechas (Guyton, 1987). (figura 6)

3.2- HISTOLOGÍA DEL SISTEMA LINFÁTICO

Los capilares linfáticos se componen de una capa de células endoteliales, que se fijan al tejido conectivo circundante por filamentos anclados a éste. En las uniones de células endoteliales adyacentes, el borde de una célula endotelial se superpone al borde de la adyacente en forma tal que aquél queda libre para doblarse hacia adentro y formar una diminuta válvula que se abre hacia el interior del capilar. El líquido intersticial, junto con las partículas suspendidas, empuja esta válvula, la abre y fluye directamente hacia el capilar linfático. Sin embargo, este líquido tiene dificultad para abandonar el capilar una vez que entra en él porque cualquier flujo retrógrado cierra la válvula. Así, los linfáticos poseen válvulas en las puntas de los capilares linfáticos terminales y a lo largo de sus vasos más anchos hasta el punto de su vaciamiento hacia el torrente sanguíneo (Guyton, 1987). (figura 7)

Las venas linfáticas están rodeadas además por una capa de músculo liso. Se ha observado que cuando un vaso linfático está distendido con líquido, el músculo liso de su pared se contrae automáticamente. Más aún, cada segmento del vaso linfático entre válvulas sucesivas funciona como una bomba automática separada. Además del bombeo por contracción intrínseca de las paredes de los vasos linfáticos; también la contracción de los músculos adyacentes y el movimiento de las partes del cuerpo, al comprimir el vaso linfático, pueden dar lugar a un bombeo (Guyton, 1987).

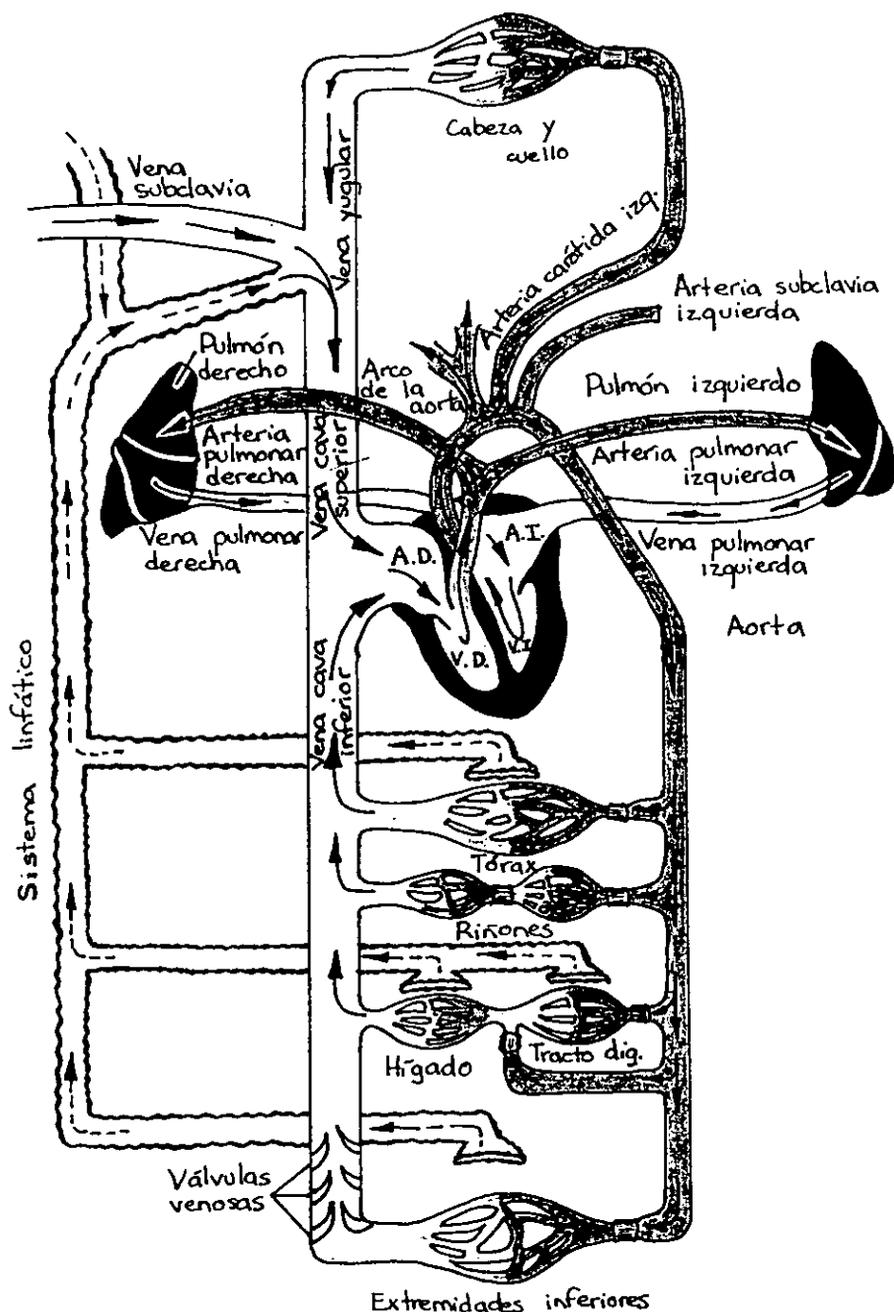


FIGURA 6. Diagrama del sistema linfático y del sistema circulatorio. Los vasos linfáticos comienzan como tubos ciegos en los tejidos y regresan el fluido extracelular al corazón por medio de la vena cava superior y la aurícula derecha. (Moffett, et al, p. 410)

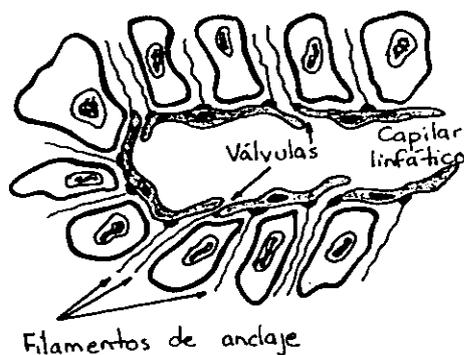


FIGURA 7. Estructura especial de los capilares linfáticos que permite el regreso de sustancias de peso molecular alto a la circulación. (Guyton, p. 140)

3.3. COMPOSICIÓN DE LA LINFA

La linfa se deriva del líquido intersticial que entra en los linfáticos. Por lo tanto, al entrar desde cada tejido tiene casi la misma composición que el líquido intersticial.

La concentración de proteínas en el líquido intersticial de la mayor parte de los tejidos promedia alrededor de 2 g/100 ml y la concentración de proteína en la linfa que fluye de estos tejidos está muy cercana a este valor. Por otra parte, la linfa que se forma en el hígado tiene una concentración proteínica de hasta 6g/100 ml y la que se forma en los intestinos una concentración proteica de 3 a 4 g/100 ml. Debido a que alrededor de dos terceras partes de toda la linfa se deriva del hígado y de los intestinos, la linfa torácica tiene generalmente una concentración proteica entre 3 y 5 g/100 ml (Guyton, 1987).

3.4. FLUJO LINFÁTICO GASTROINTESTINAL

Como se mencionó en la anatomía del aparato digestivo, el sistema linfático se encuentra íntimamente ligado al tracto digestivo. Lo irriga íntimamente en el intestino delgado, donde los capilares linfáticos terminan entre los lechos capilares sanguíneos, dentro de cada vellosidad intestinal. Posteriormente los capilares linfáticos se vacían en venas linfáticas, para terminar en el conducto torácico (Moffett, et al, 1993).

El sistema linfático es una de las mayores vías para la absorción de los nutrientes del aparato digestivo, así como el principal responsable de la absorción de las grasas. De hecho, después de una comida grasosa, la linfa del conducto torácico a veces contiene entre 1 y 2% de grasa (Guyton, 1987).

4- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN

Del mismo modo que todas las células vivas necesitan oxígeno para sobrevivir, también necesitan sustancias nutritivas para crecer, obtener energía y regenerarse. Deben ingerirse los alimentos para que dentro del cuerpo sufran alguna transformación de modo que puedan ser utilizados por las células. El aparato digestivo se compone de órganos que realizan estas funciones al transformar en forma adecuada el alimento en sustancias nutritivas sencillas, a través de una serie especial de procesos que se llama digestión. Absorción significa el paso de esta sustancia transformada del aparato digestivo a la sangre (Dienhart, 1981).

A- DIGESTIÓN

Puede definirse la digestión como la transformación mecánica y química del alimento ingerido hasta producir partículas adecuadas para que puedan ser absorbidas por el organismo. Puesto que el alimento permanece en la boca un tiempo muy corto, es poca la digestión química que se hace en este lugar. En forma principal se tritura al alimento por medio de la masticación. En el estómago continúa la acción mecánica, donde además se secretan enzimas digestivas importantes, como la pepsina y la lipasa gástrica. Finalmente en el intestino delgado se vierte el jugo pancreático proveniente del páncreas, rico en enzimas digestivas como el tripsinógeno, quimotripsinógeno, amylasa pancreática, etc. Además se vierte la bilis proveniente del hígado constituida esencialmente por agua, pigmentos biliares, sales biliares y colesterol; importante en la química digestiva. Las células glandulares del intestino delgado producen varias enzimas digestivas: peptidasas, maltasa, sacarasa, lactasa. No se deben olvidar los movimientos gastrointestinales que persisten en esta región. De este modo, son las enzimas y movimientos del intestino delgado, las que terminan el proceso de desdoblar los tres componentes principales del alimento: azúcares, grasas y proteínas, hasta sus componentes más simples. Estas sustancias están en este momento listas para ser absorbidas (Dienhart, 1981).

En realidad, la química de la digestión es muy sencilla, porque en el caso de los tres tipos principales de sustancias nutritivas, la hidrólisis es el mecanismo involucrado. La única diferencia, son las distintas enzimas que se necesitan para las reacciones de cada tipo de sustancia nutritiva (Guyton, 1987). Todas las enzimas digestivas son proteínas; por lo tanto su funcionamiento es influido por el pH, composición y temperatura del medio. Por ejemplo, la pepsina, proteína secretada por el estómago, es más efectiva en un medio con un pH entre 1.5 y 2.5, característico del quimo gástrico; mientras que las proteasas pancreáticas son más efectivas en un pH entre 7 y 8, característico del medio intestinal. Por otro lado, los polisacáridos y proteínas implican la hidrólisis de distintos tipos de enlaces químicos, por lo que requieren la acción combinada de diferentes tipos de enzimas. El caso de las grasas es más complejo, pues previamente a la hidrólisis estos compuestos deben ser emulsificados por las sales biliares secretadas por el hígado (Moffett, et al, 1993).

B- ABSORCIÓN

La absorción puede definirse como el transporte de sustancias del medio externo al interno. Esto es, los nutrientes de los alimentos ingeridos no son absorbidos por el organismo hasta que llegan a la sangre. La circulación sanguínea los lleva enseguida a las células de los órganos individuales del cuerpo, para que puedan ser utilizados (Dienhart, 1981).

En la boca no se produce absorción (salvo de algunas drogas como la nitroglicerina), en el estómago se efectúa muy poca absorción (de ciertas drogas, alcohol y glucosa hasta cierto grado). Casi toda la absorción de los nutrientes se hace a través de la pared del intestino delgado, donde éstos deben atravesar las tres estructuras que separan al lumen intestinal de la sangre: (1) el epitelio de la mucosa, (2) el espacio intersticial, y (3) la pared capilar. Los patrones para atravesar estas barreras difieren para las distintas sustancias (Moffett, et al, 1993). (figura 8)

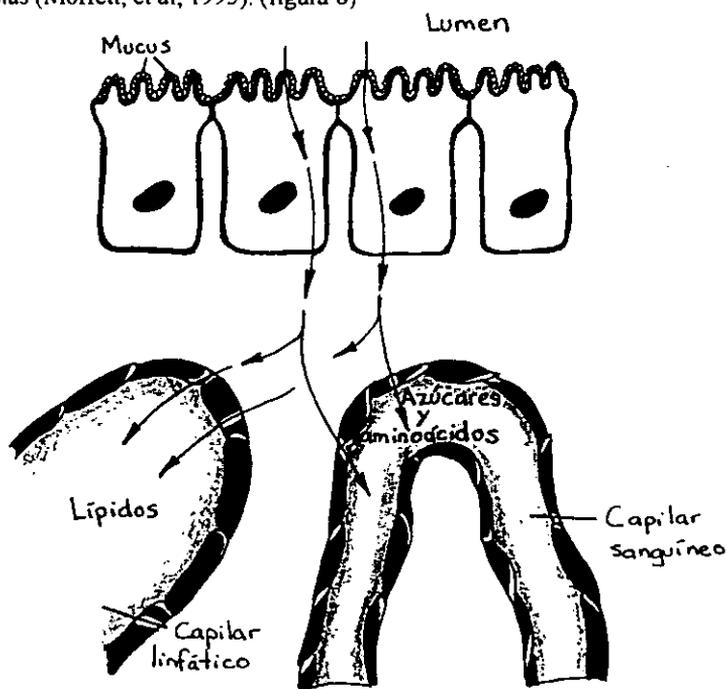


FIGURA 8. Para entrar en la sangre o en la linfa, los materiales que se absorben del lumen intestinal deben atravesar una membrana mucosa externa, el citoplasma de las células epiteliales (incluyendo las microvellosidades), la membrana basolateral, el fluido intersticial y las membranas y citoplasma de las células endoteliales de los capilares linfáticos o sanguíneos. Existe una ruta específica para las diferentes clases de nutrientes. (Moffett, et al, p. 626)

El flujo sanguíneo por gramo de tejido es muy alto (0.5 a 1 cm³ por minuto por gramo) tanto en el intestino delgado como en el encéfalo, además el intestino posee un buen drenado linfático. Cabe recordar que cada una de las millones de vellosidades intestinales contiene un capilar linfático. Si bien el duodeno y el yeyuno contienen relativamente más vellosidades que el íleon, la absorción se realiza en forma igual en las tres zonas. La movilidad intestinal es la que produce este efecto, porque el alimento pasa mucho más rápidamente por la parte próxima del tubo. El líquido ingerido diario (alrededor de 1.5 litros) más el líquido de los diferentes jugos gastrointestinales (alrededor de 7 litros) hacen un total de 8 a 9 litros. Excepto por 1.5 litros, el resto es absorbido en el intestino delgado y queda sólo la cantidad mencionada para alcanzar la válvula ileocecal y pasar al colon cada día. En el intestino grueso se absorbe aproximadamente 1 litro de agua con electrolitos y vitaminas; lo que deja sólo 50 a 200 mililitros de líquido para su excreción en las heces. La mayor parte de la absorción en el intestino grueso ocurre en la mitad proximal del colon, lo cual le ha dado el nombre de colon de absorción (Dienhart, 1981).

La absorción a través de la mucosa gastrointestinal se lleva a cabo por transporte activo y difusión. El transporte activo genera la energía para transportar una sustancia a través de una membrana, por lo tanto, esta sustancia puede transportarse contra un gradiente de concentración. Por otra parte, el término difusión sólo significa transporte de sustancias como resultado del movimiento molecular a favor de un gradiente electroquímico.

Más allá de las células de la mucosa intestinal, las sustancias pasan a los capilares sanguíneos o a los capilares linfáticos de las vellosidades; la sangre se vierte en el sistema portal y la linfa pasa a través de los vasos linfáticos hacia el conducto torácico. Puesto que el conducto torácico desemboca en la vena subclavia izquierda, todas las sustancias que han sido absorbidas penetran finalmente en el sistema circulatorio sanguíneo (Dienhart, 1981).

Para el funcionamiento orgánico normal debe absorberse diariamente del aparato digestivo una cantidad suficiente de todos los nutrientes. Entre estos nutrientes se cuentan azúcares, grasas y proteínas, que son utilizados para producir energía, para reconstruir o formar tejido y para el mantenimiento general de las funciones corporales. El agua es especialmente importante, porque es el solvente universal y forma la mayor parte de la sustancia corporal. Además, se requieren pequeñas pero esenciales cantidades de vitaminas y minerales con propósitos reguladores (Dienhart, 1981). Cabe mencionar que aún cuando la cantidad de alimento que consume una persona exceda sus necesidades nutricionales, el intestino absorbe prácticamente el 100% de las grasas, proteínas y carbohidratos ingeridos. De ahí que la asimilación de calorías deba ser regulada al nivel de la ingestión, puesto que no es regulada al nivel de la absorción (Moffett, et al, 1993).

4.1. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos de los alimentos pertenecen a tres grandes categorías: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos incluyen a la glucosa y a la fructosa. Los disacáridos de la dieta incluyen a la sucrosa (azúcar de caña o azúcar de mesa), un disacárido de glucosa y fructosa que constituye aproximadamente el 30% de nuestra

ingesta de carbohidratos y a la lactosa (azúcar de la leche), un disacárido de glucosa y galactosa el cual contribuye al 6% de nuestra dieta en carbohidratos. La ribosa, desoxirribosa (presentes en el ARN y en el ADN) y el disacárido maltosa se consumen en pequeñas cantidades. El almidón es el polisacárido esencial de la dieta. El almidón vegetal (amilopectina) y el almidón animal (glucógeno) constituyen más del 50% del total de carbohidratos ingeridos al día, en el promedio de la dieta occidental. El almidón contiene polímeros de glucosa de cadena simple y ramificada (Moffett, et al, 1993).

La digestión del almidón comienza en la boca. Las glándulas salivales secretan la enzima alfa-amilasa (o ptialina), la cual ataca los enlaces entre moléculas de glucosa adyacentes en la cadena simple (Guyton, 1987). El efecto de la alfa-amilasa se prolonga después de que el alimento llega al estómago, pero pronto desaparece cuando la substancia se mezcla totalmente con el jugo gástrico ácido; dejando la mayor parte de la hidrólisis a la enzima amilasa pancreática en el duodeno. Pero las amilasas salival y pancreática no pueden romper todos los enlaces entre los monosacáridos. El resultado de la digestión del almidón por las amilasas no es glucosa pura, sino maltosa, sucrosa, maltotriosa y pequeños polímeros de glucosa. Los cuales, junto con otros disacáridos importantes, son digeridos a monosacáridos por las enzimas de las microvellosidades del borde en cepillo de las células epiteliales en el intestino delgado. La actividad de estas enzimas libera a los monosacáridos cerca de la superficie de las microvellosidades, facilitando su absorción (Moffett, et al, 1993; Dienhart, 1981).

La celulosa, polisacárido abundante en granos, frutos y vegetales, resiste el ataque de las amilasas. Sin embargo es un componente importante de la fibra en la dieta, al contribuir al volumen de material y al estimular la motilidad del intestino grueso. Algunas bacterias del intestino grueso degradan parcialmente la celulosa, pero la glucosa resultante no es absorbida sino transformada por bacterias del colon en ácidos grasos de cadena corta y acetato. Estos últimos son en gran medida absorbidos por el colon (Moffett, et al, 1993).

Como resultado de la digestión de azúcares se obtienen los monosacáridos glucosa, galactosa y fructosa, los cuales son absorbidos por las células epiteliales del intestino delgado. Existe un sistema de cotransporte sodio dependiente para la glucosa y la galactosa en la membrana de las células epiteliales. Este proceso amerita una explicación: en el borde en cepillo de la célula epitelial existe una proteína portadora grande para transportar la glucosa y algunos otros monosacáridos, en especial galactosa. No obstante, este portador no transporta la glucosa en ausencia de transporte de sodio. Por ello se piensa que el portador tiene sitios receptores tanto para una molécula de glucosa como para un ion sodio y que el portador no puede transportar glucosa al interior de la célula si el sitio receptor para el sodio no se ha llenado simultáneamente. La energía que da origen al movimiento tanto del ion sodio como de la molécula de glucosa del exterior al interior de la membrana proviene de la diferencia en la concentración de sodio entre el interior y el exterior. El sodio y la glucosa se acoplan en tal forma que deben moverse juntos. Es decir, conforme el sodio se difunde al interior de la célula "arrastra" a la glucosa junto con él generando la energía para el transporte de ésta. Por razones obvias, este proceso recibe el nombre de teoría de cotransporte de sodio para el transporte de glucosa. Adicionalmente al sistema de cotransporte sodio dependiente, existen sistemas de acarreadores independientes del sodio, para glucosa y fructosa (Guyton, 1987).

Una vez que los monosacáridos se encuentran en el citoplasma de las células epiteliales, atraviesan las membranas basolaterales por difusión facilitada, y alcanzan el fluido intersticial. Subsecuentemente los monosacáridos se difunden en la sangre (Moffett, et al, 1993). (figura 9)

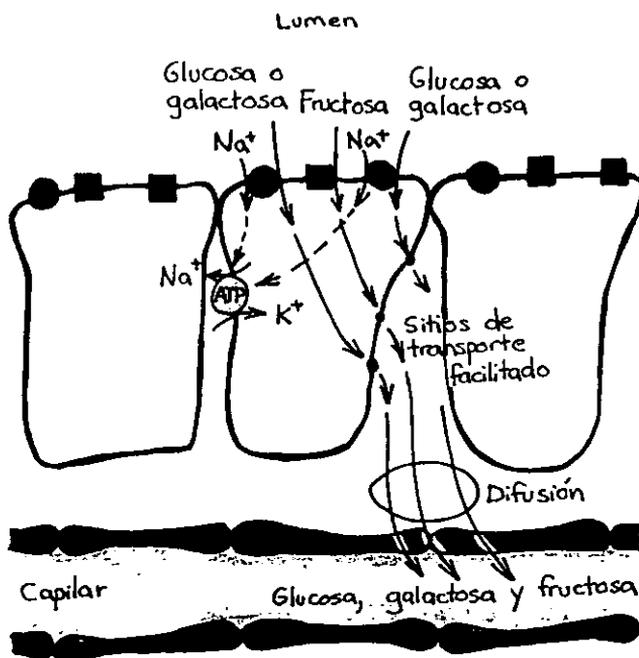


FIGURA 9. Se muestran dos sistemas de transporte para las azúcares: la galactosa y la glucosa comparten el sistema de cotransporte sodio dependiente y la fructosa utiliza un sistema de transporte independiente del sodio. Los azúcares salen de las células probablemente por medio de acarreadores específicos. Posteriormente ingresan en la sangre por difusión. (Moffett, et al, p. 630)

4.2- DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS

Las proteínas de la dieta se derivan casi por completo de las carnes y los vegetales. Hay más tipos de aminoácidos en las proteínas que azúcares simples en los carbohidratos (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

Las enzimas que digieren proteínas (peptidasas o proteasas) reconocen aminoácidos particulares o clases de aminoácidos que hidrolizan, al atacar los enlaces peptídicos entre ellos.

La digestión de las proteínas se inicia en el estómago cuando la pepsina las divide en fragmentos peptídicos (proteosomas, peptonas y polipéptidos de molécula grande). El pH bajo característico del jugo gástrico es importante para la acción de la pepsina por dos razones. Primero la enzima es más activa en un pH entre 1.5 y 2.5. En segundo término, el pH ácido desnaturaliza las proteínas, rompiendo algunos enlaces internos determinantes de su estructura terciaria, dejándolas con configuración más lineal. Esta desnaturalización expone los enlaces peptídicos, que de otra manera quedarían dentro de la estructura terciaria de la proteína; lo que facilita la acción de la enzima. La pepsina es de especial importancia por su capacidad para digerir la colágena que es un albuminoide poco afectado por otras enzimas digestivas. Como la colágena es un constituyente mayor del tejido fibroso de la carne es esencial que esta sustancia sea digerida para que el resto de la carne pueda ser atacada por otras enzimas digestivas. La pepsina se inactiva al entrar en el duodeno, pues la acidez del quimo se neutraliza con las secreciones pancreáticas e intestinales. En suma, la pepsina comienza el trabajo; pero el 85% de los enlaces peptídicos permanecen para ser hidrolizados por enzimas pancreáticas e intestinales, en el intestino delgado (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

Las enzimas pancreáticas son tripsina, quimotripsina y carboxipolipeptidasa. Y el producto final de su digestión consiste fundamentalmente en polipéptidos pequeños y algunos aminoácidos. Por último, la mayoría de los polipéptidos pequeños se digieren en aminoácidos cuando entran en contacto con las células epiteliales del intestino delgado, las cuales segregan múltiples peptidasas.

Por lo tanto los productos de la digestión proteica son aminoácidos y algunos pequeños péptidos. Como en el caso de los monosacáridos, la mayoría de los aminoácidos atraviesan la membrana apical de las células epiteliales por medio de un sistema de cotransporte sodio dependiente. Es decir, la mayor parte de las moléculas de péptido o de aminoácido se ligan con una proteína transportadora específica que también necesita ligarse al sodio antes de que pueda ser transportada. A continuación el ion sodio se desplaza a lo largo de su gradiente electroquímico hacia el interior de la célula y arrastra el aminoácido o el péptido. Esto recibe el nombre del cotransporte de los aminoácidos o péptidos. Se han caracterizado cuando menos cinco diferentes tipos de aminoácidos y proteínas de transporte peptídico en la membrana luminal de las células del epitelio intestinal. Esta multiplicidad de proteínas de transporte es necesaria debido a las distintas propiedades para ligarse de los diferentes aminoácidos y péptidos. Los aminoácidos probablemente salgan del citoplasma al fluido intersticial por medio de un mecanismo independiente del sodio. Una vez en el fluido intersticial, los aminoácidos entran al plasma y viajan (junto con los monosacáridos producto de la digestión de los carbohidratos) por la vena porta hacia el hígado (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

4.3. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE GRASAS

Las grasas más comunes de la dieta son en su mayoría grasas neutras, también conocidas como triglicéridos. En la dieta habitual existen también cantidades pequeñas de fosfolípidos, colesterol, ésteres de colesterol y algunos ácidos grasos. Las grasas neutras son insolubles en el agua y forman grandes gotas que coalescen y se separan completamente de la fase acuosa. Los ácidos grasos y los fosfolípidos son ligeramente más solubles en agua, pero aún tienden a agregarse en láminas de bicapas, con los grupos polares hacia afuera y las cadenas hidrocarbonatadas orientadas al centro (Moffett, et al, 1993; Guyton, 1987).

El primer paso para la digestión de las grasas es la fragmentación de los glóbulos de grasa en tamaños pequeños de modo que las enzimas digestivas que son solubles en grasa puedan actuar sobre las superficies de estos glóbulos. A este proceso se le llama emulsión de la grasa y se lleva a cabo bajo la influencia de las sales biliares, que son secretadas a la bilis por el hígado. En los conductos hepáticos, las sales biliares se agregan en micelas. En el intestino, estas sales son transferidas de las micelas biliares a la superficie de los glóbulos de grasa, cortándolos y previniendo que los pequeños glóbulos se reincorporen en glóbulos mayores. Las sales biliares actúan como detergente disminuyendo importantemente la tensión interfase de la grasa. Si la tensión interfase es baja, los movimientos de mezclado gastrointestinal pueden romper los glóbulos de la grasa en partículas más y más finas, en esta forma la superficie total de la grasa aumenta al doble cada vez que los diámetros de los glóbulos de grasa disminuyen a la mitad. El resultado de mezclar sales biliares con estos contenidos intestinales, es la formación de glóbulos emulsionados de aproximadamente 1 micra de diámetro (Dienhart, 1981; Guyton, 1987).

Aunque una pequeña cantidad de grasa se puede digerir en el estómago por la acción de la lipasa gástrica, el 95 a 99% de toda la digestión grasa ocurre en el intestino delgado por la influencia de las lipasas pancreáticas, fundamentalmente. Al actuar la lipasa pancreática sobre los triglicéridos, produce ácidos grasos libres, monoglicéridos (2-monoacilgliceroles) y pequeñas cantidades de glicerol. Además de esta lipasa, el páncreas secreta la enzima hidrolasa, la cual rompe los ésteres de colesterol en ácidos grasos y colesterol. Otra enzima que digiere lípidos es la fosfolipasa, cuyos productos de digestión son lisofosfátidos y ácidos grasos. Pero las lipasas pancreáticas no pueden atacar efectivamente a los lípidos en los glóbulos emulsionados, pues las sales biliares y las proyecciones de los fosfolípidos crean una barrera en la superficie del glóbulo. Entonces la fosfolipasa pancreática debe primero remover algunos fosfolípidos de la superficie del glóbulo. Posteriormente la acción de la lipasa pancreática es facilitada por la colipasa, una coenzima secretada por el páncreas. La colipasa se ancla a la superficie del glóbulo enlazándose con las sales biliares; se liga a la lipasa, anclándola en la proximidad de la superficie. La lipasa puede así comenzar a convertir a los triglicéridos en monoglicéridos y ácidos grasos libres (Moffett, et al, 1993).

La digestión de las grasas es un proceso altamente reversible y por ello la acumulación de monoglicéridos, ácidos grasos, etcétera, cerca de los lípidos en proceso de digestión bloquearía con rapidez el avance de la digestión. Las sales biliares, el fosfolípido biliar lecitina y el colesterol, se combinan con los productos de la lipólisis para formar estructuras de 50 a 100 nanómetros de diámetro llamadas micelas mixtas -en las micelas mixtas, las moléculas hidrofóbicas y las partes hidrofóbicas de las moléculas

amfipáticas se encuentran en el centro de la esfera- mientras que la superficie de la esfera es hidrofílica. En consecuencia, el proceso digestivo puede continuar sin obstáculo (Guyton, 1987). (figura 10)

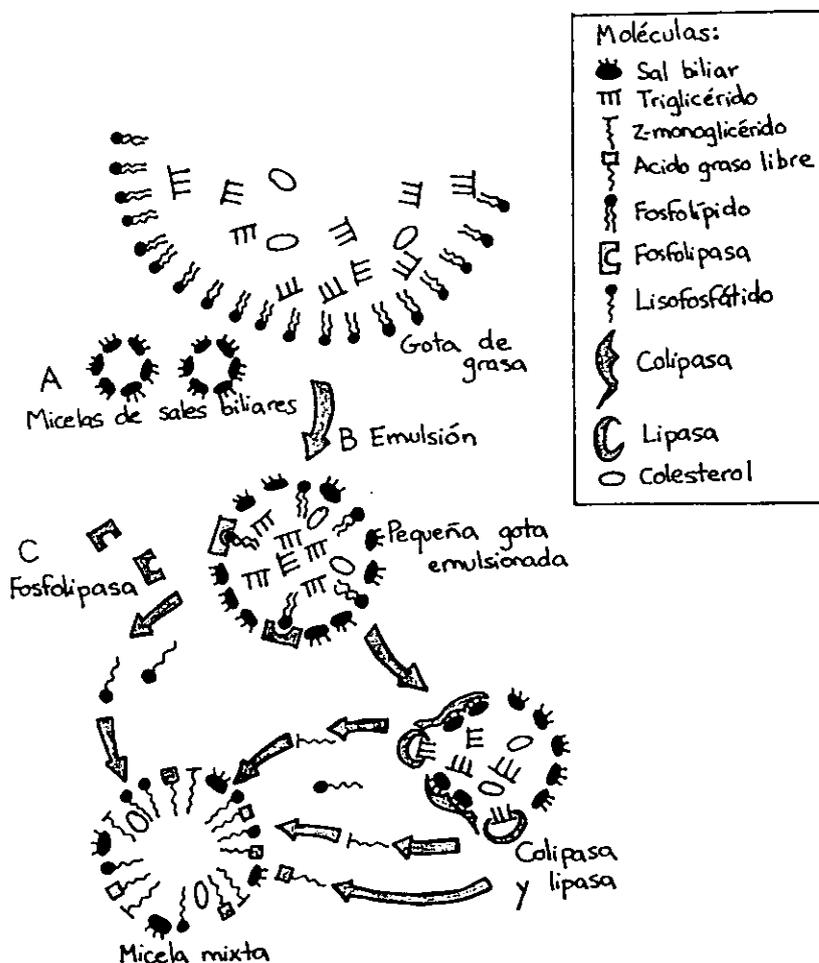


FIGURA 10. Los pasos en la solubilización y digestión de grasas. (A) Las sales biliares entran en el lumen del tracto gastrointestinal en forma de micelas esféricas. Posteriormente se mezclan las micelas de sales biliares con grandes agregados de lípidos. (B) Algunos de los lípidos se separan de éstos grandes agregados, cuando sus superficies son cubiertas por las sales biliares. Este proceso, llamado emulsión, incrementa la superficie de los lípidos. (C) Las lipasas pancreáticas, con ayuda de la colipasa, atacan los puentes lipídicos expuestos en la superficie de las gotas de lípidos emulsionados. (Moffett, et al, p.633)

Debido a las pequeñas dimensiones y también a que su exterior está altamente cargado, las micelas son solubles en el quimo. Los productos de la lipólisis son también ligeramente solubles en agua, entonces existe un equilibrio entre las micelas y la solución acuosa que las rodea. Cuando la concentración de lípidos en fase acuosa se eleva, como ocurre en el sitio de la digestión, las micelas acumulan lípidos disueltos. Conforme estas micelas mixtas son acarreadas hacia las microvellosidades, la concentración local de lípidos digeridos en la fase acuosa es mucho más baja pues se están disolviendo a través de la bicapa lipídica de la membrana de las células epiteliales. Un nuevo equilibrio se establece bajo estas circunstancias, y los productos de la lipólisis salen de la micela mixta siguiendo el gradiente de concentración, hacia el medio acuoso, donde se difunden en las células epiteliales. En esta forma las grasas digeridas se transportan a las superficies de las células epiteliales del intestino. Al entrar en contacto con estas superficies, tanto los monoglicéridos como los ácidos grasos de inmediato atraviesan la membrana epitelial abandonando las micelas de sal biliar en el quimo. Las micelas regresan al quimo y absorben aún más grasas digeridas y, de igual manera, las transportan a las células epiteliales. Así es como los ácidos biliares realizan una función de acarreadores de gran importancia para la absorción de las grasas. En presencia de abundantes ácidos biliares, se absorbe aproximadamente 97 por ciento de las grasas; en su ausencia sólo entre 50 y 60 por ciento (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

El mecanismo de la absorción de las grasas a través del borde en cepillo se basa en que ambas sustancias son altamente solubles en lípidos, y por eso se disuelven en la bicapa lipídica de la membrana y entran a la célula.

Una vez dentro de las células epiteliales, los ácidos grasos, monoglicéridos, colesterol, y lisolecitina (lisofosfátidos); no atraviesan la membrana basolateral para ingresar al fluido intersticial. En vez de esto, se resintetizan triglicéridos a partir de los ácidos grasos y los monoglicéridos, gracias a la acción de enzimas localizadas en el retículo endoplásmico liso. Otras enzimas del retículo endoplásmico liso reesterifican colesterol y sintetizan fosfolípidos. Los triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de colesterol intracelulares, forman glóbulos que son empaquetados dentro de pequeñas vesículas, en el complejo de Golgi. Los fosfolípidos se acomodan dentro de estos glóbulos con la porción grasa del fosfolípido al centro y las porciones polares sobre la superficie. Este tipo de disposición provee una superficie eléctricamente cargada que hace a los glóbulos miscibles con los líquidos de la célula. Además, pequeñas cantidades de beta-lipoproteína, también sintetizadas por el retículo endoplásmico, cubren parte de la superficie de cada glóbulo. Así, las vesículas mediante el proceso de exocitosis celular, liberan los glóbulos al fluido extracelular. Estos glóbulos reciben el nombre de quilomicrones. Una vez liberados, los quilomicrones no entran a los capilares, pues son demasiado grandes para atravesar los poros existentes entre las células endoteliales de los capilares. En vez de esto, entran a los vasos linfáticos, pues las uniones intercelulares de los vasos linfáticos son suficientemente grandes para permitirles la entrada (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

De los linfáticos centrales de las vellosidades, los quilomicrones se desplazan junto con la linfa por medio de la bomba linfática hacia arriba hasta alcanzar el conducto linfático principal: el conducto torácico; y vaciarse en las grandes venas del cuello (subclavia y yugular). Durante la digestión de una comida rica en grasas, los linfáticos

presentan una apariencia lechosa, pues están llenos de quilomicrones (Dienhart, 1981; Guyton, 1987). (figura 11)

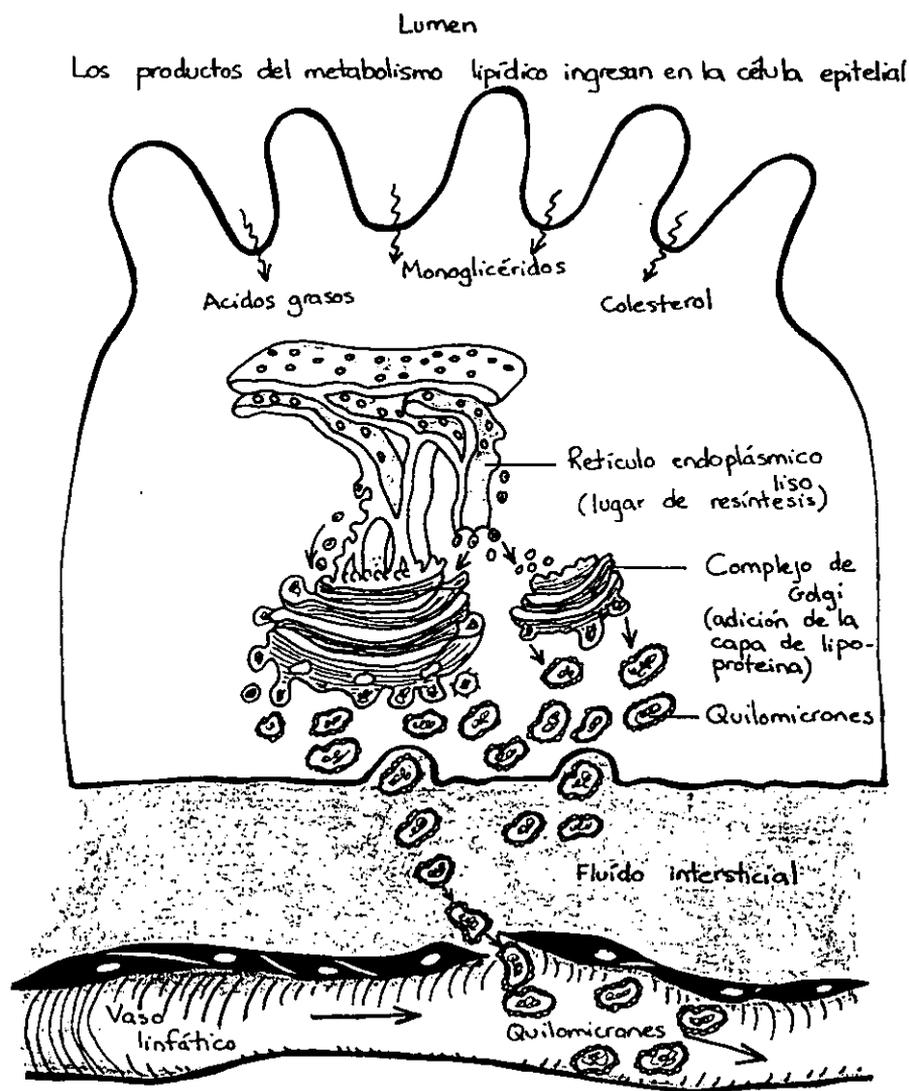


FIGURA 11. Una vez que los productos del metabolismo lipídico entran en las células epiteliales, ingresan en el retículo endoplásmico y son resintetizados en moléculas mayores (ésteres de colesterol y triglicéridos). Posteriormente son empacados en el aparato de Golgi, dónde se les adiciona beta-lipoproteína para volverlos hidrofílicos. Las gotas lipídicas resultantes, denominadas quilomicrones, abandonan la célula por exocitosis, viajan a través del fluido intersticial y entran en la linfa. (Moffet, et al, p. 636)

5- ASIMILACIÓN

Como se mencionó en un principio, la asimilación se refiere a la entrada de las moléculas digeridas y absorbidas a los tejidos corporales. La asimilación se lleva a cabo en todas y cada una de las células del organismo por diferentes mecanismos (Eckert, et al, 1992). En realidad la distribución de las sustancias nutritivas del torrente sanguíneo a las células es muy compleja, cada compuesto sigue una ruta determinada, e incluso un mismo compuesto puede seguir diferentes vías (almacenamiento, producción de energía, síntesis estructural, etc.) reguladas por el sistema endócrino y nervioso. Por ejemplo, el transporte de glucosa por el cuerpo y su paso a las células es facilitado por la insulina. Después de ser absorbida, la glucosa puede ser utilizada de inmediato por las células para obtener energía o puede ser almacenada en el hígado en forma de un compuesto complejo que se llama glucógeno. Las células musculares también pueden almacenar glucosa adicional en forma de glucógeno. Cuando es necesario, el glucógeno puede transformarse de nuevo en glucosa, proceso que se llama glucogenólisis (Dienhart, 1981).

Así, para tratar el tema de la asimilación, se incursionará en lo que algunos autores llaman el metabolismo de las proteínas, carbohidratos y lípidos. El metabolismo es un término amplio y los procesos que incluye suelen agruparse bajo varios subtítulos. Por ejemplo el metabolismo de la energía, se refiere a los mecanismos por los cuales el organismo transforma el alimento en energía; el metabolismo de los carbohidratos es en esencia el metabolismo de la glucosa y de las sustancias afines; el metabolismo del nitrógeno designa los procesos que se encargan de los aminoácidos y otros compuestos proteínicos, el metabolismo de las grasas se refiere a los cambios químicos en los que entran en juego grasas y sustancias similares (Dienhart, 1981).

Se puede decir que el metabolismo es la función general de la maquinaria de la vida, e incluye las funciones de nutrición, respiración y síntesis. Aunque debemos distinguir el metabolismo general del organismo, del metabolismo celular. La respiración de un animal comprende la toma de aire y la circulación de los gases en el cuerpo, mientras que a nivel celular sólo significa la combustión de los materiales alimenticios y la obtención de energía. Del mismo modo, la síntesis incluye en un animal procesos como, por ejemplo la formación de un sistema esquelético completo, mientras que en la célula ósea este proceso se limita a la elaboración de una pequeña cantidad de proteína y de fosfato cálcico. Por último, la nutrición a nivel del organismo requiere ingestión del alimento y circulación de las sustancias aprovechables por todo el cuerpo mediante los fluidos orgánicos, mientras que la nutrición celular sólo implica la entrada de moléculas en la célula a partir precisamente de los fluidos orgánicos (Weisz, 1985).

En el presente trabajo se trata la nutrición a nivel orgánico, en el marco del metabolismo general del organismo; pero al tratar el subproceso de asimilación, se tocará muy someramente el metabolismo celular. Pues el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas se encuentra en el límite entre el metabolismo celular y el metabolismo del organismo completo.

5.1- ASIMILACIÓN DE CARBOHIDRATOS

Los productos finales de la digestión de carbohidratos en el conducto alimenticio son casi en su totalidad glucosa, fructosa y galactosa; la glucosa es la mayor parte. Gran parte de la fructosa se convierte en glucosa a medida que se absorbe a través de las células del epitelio intestinal. Estos tres monosacáridos se absorben en la circulación portal y luego pasan por la sangre de los sinusoides hepáticos.

Las células del hígado disponen de las enzimas apropiadas para promover la interconversión entre los monosacáridos y la dinámica de las reacciones es de tal naturaleza que cuando el hígado libera los monosacáridos hacia la sangre el producto final de esta conversión casi es glucosa en su totalidad. Una vez en la circulación general, estos monosacáridos son llevados a todas las partes del cuerpo. Sin embargo, para que la célula los utilice, primero deben penetrar al interior del citoplasma a través de la membrana celular.

Los monosacáridos no pueden difundirse a través de los poros comunes en la membrana celular, ya que las sustancias que pueden hacerlo tienen un peso molecular máximo de 100 en tanto que el peso molecular de glucosa, fructosa y galactosa es de 180. Pero, la glucosa y algunos otros monosacáridos se combinan con una proteína acarreadora del interior de la membrana que les permite difundirse libremente al interior de la célula. Después de atravesar la membrana se disocian y el acarreador se separa (Guyton, 1987).

La insulina aumenta mucho la velocidad del transporte de glucosa a través de la membrana celular. En casi todas las células cuando el páncreas secreta una gran cantidad de insulina la velocidad del transporte de glucosa aumenta hasta 10 veces en comparación de la misma velocidad cuando no se ha secretado insulina. La cantidad de glucosa que se puede difundir al interior de la mayor parte de las células del cuerpo en ausencia de insulina, con la única excepción del hígado, cerebro, eritrocitos y células de la médula renal; es demasiado pequeña para suministrar una cantidad de glucosa siquiera aproximada a la cantidad que normalmente se requiere para el metabolismo energético. Por lo tanto, en realidad la velocidad de utilización de los carbohidratos en el cuerpo está controlada de manera principal por la velocidad de secreción de insulina en el páncreas (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

Después de su absorción al interior de las células la glucosa se puede utilizar de inmediato para liberar energía por el proceso de glucólisis o almacenar en forma de glucógeno, por el proceso de glucogénesis. Cualquier monosacárido que pueda convertirse en glucosa puede entrar en el proceso de glucogénesis y ciertos compuestos más pequeños incluyendo ácido láctico, glicerol, ácido pirúvico y algunos aminoácidos desaminados también pueden convertirse en glucosa o compuestos íntimamente relacionados que luego se convertirán en glucógeno. Ciertas células pueden almacenar grandes cantidades de glucógeno, en especial las células hepáticas, que son capaces de retener (5 a 8 %) de su peso en forma de glucógeno y las células musculares también pueden almacenar de (1 a 3%) de su peso como glucógeno. La mayor parte del glucógeno así almacenado, se precipita para formar gránulos sólidos (Guyton, 1987).

Cuando se necesita volver a formar glucosa a partir de glucógeno se lleva a cabo el proceso de glucogenólisis. Este proceso requiere de la activación de una enzima (fosforilasa) por dos hormonas específicas: adrenalina y glucagon. La adrenalina se libera de la médula suprarrenal cuando el sistema nervioso simpático se estimula. Esta función

de la adrenalina se observa con mayor claridad en las células hepáticas y musculares, y contribuye, junto con otros efectos de la estimulación simpática, para preparar al cuerpo para la acción. El glucagón es una hormona secretada por las células alfa del páncreas cuando la concentración de glucosa en la sangre desciende. Su principal efecto es vaciar la glucosa liberada por el hígado hacia la sangre. Cuando el hígado forma glucosa como resultado de la glucogenólisis casi toda ella pasa de inmediato a la sangre. De este modo la glucogenólisis hepática causa de inmediato una elevación en la concentración de glucosa sanguínea. En la mayor parte de las células, en especial en las células musculares la glucogenólisis sólo incrementa la cantidad disponible de glucosa 6-fosfato (una forma de glucosa que no puede difundirse hacia afuera de la célula) en el interior de la célula, pero no libera la glucosa hacia los líquidos extracelulares debido a que no se dispone de la enzima (fosfatasa) requerida para desfosforilar la glucosa 6-fosfato (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

Para liberar energía de la molécula de glucosa tiene lugar el proceso denominado glucólisis (que consta en el desdoblamiento de la molécula de glucosa para formar dos moléculas de ácido pirúvico y dos átomos de hidrógeno), seguido por la oxidación de sus productos finales. Pero en ocasiones no se dispone de oxígeno o la cantidad disponible es insuficiente y así la oxidación de la glucosa en la célula no puede efectuarse. Entonces se forma ácido láctico (a partir del ácido pirúvico y del hidrógeno), el cual permite reacciones alternativas para liberar energía. El ácido láctico sale de inmediato de la célula para dirigirse a los líquidos extracelulares e incluso a los líquidos del interior de otras células menos activas. Por lo tanto el ácido láctico representa una especie de "sumidero" en el cual pueden desaparecer los productos finales de la glucólisis y permite que ésta prosiga durante un tiempo más prolongado de lo que sería posible si el ácido pirúvico y el hidrógeno no se retiraran del medio de reacción. En realidad, la glucólisis sólo proseguiría unos pocos segundos si no existiera este medio de conversión. Cuando empieza de nuevo a ingresar oxígeno al cuerpo, el hidrógeno y el ácido pirúvico adicionales, almacenados en los líquidos del cuerpo se oxidan con rapidez, principalmente en el hígado, y por lo tanto su concentración se reduce mucho. Como resultado, la reacción química para la síntesis de ácido láctico se revierte por sí sola de inmediato, el ácido láctico se convierte una vez más en ácido pirúvico el cual finalmente es oxidado para suministrar energía adicional a la célula (Guyton, 1987).

Este esquema glucolítico no es el único medio por el cual se puede descomponer la glucosa para suministrar energía. Un segundo esquema importante en el desdoblamiento de glucosa se denomina vía de la pentosa-fosfato. Tal proceso explica hasta el 30% del desdoblamiento de glucosa en el hígado y aún más de este porcentaje en las células adiposas. Tiene especial importancia en el suministro de energía y algunos de los sustratos que se requieren para la conversión de carbohidratos y grasa (Guyton, 1987).

Cuando las reservas corporales de carbohidratos disminuyen por debajo de lo normal, se pueden formar pequeñas cantidades de glucosa a partir de aminoácidos y de la porción glicerol de la grasa. Este proceso se denomina gluconeogénesis. La disminución de carbohidratos puede invertir directamente muchas de las reacciones glucolíticas y permite la conversión de aminoácidos desaminados y de glicerol en carbohidratos. Sin embargo uno de los medios más importantes para promover la gluconeogénesis es mediante la liberación de glucocorticoides de la corteza suprarrenal (Guyton, 1987; Moffett, et al, 1993).

5.2- ASIMILACIÓN DE PROTEÍNAS

Los productos finales de la digestión de proteínas en el conducto gastrointestinal son casi puros aminoácidos y que las moléculas de proteína y los polipéptidos sólo rara vez se absorben hacia el torrente sanguíneo. Inmediatamente después de una comida, la concentración sanguínea de aminoácidos se eleva, pero, en general, el incremento sólo es poco debido a que luego de unos cinco a diez minutos de permanecer en la sangre, las células de todo el cuerpo absorben el exceso. Por lo tanto, casi nunca se encuentran grandes concentraciones de aminoácidos en la sangre.

Prácticamente todas las moléculas de aminoácidos son demasiado grandes para difundirse a través de los poros de las membranas celulares. En cambio, atraviesan la membrana sólo por transporte activo o difusión facilitada mediante mecanismos acarreadores. La naturaleza de algunos de estos mecanismos aún es muy poco comprendida.

Después de penetrar en la célula, los aminoácidos son conjugados por influencia de enzimas intracelulares y pasan a formar parte de las proteínas celulares; de este modo, la concentración de aminoácidos libres dentro de las células por lo general permanece baja. Los aminoácidos se almacenan principalmente en forma de verdaderas proteínas. Así las proteínas se sintetizan en todas las células del cuerpo y los genes controlan el tipo de proteína y de ese modo gobiernan las funciones de la célula. En realidad la síntesis de proteínas celulares constituye la base de la vida misma.

Pero gran parte de las proteínas intracelulares pueden desdoblarse con rapidez una vez más para formar aminoácidos (gracias a la acción de enzimas lisosomales digestivas intracelulares), y estos aminoácidos, a su vez, pueden pasar de la célula a la sangre. Las proteínas capaces de descomponerse de este modo incluyen muchas enzimas celulares y también algunas otras proteínas funcionales. Sin embargo, la mayor parte de las proteínas estructurales, como la colágena y las proteínas contráctiles del músculo no participan de manera significativa en este almacén reversible de aminoácidos.

Algunos tejidos del cuerpo participan en el almacenamiento de aminoácidos en mayor extensión que otros. Por ejemplo, el hígado, un órgano voluminoso con sistemas especiales para procesar aminoácidos, almacena grandes cantidades de proteínas lábiles. Aunque hay un límite máximo en la cantidad de proteínas acumulables en cada tipo particular de célula. Cuando las células se llenan hasta su límite, los controles por retroalimentación impiden la síntesis adicional de proteínas y cualquier aminoácido añadido a los líquidos del cuerpo se descompone para generar energía (en general, la cantidad de energía que se sintetiza por cada gramo de proteína oxidada es ligeramente menor que la que se obtiene por cada gramo de glucosa oxidada.) o se almacena como grasa. Esta descomposición ocurre casi por completo en el hígado.

Siempre que la concentración de aminoácidos del plasma desciende por debajo del nivel normal, salen aminoácidos de las células para restablecer el suministro al plasma. De este modo, la concentración plasmática de cada tipo de aminoácido se conserva en un valor razonablemente constante. Algunas hormonas pueden alterar el equilibrio entre proteínas tisulares y aminoácidos circulantes; la hormona de crecimiento y la insulina incrementan la síntesis de proteínas tisulares, en tanto que las hormonas glucocorticoides de la corteza suprarrenal aumentan la concentración de aminoácidos libres.

Pero cuando las proteínas se agotan en los tejidos, las proteínas plasmáticas pueden actuar como fuente para sustituirlas con rapidez. En realidad, todas las proteínas plasmáticas pueden ser embebidas "in toto" en las células hepáticas y macrófagos; luego se desdoblán en aminoácidos y pasan de nuevo hacia el torrente sanguíneo para utilizarse en todo el cuerpo en la construcción de proteínas celulares. Así, las proteínas plasmáticas funcionan como un almacén lábil de proteínas que representa una fuente rápidamente disponible de aminoácidos, siempre que un tejido particular los requiera.

Salvo por el exceso de proteínas dietarias o por los 20 a 30 gramos de la pérdida obligatoria en condiciones normales, el cuerpo utiliza todos los días casi sólo carbohidratos o grasas como fuente energética, en tanto se encuentren disponibles. Sin embargo, luego de varias semanas de ayuno, cuando la cantidad de carbohidratos almacenados se agota por completo y las grasas almacenadas comienzan a consumirse, los aminoácidos de la sangre empiezan a ser desaminados y oxidados con rapidez para liberar su energía. A partir de entonces, las proteínas tisulares se descomponen rápidamente -hasta 125 gramos al día- y las funciones celulares se deterioran de modo precipitado (Guyton, 1987).

5.3- ASIMILACIÓN DE GRASAS

De acuerdo con las secciones anteriores, prácticamente todos los lípidos de la dieta se absorben hacia la linfa en forma de quilomicrones que llegan al conducto torácico y luego alcanzan la sangre venosa en la unión de las venas yugular y subclavia (Guyton, 1987).

Los quilomicrones desaparecen del plasma en poco más de una hora (Guyton, 1987), aunque algunos autores mencionan 8 minutos (Moffett, et al, 1993). La mayor parte es retirada de la sangre circulante a su paso por los capilares del tejido adiposo y del hígado. Habitualmente al tejido adiposo se le llama almacén de grasas, su principal función es almacenar triglicéridos en una cantidad equivalente a 80 a 95% de su volumen, hasta que se requieran para el suministro de energía en otras partes del cuerpo. Otra función subsidiaria es proporcionar aislamiento térmico al cuerpo. En cuanto al hígado, además de almacenar grasa, cumple importantes funciones dentro del metabolismo de los lípidos:

1) Desdoblar los ácidos grasos en compuestos más pequeños que puedan utilizarse como energéticos.

2) Sintetizar otros lípidos derivados de ácidos grasos, en especial colesterol y fosfolípidos. Probablemente 90% o más de los fosfolípidos entran en la corriente sanguínea como parte de las lipoproteínas que se sintetizan en las células hepáticas. Y en esencia todo el colesterol endógeno que circula en el plasma se sintetiza en el hígado. Grandes cantidades de fosfolípidos y colesterol están presentes en la membrana celular y también en la membrana de los organelos internos de todas las células.

3) Sintetizar triglicéridos a partir de proteínas (muchos aminoácidos pueden convertirse en triglicéridos, en consecuencia, cuando las personas consumen en sus dietas mucho más proteínas de la que sus tejidos pueden utilizar, una gran parte de la energía se almacena como grasa); pero principalmente a partir de carbohidratos. Siempre que ingrese al cuerpo una mayor cantidad de carbohidratos de la que se puede utilizar de inmediato

para producir energía o almacenar en forma de glucógeno (estos triglicéridos son transportados principalmente por lipoproteínas hacia las células adiposas del tejido graso donde se almacenan). La síntesis de grasa a partir de carbohidratos tiene especial importancia por dos razones: a) La capacidad de las diferentes células del cuerpo para almacenar carbohidratos en forma de glucógeno es, por lo general, pequeña; sólo se pueden almacenar unos pocos cientos de gramos de glucógeno en el hígado, músculo esquelético y todos los demás tejidos del cuerpo en su conjunto. En realidad, el individuo promedio tiene casi 200 veces más energía almacenada en forma de grasa que en forma de carbohidratos. b) Cada gramo de grasa contiene aproximadamente de dos a cuatro veces más calorías de energía utilizable que cada gramo de glucógeno. Por lo tanto, para un incremento dado de peso una persona puede almacenar más energía en forma de grasa que en forma de carbohidratos, lo que resulta importante cuando el animal debe mantener su movilidad para sobrevivir (Guyton, 1987).

La membrana de los adipocitos contiene gran cantidad de una enzima llamada lipasa de lipoproteína. Esta enzima hidroliza los triglicéridos de los quilomicrones en ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos, que son muy miscibles con la membrana celular, se difunden de inmediato al interior de la célula adiposa. Una vez dentro, los ácidos grasos se resintetizan en triglicéridos, en los cuales el nuevo glicerol es sintetizado a partir de glucosa en el adipocito (Guyton, 1987). Aunque cabe mencionar que algunos autores ubican a la lipasa de lipoproteína en las células endoteliales de los capilares que irrigan al tejido adiposo, cardíaco y del músculo esquelético; de donde pasarían los ácidos grasos libres a las células (Moffett, et al, 1993).

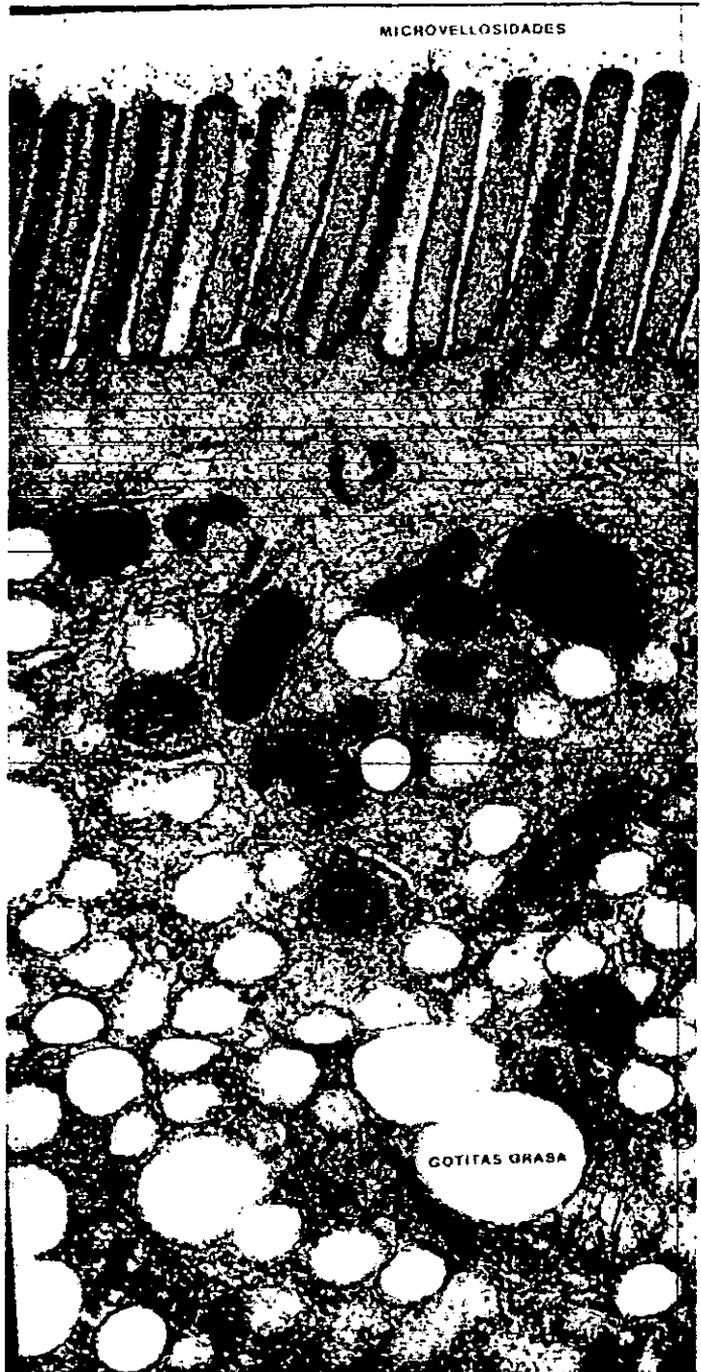
A veces la grasa almacenada en las células adiposas se utiliza para suministrar energía en otras partes del cuerpo, el primer paso es transportarla hacia los otros tejidos. Se transporta casi por completo en forma de ácidos grasos libres, esto se logra hidrolizando otra vez los triglicéridos almacenados en los adipocitos para convertirlos en ácidos grasos y glicerol. Gran parte del estímulo para iniciar esta hidrólisis es el glicerol reducido en la célula cuando no hay glucosa en cantidad suficiente para sintetizar nuevo glicerol. Además, una lipasa celular denominada lipasa de triglicérido sensible a hormona se activa por uno de varios posibles mecanismos y promueve la hidrólisis rápida de los triglicéridos. Debido a este rápido intercambio de ácidos grasos, los triglicéridos de las células adiposas se renuevan, aproximadamente, una vez cada dos o tres semanas; esto significa que la grasa que se almacena en los tejidos el día de hoy no es la misma que se encuentra un mes más tarde, este hecho subraya el estado dinámico de la grasa almacenada.

Al abandonar las células adiposas, los ácidos grasos se ionizan fuertemente en el plasma y enseguida se combinan mediante uniones débiles con la albúmina de las proteínas plasmáticas. Los ácidos grasos unidos a proteínas se conocen como ácidos grasos libres o ácidos grasos no esterificados (Guyton, 1987).

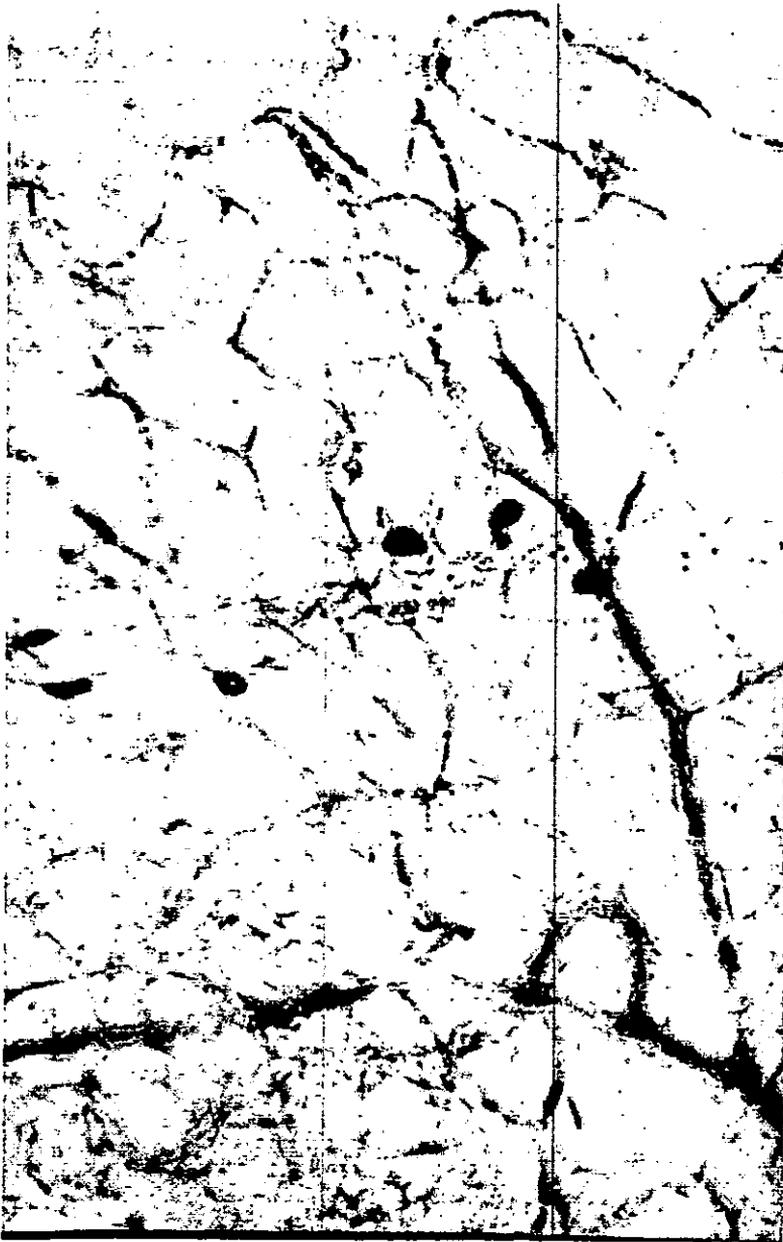
Pero luego de la absorción (o sea cuando no hay quilomicrones en la sangre), más de 95% de todos los lípidos del plasma se encuentra en forma de lipoproteínas que son partículas mucho más pequeñas que los quilomicrones pero de composición similar; contienen mezclas de triglicéridos, fosfolípidos, colesterol y proteína. Lo que concuerda con que la mayor parte de los fosfolípidos, colesterol y triglicéridos del plasma se sintetizan en este órgano. Los tres tipos principales de lipoproteínas son: 1) verdaderas lipoproteínas de baja densidad, que contienen triglicéridos en concentración elevada y

fosfolípidos y colesterol en cantidad moderada; 2) lipoproteínas de baja densidad con cantidades relativamente escasas de triglicéridos, pero un porcentaje muy elevado de colesterol y 3) lipoproteínas de alta densidad que contienen cerca de 50% de proteína y lípidos en menor concentración.

Las lipoproteínas se forman casi por completo en el hígado, y su principal función es transportar los lípidos a través del cuerpo. Por ejemplo, las lipoproteínas de baja densidad son residuos de las lipoproteínas de muy baja densidad luego que éstas se han desprovisto de sus triglicéridos en el tejido adiposo (dejando gran cantidad de colesterol y fosfolípidos en las lipoproteínas de baja densidad). Por otro lado, las lipoproteínas de alta densidad transportan el colesterol hacia afuera de los tejidos periféricos y el hígado; por lo tanto, este tipo de lipoproteínas desempeña una función muy importante para prevenir el desarrollo de aterosclerosis.



Corte de una célula epitelial intestinal. Se observan las microvellosidades y vacuolas con grasa que ha absorbido la célula.



Los principios nutritivos son transportados a todas las partes del cuerpo por los capilares.



En torno a una célula hepática de un ratón pueden verse los glóbulos de la sangre filtrándose por los sinusoides. Los capilares biliares llevan bilis de la célula al conducto biliar. La célula hepática también almacena principios nutritivos que serán usados por el cuerpo; las manchas más oscuras contienen azúcar convertido en glicógeno para que pueda almacenarse.

CAPITULO II

"ENSEÑANZA-APRENDIZAJE"

La Venus de las sociedades desnutridas es obesa, la de las sociedades de consumo delgada. Lo que conforma al hombre es cierta armonía interior cuyas coordenadas exteriores no son valores fijos, sino de amplios márgenes. Sin embargo, admitir que hay varios tipos de hombre y que esos tipos pueden cambiar es incómodo para la planificación internacional y para nuestras ideas sobre evolución.

JEAN TRÉMOLIÈRES

¿Cómo aprenden los seres humanos? ¿cómo debe realizarse la enseñanza? A lo largo de la historia de la humanidad se han desarrollado diferentes teorías para responder a estas cuestiones. Por ejemplo, Aristóteles supuso que los sujetos nacían con sus mentes a "tabla rasa", es decir, como pizarrones en blanco, y que el conocimiento se daba cuando el sujeto reconocía sensaciones básicas, como sonidos, visiones, olores, sensaciones de frío y calor; que al combinarlas unas con otras, construían ideas complejas. Platón por su parte, pensó que el aprendizaje del sujeto era una ilusión, un no recordar lo que se encontraba en la mente. Las experiencias adquiridas por cada individuo durante su vida, según Platón, sólo sirven para oscurecer y confundir los intentos que hace la mente por recordar (Fierro, 1996).

Una de las teorías más antiguas y más comunes, aún en la actualidad, se basa en la idea de una transmisión frontal de los conocimientos. En este tipo de enseñanza la relación es lineal entre el docente, depositario de un saber, que realiza una exposición y el alumno que recibe este saber (Giordan, 1995). Este tipo de enseñanza-aprendizaje es calificado por Ausubel como: aprendizaje por recepción (Moreira, 1993). Esta teoría se suscribe originalmente al positivismo.

La teoría asociacionista o conductista dominó durante prácticamente tres cuartos de siglo; afirmaba que un estímulo (E) procedente del medio produce una respuesta (R) por parte del organismo, y que por repetición se formaba un enlace E-R, tal que un E determinado llevaba con el tiempo a una respuesta asociada, R. Aunque esta teoría se basaba en gran parte en experimentación de laboratorio con animales, y nunca alcanzó popularidad en buena parte del mundo, en Norteamérica, las concepciones asociacionistas no solamente fueron populares, sino que la mayoría de las teorías alternativas del aprendizaje fueron evitadas o ridiculizadas (Novak, 1988). Pero este tipo de enseñanza no ha quedado atrás, ya que la enseñanza programada ha cobrado un nuevo auge con el desarrollo de la informática, en los museos ha sido muy favorecida y se presenta como la tendencia: "apriete el botón" (Giordan, 1995).

En los años sesentas y setentas, salieron a la luz nuevas concepciones sobre el conocimiento, como la construcción de "paradigmas" de Kuhn y las "poblaciones evolutivas de conceptos" de Toulmin. Además empezaron a tomar auge las corrientes cognoscitivas en psicología, notablemente la de Piaget (Novak, 1988). Jean Piaget

considera que la cognición humana tiene diferentes etapas. Todos los individuos, desde que nacen, van construyendo las estructuras mentales que le permiten desarrollar mecanismos de aprendizaje, los cuales permiten que cada etapa tenga un proceso de evolución durante el cual se promueve el paso de una etapa de aprendizaje a la siguiente. Las etapas o períodos de desarrollo intelectual descritos por Piaget inician desde el momento del nacimiento hasta alrededor de los 15 años, en todos ellos es importante la interacción con el medio que rodea al individuo (Fierro, 1996).

Más recientemente, fue muy popular la teoría del aprendizaje por descubrimiento, donde el que aprende reconoce independientemente las regularidades o conceptos que se deben aprender (Giordan, 1995; Novak, 1988). El rasgo esencial del aprendizaje por descubrimiento es que el contenido principal de lo que va a ser aprendido no se da, sino que debe ser descubierto por el alumno. El alumno debe reordenar la información, integrarla con su estructura cognoscitiva y reorganizar o transformar la combinación integrada de manera que se descubra la relación entre medios y fines que hacía falta (Ausubel, Novak y Hanesian, 1995).

En la educación científica contemporánea, el constructivismo tiene una enorme influencia; es una nueva corriente epistemológica, filosófica, sociológica y cognoscitiva (Matthews, 1994) que se presenta como opuesta al positivismo. El positivismo sostiene que el conocimiento "verdadero" es universal y corresponde al modo en que el mundo realmente funciona. Esta perspectiva de la ciencia se basa en la búsqueda de las verdades universales a través de la lógica, la aplicación matemática y la experiencia objetiva. Por el contrario, el constructivismo postula que tanto los individuos como los grupos de individuos construyen ideas sobre cómo funciona el mundo (Edmondson y Novak, 1993). Admite también que el modo de extraer significado del mundo, varía en los distintos individuos y que tanto las concepciones individuales como las colectivas sobre el mundo, cambian con el tiempo (Novak, 1988).

Pero el planteamiento teórico general del constructivismo parece recordar el antiguo dicho:

"Nada es verdad ni es mentira, todo es según el cristal con que se mira"

En realidad, se debería hablar más bien de constructivismos, pues esta corriente ofrece numerosas variantes. Para Novak es importante asociar una teoría viable del aprendizaje cognoscitivo humano con las ideas actuales sobre epistemología, hace un llamado a adoptar el término "constructivismo humano" para denominar tanto a una corriente epistemológica como a una cognoscitiva (Novak, 1988). El constructivismo "radical" de Von Glasersfeld sostiene que la evolución de los modelos que construimos no tiene una meta final. La verdad se basa en su coherencia con el conocimiento previo, y no en la correspondencia entre conocimiento y realidad objetiva. Si bien la realidad existe "allá afuera", nunca sabremos cuando nos acercamos o nos alejamos de ella mientras construimos nuevos esquemas para explicar como funciona el mundo (Edmondson y Novak, 1993). Nussbaum, señala que las teorías que nosotros mismos construimos determinan como percibimos el mundo: 'somos prisioneros de nuestro propio esquema mental'. Kant ya había analizado esta idea (Nussbaum, 1989).

Se ha dado un esquema general de algunas (quizá las mas conocidas) corrientes educativas, pues no está en los fines de este trabajo analizarlas en mas detalle. Para

hacer una comparación profunda entre ellas es necesario realizar un estudio más específico. Sin embargo me parece importante mencionar que muchas de estas teorías educativas retoman muchos aspectos unas de otras (pero con diferentes nombres) y en ocasiones son complementarias y no contradictorias como aparentan a primera vista, o como pretenden sus mismos autores.

Por ejemplo, tanto el aprendizaje por recepción como por descubrimiento, no son sino mecanismos de aprendizaje. Originalmente el primero llevaba (y para muchos aún llevan) el estandarte positivista, en tanto que el segundo se suscribía al constructivismo. Y aunque en primera instancia estos mecanismos reflejen una postura cognitiva y epistemológica, en el fondo son tan solo mecanismos de enseñanza-aprendizaje. De hecho el mismo Ausubel (1995), cuya teoría educativa se suscribe claramente al constructivismo, propone al aprendizaje por recepción y al aprendizaje por descubrimiento como dos mecanismos que pueden conducir al aprendizaje significativo (este punto se tratará con más detalle en la sección sobre tipos de aprendizaje significativo).

En cuanto a Piaget, su teoría sobre psicología educativa se enmarca claramente en el constructivismo, como lo menciona León (1996):

“La psicología genética de Piaget parte de dos premisas básicas; la primera, el constructivismo, considera al sujeto cognoscente como un ser activo que construye progresivamente el conocimiento y, la segunda, el interaccionismo, sostiene que el conocimiento no se encuentra preformado en el sujeto ni deviene directamente del objeto.”

Por lo tanto, en la actualidad muchos investigadores educativos abogan por técnicas “mixtas” de enseñanza, en las cuales se retomen distintos aspectos de las grandes corrientes educativas. Por ejemplo, la anatomía del aparato digestivo debe aprenderse mecánicamente, pero su fisiología -ya sea por recepción, por descubrimiento, por técnicas grupales, etc- debe asimilarse, comprenderse, es decir, aprenderse de manera significativa (Julieta Fierro comunicación personal). Esta misma investigadora declara: “menos es más”, es decir que se debe promover la calidad educativa sobre la cantidad -lo que resulta difícil con los enormes temarios escolares-.

El presente trabajo de tesis se enmarca en la teoría epistemológica constructivista, y particularmente adopta las bases de la teoría educativa llamada: “Teoría del aprendizaje significativo” de David Ausubel (1995); esta teoría educativa enfatiza el proceso de la cognición y ofrece una perspectiva constructivista a ese proceso. En este capítulo se expondrá con más detalle esta teoría; además se expondrá la herramienta cognitiva de los “mapas conceptuales”, así como los conceptos de “cambio conceptual” y “esquemas alternativos”, que son tópicos esenciales para el desarrollo de esta investigación educativa.

1- LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE DAVID AUSUBEL

Probablemente la idea más importante de la teoría de Ausubel (1995) y sus posibles implicaciones para la enseñanza y para el aprendizaje puedan ser resumidas en su proposición:

"Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un sólo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influencia el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averigüese esto y enséñesele en consecuencia."

Esta frase parece simple, pero su explicación y correcta comprensión no lo son tanto. Para entenderla en toda su extensión es necesario adentrarse en la teoría de Ausubel (1995). Por ejemplo, al hablar de "aquello que el aprendiz ya sabe" Ausubel se está refiriendo a la estructura cognitiva, o sea, al contenido total y la organización de las ideas del aprendiz en esa área particular del conocimiento. Además, para que la estructura cognitiva preexistente influya y facilite el aprendizaje subsecuente es preciso que su contenido haya sido aprendido de forma significativa, esto es, de manera no arbitraria y no literal. Otro aspecto que debe ser aclarado es que "aquello que el aprendiz ya sabe" no se refiere simplemente a un requisito; como podría ser haber cursado Ecología General I para poder cursar Ecología General II. Ausubel se refiere a aspectos específicos de la estructura cognitiva que son relevantes para el aprendizaje de una nueva información (Moreira, 1993).

"Averigüese esto" tampoco es una tarea simple, pues significa develar la estructura cognitiva preexistente, o sea, los conceptos, ideas, proposiciones disponibles en la mente del individuo y sus interrelaciones, su organización. Para esto se requiere realizar casi un "mapeo" de la estructura cognitiva, algo que difícilmente se consigue a través de pruebas convencionales, que en general, enfatizan el conocimiento factual y estimulan la memorización (Moreira, 1993).

Finalmente, "enséñese de acuerdo" también es una idea con implicaciones nada fáciles, y uno de los puntos más controvertidos de la teoría. Significa basar la instrucción en aquello que el aprendiz ya sabe, identificar los conceptos organizadores básicos de lo que se va a enseñar, y utilizar recursos y principios que faciliten el aprendizaje de manera significativa (Moreira, 1993).

Los principios e ideas hasta aquí introducidos de manera general, serán progresivamente diferenciados en las secciones siguientes.

1.1- EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El concepto central de la teoría de Ausubel es el llamado "aprendizaje significativo". Se trata de un proceso a través del cual una misma información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo. Es decir, en este proceso la nueva información interacciona con una estructura de conocimiento específica, a la cual Ausubel llama "concepto subsumidor" o,

simplemente, "subsumidor"¹, existente en la estructura cognitiva de quien aprende (Moreira, 1993).

El "subsumidor", es por lo tanto un concepto, una idea, una proposición ya existente en la estructura cognitiva, capaz de servir de "anclaje" para la nueva información de modo que ésta adquiera, así, significado para el individuo. El subsumidor permite al individuo atribuir significado a la nueva información (Moreira, 1993).

Se puede en consecuencia decir que el aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información "se ancla" en conceptos relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva. Nuevas ideas, conceptos, proposiciones pueden ser aprendidos significativamente, en la medida en que otras ideas, conceptos, proposiciones, relevantes e inclusivos, estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y funcionen, de esta forma como punto de anclaje de los primeros (Moreira, 1993).

Existe un proceso de interacción entre los nuevos conceptos y los de anclaje o "subsumidores", pues la experiencia cognitiva no se restringe a la influencia directa de los conceptos ya aprendidos significativamente sobre componentes del nuevo aprendizaje, abarca también modificaciones significativas en atributos relevantes de la estructura cognitiva por la influencia del nuevo material.

Por lo tanto, el aprendizaje significativo se caracteriza por una interacción (no una simple asociación) entre aspectos específicos y relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, a través de la cual éstas adquieren significados y son integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria y no literal, contribuyendo para la diferenciación, reconciliación, elaboración y estabilidad de los subsumidores existentes y por consecuencia de la propia estructura cognitiva (Moreira, 1993). Estructura cognitiva que se describe como una red jerárquica de conceptos, en la cual elementos más específicos de conocimiento son ligados a conceptos, ideas, proposiciones más generales e inclusivos.

Ausubel no propone que todos los estudiantes sigan el aprendizaje significativo, de hecho este no sería común entre los escolares y ni siquiera fomentado por las escuelas. El aprendizaje de "última hora", previo a una prueba y que solamente sirve para la prueba, es olvidado poco después; o el típico argumento del alumno que afirma haber estudiado todo y hasta "saber todo" pero que en el momento de la prueba, no consigue resolver problemas o cuestiones que impliquen usar o transferir ese conocimiento; son ejemplos no de aprendizaje significativo, sino de lo que Ausubel (1995) llama "aprendizaje mecánico".

En contraposición con el aprendizaje significativo, en el aprendizaje mecánico, las nuevas informaciones no interaccionan con conceptos relevantes existentes de la estructura cognitiva, ni se ligan a conceptos subsumidores específicos. La nueva información se almacena de manera arbitraria y literal, no se relaciona con aquella preexistente en la estructura cognitiva y por supuesto no la modifica. Aunque en el aprendizaje mecánico no existe una interacción como la característica del aprendizaje significativo, sí existe algún tipo de asociación para procesarlo. Así, en ocasiones el aprendizaje mecánico permite al alumno aprobar un examen aunque contribuya poco a

¹ La palabra subsumidor es una tentativa de traducir la palabra inglesa "subsumer". También ha sido traducida como "subsumzor" y como "anclaje".

su preparación. Pero el aprendizaje mecánico no es completamente indeseable en ciertas situaciones, como por ejemplo en el inicio de la adquisición de un cierto cuerpo de conocimientos. Como son los nombres de las distintas fases de la mitosis en biología celular, la anatomía de los artrópodos, la taxonomía de diversos grupos, etc. Aunque en otros contextos el aprendizaje significativo debe ser preferido al mecánico, pues facilita la adquisición de significados, la retención y la transferencia (Ausubel, et al, 1995).

En realidad, Ausubel no establece la distinción entre significativo y mecánico como una dicotomía, sino como un continuo. Por ejemplo, la simple memorización de nombres se situaría en uno de los extremos de ese continuo -el del aprendizaje mecánico-, mientras que el aprendizaje de relaciones entre conceptos podría estar en el otro extremo -el del aprendizaje significativo- (Moreira, 1993).

1.2. CONDICIONES PARA EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Una de las condiciones para que ocurra aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido debe ser potencialmente significativo. Es decir, debe ser relacionable a la estructura cognitiva del aprendiz, ya que según Ausubel (1995, p.48):

“la esencia del proceso de aprendizaje significativo es que ideas expresadas simbólicamente sean relacionadas, de manera sustantiva (no literal) y no arbitraria, a lo que el aprendiz ya sabe, o sea, a algún aspecto de su estructura cognitiva específicamente relevante (es decir un subsumidor) que puede ser, por ejemplo, una imagen, un símbolo, un concepto o una proposición ya significativos.”

Que el material sea potencialmente significativo tiene que ver con la naturaleza del material y con la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz. En cuanto a la naturaleza del material, debe tener “significado lógico”, es decir, ser suficientemente no arbitrario y no aleatorio, de modo que entre en el dominio de la capacidad humana de aprender. Por lo tanto, el significado lógico se refiere al significado inherente a ciertos tipos de materiales simbólicos, en virtud de la propia naturaleza de esos materiales. La evidencia del significado lógico está en la posibilidad de relacionarse, de manera sustantiva y no arbitraria, entre material e ideas, correspondientemente significativas, situadas en el dominio de la capacidad intelectual humana (Moreira, 1993).

En cuanto a la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz, para que haya aprendizaje significativo, ésta debe contar con los subsumidores necesarios para anclar el nuevo conocimiento. Solo así la nueva información adquirirá significado para el aprendiz; es aquí cuando Ausubel introduce y define el concepto de: significado psicológico.

El significado psicológico es una experiencia enteramente idiosincrática. Se refiere a la relación sustantiva y no arbitraria, de material lógicamente significativo a la estructura cognitiva individual del aprendiz. Eso significa que la materia a ser enseñada puede tener significado lógico, pero es su relación sustantiva y no arbitraria con la estructura cognitiva de un aprendiz en particular, que la torna potencialmente significativa y así, crea la posibilidad de transformar significado lógico en psicológico.

De esta forma, la emergencia del significado psicológico depende, no sólo de la presentación al aprendiz de un material lógicamente significativo, pero también, de la disponibilidad por parte del aprendiz del contenido de ideas necesario (Ausubel, et al, 1995).

Este punto del significado psicológico parece particularmente interesante en la investigación educativa, pues hablando estrictamente, cada individuo tiene su propia noción sobre distintos conceptos; entonces ¿cómo generalizar sobre los conocimientos de los escolares en cualquier área? ¿qué validez tienen los estudios sobre, por ejemplo, el conocimiento de los alumnos de primaria sobre la fotosíntesis, geografía, evolución, etcétera? He aquí una gran sorpresa: Ausubel menciona que aunque el significado psicológico sea siempre idiosincrático, esto no excluye la existencia de significados sociales o significados que sean compartidos por diferentes individuos. Los significados individuales, que miembros diferentes de una cierta cultura poseen para diferentes conceptos y proposiciones, son, en general, suficientemente similares para permitir la comprensión y la comunicación interpersonal. De hecho en la actualidad, con los medios de comunicación masiva, los significados “individuales” son cada vez más uniformes.

Otra condición para que tenga lugar el aprendizaje significativo es obviamente que el aprendiz manifieste disposición para relacionar, de manera sustantiva y no arbitraria, el nuevo material potencialmente significativo, a su estructura cognitiva (Moreira, 1993). Es decir, que el aprendiz no pretenda simplemente memorizar arbitraria y literalmente la nueva información. Para esto puede ser muy importante la motivación que ejerza el enseñante.

1.3. ASIMILACIÓN

La asimilación es el resultado de la interacción que ocurre en el aprendizaje significativo, entre el nuevo material a ser aprendido y la estructura cognitiva existente. Antiguos y nuevos significados contribuyen para la reorganización de esa estructura.

Ausubel (1995) introduce el “principio de asimilación” para tornar más claro y preciso el proceso de adquisición de significados en la estructura cognitiva. El centro de la “teoría de la asimilación” está en la idea de que se adquieren nuevos significados a través de la interacción del nuevo conocimiento con conceptos o proposiciones previamente aprendidos. Esta interacción resulta en un producto interaccional A^*a^* , en el cual no sólo la nueva información adquiere significado (a^*), sino que también el subsumidor A adquiere significados adicionales (A^*). Por lo tanto, el verdadero producto del proceso de interacción que caracteriza el aprendizaje significativo no es apenas el nuevo significado de a^* , pero incluye también la modificación de la idea-ancla, siendo consecuentemente, el significado compuesto A^*a^* . (figura 12)

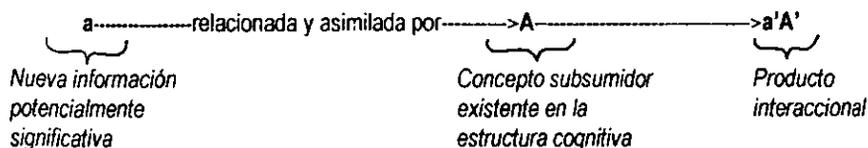


FIGURA 12. Esquema que representa la primera fase del proceso de asimilación; en la cual tanto la nueva información (a) como el concepto subsumidor existente (A), adquieren nuevos significados, proporcionando un significado compuesto ($a'A'$). (Moreira, 1993)

Durante la fase de retención ese producto es separable en a' y A' , aunque a medida que el proceso de asimilación continua y entra en una fase obliteradora, $A'a'$ se reduce simplemente a A' , ocurriendo entonces el olvido. (figura 13)

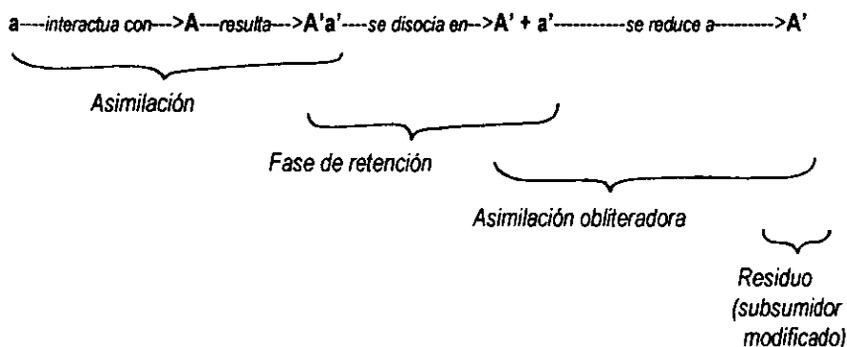


FIGURA 13. Esquema que representa las distintas fases del proceso de asimilación. (Moreira, 1993)

Así, Ausubel presenta al desarrollo cognitivo como un proceso dinámico, en el que la estructura cognitiva está siendo modificada constantemente por la experiencia. También hay que señalar, que en lo que concierne a la pérdida de disociación de las nuevas informaciones aprendidas, es para Ausubel un fenómeno progresivo, al contrario de un proceso de sustitución del tipo "todo o nada", en el cual la disponibilidad de informaciones es perdida, completa e instantáneamente. El olvido es entonces visto como una continuación del mismo proceso interaccional (asimilación) que ocurre en el aprendizaje significativo, y no como una sustitución abrupta de un trazo por otro más estable (Moreira, 1993).

Con respecto de este "principio de asimilación", Moreira (1993) advierte que dado que en el aprendizaje significativo, el nuevo material original a puede nunca ser recordado precisamente de la misma forma en que fue enseñado (pues el propio proceso de asimilación de a lo altera para a'); prácticas de evaluación que requieren la repetición exacta de las informaciones aprendidas ¡desaniman el aprendizaje significativo!

1.4- ORIGEN DE LOS PRIMEROS SUBSUMIDORES

Se ha mencionado que son necesarios significados preexistentes como subsumidores para que se ancle el nuevo conocimiento, pero ¿cómo se inicia el proceso? es decir ¿de dónde vienen los primeros subsumidores?

La respuesta es que esta adquisición de los primeros significados (futuros subsumidores), se desarrolla en los niños pequeños por el proceso de “formación de conceptos”. El proceso de formación de conceptos es un tipo de aprendizaje por descubrimiento, e incluye generación y evaluación de hipótesis tanto como de generalizaciones, a partir de instancias específicas. Consiste en la adquisición de significados para signos o símbolos de conceptos, que ocurre de manera gradual e idiosincrática en cada individuo. Al llegar a la edad escolar, la mayoría de los niños ya posee un conjunto adecuado de conceptos que permite que ocurra el aprendizaje significativo por recepción. Según Ausubel (1995, p.93):

“Una vez que los significados iniciales son establecidos para signos o símbolos de conceptos, a través del proceso de formación de conceptos, nuevos aprendizajes significativos darán significados adicionales a esos signos o símbolos, y nuevas relaciones, entre los conceptos anteriormente adquiridos serán establecidas.”

El aprendizaje de conceptos y el aprendizaje por descubrimiento serán abordados en la sección referente a tipos de aprendizaje significativo.

1.5- ¿QUÉ HACER CUANDO NO EXISTEN SUBSUMIDORES?

Ahora ya no haré referencia a un aprendiz sin ningún subsumidor, es decir, al origen de los subsumidores; sino al aprendiz que ya ha pasado por la etapa de formación de conceptos, que ya tiene madurez intelectual suficiente para comprender conceptos y proposiciones presentadas verbalmente, en la ausencia de apoyo empírico-concreto, pero que no dispone de los subsumidores necesarios para el aprendizaje significativo de un cierto cuerpo de conocimientos.

Ausubel (1995) propone una estrategia para manipular la estructura cognitiva del aprendiz y así facilitar el aprendizaje significativo. Esta estrategia se basa en la utilización de los “organizadores previos”, como anclaje para el nuevo conocimiento y medio para el desenvolvimiento de conceptos subsumidores que faciliten el aprendizaje subsecuente.

Los organizadores previos son materiales introductorios que tienen un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusión que el material que se pretende enseñar. No son sumarios, introducciones, resúmenes..., los que generalmente son presentados en un mismo nivel de abstracción, generalidad e inclusión del material que se pretende enseñar, simplemente destacando ciertos aspectos, sino que sirven de puente (“puente cognitivo”) entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que precisa saber para aprender significativamente. Los organizadores previos no son necesariamente textos escritos.

Una discusión, una demostración, una película o video pueden funcionar como organizador, dependiendo de la situación de aprendizaje.

Según Moreira (1993), el efecto facilitador de los organizadores previos sobre el aprendizaje ha sido el aspecto más investigado y controvertido (aunque no sea el más importante) de la teoría de Ausubel. Al respecto, Ausubel opina que, más allá de definir organizadores en términos generales y de dar ejemplos, no es posible ser más específico, pues la construcción de un organizador depende de la naturaleza del material de aprendizaje, de la edad del aprendiz y del grado de familiaridad que éste ya tenga con el asunto a ser aprendido. No se puede, por lo tanto, decir, en términos absolutos, si un determinado material, es o no un organizador previo.

1.6- TIPOS DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Existen diferentes clasificaciones del aprendizaje significativo, una de las clasificaciones se refiere a la clase de información que se está aprendiendo. Así, se puede clasificar al aprendizaje significativo como representacional, proposicional o de conceptos. El primero envuelve la adquisición de significados para símbolos unitarios (típicamente palabras) y es básica para los otros dos. El aprendizaje de conceptos es de cierta forma representacional, pero más complejo, pues los conceptos son también representados por símbolos particulares, pero son genéricos o categóricos dado que representan abstracciones de los atributos criterios (esenciales) de los referentes, es decir, representan regularidades en objetos o eventos. Ausubel define conceptos como: 'objetos, eventos, situaciones propiedades que poseen atributos criterios comunes y son designados en una cultura dada por algún signo o símbolo aceptado' (Moreira, 1993).

El aprendizaje de conceptos puede darse por formación, como se mencionó anteriormente, primordialmente en preescolar por medio de aprendizaje por descubrimiento. Pero también puede darse por asimilación, predominantemente en la edad escolar y en los adultos; mediante el aprendizaje por recepción (Ausubel, et al, 1995).

En el aprendizaje proposicional la tarea es aprender el significado de ideas en forma de proposición (no el significado de los conceptos, aunque sea requisito), que está más allá de la suma de los significados de las palabras o conceptos que componen la proposición (Moreira, 1993).

Otra clasificación sobre el aprendizaje significativo se refiere a de qué manera la nueva información queda anclada en la estructura cognitiva del aprendiz; y distingue al aprendizaje subordinado, al aprendizaje superordinado y al aprendizaje combinatorio. En el aprendizaje subordinado hay subsunción de los conceptos, proposiciones nuevos, bajo ideas más generales e inclusivas ya existentes en la estructura cognitiva del aprendiz. El aprendizaje subordinado a su vez, puede ser derivativo, cuando la nueva información, simplemente ejemplifica o ilustra el subsumidor; o correlativo, cuando lo amplía, elabora o modifica. Este tipo de aprendizaje conduce a la diferenciación progresiva de la estructura cognitiva (Ausubel, et al, 1995).

En el aprendizaje superordinado un concepto o proposición potencialmente significativo, es más general e inclusivo que las ideas o conceptos ya establecidos en la

estructura cognitiva del aprendiz. Entonces el subsumidor se subordina a la nueva información. Este aprendizaje ocurre en el raciocinio inductivo, envuelve síntesis de ideas, y conduce generalmente a la reconciliación integrativa del esquema conceptual del aprendiz (Ausubel, et al, 1995).

Finalmente, el aprendizaje combinatorio es el aprendizaje de proposiciones o conceptos que no pueden ser asimilados, ni son capaces de asimilar proposiciones o conceptos ya existentes en la estructura cognitiva; pero que se relacionan con un fondo amplio, relevante y existente en la estructura cognitiva. Estas proposiciones, conceptos, son potencialmente significativos, porque consisten de combinaciones con sentido de ideas previamente aprendidas. Este aprendizaje conduce generalmente a la reconciliación integrativa (Ausubel, et al, 1995).

Como las dos clasificaciones de aprendizaje significativo que se han mencionado antes se refieren a diferentes aspectos del aprendizaje, pueden conjuntarse. Es decir, el aprendizaje de conceptos o proposiciones, puede ser del tipo subordinado, cuando el nuevo concepto o proposición es asimilado por conceptos o proposiciones superordenados específicos, existentes en la estructura cognitiva; superordenados, cuando el nuevo concepto o proposición emerge de la relación de significados de ideas preexistentes en la estructura cognitiva y pasa a asimilarlas; combinatorio, cuando la nueva información no se relaciona específicamente con ideas subordinadas, o superordenadas, y si de una manera general, con un contenido amplio relevante, existente en la estructura cognitiva.

Existe un tercer tipo de clasificación del aprendizaje significativo que se refiere al mecanismo por medio del cual adquiere sentido la nueva información. Así se distingue al aprendizaje por descubrimiento del aprendizaje por recepción. Según Ausubel (1995), en el aprendizaje receptivo lo que debe ser aprendido es presentado al aprendiz en su forma final, mientras que en el de por descubrimiento, el contenido principal a ser aprendido debe ser descubierto por el aprendiz. Pero por recepción o por descubrimiento, el aprendizaje es significativo, según la concepción ausubeliana, sólo si el nuevo contenido se incorpora, de forma no arbitraria y no literal a la estructura cognitiva. Pues se debe aclarar que, siendo el aprendizaje por descubrimiento y el aprendizaje por recepción, solamente mecanismos de aprendizaje, éstos pueden conducir al aprendizaje mecánico en vez de al aprendizaje significativo. (ver la sección sobre el aprendizaje significativo). Esto significa que el aprendizaje por descubrimiento no es necesariamente significativo, ni el aprendizaje por recepción es obligatoriamente mecánico. Tanto uno como otro puede ser significativo o mecánico, dependiendo de la manera en que la nueva información es almacenada en la estructura cognitiva. Por ejemplo, la solución de rompecabezas por ensayo y error es un tipo de aprendizaje por descubrimiento en que el contenido descubierto (la solución) es, generalmente, incorporado de manera arbitraria a la estructura cognitiva y por lo tanto, aprendido mecánicamente. Por otro lado una ley biológica puede ser aprendida significativamente sin que el alumno tenga que descubrirla. Es más, la enseñanza y el aprendizaje serían altamente ineficientes si el alumno tuviese que redescubrir los contenidos para que el aprendizaje fuese significativo (Moreira, 1993).

En la práctica, la mayor parte de la instrucción en las aulas, está orientada para el aprendizaje receptivo, situación criticada por los defensores del aprendizaje por descubrimiento o del llamado "método del descubrimiento". Del punto de vista de la

transmisión del conocimiento, sin embargo, esta crítica es según Ausubel, injustificada, pues en ningún estadio del desenvolvimiento cognitivo del aprendiz en edad escolar, tiene que necesariamente ocurrir el descubrimiento de contenidos a fin de tomarse apto para comprenderlos y usarlos significativamente. Aunque hay que mencionar que, aún siendo el aprendizaje por recepción menos complejo desde el punto de vista de los procesos psicológicos que el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje receptivo sólo predomina en un estadio más avanzado de madurez cognitiva. El niño en edad preescolar y tal vez durante los primeros años de escolarización, aprende a través de la experiencia no verbal, concreta, empírica. En esta fase predomina el aprendizaje por descubrimiento, en tanto que el receptivo pasará a predominar solamente cuando el niño alcance un nivel de madurez cognitiva tal que pueda comprender los conceptos y proposiciones presentado, verbalmente, en ausencia de experiencia empírico-concreta (Moreira, 1993). (Este punto se trató detalladamente en las secciones: Origen de los subsumidores y Tipos de aprendizaje).

Pero Ausubel no niega el valor del aprendizaje por descubrimiento ni pretende que se deban dejar de lado las aulas-laboratorio (Moreira, 1993). Está simplemente diciendo que, en términos de aprendizaje de contenidos, aquello que es descubierto se torna significativo de la misma forma que aquello que es presentado al aprendiz en el aprendizaje receptivo. Es claro que el laboratorio tiene, en la enseñanza de ciencias y en la de biología particularmente, un papel fundamental (aunque la enseñanza convencional de laboratorio difícilmente implica realmente descubrimiento).

En realidad aprendizaje por descubrimiento y por recepción, tampoco constituyen una dicotomía y pueden ocurrir concomitantemente en la misma tarea y situarse a lo largo de un continuo, como el aprendizaje significativo y el mecánico (Ausubel, et al, 1995). (ver la sección sobre el aprendizaje significativo y figura 14).

1.7- EVIDENCIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Como ya se ha dicho, la adquisición de significados es un producto del aprendizaje significativo. Es decir, el significado real para el individuo (significado psicológico) emerge cuando el significado potencial (significado lógico) del material de aprendizaje se convierte en contenido cognitivo diferenciado e idiosincrático por haber sido relacionado, de manera sustantiva y no arbitraria, e interactuado con ideas relevantes existentes en la estructura cognitiva del individuo. Pero ¿cómo se pueden tener evidencias de que ocurra el aprendizaje significativo?

Ausubel (1995) dice que la comprensión genuina de un concepto o proposición estriba en la posesión de significados claros, precisos, diferenciados y transferibles.

Al preguntar al estudiante algún concepto, se obtienen respuestas mecánicamente memorizadas; pues la larga experiencia estudiantil en realizar exámenes, lo habitúa a memorizar incluso causas, ejemplos, explicaciones y hasta maneras de resolver problemas típicos. Entonces para evitar la "simulación de aprendizaje significativo", Ausubel (1995) propone formular cuestiones y problemas de manera nueva, no familiar y que requieran máxima transferencia.

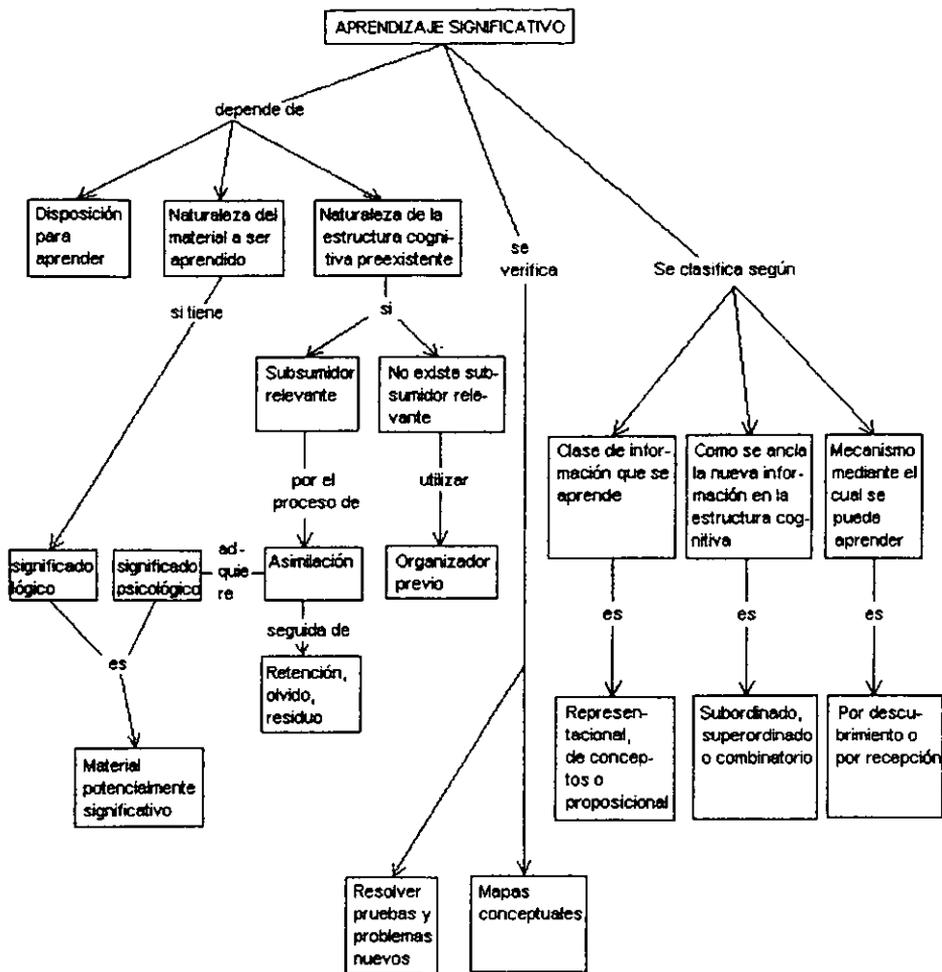


FIGURA 14. Un mapa conceptual para la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel (Bárbara Reachy Valdés).

Por ejemplo las preguntas pueden redactarse esta vez de una manera distinta y ser presentadas en un contexto diferente; o también, en ciertas situaciones se puede plantear la solución de problemas (como por ejemplo qué sucede en el organismo cuando ingerimos un pedazo de pan o un vaso de agua); pedir que los alumnos diferencien ideas relacionadas pero no idénticas (por ejemplo alimento y sustancia nutritiva); o darles una tarea secuencialmente dependiente de la anterior, que no pueda ser ejecutada sin una genuina comprensión de la precedente. Un recurso más sofisticado, pero válido, es el uso de los “mapas conceptuales”; herramienta diseñada por Novak y tema que se abordará a continuación (ver figura 14).

2- MAPAS CONCEPTUALES COMO RECURSO INSTRUCCIONAL Y CURRICULAR

Novak propone los mapas conceptuales como instrumentos para evaluar, enseñar y analizar. Los mapas conceptuales son diagramas que indican relaciones entre conceptos procurando reflejar la organización conceptual jerárquica de cualquier disciplina. En principio podrían ser unidimensionales (figura 15), bidimensionales (figura 14) o tridimensionales. Pero en el caso de los primeros, estos mapas lineales serían muy burdos (parecerían más bien diagramas de flujo); y en el caso de los tridimensionales, conducirían a abstracciones matemáticas de limitada utilidad instruccional. Por lo tanto, esencialmente se utilizan los mapas conceptuales bidimensionales, los cuales permiten una representación más completa y clara (Moreira, 1993).



FIGURA 15. Mapa conceptual unidimensional que expresa una secuencia proposicional de conceptos. (Moreira, 1993)

Pero, ¿cómo se construye un mapa conceptual? Un modelo puede ser el de diferenciación progresiva, es decir, ir de conceptos más generales hacia conceptos más específicos. Con una jerarquía vertical de arriba hacia abajo, reflejando relaciones consecutivas de subordinación. Y horizontalmente, los conceptos más remotos quedan más alejados unos de otros. Aunque en la práctica se da prioridad al ordenamiento jerárquico vertical y no siempre es posible mostrar las relaciones horizontales deseadas. Pero en realidad no existen reglas fijas en la construcción de mapas conceptuales y no hay un solo mapa conceptual para un determinado tema, sino muchas posibilidades, pues si bien deben reflejar relaciones reales entre sus elementos, los mapas conceptuales

son de naturaleza idiosincrática. A continuación se tratarán con más detalle los mapas conceptuales como recurso de evaluación.

2.1- MAPAS CONCEPTUALES COMO INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

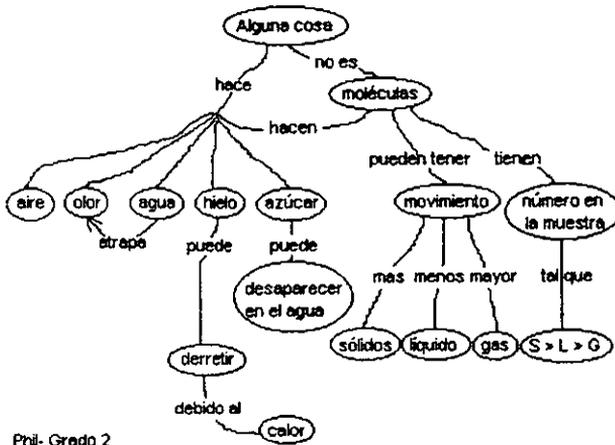
Esta herramienta sirve para evaluar en el sentido de obtener informaciones sobre el tipo de estructura que el alumno tiene para un dado conjunto de conceptos. De este modo, se podrá conocer lo que el alumno sabe en términos conceptuales, es decir, como estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceptos de una determinada unidad de estudio, tópico, disciplina, etc. Para esto se le puede solicitar al alumno un mapa conceptual u obtenerlo indirectamente por pruebas, encuestas o entrevistas.

Los mapas conceptuales como instrumentos de evaluación son de gran utilidad en la investigación educativa. Pues permiten conocer lo que el alumno ya sabe e influirá en su aprendizaje. Los mapas conceptuales permiten obtener una buena aproximación de como el alumno estructura un grupo de conocimientos dado (Moreira, 1993) (figura 16). Ya que este instrumento muestra cómo el alumno estructura los conceptos que se le enseñaron, y que durante el proceso de aprendizaje, cada individuo jerarquiza y le atribuye su propio significado al material de enseñanza; la evaluación del aprendizaje del alumno mediante "mapas conceptuales", permite un enfoque diferente al tradicional, mediante el cual simplemente se pone una calificación que etiqueta al individuo y aparentemente cuantifica lo que "aprendió". Este instrumento se suscribe en el marco teórico del "aprendizaje significativo".

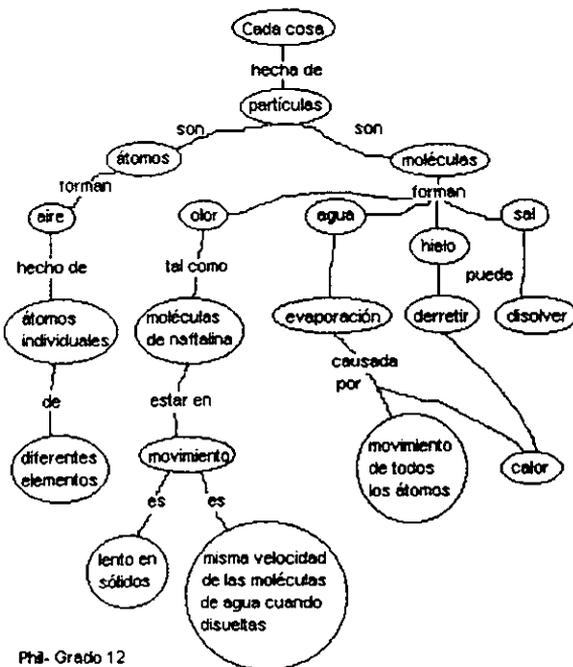
3- CONCEPCIONES ALTERNATIVAS Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Como ya se ha mencionado, en la teoría del aprendizaje significativo es de vital importancia el conocimiento previo del aprendiz (ver la sección sobre la teoría del aprendizaje significativo). Entonces se analizará qué es lo que el aprendiz ya sabe.

Para esto, es preciso dejar en claro que aprendizaje significativo no es sinónimo de aprendizaje "correcto". Un alumno puede aprender de manera significativa pero "errada", esto es, puede dar a los conceptos significados que para él implican aprendizaje significativo pero que para el profesor son erróneos porque no son compartidos por la comunidad de usuarios (por ejemplo la científica). Es la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo -a través del cual el nuevo conocimiento adquiere significados y el previo se torna más diferenciado, más rico, más elaborado- la que caracteriza al aprendizaje significativo, y no el hecho de que tales significados sean correctos desde el punto de vista científico. Tales significados, comúnmente presentes en la estructura cognitiva de los alumnos y frecuentemente detectados en las investigaciones relativas al conocimiento previo de los alumnos, son llamados por Moreira (1993): "contextualmente erróneos".



Phil- Grado 2



Phil- Grado 12

FIGURA 16. Dos mapas conceptuales construidos a partir de entrevistas con un estudiante de segundo grado y diez años después en duodécimo grado. Nótese la "corrección", la diferenciación progresiva y la reconciliación integrativa de los conceptos (Moreira, 1994).

El estudio de los conocimientos previos ha suscitado gran interés, y de acuerdo con el enfoque del investigador se les ha interpretado de diferentes maneras; algunos hablan de concepciones alternativas, modelos intuitivos, esquemas alternativos, pre-conceptos, errores conceptuales, ciencia de los niños, etc. (Fierro, 1996). En este inciso me parece importante aclarar que "concepciones alternativas" no es un sinónimo de ideas previas. Las ideas previas se refieren a la estructura cognitiva en su totalidad, con sus aciertos, errores e imprecisiones desde el punto de vista científico. Por el contrario, concepciones alternativas se refiere a las ideas científicamente erróneas que poseen los individuos.

Según Pozo (1993), si la década de los setenta fue para la enseñanza de la ciencia la 'edad de Piaget', la década de los ochenta puede calificarse muy bien como 'la época de las concepciones alternativas'. La investigación educativa se ha ido orientando hacia esta área, y los estudios han confirmado que muchos alumnos tienen sus teorías personales implícitas, y que tal aspecto del conocimiento previo es un factor muy relevante para el aprendizaje de las teorías científicas. Moreira (1994) añade que "quizás se pueda decir, sin mucho riesgo, que la investigación sobre las concepciones alternativas ha confirmado lo que decía Ausubel unos años antes: el conocimiento previo es el factor aislado que más influye en el aprendizaje".

Según Pozo (1992), las concepciones alternativas resultan de, o son, teorías personales implícitas con las cuales los no expertos en un área interpretan lo que sucede a su alrededor. Son representaciones, conceptos, modelos, teorías que el ser humano va construyendo para explicar objetos y eventos que observa en su mundo y lo más importante, son erróneas desde el punto de vista científico. Puede decirse que el individuo va construyendo una estructura de significados que es, esencialmente, su estructura cognitiva. Es con esa estructura (o con ese conocimiento previo) que él entra en el aula, o en cualquier otra situación de aprendizaje. De manera simplificada una buena enseñanza se encargaría de hacer que el alumno aprendiese los "significados correctos" de las cosas. Pero en educación difícilmente funcionan las soluciones simplistas, esos significados erróneos del alumno son hoy considerados alternativos y se reconoce que son extremadamente resistentes al cambio. Desde los años ochenta profesores e investigadores han buscado, exhaustivamente, estrategias facilitadoras del cambio conceptual. Los resultados han sido, en la mejor de las hipótesis, modestos (Moreira, 1993).

4. CAMBIO CONCEPTUAL Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El impacto de los primeros estudios sobre concepciones alternativas resultó en una cantidad enorme de investigaciones con objetivos como: ¿porqué persiste el conocimiento erróneo? ¿cómo es la interacción entre el conocimiento erróneo y un nuevo conocimiento aparentemente incompatible? ¿a través de qué proceso(s) las personas cambian sus concepciones alternativas por concepciones aceptadas en el contexto científico? ¿cómo ocurre el cambio conceptual?

Tantos fueron los intentos de contestar cuestiones de ese tipo, que Moreira (1994) clasifica a la última década, en lo que se refiere a la investigación en didáctica de las ciencias, como la 'década del cambio conceptual'.

Por ejemplo, según Nussbaum (1989) la base teórica de la investigación sobre cambio conceptual es justamente la historia y la filosofía de la ciencia. Pretende mostrar la importancia de la analogía entre la historia y filosofía de la ciencia y el cambio conceptual en los estudiantes en general. En realidad esta analogía ya había sido propuesta por Piaget en su "Introducción a la Epistemología Genética" 1950, (León, 1997). Y es apoyada por un gran número de investigadores como lo menciona Villani (1992), quien opina que los modelos que describen cómo se conduce la ciencia (como inventa, comprueba y acepta o refuta teorías), pueden decirnos más acerca de la manera en que los estudiantes aceptan conceptos científicos. Dagher (1994) propone que el uso de analogías, imágenes, y otras 'técnicas de abstracción' como ella misma las denomina, contribuyen al cambio conceptual. Y cita a Holton (1984, p.113):

"Veo la metáfora en algunas ocasiones como un medio para la transferencia de significado a través de la discontinuidad, como un puente o un barco que 'transfiere' a una persona a través de un río; en otras ocasiones como una herramienta de metamorfosis más activa, que reestructura una porción de nuestra visión del mundo."

Y afirma que se deben tomar en cuenta los procesos creativos y afectivos que se asocian a la educación integral de la persona, y no únicamente el aprendizaje de conceptos específicos.

Linder (1993) argumenta que el proceso de cambio conceptual debería conllevar al estudiante a poder adaptar sus conceptos según el contexto. En esta línea, Hewson y Thorley (1989), proponen un modelo de cambio conceptual que incluye dos componentes: a) Las condiciones que requiere la persona para experimentarlo y b) La ecología conceptual de la persona, que provee el contexto en el cual ocurre el cambio conceptual.

Moreira (1994) realizó entre 1983 y 1993 un estudio sobre la investigación educativa acerca de cambio conceptual. Encontró que esta investigación siguió principalmente el modelo de "conflicto cognoscitivo" (basado en Popper) y el modelo de Posner (basado en Kuhn), modelos compatibles y/o complementarios. Ambos modelos condujeron a resultados desalentadores, el cambio conceptual parecía casi imposible. Según Moreira, el problema con estos modelos es que sugieren al cambio conceptual como un reemplazo de una concepción por otra, en la estructura cognitiva del aprendiz. Dice que es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo y/o una nueva concepción plausible, inteligible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción alternativa significativa.

Moreira (1994) afirma que desde este punto de vista, el cambio conceptual, en el sentido de sustituir significados, no existe. El aprendizaje significativo no es borrrable; los significados internalizados significativamente (es decir incorporados a la estructura cognitiva de modo no-arbitrario y no-literal) quedan para siempre en la estructura cognitiva del aprendiz como posibles significados de un subsumidor más elaborado, rico, diferenciado. (Ver la sección sobre asimilación). Cada individuo tiene su historia cognitiva personal no-borrable, solo enriquecible.

Así, basándose en la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, Moreira (1994), propone al cambio conceptual mas bien como desarrollo/enriquecimiento conceptual. Según él, una concepción (subsumidor) puede ser imaginada como una nube de significados, construidos significativamente, en desarrollo, de tal modo que ninguno es eliminado, abandonado, desechado; están todos siempre presentes, por lo menos de manera residual. Sin embargo los significados “aceptados” y “no aceptados” son conscientemente discriminados según el nivel de conocimiento que uno tiene en el contexto de la materia de enseñanza. O sea, los aprendices también poseen el significado (no aceptado) en sus estructuras cognitivas; tanto los significados aceptados como los no aceptados están presentes en la concepción que está siendo utilizada, pero los usuarios son capaces de discriminar entre ellos contextualmente. Por lo tanto, nuestras estructuras cognitivas pueden ser interpretadas como estructuras de concepciones, cada una de ellas llena de significados, aceptados o no en un cierto contexto. A medida que ocurre el aprendizaje significativo, la concepción se desarrolla y aumenta la discriminabilidad; no obstante los significados ya establecidos no son reemplazados o borrados: pueden quedar cada vez menos utilizados, o no utilizados, pero todavía siguen presentes en la concepción que se desenvuelve (y queda más rica), tal vez “escondidos” en algunos significados residuales (Moreira, 1994).

CAPITULO III

"ESTUDIOS PREVIOS"

Para vivir los verdaderos actos de la vida hay que tener un corazón atento y un espíritu despierto. El hombre puede vivir cada gesto y cada instante en todos y cada uno de los planos de sí mismo. El gesto más simple adquiere un sentido en los niveles más altos. Sapere, probar la sal, tiene la misma raíz que sapientia o sabiduría. Nous, o conocimiento, tiene la misma raíz que el francés renifler (olfatear). Lo dulce es lo azucarado. La palabra primitiva que designaba el alimento era came (vianda, del latín vivienda), lo que hace vivir. Al igual que la música, el lenguaje interior del hombre es evocador de armonía, de metáfora y de sacralidad.

MICHEL VILLEMONT

Al igual que la gran variedad de teorías sobre la enseñanza/aprendizaje que han existido, se cuenta con diversos estudios sobre la enseñanza/aprendizaje de la biología. En el presente capítulo titulado: "Estudios Previos", se hace referencia a algunos aspectos de la investigación educativa de los últimos 10 a 15 años acerca de la enseñanza/aprendizaje de la biología. Esta investigación se ha realizado desde diferentes perspectivas como la social (estudio de Candela, 1997), sociocultural (Duran, Dugan y Weffer, 1998), cultural (Fontes y Duarte, 1992), psicológica (Shemesh y Lazarowitz, 1989; León, 1996), histórica (Webb, 1989), aplicada (Turner, 1997) y de las ideas previas que poseen los alumnos (Giordan, 1987, 1997; Anderson, Sheldon y Dubay, 1990; Nuñez y Banet, 1988, 1989, 1990, 1996, 1997), entre otras. La línea de investigación sobre las concepciones alternativas, ha sido de las más ampliamente tratadas en los últimos años (Fontes, 1992):

"Una de las más importantes líneas de investigación de la última década está ligada a la problemática de las ideas alternativas que poseen alumnos de diferentes grados de escolarización acerca de diversos tópicos científicos. A pesar de que la mayoría de estos trabajos han incidido sobre temas de física, es ya considerable el número de estudios dedicados a diversos tópicos biológicos: fotosíntesis, respiración, evolución, herencia, célula, etc. El análisis de muchos de estos trabajos ha contribuido a una mejor comprensión de la naturaleza y diversidad de las ideas de los alumnos..."

La evidencia de los estudios, citada a continuación, deberá considerarse más ilustrativa que exhaustiva:

Candela (1997) argumenta que el conocimiento científico en las escuelas es un constructo social, en el que las propuestas didácticas curriculares (como demostraciones o problemas a resolver) son tan sólo un punto de partida que es transformado por las interacciones sociales que tienen lugar en el salón de clases. Con base en datos empíricos sobre la enseñanza de la fotosíntesis y otros temas científicos en escuelas mexicanas,

concluye que los estudios educativos que hablan de las actividades didácticas (método inductivo o deductivo, demostrativo o de descubrimiento, demostraciones o solución de problemas) deberían tomar en consideración el contexto discursivo y social.

Duran, Dugan y Weffer (1998), opinan que debe ser estudiada la manera en que los procesos lingüísticos del aprendizaje son afectados por el limitado nivel de inglés manejado por las minorías mexicanas en Estados Unidos. Para esto describen cómo los estudiantes "mexicano-americanos" construyen diversos conceptos de biología a partir de sus herramientas lingüísticas. Además utilizan la perspectiva semiótica del aprendizaje de Vygotsky para diseñar actividad instruccional (lenguaje científico, signos y símbolos -diagramas-, tecnología) que promueva la construcción de significados científicos en biología. En este estudio encontraron que los estudiantes sobrestiman el discurso científico del maestro. Argumentan que nueva actividad instruccional (lenguaje y otras herramientas semióticas) debe ser diseñada para darles a los estudiantes minoritarios la oportunidad de adquirir la autoridad cultural para confrontar el misticismo científico.

Fontes y Duarte (1992), tratan algunas creencias populares relacionadas con el cuerpo humano como por ejemplo: "si una mujer menstruada bate claras, no se montan", "contar estrellas hace salir verrugas", entre otras, con las que los estudiantes portugueses ingresan a los cursos de biología. Investigan el grado de adhesión de estudiantes con diferente nivel escolar (preparatoria y licenciatura en biología-geología) hacia estas creencias populares. Concluyen que la enseñanza de la biología parece no haber alterado el "conocimiento popular". Sugieren que este conocimiento popular se tome en cuenta en la enseñanza-aprendizaje de la biología.

Turner (1997) llevó a cabo un proyecto de investigación educativa aplicada, en el que se involucraron maestros de primaria de escuelas londinenses; con el fin de hacer palpable para los maestros la relación entre la investigación y la práctica educativas. La investigación consistió en explorar el conocimiento y entendimiento de los alumnos sobre los alimentos y la dieta. Los maestros entrevistaron a los alumnos ayudándose de dibujos de alimentos. Encontraron que aún los niños más pequeños poseen algún entendimiento acerca de la relación entre comida y salud, además de la existencia de ideas erróneas especialmente sobre la función de los alimentos y la importancia de los nutrientes específicos. Esta investigación ayudó a los maestros a reevaluar su práctica educativa.

Shemesh y Lazarowitz (1989), realizaron un estudio para investigar la relación entre los estadios cognitivos (piagetianos) en que se encuentran los alumnos y su desempeño en el aprendizaje de la biología (en particular del cuerpo humano y de la célula). Los resultados de este estudio apoyan la noción piagetiana de que el aprendizaje está subordinado al desarrollo cognitivo. Los resultados también muestran que si bien es necesario el manejo de herramientas cognitivas formales (estadio de las operaciones formales de Piaget), éste no es suficiente para el alto desempeño en el aprendizaje de la biología.

León (1996) realizó una investigación de las concepciones anatómico-fisiológicas que construyen los sujetos (niños de diferentes edades de distintos lugares de la República Mexicana) a lo largo de su desarrollo cognoscitivo. Esta investigación se suscribe al marco de la teoría cognitivo-evolutiva de Jean Piaget. Parte de la idea que los

sujetos construyen representaciones de la realidad de acuerdo con su estructura cognitiva y que ésta cambia de acuerdo con la edad. Así mismo, asevera que las estructuras cognitivas presentan un orden de secuencia que permite observar distintas concepciones a lo largo del desarrollo, desde aquellas que podrían calificarse como preoperatorias, pasando por las operatorias concretas hasta las lógico-formales. Efectivamente los niños mostraron una mayor complejidad en sus representaciones conforme avanzaron en edad.

Webb (1989) realizó una revisión histórica sobre la importancia de las proteínas en la alimentación. Argumenta que en 1948 se dio una sobreimportancia a las proteínas en la dieta (la "baja" proteica se veía como factor clave en malnutrición y enfermedades ligadas como kwashiorkor -deficiencia protéica severa- y marasmo), y que actualmente se ha observado que el porcentaje óptimo de estos nutrientes en la dieta es menor al que se consideraba. Opina que desgraciadamente este último resultado sólo es conocido por los nutriólogos y aún no ha permeado el conocimiento popular:

"Una vez establecida la idea de la deficiencia protéica e iniciados los programas para resolver tal problema, se adquirió un 'momento' casi imparable, que suprimió los llamados eventuales de precaución (Hegsted, 1959)."

Por lo que hace un llamado a los medios educativos a informar correctamente a los alumnos (y al público en general). Pues señala que cuando se habla de nutrición (generalmente como un pequeño tópico subsidiario) en las clases de biología, se habla prácticamente sólo de las proteínas, exagerando su importancia en la dieta, fomentando así una idea errónea sobre la nutrición en el ser humano.

Dreyfus y Jungwirth (1989) estudiaron las concepciones de estudiantes de 16 años sobre "la célula viva". Encontraron numerosas preconcepciones como por ejemplo que las células son muy especializadas: algunas se especializan en producir energía, otras en sintetizar proteínas; las cuales según los investigadores persisten dada su aceptación social en el salón de clases. Esto puede suceder ya sea porque tales preconcepciones no son detectados por los maestros, o bien porque son incluso aceptados por los maestros como analogías correctas. Los autores proponen una clasificación (hablan de taxonomía) de las preconcepciones, basada en su funcionalidad. Opinan que una diagnosis temprana de estas preconcepciones es imperativa para poder prevenir su persistencia-reforzamiento; así como la necesidad de promover un enfoque educativo en el que los nuevos conceptos sean descritos con atributos significativos y relacionables.

Giordan (1987, 1995) ha realizado diversos estudios sobre las ideas que tienen a cerca del cuerpo humano los estudiantes suizos. En particular para analizar sus ideas acerca del aparato digestivo, analizó una serie de dibujos del mismo, realizadas por estudiantes de diferentes edades. Encontró una serie de concepciones alternativas persistentes como por ejemplo la representación de un tracto digestivo bifurcado a nivel de los intestinos y una simplificación del tracto digestivo al esófago-estómago (figura 17).

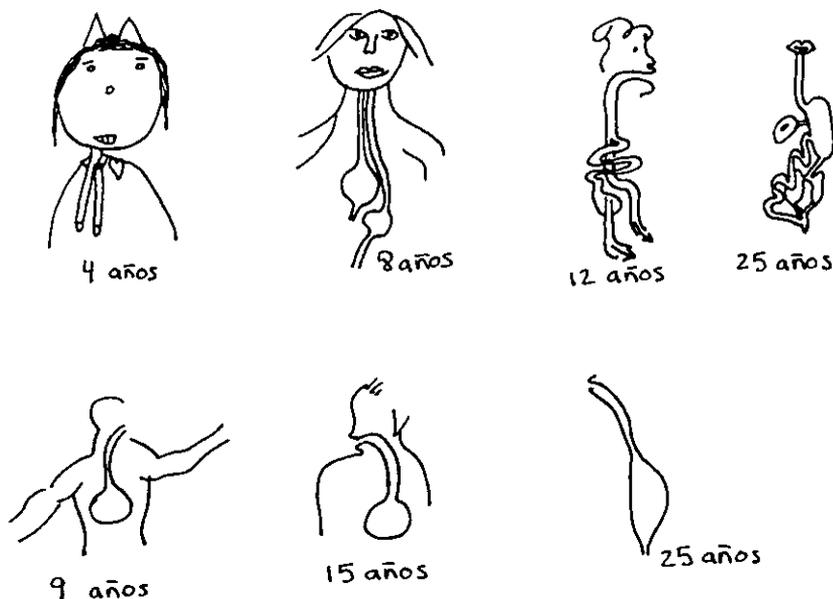


FIGURA 17. Dibujos del tracto digestivo hechos por estudiantes suizos de diferentes edades. Nótese la persistencia en la idea de un tracto digestivo bifurcado a nivel de los intestinos y de un tracto digestivo reducido simplemente al estómago. (Giordan, 1995)

Anderson, Sheldon y DuBay (1990), estudiaron las concepciones de alumnos norteamericanos de secundaria acerca de la respiración y la fotosíntesis, gracias a una encuesta aplicada antes y después de los cursos de biología. Encontraron una serie de errores conceptuales los cuales fundamentalmente revelan la incomprensión de la fisiología de plantas y animales. La mayoría de los alumnos no pudo explicar como son utilizados la comida y el oxígeno por las células animales; además conciben a las plantas como análogas a los animales, así explican que las plantas también comen pero a través de sus raíces en vez de por la boca. Las clases de biología mejoraron la comprensión de estos tópicos, pero los conceptos erróneos persistieron en muchos estudiantes. Los autores argumentan que de estos resultados se desprenden preguntas fundamentales sobre la efectividad de la instrucción y el curriculum de la biología en secundaria y preparatoria.

Banet y Núñez, en el marco de un proyecto educativo para implementar la enseñanza del cuerpo humano en la escuela primaria, secundaria y preparatoria en España; han realizado una serie de estudios acerca del conocimiento de los estudiantes sobre el cuerpo humano. En 1988 analizaron las ideas sobre la anatomía del aparato digestivo presentadas por maestros y estudiantes de diferentes grados. Los resultados

mostraron un bajo impacto de la instrucción sobre la progresión en el manejo de dichos conceptos por los alumnos. Por ejemplo encontraron que los encuestados no conocen todos los órganos del aparato digestivo ni su orden -por ejemplo tienden a situar al intestino grueso entre el estómago y el intestino delgado-, además existe la tendencia de considerar al estómago como el órgano central del aparato digestivo, a creer que el aparato digestivo y el excretor están comunicados entre si y que solo bebemos para 'no tener sed' -una vez que el agua nos quita la sed, se expulsa-. En 1989 realizaron un estudio similar pero esta vez analizaron los conceptos fisiológicos del aparato digestivo, tales como la digestión y la absorción, presentados por maestros y estudiantes. Encontraron por ejemplo que los encuestados consideran al estómago como el órgano central de la digestión -proceso que no explican claramente- y a veces de la absorción -también mal entendida-, en consecuencia los intestinos simplemente eliminarían los desechos. Señalan que los libros de texto y los maestros abordan el estudio de los procesos nutritivos, centrando más su atención en el conocimiento de cada uno de los aparatos o sistemas que intervienen (digestivo, circulatorio...), que sobre las relaciones que existen entre ellos. Argumentan que las dificultades en la conceptualización de tales procesos, demuestra la necesidad de implementar nuevas estrategias educativas. De la misma manera, en 1990 investigaron las concepciones sobre la respiración humana que presentaba un grupo de jóvenes de diferentes niveles educativos. Descubrieron una serie de errores o vacíos conceptuales que proponen sean tomados en cuenta en la enseñanza de este tópico en los cursos de biología. Por ejemplo indican que es preciso diferenciar la ventilación pulmonar de los intercambios gaseosos, hacer referencia a la composición del aire atmosférico (inspirado y espirado), tratar los aspectos relativos al transporte de gases por la sangre, los intercambios a nivel de los tejidos y la utilización del oxígeno a nivel celular. Posteriormente, en 1996, analizaron los patrones conceptuales presentados por alumnos de secundaria y preparatoria sobre las relaciones: aparato circulatorio /aparato digestivo y aparato circulatorio/aparato respiratorio. Encontraron que éstos patrones conceptuales, si bien les parecen coherentes a los estudiantes, son frecuentemente incompletos o erróneos científicamente. En 1997 investigaron los patrones conceptuales sobre nutrición en estudiantes de distintos grados escolares (secundaria y preparatoria). Al igual que en los trabajos previos, describen y analizan estos patrones, erróneos o incompletos científicamente. Finalmente hacen algunas sugerencias para mejorar la enseñanza de la nutrición.

Se esta llevando a cabo investigación educativa en diferentes países y bajo distintas perspectivas, por tanto de la literatura consultada se desprende que la educación es un área de gran trascendencia y de convergencia de diversas disciplinas científicas y humanísticas. Es importante que equipos interdisciplinarios realicen investigación educativa, de manera que ésta proporcione resultados más completos, que se adapten mejor a la realidad de la enseñanza. También de los trabajos citados destaca la importancia de concientizar a los maestros sobre la importancia de la relación entre investigación educativa y práctica docente, de manera que se promueva la aplicación de los resultados obtenidos en los trabajos de investigación educativa.

En particular los trabajos de Núñez y Banet han provisto muchas de las bases del presente trabajo de tesis, mediante el cual se pretende contribuir a la investigación educativa en México, en particular sobre la nutrición, en la escuela secundaria.

CAPITULO IV

"OBJETIVOS Y MÉTODO"

*Donde no hay pan que compartir, no hay sociedad humana.
Dentro de las complejas causas de la angustia anglosajona
acerca de la penuria, existe, a mi entender, el sentimiento
inconsciente de que su food pueda disolver su sociedad, al no
ser ya sino el fruto de un sistema informático que escapa al
control humano y que, por consiguiente, no engendra nada
humano.*

JEAN TRÉMOLIÈRES

1- OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son describir y analizar las ideas previas sobre la fisiología de la nutrición que presentan los alumnos de segundo grado de educación secundaria. Más específicamente el "esquema conceptual" sobre la fisiología de la nutrición que presentan estos estudiantes. Pues como lo mencionan Núñez y Banet (1996):

"Aunque a lo largo de las últimas décadas han sido numerosos los trabajos destinados a explorar las concepciones de las alumnas y los alumnos sobre diferentes aspectos de las ciencias experimentales, en la mayoría de los casos se ha dado la sensación de que se trata de ideas aisladas e inconexas entre sí, ligadas -por otra parte- a la especificidad del dominio conceptual objeto de análisis...Sin embargo, se ha puesto de manifiesto que, con respecto a un tópico determinado, buena parte de las concepciones que poseen las y los estudiantes se organizan en torno a estructuras conceptuales más o menos relacionadas entre sí, en la mayoría de los casos, organizadas jerárquicamente."

Esta idea de los conceptos organizados en estructuras conceptuales, se desprende de la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel (1995) -expuesta previamente- y ha sido retomada por un gran número de investigadores educativos como Driver y Erickson, 1983; Engel, Clough y Driver, 1986; Jiménez Aleixandre, 1990; Luffiego, Bastida, Ramos y Soto; 1991 o Serrano, 1993; según Núñez y Banet (1996).

Finalmente, en el presente estudio, se retoma el término "esquema conceptual" utilizado previamente por los investigadores Núñez y Banet (1996), el cual describen como sigue:

"Por nuestra parte, en investigaciones realizadas para averiguar las ideas de las alumnas y los alumnos sobre los procesos de nutrición humana, también hemos llamado la atención con respecto a esta misma cuestión, señalando que, además de concepciones puntuales (escasamente relacionadas entre sí), es posible encontrar esquemas

conceptuales más amplios, a través de los cuales se relacionan e integran diversos conocimientos relativos a un mismo proceso."

Así, el presente trabajo más que centrarse en concepciones puntuales (como por ejemplo el concepto de digestión o la anatomía del aparato digestivo) pretende investigar el "esquema conceptual" sobre la fisiología nutritiva que presentan los alumnos; tal "esquema" es una representación de la estructura conceptual que poseen los alumnos para dicho tema. De esta manera se obtendrá una visión de cómo perciben los estudiantes el tema de la fisiología de la nutrición integralmente. Por tanto se investiga si los alumnos realmente comprenden la nutrición humana y no simplemente que tanto saben de algunos conceptos aisladamente, pues un estudiante puede conocer la forma y función de varios órganos del aparato digestivo sin comprender como los nutrientes se incorporan a nuestro organismo y nos mantienen con vida.

Se parte de que las ideas previas de los alumnos constituyen su marco de referencia para explicar conceptos y acontecimientos del mundo que les rodea (Ausubel, 1995). Estas nociones, con frecuencia se encuentran poco diferenciadas en el alumno, muchas veces salpicadas de errores importantes y en ocasiones constituyen esquemas conceptuales alternativos complejos fuertemente arraigados en su estructura cognitiva (Núñez y Banet, 1988). Y pueden constituir verdaderos obstáculos para el aprendizaje, ya que dificultan o impiden la construcción del saber científico (Moreira, 1994). Las ideas previas son difícilmente modificables y pueden interferir negativamente con la nueva información que se intenta transmitir (Núñez y Banet, 1989). Por ello se viene insistiendo en que una referencia importante para el profesor, investigador educativo, psicólogo educativo, etc., al planificar las acciones educativas, se encuentre relacionada con las ideas previas de los alumnos (Anderson, Sheldon y DuBay 1990; Fontes y Duarte, 1992; Turner, 1997; Núñez y Banet, 1988-1997; entre otros).

En segundo término, tomo como referencia mi experiencia educativa en el Museo de las Ciencias UNIVERSUM de la UNAM entre los años 1996 y 1998, en la que constaté la falta de integración entre los diversos tópicos sobre anatomía y fisiología humanas, de manera que los estudiantes de secundaria difícilmente comprenden al cuerpo humano como una unidad funcional. Los alumnos conocen los diversos aparatos y sistemas del cuerpo humano de manera aislada, tienen nociones sobre la anatomía y fisiología del aparato digestivo, del respiratorio, algo del circulatorio, por ejemplo; pero difícilmente explican las relaciones entre ellos, anatómica, pero sobre todo fisiológicamente.

En tercer término se verificó que los estudiantes de secundaria ya hubieran recibido la instrucción escolar necesaria, según los temarios de biología de la Secretaría de Educación Pública (SEP), para manejar el tema de nutrición al nivel que se les requiere (ver anexo 2 y 3).

De esta manera, la hipótesis de este trabajo es que se encontrará un elevado porcentaje de alumnos que presentarán esquemas conceptuales sobre la fisiología nutritiva, diferentes del esquema conceptual científico (aceptado científicamente).

Posteriormente al tratamiento de los resultados de la investigación, se describirán con detalle los esquemas conceptuales presentados por los alumnos para posteriormente poderlos analizar. Los resultados de este análisis permitirán saber en qué aspectos de la

enseñanza de la nutrición deberá incidir la educación, para obtener mejores resultados.

En esta sección me parece importante recalcar dos aspectos:

- A nivel secundaria, segundo grado es el último año en que los estudiantes llevan biología, por lo tanto es la última oportunidad para los jóvenes que no seguirán estudiando, de aprender o/y reforzar el tema de nutrición.
- El tema de nutrición es fundamental en la enseñanza, no solo por una cuestión de cultura general (como podría ser saber de historia, fotosíntesis o geografía por ejemplo), sino porque afecta a la vida cotidiana de cada individuo. El saber sobre nutrición permite a la persona decidir, con bases, qué le conviene comer y no seguir absurdamente modas publicitarias; le permite cuidar su salud cuando un gran número de las consultas médicas se deben a afecciones gastrointestinales. Como dice el dicho: "Somos lo que comemos", y saber comer es en gran parte saber vivir.

De esta manera, este trabajo pretende ser un paso hacia el mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje sobre el cuerpo humano y quizás hacia una nueva propuesta didáctica sobre nutrición, que tenga en cuenta las representaciones de los alumnos.

2. MÉTODO

Con el fin de describir y analizar los esquemas conceptuales que presentan los estudiantes de secundaria sobre el tema de la fisiología de la nutrición, se llevaron a cabo distintas actividades:

- Visitas guiadas a estudiantes de secundaria en la sala referente al cuerpo humano del museo de las ciencias UNIVERSUM, de la UNAM. Esta prueba piloto permitió obtener información cualitativa a cerca de las ideas previas que tienen los estudiantes de secundaria sobre la fisiología de la nutrición.
- La aplicación a estudiantes de secundaria de un cuestionario exploratorio sobre el tema de la nutrición (anexo 1). Este cuestionario permitió obtener información cualitativa y cuantitativa, acerca de las ideas previas que tienen los estudiantes de secundaria sobre la fisiología de la nutrición.

Existe una cierta aceptación generalizada de que la entrevista clínica es la mejor manera de detectar el verdadero conocimiento previo de un aprendiz (Lang da Silveira y Moreira, 1996), pero este medio requiere muchísimo tiempo y experiencia para poderse aplicar a muestras grandes y tener resultados exitosos (Osborne y Freyberg, 1985). Por lo tanto la salida más viable fue la elaboración de un cuestionario, siguiendo las recomendaciones de varios investigadores educativos (Treagust y Haslam, 1987; Anderson, Sheldon y Dubay, 1990; Lang da Silveira y Moreira, 1996) y como sugieren Núñez y Banet (1988):

"Existen diversos procedimientos que pueden utilizarse, con distinto grado de eficacia, para intentar conocer el nivel de los conocimientos de los alumnos en relación con un tema determinado... Cuando el número de alumnos es elevado, como es el caso que nos ocupa, el cuestionario se muestra como un instrumento eficaz, ya que nos permite obtener una información amplia y razonablemente uniforme."

- La realización de entrevistas individuales, en el caso de respuestas dudosas al cuestionario. Mediante estas entrevistas se pudieron esclarecer los datos obtenidos a partir del cuestionario.

Todas estas actividades se describirán con mayor detalle a continuación.

2.1 LAS VISITAS GUIADAS EN EL MUSEO

La enseñanza de la ciencia en la escuela se enfrenta a varios problemas como son: la poca o nula conexión que encuentran los alumnos entre lo que se les enseña y su vida diaria, la falta de laboratorios adecuados, el prejuicio extendido de que la ciencia es difícil y aburrida, la imposibilidad de estar al día debido al acelerado avance la ciencia y la tecnología, entre otros. Muchas personas se han interesado por remediar esta situación y una manera es complementar la comunicación verbal y el uso del pizarrón, con actividades adicionales y complementarias, como por ejemplo la visita a los museos de ciencia (Reynoso, 1995). Estos tienen un gran potencial didáctico (Borun, Massey y Lutter, 1993; Ramey-Gassert y Walberg, 1994).

La UNAM cuenta precisamente con un museo de ciencias interactivo: UNIVERSUM, el cual brinda la oportunidad a las escuelas de recibir visitas guiadas en diversas áreas del conocimiento científico y humanístico. Para ello tiene personal capacitado en diversas especialidades (guías), que se ocupa de las visitas, de acuerdo a los intereses, nivel y características particulares de los estudiantes y público en general, lo cual permite una visita personalizada (Reynoso, 1995).

En mi estancia como guía en la sala referente al cuerpo humano ("Aventura Interior") de noviembre de 1996 a julio de 1998 tuve la oportunidad de ofrecer visitas guiadas a un gran número de visitantes, entre ellos un gran porcentaje de alumnos de secundaria. Dada la naturaleza de estas visitas, en que los estudiantes -y público en general- interactúan con el material didáctico, entre ellos y con el guía; además de que no sienten la presión de la evaluación académica; los estudiantes se comportan de una manera mucho más natural y espontánea que en la escuela (Reynoso, 1995). Por lo que esta experiencia como guía, me permitió obtener información cualitativa muy valiosa a cerca de las ideas sobre anatomía y fisiología humanas, que tienen los estudiantes de secundaria. Como lo mencionan Borun, Massey y Lutter (1993):

"el museo es un laboratorio efectivo para investigar como aprenden las personas y confirma que la investigación de las concepciones alternativas puede conducir a la creación de exhibiciones más efectivas que puedan ayudar a la reestructuración de las ideas de los visitantes"

El conocimiento así obtenido de muchas de las ideas previas que tienen los estudiantes de secundaria sobre la fisiología de la nutrición fue de vital importancia para el diseño del cuestionario y las entrevistas.

2.2 EL CUESTIONARIO

El primer paso consistió en elaborar un mapa conceptual sobre la fisiología de la nutrición (figura 18), el cual permitiera analizar este tópico, y así identificar los conceptos clave para la comprensión de este proceso fisiológico (Moreira y Lang da Silveira, 1996; Treagust, 1987; Núñez y Banet, 1990). Este mapa conceptual se basa en los conceptos sobre la fisiología nutritiva presentados por los autores citados en el capítulo de nutrición y está adaptado al nivel de segundo grado de educación secundaria tomando en cuenta los temarios oficiales de biología, nivel primaria y secundaria, de la SEP.

En este mapa conceptual se pueden apreciar tanto los conceptos esenciales como los lazos entre ellos, en el tema de la fisiología de la nutrición. Además de los procesos nutritivos, se han señalado los aparatos/sistemas donde tienen lugar dichos procesos, para no disociar la anatomía de la fisiología y así mantener la ubicación general de la nutrición, y la concepción del organismo como una unidad. Este mapa conceptual se podría complicar mucho más, por ejemplo al detallar más cada uno de los procesos nutritivos, al incluir al sistema linfático o al integrar los sistemas reguladores como nervioso y endócrino. Se eligió este nivel de complejidad por considerarlo apropiado para los alumnos de segundo grado de educación secundaria.

A partir del análisis del tópico de la fisiología de la nutrición, se desprende que los conceptos clave en esta área son:

- Digestión. Mediante este proceso el aparato digestivo transforma el alimento que posee nutrientes complejos, en sustancias nutritivas sencillas.
- Absorción. Mediante este proceso el sistema circulatorio toma del aparato digestivo las sustancias nutritivas sencillas, para transportarlas a todo el organismo. Proceso donde interactúan claramente el aparato digestivo y el sistema circulatorio.
- Asimilación. Mediante este proceso las sustancias nutritivas sencillas pasan de la sangre hacia todas las células corporales. Se relacionan el sistema circulatorio y las células corporales.

Directamente relacionados con conceptos básicos como:

- Estructura celular del cuerpo humano
- Nociones de metabolismo celular
- Función de los alimentos
- Anatomía del aparato digestivo y del sistema circulatorio

Así, este mapa conceptual sirvió como guía para elaborar el cuestionario y para realizar las entrevistas individuales; pues los mapas conceptuales son una alternativa interesante para la evaluación de contenidos y así guiar las preguntas que se harán a los alumnos en una determinada materia. Como lo mencionan Díaz Barriga y Hernández (1997),

"que el profesor construya primero el mapa (el mapa "experto") y que luego lo utilice como guía o pauta para dirigir entrevistas que intenten valorar las concepciones de los alumnos o para evaluar sus respuestas cuando se trata de pruebas escritas, sin duda este recurso es de mayor utilidad para tareas de exploración e investigación que el profesor desee realizar cuando sea necesario hacer un análisis, con cierto grado de profundidad, del manejo que tienen los alumnos acerca de temáticas o conceptos complejos."

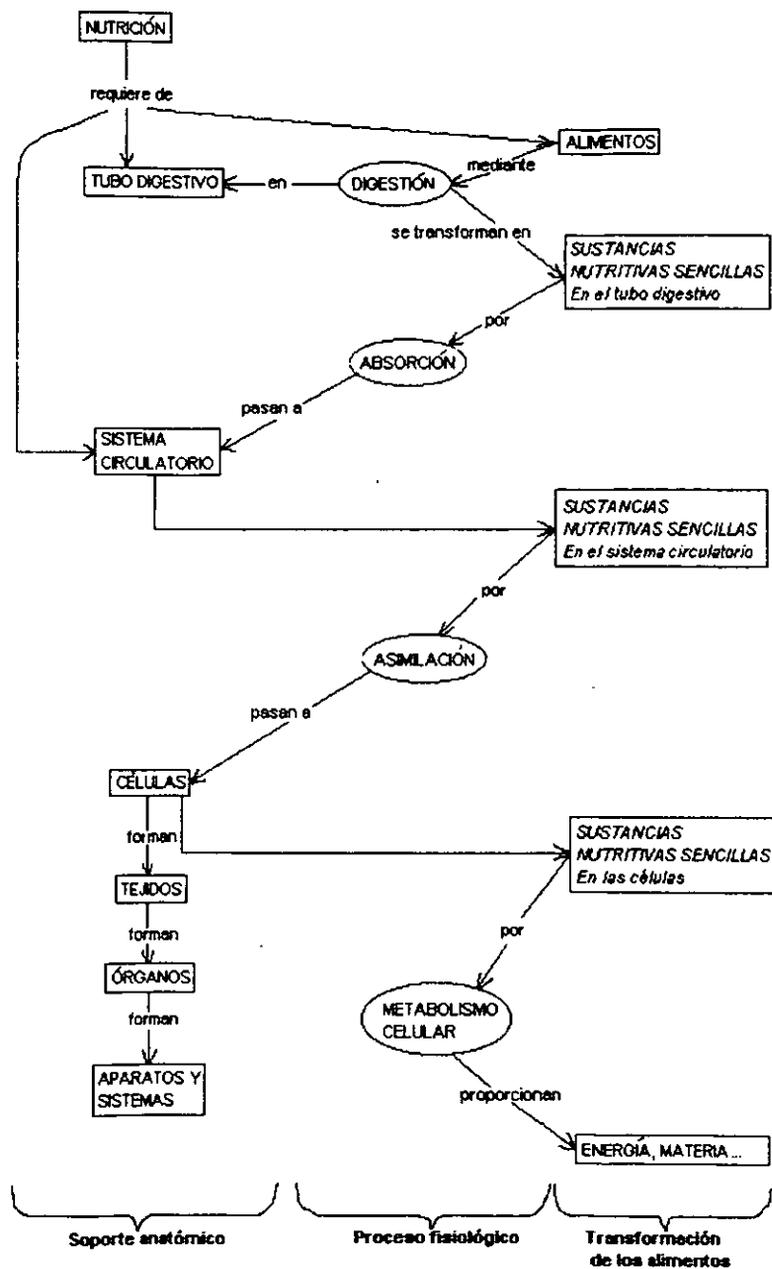


FIGURA 18. Un mapa conceptual para el proceso de la fisiología de la nutrición (B.Reachy)

Una vez realizado el mapa conceptual sobre la fisiología de la nutrición, se construyó un primer cuestionario (cuestionario de prueba), para indagar las ideas de los estudiantes de secundaria sobre la fisiología de la nutrición. La elaboración del cuestionario se basó en:

- la información acerca de las ideas de los estudiantes sobre la fisiología de la nutrición obtenida en el museo;
- en el mapa conceptual sobre la fisiología de la nutrición;
- en los estudios previos consultados (ver sección estudios previos) y
- en un cuestionario previo utilizado por los investigadores Núñez y Banet (1994)

Este cuestionario de prueba fue piloteado con un grupo de 30 estudiantes de segundo grado de educación secundaria. Se analizaron los resultados y se formuló un segundo cuestionario (cuestionario definitivo, anexo 1), revisado por 2 expertos.

El cuestionario definitivo consta de 14 preguntas. Como sugiere Yarroch (1991), las preguntas son novedosas y no se encuentran tradicionalmente en los exámenes escolares, por lo tanto los alumnos no están acostumbrados a responderlas, lo que impide así las respuesta mecánicas, únicamente memorizadas. Las preguntas son de diversos tipos:

- De respuesta abierta. Para reducir el riesgo que los estudiantes adivinen y motivarlos a responder honestamente (Treagust y Haslam, 1987). Además para que sus respuestas no difieran tanto de las que proporcionarían en una entrevista (Osborne y Freyberg, 1985).
- De opción múltiple. Construidas tomando en cuenta las ideas previas de los alumnos como sugieren Freyberg y Osborne, (1985):

“Las respuestas de los niños a preguntas de opción múltiple van inevitablemente a diferir en algunas ocasiones, de aquellas que proporcionarían en una entrevista. Sin embargo, hemos encontrado que las preguntas de opción múltiple cuidadosamente diseñadas (a partir de las mismas opiniones de los niños, previamente detectadas) pueden indicarnos de manera confiable a cerca de la prevalencia de varios puntos de vista por parte de los alumnos, los cuales pueden entonces tomarse en cuenta en la elaboración de los planes de estudio.”

Que no solamente informen sobre lo que el estudiante sabe o no, sino que además proporcionen un perfil de preconcepciones útiles como herramientas diagnósticas (Anderson, Sheldon y Dubay, 1990) como menciona Yarroch, (1991):

“Las buenas preguntas no indican de manera única lo que el estudiante sabe o no, sino que también proveen un perfil de los preconcepciones de la audiencia examinada, de manera que los resultados de la examinación pueden ser herramientas diagnósticas de gran utilidad.”

Así dentro de las opciones presentadas para responder cada pregunta, una es correcta científicamente y las restantes son concepciones erróneas ya sea expresadas por los alumnos en las visitas en el museo o/y citadas en la literatura.

- De doble elección “respuesta-razón”. Este tipo de preguntas consiste en un primer tercio de opción múltiple: con una opción científica y las demás alternativas son ideas

científicamente incorrectas expresadas por los alumnos (ya sea citadas en estudios previos o/y expresadas en las visitas en el museo). Los dos tercios restantes consisten en una lista de razones a elegir para justificar la respuesta proporcionada previamente. La lista de razones se basa en las ideas expuestas por los alumnos en el museo y en los estudios previos (científicamente incorrectas o imprecisas) y una razón científicamente aceptable. Además de un espacio en blanco por si el alumno tiene otra razón diferente y así no limitarlo (dentro de lo posible).

Este tipo de reactivos ha sido ampliamente utilizado en investigación educativa (Treagust y Haslam, 1987; Yarroch, 1991; Seymour y Longden, 1991) y Tamir (1989) ha hecho un estudio únicamente para comprobar la utilidad de este tipo de reactivo:

"La utilización de justificaciones a las preguntas de opción múltiple es una manera efectiva de verificar el aprendizaje significativo. Se recomienda que los maestros, examinadores e investigadores incorporen este formato en su repertorio regular de evaluación."

- **De falso/verdadero.** Confeccionadas de manera reflexiva (Díaz Barriga y Hernández, 1997), presentando la idea correcta científicamente y una serie de conceptos previamente identificados.

Algunas preguntas se apoyaron con ilustraciones (esquemas) para facilitar su comprensión; las cuestiones más complejas se complementaron con una escala de fiabilidad, para que los estudiantes expresaran el grado de certeza de sus afirmaciones. Además, para evitar el carácter aleatorio de ciertas respuestas o la información restringida que se obtiene de alguna de ellas, se utilizaron diferentes preguntas para incidir en un mismo aspecto (Yarroch, 1991).

En cuanto a los temas tratados, en síntesis, la exploración se centró en los siguientes aspectos:

- **Función de los alimentos** (pregunta 1). Se plantea a grandes rasgos la función de los alimentos para el ser humano.

- **Proceso de digestión** (pregunta 2a). Se plantea una situación problemática (digestión de la leche), a partir de la cual se pregunta qué tipo de sustancias obtenemos mediante dicho proceso (sustancias nutritivas complejas, sustancias nutritivas sencillas, sustancias buenas).

- **Proceso de absorción**, el cual involucra las relaciones entre el aparato digestivo y la circulación (preguntas 2b, 3, 4, 5 y 6). Dónde se absorben las sustancias nutritivas, qué sucede en la sangre cuando los diabéticos ingieren azúcar, qué sucede en la sangre cuando estamos sin tomar alimentos durante 2 o 3 días. Las otras dos preguntas tratan de la presencia de nutrientes en la sangre y la razón de esto.

- **Proceso de asimilación**, el cual involucra la relación entre la sangre y las células corporales (preguntas 6, 7, 8, 9 y 10). Se pregunta sobre el transporte de nutrientes a distintas partes del cuerpo y si estos nutrientes pueden salir de los vasos sanguíneos. Además se plantea la posibilidad de que las sustancias nutritivas que transporta la sangre salgan de los vasos sanguíneos cuando llegan a los músculos.

- **Estructura celular del cuerpo humano** (preguntas 11, 12, 13 y 14). Para ello se incluyen tres preguntas; la primera se refiere a la estructura general del cuerpo, la

segunda esta relacionada con la noción general que poseen los estudiantes sobre la célula y la relación entre éstas y los órganos; finalmente en la tercera se les facilita una relación de órganos/partes del cuerpo y se les pide que señalen si están formados por células.

- Metabolismo celular (pregunta 14). Esta pregunta de nivel básico, incide en la cuestión de las sustancias necesarias para que las células realicen sus funciones.

2.3 LAS ENTREVISTAS

Al ser entregados los cuestionarios resueltos, se efectuó una revisión global. En caso de respuestas dudosas o contradictorias, se realizaron entrevistas individuales para aclararlas. Estas entrevistas se realizaron siguiendo el mapa conceptual sobre la fisiología de la nutrición y los consejos de Freyberg y Osborne (1985), como el de evitar dar pistas verbales (pregunta guiada) o no verbales (gestos, maneras) que influyan en la autenticidad de la respuesta de los estudiantes, hacer preguntas fáciles pero penetrantes.

2.4 POBLACIÓN

La población estudiada consistió en una muestra de 144 estudiantes, pertenecientes al segundo grado de educación secundaria, de escuelas incorporadas a la SEP. La exploración se realizó antes de que iniciaran el estudio del tema de nutrición (ver anexo 2), de tal manera que los datos obtenidos se refirieron al conjunto de la enseñanza previa (educación primaria y primer grado de educación secundaria).

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de las respuestas de los alumnos se siguió el método de Núñez y Banet (1997). Este análisis se basa en la regularidad y coherencia que presentan a través de los diferentes instrumentos empleados (diversos ítems del cuestionario y entrevistas individuales), tomando como referencia el mapa conceptual establecido. En resumen consta de las siguientes fases:

- Una vez tabulados los datos correspondientes a cada pregunta del cuestionario, se establece una serie de concepciones específicas sobre aspectos parciales del proceso objeto de estudio. Por ejemplo sobre el aspecto de la digestión, la absorción, la estructura celular del cuerpo y demás conceptos tratados en el cuestionario. Para ello, se contrasta la correlación existente entre las respuestas que dan los estudiantes a aquellas cuestiones que se refieren a los mismos aspectos.
- Definición de los esquemas conceptuales que subyacen al conjunto de concepciones puntuales, relativos a las relaciones existentes entre los conceptos de la fisiología de la nutrición tratados en el cuestionario.

En este punto se da mayor importancia a los conceptos clave según el mapa conceptual (ver figura 18): absorción y asimilación. Temas que ponen de manifiesto la interacción entre el aparato digestivo y el circulatorio y entre este último y las células corporales, respectivamente. Posteriormente, en orden decreciente de importancia, se consideran los tópicos de estructura celular del cuerpo, digestión, metabolismo celular y función de los alimentos.

- Identificación de los esquemas conceptuales correspondientes a cada uno de los alumnos pertenecientes a la muestra.

CAPITULO V

"RESULTADOS"

Es el acto humano en el que más auténticamente puede tomarse conciencia de las actitudes fundamentales de la vida. No adoptarlas sin una necesidad real; saber saborear y anticipar lo que sucederá tras la realización del acto; aprender a sentirse, a elegir el tipo de hombre que se quiere ser; obedecer primero las reglas para sentir su contenido coactivo, y hacerlas estallar para transformarlas. Comer a lo largo de la vida es a la vez una prolongada servidumbre y una búsqueda permanente del verdadero pan de la vida.

JEAN TRÉMOLIÈRES

Los resultados del presente estudio revelan que si bien todos los estudiantes aceptan que la alimentación es esencial para que nuestro organismo obtenga energía y materia para reparar tejidos, regular diversas funciones, crecer y simplemente realizar las funciones vitales; muy pocos de ellos comprenden qué sucede en nuestro organismo cuando nos alimentamos, es decir: "la fisiología de la nutrición".

Por ejemplo, cuando se les pregunta qué resultaría de la digestión de un vaso de leche que ingirieran (segunda pregunta del cuestionario), solo el 15% responde que se obtendrían sustancias nutritivas sencillas (ejemplo glucosa), mientras más de la mitad (64%) responde que se obtendrían simplemente sustancias nutritivas (ejemplo proteínas) y el resto opina que se obtendrían simplemente sustancias digeridas (17%) o partículas pequeñísimas de los alimentos (4%).

En cuanto al destino de las sustancias nutritivas de los alimentos que nos comemos (pregunta 2b del cuestionario, anexo 1), el 12% de los adolescentes opina que estas sustancias nutritivas pasaron del estómago a los intestinos para ser eliminadas por el ano; mientras el 7% declara que las sustancias nutritivas de los alimentos que consumimos se quedan en el estómago. Y aunque más de la mitad de los alumnos (63%) opina que una vez concluida la digestión, las sustancias nutritivas pasan a los diferentes órganos del cuerpo; tan sólo el 33% del total de los estudiantes asegura que el intestino delgado las absorbe (pregunta 3 del cuestionario), el 26% le atribuye al intestino delgado la simple función de conductor de alimentos hacia el intestino grueso, el 14% la digestiva y el 21% la de sintetizador de orina. Y aún cuando se les proporciona una lista de 12 partes del cuerpo (pregunta 8 del cuestionario, ver anexo 1) para que señalen a cuál o cuáles de éstos deben llegar los nutrientes de los alimentos, solo el 3% de los estudiantes las señala todas. Independientemente del número total de partes del cuerpo que señalen, la figura 19 muestra cuales son las partes del cuerpo elegidas por la mayoría o la minoría de los estudiantes, como destino de los nutrientes alimenticios.

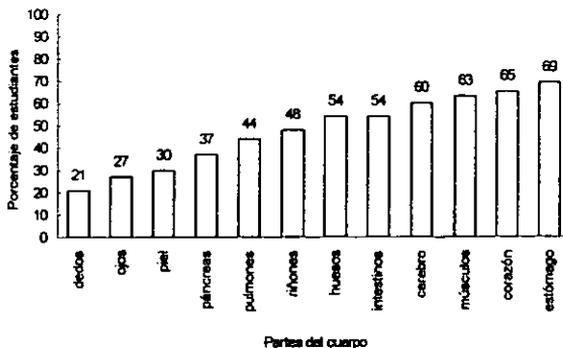


FIGURA 19. Porcentaje de estudiantes que señala cada parte del cuerpo como destino de las sustancias nutritivas, independientemente del número total de partes que señalen. Tan solo el 3% de los estudiantes indica que los nutrientes deben llegar a todas las partes del cuerpo mencionadas.

En lo que se refiere a la estructura celular del cuerpo humano, algunos de los estudiantes (14%) no saben si existe una relación entre las células y los órganos que forman nuestro cuerpo; otros pocos (8%) opinan que no existe ninguna relación entre células y órganos; finalmente la mayoría (78%) declara que si existe una relación. Pero tan solo 38% de los alumnos acierta a indicar la naturaleza de esta relación, es decir a mencionar que los órganos están formados por células. Finalmente, sólo el 28% de los estudiantes, cuando se les proporciona una lista de 11 órganos/partes del cuerpo (pregunta 13 del cuestionario, ver anexo 1) para seleccionar aquellos que están constituidos por células, eligen a más de 7 órganos/partes del cuerpo; y tan solo el 17% de los estudiantes mencionan las 11 partes del cuerpo. Podría decirse que sólo esta sexta parte de los alumnos comprenden el concepto de la organización celular del organismo humano. La figura 20 muestra qué porcentaje de estudiantes le atribuye una estructura celular a cada una de las partes del cuerpo enlistadas en la pregunta 13, independientemente del número total de partes que hayan seleccionado.

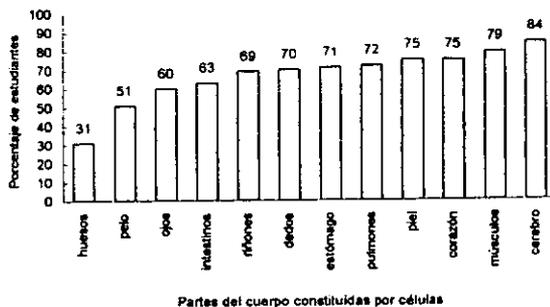


FIGURA 20 Porcentaje de estudiantes que señala cada parte del cuerpo como constituida por células, independientemente del número total de partes que señalen. Únicamente el 17% de los estudiantes indica que todas las partes del cuerpo mencionadas en la lista (excepto el pelo), están constituidas por células.

Referente al tópico del metabolismo celular (pregunta 14 del cuestionario, ver anexo 1), solo proteínas y/o vitaminas y/o glucosa, son las sustancias que más de la mitad de los estudiantes indican como necesarias para el desarrollo de las funciones celulares. La figura 21 ilustra el porcentaje de estudiantes que eligió cada sustancia como necesaria para las células, independientemente del número total de sustancias que hayan elegido. Ningún estudiante eligió todas las sustancias correctas.

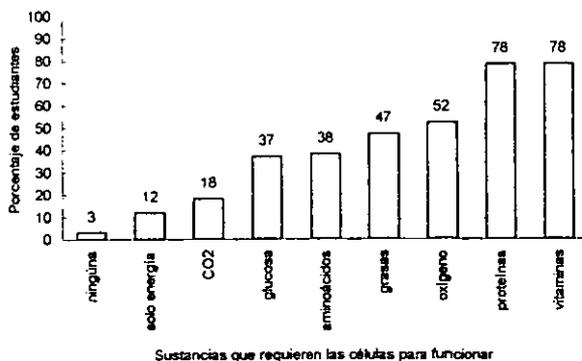


FIGURA 21. Porcentaje de estudiantes que señala cada sustancia como necesaria para las células. Ningún estudiante mencionó todas las sustancias correctas enlistadas.

Hasta ahora se han mencionado los porcentajes de las respuestas de los alumnos a algunas preguntas del cuestionario, pues se considera que estas preguntas en si mismas arrojan datos interesantes (cuáles órganos son los más mencionados por los estudiantes como receptores de los nutrientes, cuáles los mas mencionados como conformados por células, en qué sustancias transforma la digestión a los alimentos, etc.), que nos dan una idea sobre los conocimientos relacionados con la nutrición que tienen los alumnos. Esta serie de porcentajes para cada respuesta a las distintas preguntas del cuestionario, proporciona datos aislados y no informa sobre la comprensión global de la fisiología de la nutrición que posee un determinado estudiante. Por ejemplo muchos estudiantes indicaron que sí existía una relación entre las células y los órganos que conforman nuestro cuerpo, pero a la hora de definir esta relación, dijeron que las células son organismos vivos que hay en nuestro cuerpo que realizan sus funciones independientemente de los órganos y posteriormente indicaron que solo cerebro, corazón y músculos estaban formados por células; y toda una serie de respuestas contradictorias, las cuales se deben analizar en conjunto para conocer realmente que es lo que el estudiante sabe sobre nutrición. Por lo tanto se han definido los resultados en forma de esquemas conceptuales, como se indicó en los objetivos.

Se utilizó como criterio principal para la elaboración de estos esquemas: la relación que establecen los alumnos entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio para comprender el proceso de absorción y la relación que encuentran entre el sistema circulatorio y las células para explicar el proceso de asimilación. Pues como ya se ha mencionado, estos procesos ponen de relieve la interacción de los diferentes aparatos/sistemas del cuerpo humano, donde la vida es el resultado de las complejas relaciones que se establecen entre ellos. La comprensión de la interacción entre el aparato digestivo, sistema circulatorio y células, en el proceso de la nutrición humana, es indispensable para que el alumno perciba la unidad del cuerpo humano. En segundo término se tomaron en cuenta los conceptos que manifiestan los estudiantes acerca de la estructura celular del cuerpo, del proceso de digestión, del metabolismo celular básico y de la función de los alimentos; en orden decreciente de importancia.

Siguiendo estos criterios se analizaron los cuestionarios y se encontraron once esquemas conceptuales agrupados en tres categorías. Las tres categorías (figura 22) en que se agruparon los once esquemas conceptuales encontrados son, yendo de menor a mayor coherencia con respecto al conocimiento científico, las siguientes:

- 1- Esquemas no relacionados-no integrados
- 2- Esquemas relacionados-no integrados
- 3- Esquemas relacionados-integrados

A continuación se detalla cada una de las categorías y sus subdivisiones.



FIGURA 22. Porcentaje de estudiantes que presenta cada tipo de esquema conceptual sobre la fisiología de la nutrición.

1- ESQUEMAS NO RELACIONADOS NO INTEGRADOS

En este grupo se encuentran los estudiantes (18.75%) que no relacionan al aparato digestivo con el sistema circulatorio, aunque a diferentes niveles pueden relacionar al sistema circulatorio con las células y órganos, como vía de transporte de nutrientes (figura 23). Se distinguen 2 subgrupos según el nivel de relación referente al tópico de asimilación.

SUBESQUEMA 1.1

Los estudiantes (9.03%) aceptan que requerimos de alimentos para obtener energía, regular las funciones del cuerpo, crecer y en general, admiten que las sustancias nutritivas de los alimentos ingeridos deben llegar a los diferentes órganos del cuerpo, aunque algunos dicen que los nutrientes se quedaron en el estómago o se evacuaron. Por ejemplo Karen Adriana supone que si dejamos de comer durante 2 o 3 días, en la sangre: *“No quedará nada (de sustancias nutritivas) porque el cuerpo humano, hacemos orina y ahí se van todas las sustancias nutritivas.”*

La mayoría considera al intestino delgado tan sólo como un conducto de los alimentos hacia el intestino grueso, o bien declaran que separa los alimentos; es decir que reconocen su función digestiva pero no la de absorción. Por lo tanto, existe un abismo en cuanto al conocimiento de la presencia de nutrientes en el tubo digestivo y su presencia en los órganos, donde la sangre no juega ningún papel: Elizabeth dice que si dejamos de comer durante 2 o 3 días en la sangre habrá la misma cantidad de sustancias nutritivas, *“porque el organismo si tiene las mismas vitaminas, aguanta.”*

Alguno estudiantes opinan que la sangre no lleva nutrientes a los órganos/células. Y la mayoría no relaciona los órganos con las células.

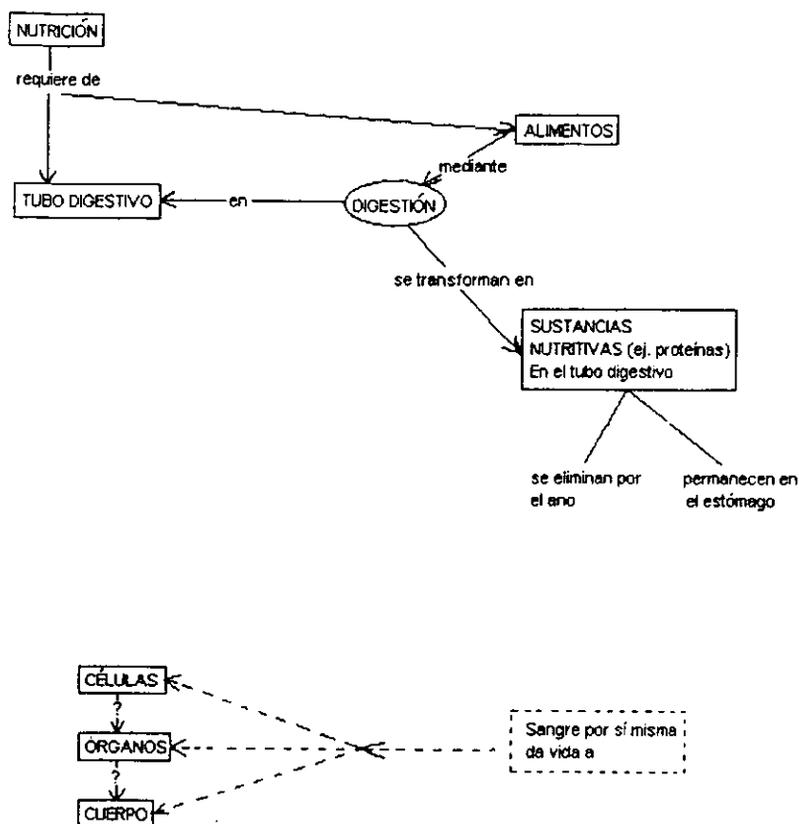


FIGURA 23. Mapa conceptual construido a partir de los resultados obtenidos mediante el cuestionario. Representa la estructura conceptual sobre la fisiología de la nutrición que manifiestan los estudiantes del esquema "no relacionado-no integrado" (18.75% de los estudiantes encuestados).

Nótese que estos estudiantes opinan que los nutrientes permanecen en el estómago o bien se eliminan del cuerpo y que el sistema circulatorio no se relaciona con el aparato digestivo en el proceso de nutrición. No comprenden claramente la relación entre células, órganos y cuerpo. Además algunos declaran que la sangre "alimenta" al organismo, pero no pueden explicar mediante que proceso.

Cabe señalar que cuando se les pregunta a los estudiantes, que habrá sucedido en la sangre después de no haber comido durante 2 o 3 días, generalmente responden que en la sangre ya no habrá sustancias nutritivas, o habrá menos. Sin embargo no admiten que las sustancias nutritivas de los alimentos pasen del aparato digestivo al sistema circulatorio. Parece que la sangre debe nutrirse, de manera casi mágica, por el simple paso de nutrientes por el tubo digestivo; estilo muñeca (“comiditas”).

Mencionan que las células requieren nutrientes (básicamente mencionan a las proteínas y a las vitaminas) para funcionar, pero esto más bien parece representar una idea intuitiva que una idea clara de las bases del metabolismo celular.

SUBESQUEMA 1.2

Al igual que en el subesquema anterior, declaran (el 9.72% de los estudiantes) que necesitamos el alimento para “mantener” nuestro cuerpo y que las sustancias nutritivas de los alimentos deben llegar a los diferentes órganos del cuerpo, pero menos de la mitad de estos estudiantes le asigna la función de absorción al intestino delgado.

Tampoco relacionan el aparato digestivo con el sistema circulatorio, según ellos, los nutrientes deben distribuirse por el cuerpo, pero la sangre no interviene para lograrlo; como lo menciona un estudiante:

-Si dejamos de comer, en la sangre no habrá sustancias nutritivas “*porque las sustancias nutritivas no se van a la sangre.*”

Al contrario, y como en el esquema anterior, los estudiantes proponen que la sangre es un órgano más que debe nutrirse por el simple paso del alimento por el tracto digestivo; si no comemos, menciona otro estudiante:

-“*no hay nutrientes en la sangre porque no hay una buena circulación*”

Sin embargo, la diferencia con el esquema anterior estriba en que los estudiantes agrupados en este esquema, sí describen a la sangre como portadora de nutrientes para algunos órganos y/o células (pues aunque la mayoría relacionan los órganos con las células, opinan que las células son organismos vivos independientes que hay en nuestro cuerpo o bien que simplemente se mueven en él); opinan que la sangre sí nutre a algunos órganos y/o células, pero no saben si los nutrientes salen de los vasos sanguíneos a las células, y sobre todo ignoran que la sangre adquiere las sustancias nutritivas mediante el proceso de absorción.

Al igual que los estudiantes del esquema anterior, la mayoría indica que las células requieren proteínas y vitaminas para realizar sus funciones.

2- ESQUEMAS RELACIONADOS-NO INTEGRADOS

Los estudiantes (75.69%) presentes en esta categoría aceptan una relación entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio en el marco de la nutrición, pero no explican claramente el proceso de absorción, de manera que esta relación es confusa y de ninguna

manera integrada. También admiten que la sangre transporta nutrientes a algunos órganos y/o células (según comprendan el concepto de la estructura celular del cuerpo) pero de ninguna manera comprenden integralmente el proceso de asimilación (figura 24).

La mayoría de los alumnos encuestados presenta este esquema (76%), dentro del cual se distinguen 5 subgrupos según el grado de comprensión que manifiestan a cerca de los procesos de absorción, asimilación y de la estructura celular del cuerpo humano.

SUBESQUEMA 2.1

Los estudiantes que presentan este subesquema (11.80%) aseveran que requerimos de alimentos para subsistir y que a partir de ellos, mediante la digestión, se obtienen sustancias nutritivas; pero no relacionan claramente al aparato digestivo con el sistema circulatorio en el proceso de absorción pues indican que la función del intestino delgado es la de producir la orina o la de conducir los alimentos al intestino grueso.

O por ejemplo Sandra, describe a la sangre como portadora de vida por sí misma:

- Si dejamos de comer durante 2 o 3 días, en la sangre no habrá sustancias nutritivas. Porque: *"si porque sin la sangre no podríamos vivir."*

La tercera parte señala al estómago o al ano como destino de los nutrientes de los alimentos. Por lo tanto los 2/3 restantes que admiten que los nutrientes se distribuyen por el cuerpo; y que relacionan a la sangre con esta distribución, no saben mediante qué mecanismos adquiriría (absorción) y repartiría (asimilación) la sangre dichos nutrientes.

Más de la mitad de los estudiantes, no sabe si existe una relación entre las células y los órganos; los restantes aseguran que no existe ninguna relación, describen a las células como organismos vivos que realizan sus funciones independientemente de los órganos; o que simplemente se mueven en el cuerpo realizando importantes funciones; o bien, mencionan que los órganos están formados por células y otros elementos, como por ejemplo:

Edith- *"los órganos están formados por células y por músculos, huesos, reflejos"*

Yadira- *"los órganos están formados por células, grasas y arterias."*

Finalmente mencionan algunas sustancias nutritivas (más de la mitad menciona a las proteínas y a las vitaminas) como necesarias para el funcionamiento de las células; pero definitivamente no les queda claro mediante qué procesos llegan, de los alimentos a las células, éstas sustancias.

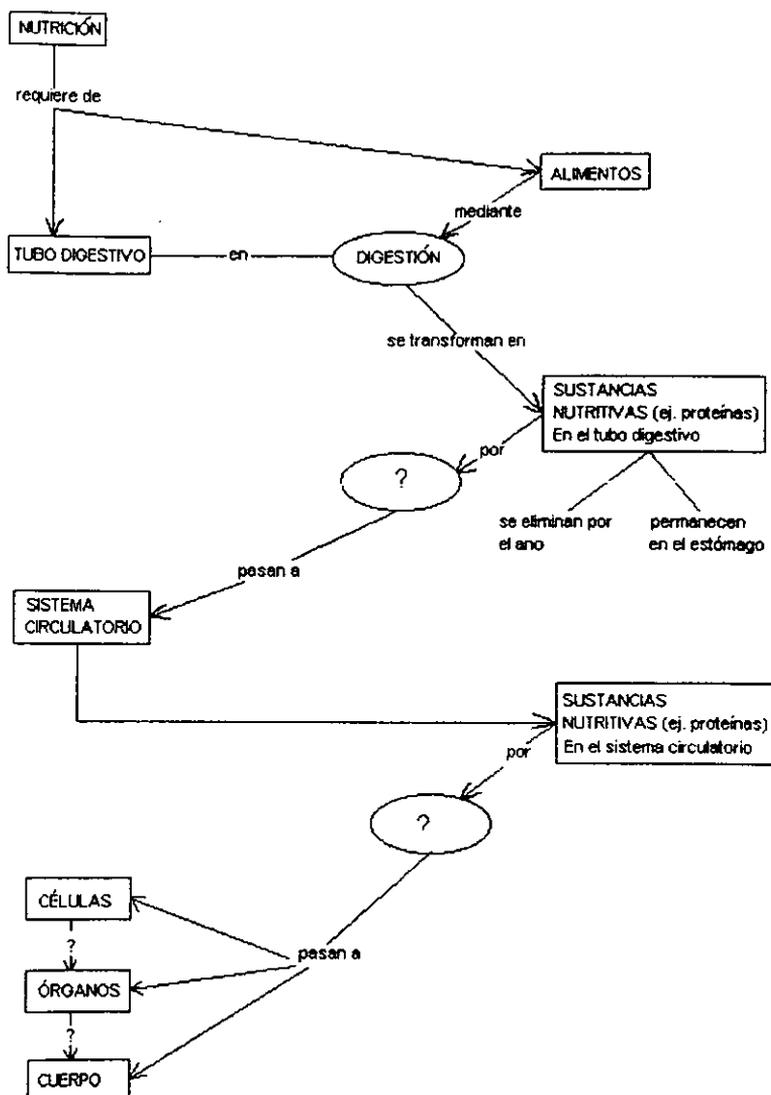


FIGURA 24. Mapa conceptual construido a partir de los resultados obtenidos mediante el cuestionario. Representa la estructura conceptual sobre la fisiología de la nutrición que manifiestan los estudiantes del esquema "relacionado-no integrado" (76% de los estudiantes encuestados).

Nótese que estos estudiantes sí admiten una relación entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio y entre éste último y las células; sin embargo no poseen los conceptos de absorción ni de asimilación. Incluso algunos declaran que las sustancias nutritivas permanecen en el estómago o se desechan del cuerpo. No comprenden la relación entre células, órganos y cuerpo.

SUBESQUEMA 2.2

Al igual que en el subesquema anterior, en este caso los estudiantes (22.92%) admiten una relación confusa entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio en el proceso de absorción, y entre el sistema circulatorio y las células en el proceso de asimilación.

La mayoría (73%) dice que las sustancias nutritivas de los alimentos deben llegar a los diferentes órganos del cuerpo, pero no se explican claramente como es que esto ocurre. Una tercera parte opina que las sustancias nutritivas de los alimentos permanecen en el estómago o bien se eliminan por el ano y dos terceras partes, opinan que el intestino delgado sirve para producir la orina o simplemente para conducir los alimentos al intestino grueso. Además sugieren que la sangre nutre al cuerpo, pero como en el subesquema 2.1, pareciera que ella misma es portadora de vida.

Pero a diferencia del subesquema anterior, en este caso los alumnos declaran que sí existe una relación entre los órganos y las células, pero no saben cual es esta relación. Por ejemplo:

Yessica- *"los órganos están formados por células y por los sistemas"*

Mariana- *"los órganos están formado por células y sistemas"*

Lilian- *"los órganos están formados por células y por vasos sanguíneos etc."*

Miguel Ángel- *"los órganos están formados por células y por hierro, carbono."*

Pocos estudiantes indican claramente que los órganos están formados por células y al proporcionarles una lista de órganos/partes del cuerpo opinan que la mayoría no están formados por células, por ejemplo:

Juan José señala que los músculos, riñones, cerebro, dedos y piel están formados por células; los pulmones, corazón, huesos, estómago, intestinos y ojos, no se compondrían de células.

SUBESQUEMA 2.3

Este subesquema es muy similar a los subesquemmas 2.1 y 2.2 en lo que se refiere a la comprensión de los procesos de absorción y asimilación.

Si bien afirman (11.80% de los estudiantes) que requerimos alimentos para subsistir, para que nuestro cuerpo funcione, prácticamente todos declaran que la función del intestino delgado es producir la orina o conducir los alimentos al intestino grueso, y la tercera parte de los estudiantes dice que las sustancias nutritivas de los alimentos se eliminan por el ano. De esta manera, aunque admiten alguna relación entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio en el proceso de la nutrición; su noción de absorción es muy pobre.

En cuanto a la asimilación de nutrientes por las células corporales, los jóvenes encuestados poseen nociones muy superficiales; pues si bien le atribuyen una función nutritiva a la sangre, una vez más pareciera que ella misma es proveedora de energía y de vida; ya que dudan que absorba nutrientes del aparato digestivo y sobretodo mediante que mecanismo, además de ignorar si los nutrientes transportados por la sangre pueden salir de los vasos sanguíneos para nutrir a las células.

Por otro lado, los alumnos agrupados en este esquema, se distinguen por poseer un conocimiento prácticamente integrado de la estructura celular del cuerpo; opinan que las células requieren algunas sustancias nutritivas (más de la mitad menciona a las proteínas, a las vitaminas o/y al oxígeno) para llevar a cabo sus funciones.

SUBESQUEMA 2.4

Los estudiantes (17.36%) declaran que necesitamos alimentarnos para mantenernos con vida, para que nuestro cuerpo pueda crecer, repararse, regularse, etc. También aceptan que los alimentos, mediante la digestión, sufren una transformación en sustancias nutritivas como proteínas, por ejemplo.

Además, contrariamente a los subesquemas 2.1, 2.2 y 2.3; reconocen la función de absorción o digestiva del intestino delgado, en vez de simplemente describirlo como un tubo que conduce los alimentos al intestino grueso o peor aún, como sintetizador de orina.

Admiten que las sustancias nutritivas de los alimentos se absorben en el intestino delgado para pasar a los diferentes órganos del cuerpo, pero no les queda claro como es que llegan a tales órganos. Pueden mencionar que la sangre contiene nutrientes, pero sin comprender claramente su papel en el proceso de absorción.

En lo que se refiere al concepto de asimilación, éste tampoco es comprendido íntegramente, pues sus respuestas son generalmente confusas. Por ejemplo, mencionan que las sustancias nutritivas se eliminan por el ano y simultáneamente dicen que la sangre las transporta a células y órganos, o que las sustancias nutritivas son sólo para nutrir a la propia sangre; pero también indican que nutren a los órganos o bien que la sangre lleva nutrientes a los órganos pero no a las células, etc. Así que si bien opinan que la sangre transporta sustancias nutritivas (que de alguna manera deben provenir de los alimentos), su concepto de este transporte es superficial y está lleno de contradicciones.

Por otro lado, no poseen un conocimiento integrado de la estructura celular del cuerpo. Como en el subesquema 2.2, aunque admiten que existe una relación entre los órganos y las células, no les queda clara su naturaleza. Por ejemplo:

Adriana- *"Si hay relación entre órganos y células, en nuestro cuerpo hay millones de células en movimiento que realizan importantes funciones."* Posteriormente indica que solo huesos y músculos están constituidos por células, pero no los pulmones, corazón, riñones, estómago, cerebro, intestinos, ojos, dedos ni piel.

Erika- *"Si" existe una relación entre las células y los órganos que forman nuestro cuerpo, los órganos están formados por células y otros elementos. ¿cuáles? "algunos órganos son músculos como el corazón que está en constante movimiento"*. En seguida indica que ni huesos ni músculos están formados por células.

Concerniente al tema de metabolismo celular, indican que las células requieren de algunas sustancias nutritivas (mas de la mitad señala a las proteínas, a las vitaminas o/y al oxígeno) para desarrollar sus funciones.

SUBESQUEMA 2.5

De manera similar al subesquema anterior, en este grupo los estudiantes (11.80%) poseen un conocimiento parcialmente relacionado, pero no integrado sobre los tópicos de absorción y asimilación. También presentan nociones parecidas sobre metabolismo; pero este subesquema se distingue del anterior porque los alumnos sí poseen un conocimiento integrado sobre la naturaleza celular del cuerpo humano. Mencionan a todos los órganos/partes del cuerpo como constituidos por células, aunque en muchas ocasiones dudan con respecto a los huesos, dedos, ojos y algunas veces indican que el pelo está constituido por células.

3. ESQUEMAS RELACIONADOS-INTEGRADOS

Los estudiantes clasificados en este grupo (5.55%) no solamente relacionan al aparato digestivo con el sistema circulatorio y las células, en los procesos de absorción y asimilación, sino que poseen un conocimiento integrado sobre la naturaleza de dichos procesos. De esta manera, su conocimiento acerca de la fisiología de la nutrición se apega al conocimiento científico (ver figura 18).

Dentro de esta categoría se distinguen 2 subgrupos, según el nivel de comprensión de los alumnos sobre la estructura celular del cuerpo.

SUBESQUEMA 3.1

Los estudiantes (3.47%) indican que necesitamos los alimentos para obtener energía para realizar las funciones vitales, para obtener materia para crecer, reparar tejidos, para regular las funciones del cuerpo; y que mediante la digestión los alimentos sufren una transformación para proporcionar sustancias nutritivas, como por ejemplo proteínas (sólo el 40% menciona que gracias a la digestión se obtienen sustancias nutritivas sencillas como glucosa, por ejemplo). Declaran que el intestino delgado absorbe las sustancias nutritivas de los alimentos, las cuales posteriormente ingresarán al torrente sanguíneo para ser transportadas a los diferentes órganos del cuerpo. Y cuando se les pide que indiquen en una lista (pregunta 8, ver anexo 1) a que partes del cuerpo deben llegar las sustancias nutritivas de los alimentos, los mencionan todos, aunque dudan con respecto a los ojos, dedos, piel y huesos.

Este grupo es el primero en hablar de sustancias de reserva en el organismo:

Claudia- *"Si dejamos de comer durante 2 o 3 días, habrá menos cantidad de sustancias nutritivas en la sangre, porque no se consumen alimentos y por lo tanto no se consumen sustancias nutritivas, hay menos (en vez de que ya no hubiera sustancias nutritivas para nada en la sangre) porque se usan las sustancias de reserva que tiene el cuerpo."*

Natalie- *"Si dejamos de comer durante 2 o 3 días, habrá menos cantidad de sustancias nutritivas. Porque no hemos digerido nada, pero tenemos reservas."*

En lo que se refiere al tema de la conformación celular del cuerpo, aunque opinan que existe una relación entre las células y los órganos del cuerpo humano, no tienen certeza de la naturaleza de esta relación.

En lo que concierne al tema de metabolismo celular, la mayoría de los jóvenes encuestados menciona que las células requieren proteínas, vitaminas, grasas, oxígeno, glucosa y/o aminoácidos para realizar sus funciones. En el marco del presente esquema, es decir, cuando los procesos de absorción y asimilación han sido comprendidos, parece válido recalcar que los estudiantes poseen nociones de metabolismo celular.

SUBESQUEMA 3.2

Al igual que en el subesquema anterior, los estudiantes clasificados en este grupo (2.08%), indican claramente las funciones de absorción y de asimilación en el proceso nutritivo:

María Fernanda- *“ya que terminó la digestión de la leche que te tomaste, las vitaminas (por ejemplo) que contenía pasaron al estómago, al intestino delgado y luego a la sangre.” “Pues la sangre transporta sustancias nutritivas a las células para que realicen sus funciones.”*

De la misma manera, poseen nociones de metabolismo celular.

Pero a diferencia del subesquema 3.1, en el presente subesquema los estudiantes presentan un conocimiento integral de la estructura celular del cuerpo humano.

En consecuencia, hablando estrictamente, este grupo de estudiantes es el que presenta una comprensión genuina, completamente integrada de la fisiología de la nutrición humana, ya que comprende, desde los procesos de absorción y asimilación, hasta la naturaleza de la estructura del cuerpo y nociones básicas de metabolismo celular.

CAPITULO VI

"DISCUSIÓN"

Esta interrelación de nuestra naturaleza orgánica objetiva, de su percepción subjetiva y de sus lazos con lo que la rodea, convierte el comer en un momento esencial de la vida. Así, el maestro zen, discutido por el discípulo que le pregunta en nombre de qué es un maestro, responde tras un prolongado silencio: "cuando como, como"

JEAN TRÉMOLIÈRES

La presente investigación ha puesto de manifiesto que sólo una minoría de los estudiantes examinados (5%) posee un conocimiento adecuado, desde el punto de vista científico sobre la fisiología de la nutrición; la gran mayoría (76% presenta el esquema relacionado, no-integrado y 19% presenta el esquema no relacionado, no-integrado) no comprende cabalmente este proceso vital. Estos resultados comprueban la hipótesis de trabajo, la que planteaba que un número elevado de alumnos manifestaría esquemas conceptuales ajenos al esquema científico (aceptado científicamente). La obtención de un 95% de estudiantes con esquemas no científicos, es un porcentaje muy elevado e indica que las concepciones imprecisas o que difieren del conocimiento científico en el tópico de nutrición predominan ampliamente; estos jóvenes concluyen la educación primaria y primero de secundaria sin desarrollar una noción global e integrada sobre los procesos de la nutrición humana.

Como se mencionó en los antecedentes de esta tesis (capítulo Enseñanza-Aprendizaje) las concepciones que poseen los estudiantes sobre un determinado tema constituyen la base en que se apoyan para explicar los diversos aspectos relacionados con éste y suponen el punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos referidos a dicho tema. Por lo tanto a continuación se analizarán con más detalle los esquemas presentados por los alumnos (en los resultados), a manera de poner en relieve los conceptos que representan problemas para los jóvenes en el aprendizaje de la nutrición. De tal modo, se podrán posteriormente hacer propuestas específicas para la enseñanza de la nutrición, ya sea en un ambiente formal (escuela, libros de texto, formación de maestros) o no formal (museos, programas de televisión, radio, multimedia, zoológicos, centros de ciencia, etcétera).

1- PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DE LA FISIOLÓGIA DE LA NUTRICIÓN QUE PRESENTAN LOS ESTUDIANTES DEL ESQUEMA "NO RELACIONADO-NO INTEGRADO" Y DEL ESQUEMA "RELACIONADO-NO INTEGRADO"

Para tomar mas claro el análisis de los esquemas sobre la fisiología de la nutrición que presentan los estudiantes, se organizará siguiendo uno a uno los tópicos tratados en el cuestionario: función de los alimentos, digestión, absorción, asimilación, estructura celular del cuerpo y metabolismo celular.

1.1 FUNCIÓN DE LOS ALIMENTOS.

Como se constató en los resultados, en este punto todos los estudiantes coinciden en que requerimos de los alimentos para mantener nuestro cuerpo. Sus respuestas son mas o menos específicas, desde mencionar simplemente que los alimentos nos sirven para vivir o para que funcione el cuerpo, hasta indicar que nos proporcionan materia para crecer, reparar tejidos, que nos permiten obtener energía para realizar las funciones vitales y que nos sirven para regular las funciones del cuerpo.

Con respecto a estos resultados, parece justo señalar que al hacer una pregunta de este estilo (ver anexo 1, primer pregunta del cuestionario) general y de un tema tan cotidiano como la alimentación; los jóvenes responden sin problemas, pero los resultados de las demás preguntas del cuestionario, mas específicas y profundas (como por ejemplo las que se refieren a digestión o absorción); demuestran que si bien los estudiantes pueden mencionar que los alimentos nos proporcionan materia para crecer, definitivamente no comprenden como es que sucede este fenómeno del crecimiento.

De la misma manera, en mi experiencia como guía en el Museo de las Ciencias UNIVERSUM, al iniciar la plática sobre el tema de la alimentación, les preguntaba a los visitantes ¿para qué comemos? Automáticamente sus expresiones eran de ¡Qué obvio! ¡Pues si como diario! ¡Para seguir vivo, para crecer! Posteriormente les hacía imaginarse que me comía una manzana, por ejemplo, y les preguntaba qué pasaba con ella después de haber sido digerida. Entonces sus expresiones cambiaban y ya mucho mas interesados en el tema comenzaban a dudar y a emitir teorías.

Así, estos resultados demuestran que el tema de la alimentación en general es tan cotidiano que nos parece muy obvio, de alguna manera muy nuestro ya que poseemos nociones de éste desde temprana edad. Esto es consistente con los resultados obtenidos en Gran Bretaña por Turner (1997) quién encontró en su investigación que aún los niños mas pequeños poseen algún entendimiento acerca de la relación entre comida y salud:

"Los resultados indican que aún los niños de 5 y 6 años poseen un conocimiento considerable sobre comida y dieta"

Pues al preguntarles a alumnos de primaria (5 a 12 años) para qué necesitamos alimentos, los niños dieron alguna(s) de las siguientes razones: para vivir, para crecer, para estar fuertes, para estar saludables, para tener energía; además Turner (1997) llama

la atención en el hecho que en Gran Bretaña muy pocos niños mencionan que comemos para satisfacer el hambre.

También la investigación de Anderson, Sheldon y Dubay (1990) en Estados Unidos revela que si bien los estudiantes universitarios no tienen claro el proceso de nutrición (animal y vegetal), declaran que requerimos de alimentos, pues la comida nos es necesaria para crecer y para tener energía para mantenernos vivos.

Lo anterior pone de relieve que la alimentación nos es tan natural, tan común, que ni siquiera nos percatamos cuando no sabemos realmente como se lleva a cabo el proceso de nutrición en nuestro organismo.

Cabe señalar que a raíz de las consideraciones anteriores, podría pensarse que una pregunta tan general (1-“Para mantenernos con vida necesitamos tomar alimentos. Tacha las 3 frases que indiquen mejor para que nos sirven los alimentos: -para obtener energía para realizar las funciones vitales; -para que funcione el cuerpo; -nos proporcionan materia para crecer, reparar tejidos, etc.; -para que se alimente todo nuestro cuerpo; -para vivir; -para regular las funciones del cuerpo”) que no indica si los estudiantes realmente comprenden los procesos de la nutrición, no presenta ningún interés para indagar los conocimientos previos sobre nutrición de los alumnos; sin embargo esto no es así. Para empezar esta pregunta sirve de introducción al tema, para situar al encuestado en el contexto de la alimentación en lugar de abordarlo abruptamente con cuestiones demasiado específicas, mediante las cuales no podría ubicar claramente el contexto y posiblemente no comprendería la pregunta. En segundo término, esta pregunta sirve como “anzuelo”, pues el encuestado se siente comfortable al poderla responder sin problemas, pero cuando posteriormente se le cuestiona más a fondo sobre el tema, se ve obligado a reflexionar y a aceptar que no sabe tanto del tema como pensaba. Esto crea una situación de conflicto para el encuestado, la cual puede ser aprovechada para exponerle los conceptos científicamente aceptados. Esta estrategia denominada de “conflicto cognoscitivo” (ver capítulo Enseñanza-Aprendizaje) ha sido propuesta por varios investigadores educativos como Hewson (1989), Giordan (1987), entre otros, como un posible medio de “cambio conceptual”. Al respecto se quiere aclarar que no se pretende que el resultado de esta situación conflictiva sea el abandono de las ideas previas (en caso de ser erróneas) sobre nutrición por parte del alumno, y la adquisición de las ideas científicas; sino como lo menciona Moreira (1994) el enriquecimiento de sus ideas, la coexistencia de dos perspectivas: la personal y la científica, discriminables por el implicado. Además también se quiere señalar como lo indicó Giordan (1987) que esta no es la única estrategia de enriquecimiento conceptual, aunque en esta situación parece bastante adecuada:

“Según nos muestran las investigaciones actuales es difícil de decidir, no podemos resumir una estrategia pedagógica eficaz en todo momento. Entonces ¿cómo avanzar?...

Consideramos, después del análisis riguroso de nuestras investigaciones, que los “pre-conceptos” de los alumnos nos deben servir como indicadores que permitan a los profesores autorregular la práctica pedagógica. Esto nos conduce a proponer las bases de una pedagogía diferenciada, dependiente de los problemas presentados, de los objetivos perseguidos y sobre todo de los alumnos es decir, una pedagogía no tipificada que presenta características diversas según las circunstancias.”

El tema de la "función de los alimentos" al cual todos los estudiantes independientemente de su edad pueden responder, se presenta como un excelente punto de partida en la enseñanza-aprendizaje de la fisiología de la nutrición; introduce al joven en el contexto y permite posteriores estímulos para reflexionar a más profundidad sobre el tema.

1.2. DIGESTIÓN

Si la digestión consiste en reducir, mediante acciones químicas y mecánicas a los alimentos en sustancias nutritivas sencillas como por ejemplo glucosa; esto sólo lo sabe el 15% de los encuestados. El resto de los estudiantes, ya sea que manifiesten el esquema no relacionado-no integrado o el relacionado-no integrado; opina en su mayoría (más del 50%) que la digestión simplemente reduce los alimentos a sustancias nutritivas, como por ejemplo proteínas; aunque la quinta parte de los estudiantes declara que la digestión transforma los alimentos en sustancias digeridas o bien en partículas pequeñísimas de alimento (ver Resultados).

De este modo, los resultados revelan que la gran mayoría (85%) de los jóvenes encuestados, desconoce la transformación que sufren los alimentos mediante la digestión. Según mi experiencia en el museo (Museo de las ciencias UNIVERSUM, UNAM) y los resultados del cuestionario, el problema en la comprensión de este tema por parte de los alumnos radica:

1) En primer lugar en la escasa diferenciación del concepto de digestión en la estructura cognitiva del estudiante. Buena prueba de ello son las siguientes explicaciones muy extendidas entre los alumnos tanto de primaria, secundaria y hasta preparatoria:

- Los alimentos (que en muchas ocasiones son identificados con las sustancias nutritivas que contienen) están formados por una mezcla de sustancias buenas (o aprovechables) y por sustancias malas o (no aprovechables). Por tanto no se entiende que la descomposición digestiva suponga algo más que una separación, por procedimientos físicos que dan como resultado una disminución del tamaño de las partículas que forman parte del alimento, de las sustancias buenas y malas que éste contiene. Estos resultados son similares a los expuestos por Turner (1997), quién opina que cada vez es más reconocido el hecho de que los grupos de nutrientes no son comprendidos, ni siquiera por los adultos.
- Cuando emplean el término "sustancias nutritivas", algunos de ellos no saben indicar ninguna en un alimento concreto, por ejemplo la leche. Así, aunque se habla de alimentos y sustancias nutritivas, no está suficientemente clara la diferencia entre ambos conceptos. Por ejemplo, en ocasiones se señalan como alimentos la glucosa o las proteínas.
- La digestión consiste, además de machacar y triturar los alimentos, en separar las sustancias buenas de las malas contenidas en los alimentos. No es posible obtener mayor información sobre la naturaleza de esta descomposición o separación.

- Como resultado de la digestión la cual se lleva a cabo gracias a un ácido muy fuerte: "el ácido cítrico" del estómago, el alimento se ha descompuesto, partido o triturado en trozos mucho más pequeños (son los mismos alimentos, pero de tamaño mucho más reducido). Es decir, persiste la idea de una acción exclusivamente física.

2) En segundo término, en el desconocimiento de la ubicación de los procesos digestivos. La gran mayoría de los estudiantes le atribuye al estómago el papel principal y posteriormente mencionan a la boca; conviene señalar, sin embargo, que la importancia que se atribuye a la boca se relaciona fundamentalmente con acciones de naturaleza mecánica, ya que en la mayor parte de los casos la saliva no se considera como una secreción con acciones digestivas. Muy rara vez mencionan la actividad digestiva del intestino delgado gracias a los jugos pancreáticos, hepáticos e intestinales.

Es interesante señalar algunos datos obtenidos por otros investigadores en trabajos enfocados a explorar las concepciones de los estudiantes sobre aspectos anatómico-fisiológicos del tracto digestivo: Giordan (1987, 1995) al pedirle a estudiantes de diferentes edades (desde 4 hasta 27 años) que hicieran un dibujo del aparato digestivo, encontró una persistencia a través de las edades de esquemas donde el tubo digestivo se reducía prácticamente al estómago (ver figura 17). Núñez y Banet (1988, 1989) encontraron que más de la mitad de los alumnos encuestados (desde primaria hasta universitarios y maestros) opinan que la intensidad del proceso digestivo es mayor en el estómago que en el intestino delgado. Opinan que esta noción (confirmada mediante entrevistas individuales) constituye en muchos casos un esquema conceptual coherente: el estómago es el órgano central de la digestión y consideran que el hígado y/o el páncreas vierten sus secreciones en él.

3) El desconocimiento de la finalidad del proceso digestivo parece radicar, además en la ignorancia de la constitución de los alimentos. Los alumnos no conocen la composición de los alimentos (tema que estudian desde tercero de primaria, ver anexo), tienden simplemente a dividir a la comida en buena y mala (chatarra), la primera sería buena para nuestro cuerpo, la segunda sencillamente se desecharía (pero causaría gordura -por ejemplo- por su simple paso), y algunos otros declaran que toda comida posee sustancias buenas (proteínas y vitaminas) y malas (grasas, azúcares), las primeras serían asimiladas por nuestro cuerpo en tanto que las malas se desecharían. Difícilmente enumeran lo nutrientes (nutrimentos) que contiene un determinado alimento.

A partir de este análisis se constata que existen problemas básicos en la comprensión del tópico de digestión por parte de los alumnos. La naturaleza de los alimentos, el concepto de digestión y el lugar donde ésta se lleva a cabo; son conceptos que se estudian desde los primeros años de primaria (ver anexo 2) y posiblemente en la educación secundaria ya no son considerados por los enseñantes. Por lo tanto parece esencial llamar la atención sobre estos aspectos, en la enseñanza sobre la fisiología nutritiva en segundo grado de educación secundaria, donde los maestros deben incidir para evitar la persistencia de las ideas erróneas o/y incompletas expuestas anteriormente. En particular en la definición misma de la digestión, pues aunque la mayor parte de los jóvenes manejen esta palabra (de tiempo atrás), comprender la digestión como un proceso de transformación de los alimentos, parece imperativo. Como lo menciona León

(1996), los procesos de transformación resultan difíciles para los alumnos de primaria, pero en secundaria los estudiantes ya tienen la capacidad de comprenderlos. Así el concepto de digestión se presenta como una oportunidad para el alumno de desarrollar su capacidad de abstracción.

Con respecto al punto del contenido de los alimentos, resulta muy interesante observar esta arraigada idea de la comida buena (aprovechable) y mala (no aprovechable), la cual sin duda prevalece hasta en los adultos. Esta idea recuerda a la vieja dualidad del bien contra el mal, dónde obviamente el bien gana; en este aspecto la comprensión de la neutralidad de los alimentos y lo que esto implica en el balance de las comidas, además de contribuir a la buena alimentación, contribuiría a una visión más real del mundo.

1.3. ABSORCIÓN

Es el paso de las sustancias nutritivas sencillas a través de las vellosidades intestinales hacia el torrente sanguíneo. Como se ha mencionado (ver Objetivos y Método) este proceso de la nutrición fue uno de los temas más explorados por medio del cuestionario, pues la comprensión de este tópico implica una visión integral del cuerpo humano por ser el punto preciso de la interacción entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio.

Los resultados revelan un profundo desconocimiento de este tema por parte de los estudiantes, desconocimiento que parece radicar en los siguientes aspectos:

1) En primer lugar, se aprecia la escasa diferenciación del concepto mismo de absorción. En este aspecto destacan los estudiantes que presentan el esquema no relacionado-no integrado (19%) para los cuales el proceso de absorción parece no existir. Pues para ellos, las sustancias que se obtienen como consecuencia de la digestión de los alimentos (proceso que como se vio anteriormente, entienden como separación de las sustancias buenas y malas que éstos contienen) no son recogidas por la sangre, sino que recorren el tubo digestivo para permanecer en el estómago o ser eliminadas por el ano. Para estos jóvenes la nutrición se reduce a la digestión e involucra únicamente al aparato digestivo. Por tanto, además de representar una visión incompleta de la digestión, se simplifica la nutrición considerando que el simple tránsito de sustancias a través del aparato digestivo garantiza la supervivencia humana. Además, les resulta muy claro que en el cuerpo cada aparato-sistema tiene su función, independientemente de los demás (salvo corazón y cerebro considerados como una especie de "jefes" corporales); de manera que presentan una visión del organismo humano como conformado por una serie de compartimentos que no interactúan entre sí. Después de haber estudiado en primaria la anatomía y fisiología de los distintos aparatos del cuerpo y particularmente en sexto grado de primaria el tema: "visión integral de los diferentes aparatos y sistemas del cuerpo humano" (ver anexo 2), es sorprendente que en segundo grado de educación secundaria anulen el proceso de absorción como parte de la nutrición.

Los resultados revelan una visión demasiado simplista del cuerpo humano y de su fisiología. Visión que parece apoyarse en los medios de comunicación, los cuales

promocionan muñecas que comen pinole e inmediatamente lo desechan (muñeca "comiditas").

Es curioso constatar la similitud con algunos resultados obtenidos por otros investigadores como Núñez y Banet (1996), quienes opinan que los estudiantes de secundaria le atribuyen al cuerpo una serie de funciones mágicas (para nutrirnos sería suficiente con que los alimentos transitaran por el tracto digestivo), de ahí que la participación del aparato digestivo y del sistema circulatorio en la nutrición no se relacione correctamente.

En lo que se refiere a los estudiantes (76%) que presentan el esquema relacionado-no integrado, éstos manifiestan cierta comprensión de la relación entre el aparato digestivo y el sistema circulatorio dentro de la nutrición humana, sin embargo no poseen un concepto claro del proceso de absorción. Por ejemplo mencionan que si dejamos de comer durante 2 ó 3 días, habrá menos cantidad de sustancias nutritivas en la sangre; pero también indican que las sustancias nutritivas de los alimentos permanecen en el estómago o se eliminan por el ano, o que el intestino delgado es una vía urinaria.

Por otro lado, en mi experiencia como guía en el museo (Museo de las Ciencias UNIVERSUM, UNAM) pude constatar el escaso conocimiento que sobre absorción poseen los visitantes. Pues en este museo existe un laberinto que simula un tracto digestivo, dónde la entrada es una boca. Al preguntar al público que por donde saldrían del "laberinto" si es que fueran nutrientes, sistemáticamente y muchos de ellos entre apenados y riendo me respondían que por el ano. Muy rara vez alguien respondía que pasaría al torrente sanguíneo. Por supuesto, antes de dejarlos entrar al misterioso laberinto, a aprovechaba el suspenso y su interés para explicarles brevemente la nutrición humana, enfatizando los procesos de digestión, absorción y asimilación.

Ya que los estudiantes elaboran concepciones muy superficiales al simplificar la nueva información para acomodarla a su modo personal de percibir la realidad, es imperativo retomar el concepto de absorción en la enseñanza de la nutrición, en primer lugar para promover un conocimiento científico de este proceso y en segundo término, para permitir que el estudiante obtenga una visión del cuerpo humano como un conjunto de aparatos/sistemas que interactúan. El concepto de absorción se presenta como una buena opción para promover en el estudiante una mejor visión del organismo humano.

2) En segundo lugar se aprecia la ignorancia de la fisiología del intestino delgado. Pues en este trabajo se encontró que 4/5 partes de los estudiantes declaran que las sustancias nutritivas de los alimentos pasan a los distintos órganos del cuerpo, sin embargo tan solo la tercera parte de los jóvenes encuestados considera que las absorbe el intestino delgado. Por lo tanto, aunque en primera instancia la mayoría de los alumnos declare que los nutrientes llegan a los órganos, muy pocos de ellos saben que se absorben en el intestino delgado. En realidad, como se observó en los resultados, las dos terceras partes de los estudiantes considera que el intestino delgado simplemente conduce los nutrientes al intestino grueso o bien le atribuyen tan sólo funciones digestivas ("separar" los alimentos) o excretoras (producir la orina).

Llama particularmente la atención la noción sostenida por numerosos alumnos, que consideran la existencia de comunicación directa entre el aparato excretor y el digestivo, de tal forma que a partir de un determinado nivel del tubo (con frecuencia el

estómago), los sólidos y el agua seguirían caminos diferentes, los líquidos lógicamente hacia el aparato excretor renal, por medio del intestino. El establecimiento de una relación entre el aparato digestivo y el excretor por parte de los alumnos es un resultado consistente con los de otras investigaciones. Giordan (1987, 1995) encontró que muchos alumnos (desde 4 hasta 27 años) dibujan un aparato digestivo bifurcado, generalmente a partir del estómago, lo que supondría esta idea de dos vías: el intestino delgado para los líquidos y el intestino grueso para los sólidos. Núñez y Banet (1988) también encontraron que varios estudiantes de primaria, secundaria, preparatoria e incluso algunos alumnos universitarios comunican el tubo digestivo con los riñones. Y opinan que cuando el profesor desconoce o no tiene en cuenta esta concepción, propicia su persistencia que alcanza incluso a profesores universitarios del área de ciencias. También a través de algunos resultados obtenidos por León (1966) se puede ver esta relación:

" - Magdalena (5 años). -¿A qué parte de tu cuerpo crees que va la comida y el agua que comes y tomas? -La comida y el agua se van a todo el cuerpo. -¿La comida y el agua se quedan dentro de tu cuerpo? -El agua se sale con la pipi y la comida nada más cuando vomitas (piensa un momento y dice), se sale también cuando hago popó.

- Norma (7 años). -¿Qué sucede con la comida después de que te la comes? -Me entra al cuerpo; en la boca tenemos dos hoyitos, para el agua y la comida, y lo sacamos cuando vamos a hacer de la pipi y de la popó y ya no tenemos nada. -¿Cómo llega lo que comes y bebes a todo tu cuerpo? -Se riega, la comida y el agua caen a la bolsita que tenemos aquí (se toca el vientre); tenemos dos cosas una para que nos salga la pipi y otra donde nos sale la popó.

- Rogelio (7 años). -¿Qué sucede con la comida después de que te la comes? -Nos la comemos con la boca y llega a un tubito y luego a la panza, y ahí todo el olor de la comida se la lleva el aire que respiramos a otra parte y el olor de la comida sale, y el que entra es así, que no sabe a nada... la comida se evapora y ya huele mal y pos ya vamos al baño y ya la hacemos. La panza es como un tamarindo pero grande, unido. La comida cuando se le va el olor y al pasar por la tripita se va descomponiendo, huele mal y entonces ya vamos al water. -¿A qué parte de tu cuerpo crees que va la comida y el agua que comes y tomas? -Tenemos dos bolitas, una tiene una tripita por atrás y la otra por delante, y entonces ya evaporados huelen mal y ya tienen que salirse; porque si quedan dentro se para el corazón y no circula la sangre. Y cuando ya huele mal tenemos algo que los arrempuja en la tripita y hacen que salgan el agua y la comida, y ya al poco rato tenemos hambre y tenemos sed otra vez."

Estos resultados revelan que la mayoría de los estudiantes de segundo grado de secundaria ignoran el papel del intestino delgado en la absorción, así se pone de relieve un grave desconocimiento de la estructura y función básicas del tracto digestivo, tan repetidamente estudiado desde la educación primaria (ver anexos 2 y 3). De tal manera, parece que la enseñanza tradicional sobre el cuerpo humano no ha logrado infundir en los estudiantes estas nociones básicas sobre la anatomía y fisiología digestivas.

Así es indispensable enfatizar la función de absorción del intestino delgado en la enseñanza de la nutrición, lo cual debe apoyarse en nociones de anatomía de este órgano como sería el concepto de la vellosidad intestinal.

Posteriormente es importante explicar a los estudiantes que el intestino delgado absorbe prácticamente todas las sustancias nutritivas resultantes de la digestión de los alimentos, no únicamente las sustancias “buenas” (aquí se contradice la extendida idea de que el intestino separa lo bueno de lo malo, idea mediante la cual muchos alumnos medio comprenden la digestión y la absorción). De ahí que si comemos por ejemplo demasiadas grasas o/y carbohidratos engordamos por lo tanto la elección entre “buenos” y “malos” alimentos es una cuestión de decisión personal. Mi intestino no puede decidir que le hace bien o mal a mi cuerpo.

Así la comprensión de la fisiología del intestino delgado es trascendental para que el joven pueda comprender realmente en que radica una buena alimentación, además de entender uno de los procesos fundamentales de la nutrición humana.

3) En tercer lugar a partir de los resultados se desprende la necesidad de explicar claramente a los alumnos, el destino de los nutrientes alimenticios. Pues en los resultados se constata que 1/5 parte de los jóvenes encuestados opina que los nutrientes permanecen en el estómago o se eliminan por el ano. Este aspecto puede ser tomado como base para la explicación del proceso de absorción, pues al saber los estudiantes que los nutrientes de los alimentos deben llegar a todo nuestro cuerpo, lo que pueden aceptar fácilmente, se les puede hacer reflexionar sobre la manera en que llegan. (En el museo este método ha dado buenos resultados).

Se constata que la mayoría de los estudiantes de segundo grado de educación secundaria poseen nociones muy superficiales del concepto de absorción (en realidad para el 19% de los jóvenes encuestados parece no existir) y de la fisiología del intestino delgado, además algunos estudiantes ni siquiera admiten que las sustancias nutritivas de los alimentos deben repartirse por el cuerpo. Estos 3 aspectos del proceso de absorción se deben tomar en cuenta en la enseñanza de la nutrición humana, pues de lo contrario se propicia la persistencia de las ideas erróneas o incompletas que presentan los alumnos al respecto.

1.4 ASIMILACIÓN

Como se ha mencionado (ver capítulo 1), la asimilación se refiere al transporte por medio del sistema circulatorio de sustancias nutritivas sencillas a las células corporales. Los resultados del cuestionario con respecto a este importante tema revelan que la mayoría de los estudiantes posee alguna noción sobre asimilación, aunque no comprendan el tema por completo, la incomprensión de este proceso nutritivo por parte de los alumnos parece radicar en los siguientes aspectos:

1) En la escasa diferenciación del concepto mismo de asimilación en la estructura cognitiva del estudiante. Al respecto es importante señalar que la inmensa mayoría de

los estudiantes no conocen este término, lo que constaté en mi labor como anfitrión en el museo. Pero no se trata únicamente de un problema de léxico, pues su concepto mismo está plagado de errores e imprecisiones. Por ejemplo en los resultados se constató que algunos estudiantes (9%, ver subesquema 1.1) opinan que la sangre no lleva sustancias nutritivas, no le concede ninguna importancia al sistema circulatorio como transportador de nutrientes, para estos alumnos la propia sangre se nutre por el simple paso del alimento por el aparato digestivo, pero ella misma no proporciona nutrientes al organismo; este resultado apoya la idea antes mencionada de que en segundo grado de secundaria, muchos alumnos aún conservan una visión aislada de los diferentes aparatos/sistemas del cuerpo humano.

Por otro lado, los estudiantes que admiten que la sangre transporta nutrientes, no saben si éstos son para la sangre misma o para algunas células o/y órganos; así aunque su concepto de asimilación sea vago, estos estudiantes por lo menos demuestran cierta comprensión de la interacción entre las diferentes partes del cuerpo, en el marco de la nutrición, lo cual representa un gran avance con respecto a los estudiantes antes citados. Además ya poseen una base para progresar hacia un conocimiento más completo de la fisiología de la alimentación. Cabe señalar también que al preguntar a los jóvenes a qué partes del cuerpo deben llegar los nutrientes de los alimentos (ver Resultados y anexo 1-pregunta 8 del cuestionario-), las partes que más de la mitad de los alumnos señala son, en orden decreciente de importancia: estómago, corazón, músculos, cerebro, huesos e intestinos.

Por supuesto el hecho de que el estómago sea el órgano más mencionado como destino de los nutrientes se relaciona, no con el concepto de asimilación sino de digestión, al igual que la elección de los intestinos. Por el contrario las restantes partes del cuerpo más seleccionadas llevan implícita una cierta comprensión de la asimilación, por parte de los estudiantes. Por otro lado, Núñez y Banet (1996) también encontraron algunos de estos órganos: cerebro y músculos, como los más mencionados por los alumnos (desde primaria hasta bachillerato) como destino de los nutrientes alimenticios. Y León (1996) al explorar la denominación y localización de los distintos órganos en una silueta humana, por alumnos de primaria y secundaria, encontró órganos similares, como los más conocidos y mejor ubicados. En orden decreciente de importancia encontró: corazón, cerebro, estómago, huesos y pulmones.

Resulta interesante constatar cómo los órganos más relacionados con el aparato digestivo (estómago e intestinos) además de los involucrados en el movimiento corporal (músculos), o que se consideran más importantes para el organismo (cerebro, corazón), precisan sustancias nutritivas para su funcionamiento. Finalmente también llama la atención el hecho de que los huesos sean tan mencionados; pareciera que la vieja frase de "tomate tu leche -que contiene calcio- para que crezcas" ha surtido efecto. Mientras para muchos alumnos otras partes del cuerpo, relativamente novedosas, además de gozar de menor reputación, como: dedos, ojos, piel, páncreas, pulmones y riñones; no requieren sustancias nutritivas.

Estos resultados nos remiten al tema de la "función de los alimentos" (ver anexo, primera pregunta del cuestionario) pues es sorprendente constatar que aunque la gran mayoría de los estudiantes declaran que requerimos de alimentos para crecer, reparar tejidos, regular funciones corporales, entre otras; dudan acerca de la necesidad de

muchas partes del cuerpo, de recibir nutrientes. De tal manera que estos resultados ponen de relieve el hecho que aún en segundo grado de secundaria, la mayoría de los jóvenes conserva una visión simplista del cuerpo humano, dónde solo algunos órganos -los más conocidos y considerados importantes desde la niñez- requerirían de nutrientes; mientras otras partes del cuerpo se mantendrían por sí mismas.

Al respecto, el profundo desconocimiento del destino de los nutrientes en el cuerpo humano, también se relaciona con el concepto que de la estructura corporal tengan los alumnos y con el concepto que posean sobre el funcionamiento celular; puntos que se analizarán más adelante. Por supuesto, el concepto de asimilación como parte del proceso de nutrición, también se ve influido por la idea que sobre digestión y absorción tengan los alumnos.

Por otro lado muy pocos estudiantes (sobre todo los que presentan el esquema relacionado-integrado, ver resultados) saben que los nutrientes salen de los vasos sanguíneos para ingresar a las células corporales (pregunta 9 del cuestionario, ver anexo 1).

Este resultado coincide con observaciones hechas por Núñez y Banet (1996) con respecto a algunos alumnos de secundaria:

"se admite que la sangre transporta las sustancias nutritivas obtenidas durante la digestión (en ocasiones, 'sustancias buenas') aunque se afirma que éstas no salen de los vasos sanguíneos y, por tanto, se desconoce su destino y el modo en que son utilizadas. Así se deduce de explicaciones como las siguientes:

Profesor. Una vez que la sangre llega, por ejemplo, a los músculos, ¿qué ocurre con las sustancias nutritivas que transporta?

Alumno. Yo creo que esas sustancias van recorriendo todo el cuerpo.

P. ¿Pero salen de los vasos sanguíneos (venas, arterias...) o no?

A. No, la sangre pasa por los músculos y otras partes del cuerpo, pero no pueden salir porque entonces no nos alimentarían."

Cabe señalar que esta pregunta del cuestionario sólo la respondieron bien algunos estudiantes presentes en el esquema relacionado-integrado. Ya a partir de la aplicación piloto del cuestionario se había constatado la dificultad de esta pregunta, por lo que se le anexó una escala de certidumbre. Finalmente la inmensa mayoría de los jóvenes encuestados la respondió de manera confiable.

Así como se verá a continuación, la dificultad por parte de los alumnos para concebir que las sustancias nutritivas salen de los vasos sanguíneos para entrar en las células parece radicar en conceptos básicos de forma y función del sistema circulatorio.

2) La incompreensión por parte de los alumnos del proceso de asimilación parece radicar además en un profundo desconocimiento de la anatomía y fisiología básicas del sistema circulatorio. Pues como se mencionó anteriormente, los estudiantes son incapaces de responder si los nutrientes pueden o no salir de los vasos sanguíneos a las células.

En mi experiencia en el museo, pude observar que el conocimiento del sistema circulatorio de los estudiantes de segundo grado de secundaria, se relaciona fundamentalmente con el corazón, esencialmente los nombres de sus cavidades, de

algunos vasos de gran calibre y del movimiento cardiaco. Le atribuyen al corazón y un poco menos a la sangre, una importancia desmedida. Cuando uno les pregunta sobre la función del corazón automáticamente responden que este nos sirve para vivir, como algo muy obvio dicen: "si el corazón deja de latir pues nos morimos" pero como en el caso de la función de los alimentos, cuando se indaga un poco más en el tema preguntándoles ¿porqué?, no tienen explicaciones. De tal manera un buen principio para explorar las ideas de los alumnos sobre el sistema circulatorio y para fomentar que estas sean más precisas y correctas, es preguntarles ¿porqué creen que nos morimos si el corazón deja de latir? En esta frase es importante mencionar el creer para dar confianza y libertad al alumno, como lo mencionan Freyberg y Osborne (1985).

De tal manera se constata que el tópico de asimilación es un punto clave en la enseñanza de la nutrición. Es un tema muy complejo, pues requiere de un buen entendimiento de otros conceptos (digestión, absorción, anatomía y fisiología del sistema circulatorio, estructura celular del cuerpo, metabolismo celular y función de los alimentos), así este tema parece representar un reto en la enseñanza de la nutrición en la educación secundaria, que le permitiría al alumno obtener una visión del cuerpo humano más real, mediante la que percibiría la maravillosa unidad estructural y funcional de los diferentes aparatos y sistemas del cuerpo humano.

1.5. ESTRUCTURA CELULAR DEL CUERPO HUMANO

Como se mencionó en la metodología, del mapa conceptual sobre la fisiología de la nutrición (ver figura 18) se desprende que el concepto de la estructura celular del cuerpo es piedra angular en la comprensión de la nutrición. Por lo tanto este concepto fue uno de los más explorados por el cuestionario, después de los temas de absorción y asimilación.

Los resultados con respecto a este tópico arrojan datos interesantes. Se constata que la gran mayoría de los estudiantes (60% aproximadamente, ver resultados), no pueden expresar claramente que el cuerpo se encuentra constituido por aparatos-sistemas, a su vez conformados por órganos-tejidos-células sucesivamente. Este resultado es sorprendente si se considera que este tema es estudiado desde 5o grado de educación primaria (ver anexo 2).

Los datos obtenidos por medio del cuestionario y de las visitas guiadas en el museo (Museo de las Ciencias UNIVERSUM, UNAM) sugieren que el problema que presentan los estudiantes para conceptualizar la estructura celular del organismo radica en los siguientes aspectos:

1) En la ausencia de un panorama general, amplio del concepto de célula. Por ejemplo conocer dónde existen células, que son microscópicas, que son la unidad vital más pequeña por lo que requieren nutrientes y oxígeno para obtener energía para realizar sus funciones. Al respecto, en mi experiencia como guía en el museo pude constatar que los estudiantes prácticamente "recitan" algunas nociones de célula, como que son muy pequeñas, que tienen una membrana, un núcleo y mencionan algunos organelos.

Difícilmente mencionan dónde se encuentran. Y al cuestionarlos acerca de la conformación de nuestro cuerpo, la mayoría duda. Algunos mencionan que nuestro organismo está "hecho de carne", de músculos, de piel, que los pulmones son "bolsitas"... Finalmente al sugerirles si podría estar constituido por algunos materiales como plástico, hierro, madera, cemento... es cuando los alumnos se sorprenden y llegan a mencionar las células. Sin embargo al enlistarles distintos órganos, los jóvenes encuestados opinan que algunos sí están constituidos por células, pero otros definitivamente no. Esta última constatación es congruente con los resultados obtenidos a partir de la pregunta 13 del cuestionario (anexo 1), donde los órganos más mencionados como constituidos por células son, en orden decreciente de importancia: cerebro, músculos, corazón, piel, pulmones y estómago. Dudan acerca de si los huesos, ojos, intestinos, riñones y dedos están formados por células. Aquí es curioso constatar que cerebro, corazón, músculos y estómago también fueron de los órganos más mencionados como destino de los nutrientes (pregunta 8 del cuestionario). Por lo que uno se pregunta si los alumnos saben realmente que estos órganos están constituidos por células que requieren nutrientes o más bien los eligen simplemente por considerarlos suficientemente importantes y conocidos.

2) En la falta de relación entre los procesos anatómicos y aquellos que se llevan a cabo a nivel celular. Los estudiantes tienen muy claro que los seres humanos necesitamos alimentarnos y respirar pero difícilmente consideran que esto se relaciona con los propios requerimientos celulares. Otros investigadores también han descrito este aspecto, Dreyfus y Jungwirth (1989), han señalado que el desconocimiento de la estructura y funcionamiento celular de nuestro cuerpo y, en particular, de las relaciones entre los procesos a nivel anatómico y sus referentes a nivel celular es un obstáculo epistemológico (Núñez y Banet, 1996). Al respecto es interesante constatar la analogía entre la epistemología y el aprendizaje en los estudiantes, punto que ha sido abordado por numerosos investigadores educativos como Nussbaum (1989) y Novack (1988) entre otros.

Este análisis de los resultados, pone en relieve que los estudiantes enfrentan problemas en conceptos básicos para el aprendizaje de la relación entre aparato/sistema/-órgano-célula y su implicación en la nutrición; como son: un panorama general sobre el concepto de célula y el establecimiento de una relación entre los procesos a nivel macro (el organismo) y aquellos que se realizan a nivel micro (las células). De manera que si en la enseñanza de la biología, no se toman en cuenta estas nociones de los alumnos, se fomentará su persistencia; lo cual sería gravísimo en un tema tan esencial como lo es el de "la célula". Pues como se ha mencionado, este tópico se relaciona con muchos aspectos de la vida y en este caso en particular, con el proceso de nutrición humana, como por ejemplo: ¿qué les sucede a las sustancias nutritivas de los alimentos que ingerimos?, ¿a dónde se van?, ¿al cuerpo?, pero al cuerpo como lo menciona León (1996): ¿como un "contenedor" de alimentos?, de ahí que sitúen el destino de las sustancias nutritivas en algunos órganos, desconociendo las relaciones existentes entre los niveles macroscópico (órganos) y microscópico (células).

Finalmente el tema de la estructura celular del cuerpo humano se presenta como otro reto en la enseñanza-aprendizaje de la biología en la educación secundaria, cuya

comprensión por parte de los alumnos les proporcionaría bases sólidas para el aprendizaje de otros conceptos biológicos; además por supuesto de proveerlos de una visión mas aguda, amplia y completa del cuerpo humano: no solo corazón, músculos y cerebro están formados por células y son importantes; sino todos y cada uno de los aparatos/sistemas que conforman nuestro organismo.

1.6- METABOLISMO CELULAR

Debido a que en el cuestionario sólo se realizó una pregunta sobre este tema, es difícil llevar a cabo un análisis profundo de los conocimientos que sobre dicho tema poseen los estudiantes. Sin embargo los resultados obtenidos permiten efectuar ciertas observaciones interesantes.

Las únicas sustancias que más de la mitad de los jóvenes encuestados menciona como necesarias para las células son, en orden decreciente: vitaminas, proteínas y oxígeno; las grasas, aminoácidos y glucosa, son muy poco mencionadas.

Los problemas en el manejo de el tema de metabolismo celular, por parte de los estudiantes parecen ser:

1) El desconocimiento de nociones básicas de metabolismo. Como se vio en los resultados, la mayoría de los estudiantes menciona que las células requieren proteínas y vitaminas pero dudan que requieran algún otro nutriente; el 12% menciona que sólo requieren energía y unos pocos opinan que no requieren ninguna sustancia, parece que para estos estudiantes las células se mantienen con vida por si mismas. Por lo que además de ser necesario retomar el concepto de la estructura celular del cuerpo humano (como se mencionó anteriormente), se deben considerar nociones básicas de metabolismo celular en la enseñanza de la biología.

2) El concepto de nutriente que poseen los jóvenes encuestados es muy superficial. Pues no pueden explicar la relación que existe por ejemplo: entre las proteínas y los aminoácidos, entre carbohidratos y monosacáridos; además de los resultados se desprende que para muchos de ellos: grasas, aminoácidos y glucosa no son necesarios para que las células realicen sus funciones, como si no fueran sustancias nutritivas.

En realidad las proteínas y vitaminas son sobrevaluadas por los estudiantes, estas sustancias serían la parte buena de la comida o incluso la comida buena en si (muchos mencionan que la carne son proteínas); como se discutió en el tema de digestión. Al respecto, Turner (1997) encontró que la gran mayoría de los alumnos (5 a 12 años) han escuchado el término vitaminas y coincide en que estas sustancias son consideradas por los alumnos como "buenas para uno", aunque curiosamente los estudiantes manifestaron que estas sustancias se encontraban en las 'pildoras'.

Este error conceptual de considerar a las proteínas como las "estrellas" de la nutrición parece tener raíces históricas. Pues Webb (1989) argumenta que posteriormente a la segunda guerra mundial se dio una sobreimportancia a las proteínas en la dieta y se establecieron programas para luchar contra esta supuesta deficiencia proteica; opina que

desgraciadamente este movimiento adquirió un momento de inercia imparable, sobrepasando algunas ocasionales llamadas de precaución. Además señala que las pocas veces que se habla de nutrición en la escuela, se habla prácticamente solo de proteínas, exagerando su importancia en la dieta, fomentando así una idea errónea sobre la nutrición en el ser humano.

Por otro lado, la baja reputación de que gozan las grasas (solo el 47% de los jóvenes encuestados declararon que las células requieren grasas para funcionar) parece derivar de su asociación con la comida chatarra, el colesterol, las enfermedades, la gordura, etc. Así, las grasas serían la parte mala de la comida, o la comida mala simplemente, la cual las células más bien evitarían. Turner (1989) también encontró que las grasas son reconocidas por los estudiantes de primaria como sustancias no saludables, indica que solo 2 niños (de 212 niños en total) reconocieron que se requería cierta grasa en la dieta y que era la cantidad ingerida lo que determinaba si la grasa era "mala para uno".

En cuanto al oxígeno, aunque el 52% de los jóvenes encuestados lo mencionan como necesario para las células, también el 18% menciona al dióxido de carbono, e incluso llegan a mencionar a ambos gases de manera simultánea. A pesar de que sólo una pregunta del cuestionario incidió sobre este aspecto, parece que los estudiantes no tienen clara la utilidad del oxígeno para las células. De hecho, en las visitas guiadas que ofrecí en el museo (Museo de las Ciencias UNIVERSUM, UNAM) pude constatar que los alumnos no comprenden el proceso respiratorio, ni su referente a nivel celular. En realidad el manejo por parte de los alumnos del tema de la respiración, sería interesante para futuras investigaciones educativas.

De tal manera, para acceder al concepto de metabolismo celular, los estudiantes de segundo grado de educación secundaria, requieren reforzar nociones básicas como son: el concepto de sustancia nutritiva y el hecho de que estas son utilizadas por las células para obtener energía y materia. Tanto las sustancias nutritivas como su procesamiento celular, se ubican en el marco microscópico, además de que el metabolismo implica procesos de transformación; por lo que la comprensión de estas nociones requiere de cierta capacidad de abstracción por parte del estudiante. Por tanto, el concepto de metabolismo se presenta como una oportunidad para el desarrollo de dicha capacidad en el alumno, además de contribuir a su mejor entendimiento de la nutrición en el ser humano.

2. PROPUESTAS

Ya que uno de los objetivos prioritarios de la investigación educativa es contribuir a mejorar los resultados del trabajo en las aulas y en los centros de enseñanza no-formal (Tamir, 1989; Borun, Massey y Lutter, 1993; Miles, 1989; Ramey-Gassert y Walberg, 1994); para culminar este trabajo de tesis, me parece importante enunciar una serie de proposiciones para la enseñanza-aprendizaje de la nutrición humana, que se desprenden de los resultados obtenidos en este trabajo y de su análisis. Al igual que el trabajo de investigación, las propuestas se enmarcan en la corriente educativa del constructivismo;

pues en la actualidad, tanto desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia como desde el campo de estudio de la psicología cognitiva, se considera al constructivismo como una corriente suficientemente sólida, que puede servir de marco de referencia para la enseñanza.

Estas propuestas reúnen suficientes condiciones de flexibilidad para ser adaptadas a distintas circunstancias en las que se desarrolle la enseñanza de las ciencias. Su análisis debe propiciar más la reflexión que intentar su aplicación a modo de un conjunto de instrucciones o de recetas de difícil aplicación en cualquier contexto educativo.

Ya que la presente investigación educativa se llevó a cabo a nivel secundaria, las propuestas se enfocan particularmente a la enseñanza-aprendizaje (ya sea formal o no-formal) de la nutrición a nivel de segundo grado de educación secundaria; más me parece importante señalar, que algunas de ellas pueden y deben tomarse en cuenta en la escolaridad anterior (siguiendo el temario oficial) de manera que su grado de complejidad resulte adecuado al nivel educativo en cuestión. Pues como se ha mencionado, el tema de la nutrición humana es familiar para el niño desde temprana edad, además de formar parte del temario oficial de la S.E.P. desde los primeros cursos de "Ciencias Naturales" a nivel de la educación primaria (ver anexo 2).

2.1 TEMAS

Para empezar se enlistarán puntualmente los temas en los cuales, según los resultados obtenidos en esta tesis, se debe prestar especial atención en la enseñanza de la nutrición. Por supuesto estas recomendaciones no deben suprimir el trabajo de sondeo, que sobre las ideas previas en nutrición de los estudiantes, se recomienda realice el enseñante antes de abordar el curso. Más bien estos temas deberán servir como un punto de referencia, un marco teórico de base en la labor de enseñanza-aprendizaje de la nutrición.

Los temas están interrelacionados, pero el orden en el cual se mencionarán es el que ha parecido más adecuado para fomentar su comprensión progresiva, por parte del alumno.

2.11 FUNCIÓN DE LOS ALIMENTOS

Panorama general de la función de los alimentos. ¿Para qué comemos? Los alimentos nos permiten mantenernos saludables y vivos, ¿cómo es que esto sucede?

2.12 CONSTITUCIÓN DE LOS ALIMENTOS

- El concepto de sustancia nutritiva y el de sustancia nutritiva sencilla. Proteínas y aminoácidos, carbohidratos y monosacáridos, grasas y ácidos grasos, vitaminas y

minerales. Todos los nutrientes son necesarios en determinadas cantidades. La exageración en el consumo de cualquiera de ellos es negativa para el organismo.

- Diferenciar la noción de alimento de la de sustancia nutritiva (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales), carne no es sinónimo de proteínas ni pan de carbohidratos, por ejemplo. Los alimentos y las sustancias nutritivas que contienen: aclarar las sustancias nutritivas que contiene la comida chatarra y la comida nutritiva. No hay comida “buena” o/y “mala”, lo importante es comer balanceado.

2.13- ESTRUCTURA CELULAR DEL CUERPO HUMANO

- Panorama general sobre el concepto de célula. La célula como la unidad vital mínima, por tanto constituye a todo ser vivo. Ejemplos de células. No ahondar en detalles (organelos) de la célula.
- Relación aparato/sistema--órgano--tejido--célula

2.14- METABOLISMO CELULAR

- Nociones generales de fisiología celular. Las células están vivas, por tanto requieren de nutrientes, oxígeno, además de producir sustancias ya sea de desecho o de utilidad para el organismo.

2.15- DIGESTIÓN

- Revisión de anatomía y fisiología básicas del aparato digestivo.
- Concepto de digestión. Transformación física y química. Las sustancias nutritivas de los alimentos (proteínas, carbohidratos, grasas) se reducen a sustancias nutritivas sencillas (aminoácidos, monosacáridos, ácidos grasos) gracias a la digestión.
- Ubicación de los procesos digestivos. Boca: acción física (masticación) y química, estómago: acción química (jugo gástrico), hígado y páncreas: acción química (jugo pancreático y bilis), intestino delgado: acción química (enzimas intestinales), todo el tubo digestivo: acción física (movimientos peristálticos). Desmitificar al estómago como centro de la digestión.

2.16- ABSORCIÓN

- Anatomía y fisiología básicas del sistema circulatorio. Irrigación, vasos de distinto calibre. Transporte de sustancias nutritivas y oxígeno. Inmunidad.
- Concepto de absorción. Para que los alimentos nos permitan estar sanos, sus sustancias nutritivas sencillas deben ingresar al torrente sanguíneo, lo que ocurre

gracias al proceso de absorción; posteriormente se distribuyen por el organismo. El aparato digestivo y el sistema circulatorio interactúan en este proceso. El intestino delgado absorbe todas las sustancias nutritivas sencillas, no las distingue unas de otras; por tanto no puede absorber lo que supuestamente conviniera al organismo (no separa lo “bueno” de lo “malo”).

- Ubicación del proceso de absorción. Anatomía del intestino delgado: la vellosidad intestinal. Fisiología del intestino delgado: acciones digestivas y de absorción. El intestino delgado no es simplemente un conducto para el alimento hacia el intestino grueso y ano, ni tiene ninguna relación con funciones excretoras.

2.17- ASIMILACIÓN

- Concepto de asimilación. Introducir el término en el léxico del estudiante además de introducir el concepto: la sangre transporta las sustancias nutritivas sencillas a las células corporales. Las sustancias nutritivas sencillas salen de los capilares e ingresan en las células.

2.2 ACTIVIDADES

A continuación se harán algunas sugerencias de actividades que pueden resultar de utilidad en la enseñanza (formal o no-formal) de la nutrición. Estas actividades pueden contribuir a conocer las ideas previas de los estudiantes, a reestructurarlas, a ayudarles a construir ideas más apegadas al conocimiento científico, a impulsarlos a que apliquen el nuevo conocimiento y/o a evaluar el aprendizaje de los nuevos conocimientos adquiridos; dependerá de los objetivos educativos el o los aspectos que se tomen en cuenta.

Algunas de éstas actividades, en particular las escritas, pueden servir para que el alumno, al ver las actividades que realizó en un principio, se de cuenta de su aprendizaje y así sea capaz de valorarlo. De manera que además de aprender sobre nutrición, aprenderá a creer en el aprendizaje; por supuesto aquí el enseñante debe incidir para que el alumno pueda “palpar” la utilidad de lo aprendido en la vida real.

2.21- MAPAS CONCEPTUALES

Representación gráfica de esquemas de conocimiento, se han explicado detalladamente en el capítulo “Enseñanza-Aprendizaje”. Esta es una herramienta muy valiosa y versátil que permite conocer tanto lo que el alumno sabe sobre un determinado tema (mediante un cuestionario elaborado con base en un mapa conceptual del tema, como el utilizado en el presente trabajo) como prepararlo en relación a qué y cómo va a aprender (activación de conocimientos y experiencias previas pertinentes) al permitirle ubicarse en el contexto del aprendizaje pertinente; así, funciona también como una estrategia

preinstruccional de enseñanza (Díaz Barriga y Fernández, 1997, p.71). Además, puede colocarse en clase (o en el ambiente no formal en cuestión) un mapa de conceptos, que refleje las relaciones más significativas entre los contenidos que se van a estudiar, con objeto de poder dirigir la atención de los alumnos en cualquier momento hacia el aspecto deseado. Este esquema servirá de referencia durante el desarrollo de la enseñanza (Núñez y Banet, 1992), por lo que funciona como estrategia coinstruccional, al apoyar los contenidos curriculares durante el proceso mismo de enseñanza (Díaz Barriga y Hernández, 1997, p.72). Finalmente, como se mencionó en el capítulo "Enseñanza-Aprendizaje", los mapas conceptuales también pueden utilizarse como herramienta de evaluación sobre lo que el alumno aprendió; ya sea que el mismo alumno realice un mapa sobre el tema estudiado, o que lo realice indirectamente al responder un cuestionario (como el utilizado en el presente trabajo).

En este trabajo de tesis se propone el mapa conceptual sobre nutrición presentado en el capítulo "Objetivos y Método" (figura 18) como guía en la enseñanza de este tema.

2.22- CUESTIONARIOS O TESTS

Los cuestionarios son una herramienta de gran utilidad para conocer (estrategia preinstruccional) y evaluar (estrategia co y posinstruccional) las ideas de los alumnos; ampliamente utilizada sobre la entrevista clínica, por ser viable para la práctica diaria en el aula con números elevados de estudiantes (Lang da Silveira y Moreira, 1996). Deben elaborarse cuidadosamente, pues la larga experiencia estudiantil en realizar exámenes, los habitúa a memorizar incluso causas, ejemplos, explicaciones y hasta maneras de resolver problemas típicos; Ausubel (1995) propone formular preguntas y problemas de manera nueva, no familiar y que requieran máxima transferencia del conocimiento. Se recomiendan las preguntas de "doble elección respuesta-razón" descritas en el método del presente trabajo y ampliamente utilizadas en la investigación educativa (Seymour y Longden, 1991; Treagust y Haslam, 1987; Yaroch, 1991; Tamir, 1989).

El cuestionario utilizado en el presente estudio fue elaborado cuidadosamente y está a la disposición del enseñante (ver anexo 1).

2.23- EJERCICIOS, PROBLEMAS Y EXPERIMENTOS

Los ejercicios, problemas y experimentos, deben ser interesantes, divertidos, que motiven a los estudiantes y al igual que los cuestionarios, que sean novedosos y realmente hagan pensar al alumno y le permitan transferir su conocimiento sobre nutrición a condiciones más tangibles. Pueden utilizarse como estrategias co o posinstruccionales de enseñanza. Se encuentran por ejemplo:

- Siluetas humanas. Vacías o con un tracto digestivo incorrecto (que represente por ejemplo la extendida idea de que el intestino delgado es la vía urinaria y el intestino grueso la de excreción), dónde el alumno deberá explicar el recorrido que sigue un vaso de agua y un trozo de pan (Núñez y Banet, 1992). La silueta incorrecta deberá

ser aprovechada por el enseñante para crear una situación de conflicto que haga reflexionar al estudiante y le permita reconocer el trayecto correcto del alimento.

- Disección. Comparación del aparato digestivo humano con el de algún animal, por ejemplo la trucha (Núñez y Banet, 1992).
- Ejercicio sobre los procesos digestivos que tienen lugar en los distintos órganos del tubo digestivo, sobre los ingredientes de un plato de comida.
- Ver al microscopio algún corte por ejemplo de músculo, hígado o del mismo tracto digestivo.
- Acción de la saliva sobre el almidón y acción de la pepsina sobre las proteínas (Núñez y Banet, 1992).
- Maquetas del aparato digestivo. Como representación visual de los conceptos, objetos o situaciones (Díaz Barriga y Hernández, 1997). Pueden mostrar la visión integradora de la nutrición.
- Ejercicio sobre comer balanceado, los grupos de alimentos y sus nutrientes, con la ayuda de cartas con dibujos de alimentos (Turner, 1997).
- Tarjetas de clase. Con una lista de oraciones sobre nutrición, ya sea correctas o ideas falsas que poseen los alumnos, como las detectadas en el presente estudio. Los estudiantes deberán indicar si están de acuerdo con la oración y justificar su respuesta (Núñez y Banet, 1992). El profesor generará una discusión y aclarará el punto de vista científico.
- Otras. Demostraciones (situaciones de conflicto), videos cortos (por ejemplo de una endoscopia), lecturas, trabajos, diapositivas, pequeños proyectos de trabajo (trastornos digestivos, valor nutritivo de los alimentos), etc.

2.24 VISITAS A MUSEOS

Los tres grupos de actividades mencionados anteriormente se pueden llevar a cabo en cualquier centro de enseñanza formal y no-formal como un museo de ciencias, por ejemplo a manera de talleres. Sin embargo me parece importante señalar especialmente en este apartado, el apoyo que pueden brindar los museos a la enseñanza escolar o formal.

Borun, Massey y Lutter (1993) encontraron que las exposiciones interactivas, cuidadosamente diseñadas, pueden permitir el cambio conceptual en los visitantes y así acercarlos a una perspectiva correcta científicamente. Miles (1989) opina que las exposiciones creadas con base en investigación educativa, pueden contribuir de manera importante al estrechar el abismo que existe entre la cultura popular y la científica. Reynoso (1995) opina que:

“un museo interactivo ofrece un buen complemento a la enseñanza formal. Sin embargo, esta experiencia podría resultar mucho más enriquecedora si la escuela y el museo colaboraran en la preparación de la visita.”

Para esto es necesario que los museos preparen documentos que entregarán a los docentes antes de llevar a sus alumnos a los museos para que preparen la visita. Estos

documentos contendrán ejercicios y talleres que los profesores podrán poner en marcha después de la visita en el aula (Julieta Fierro, comunicación personal). Además Julieta Fierro declara que sólo la discusión reiterada sobre ciertos temas y la lectura y elaboración de ejercicios variados proporcionará una educación perdurable y ayudará a reflexionar; indica así mismo que es importante ofrecer un entrenamiento adecuado a los edecanes y responsables de ofrecer talleres, de contar con una buena biblioteca y una tienda con diversidad de materiales didácticos.

Finalmente, Ramey-Gassert y Walberg (1994), claman por una mayor interacción entre las escuelas, universidades, institutos y demás centros de ciencia con instituciones de enseñanza no-formal (como museos, zoológicos, bioterios) para incrementar la cultura científica de la gente.

En particular, el museo de las ciencias UNIVERSUM de la UNAM, cuenta con una sala llamada "Aventura Interior" en la cual se encuentra un muñeco casi tamaño natural desarmable y un laberinto que simula el tracto digestivo. Ambos equipos son una muy buena oportunidad para que el alumno pueda acercarse al tema de la nutrición en el ser humano, de una manera atractiva, motivante y novedosa.

ALLAN'S ANTI-FAT



Dama gorda: "¿Cómo voy a pasar?"
Compañera: "Toma Anti-fat, como yo."

El Allan's Anti-Fat se anunciaba en 1878 como un "fluido concentrado, extracto de líquenes marinos" que impedía que el cuerpo convirtiera el alimento en grasa; pero esta pretensión absurda engañaría aún a muchos en la actualidad, no hay más que ver los anuncios actuales de "Fataché", por ejemplo.

"CONCLUSIONES"

Un misterio sobre el que aún no se ha meditado lo bastante es el de que Cristo, antes de morir, haya hecho del pan compartido el cuerpo mismo de Dios. Comer resucita el vegetal al sumergimos en el ciclo de la vida, el don de la tierra, al cual retornaremos.

JEAN TRÉMOJÈRES

Este trabajo de tesis permitió conocer el esquema sobre la fisiología de la nutrición que poseen ciertos estudiantes de segundo grado de educación secundaria. Como ya se ha mencionado, estas ideas forman el cuerpo de conceptos a partir del cual los jóvenes aprenderán los temas relacionados con la nutrición humana, además de constituir la base con que los alumnos explicarán los aspectos relacionados con la alimentación en la vida cotidiana. Se trata de la cultura alimentaria del individuo, la cual le permitirá decidir qué le conviene comer y por qué, le permitirá analizar y juzgar las modas publicitarias alimenticias y las dietas en boga, además de comprender mejor las comunes enfermedades gastrointestinales; finalmente, le ayudará sencillamente a vivir mejor.

Un análisis profundo de los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentra en el capítulo VI: "Discusión", así como una serie de propuestas educativas puntuales, puesto que uno de los objetivos prioritarios de la investigación educativa es contribuir a mejorar los resultados del trabajo que profesores y alumnos desarrollan en las aulas y/o en centros de enseñanza no-formal (por ejemplo museos). En esta sección se harán mas bien una serie de reflexiones de orden general sobre el presente trabajo de tesis.

Con respecto a la metodología, mi experiencia como anfitriona en el museo de las ciencias UNIVERSUM de la UNAM fue de gran relevancia para este trabajo, al proporcionar información de manera cualitativa, sobre las ideas previas de los estudiantes sobre nutrición. Al respecto quiero resaltar el gran apoyo que pueden brindar los museos de este tipo a la educación científica en general, como verdaderos laboratorios de investigación educativa; pues permiten indagar las ideas de los estudiantes, verificar si éstas se ven afectadas por las exposiciones museográficas, estudiar cómo aprenden los estudiantes y por supuesto, llevar a cabo actividades novedosas que contribuyan a aumentar la cultura científica de los alumnos. La experiencia obtenida en el museo fue un complemento indispensable para la realización del presente trabajo; sin ella, la elaboración del cuestionario hubiera sido menos satisfactoria y los resultados proporcionados por éste menos confiables. Ya que durante las visitas ofrecidas en la sala referente al cuerpo humano del museo se establece con los visitantes un diálogo similar al de una entrevista y la entrevista es considerada como el mejor método para conocer las ideas de las personas.

Por otro lado; el cuestionario, que fue diseñado cuidadosamente siguiendo la metodología propuesta por numerosos investigadores educativos, la opinión de especialistas en educación y mi experiencia en el museo, me permitió obtener información cualitativa y cuantitativa sobre las ideas de los estudiantes acerca de la

nutrición humana. Este cuestionario queda a disposición de quien lo requiera y puede ser validado como un instrumento en futuras aplicaciones.

En lo que concierne a los resultados, el presente estudio demostró que la gran mayoría (95%) de los estudiantes de segundo grado de educación secundaria (n=144 estudiantes), poseen una noción muy superficial sobre la fisiología de la nutrición humana; sus ideas sobre este tema se encuentran plagadas de errores e imprecisiones. Por ejemplo, muchos estudiantes opinan que el tracto digestivo se bifurca a nivel de los intestinos (el intestino delgado transportaría los líquidos para finalmente producir la orina; la parte sólida del alimento transitaría por el intestino grueso hasta el ano) o bien, albergan la idea de que el estómago es el centro de los procesos nutritivos. También se destaca un conocimiento limitado de los alimentos (no diferencian claramente alimento de sustancias nutritivas complejas y sustancias nutritivas sencillas) y la falta de información sobre ciertos detalles estructurales del intestino delgado relacionados con la absorción: las vellosidades intestinales, entre otros. Algunos de estos aspectos coincidieron con los detectados por otras investigaciones educativas, lo cual sugiere que este tema es complejo para los estudiantes y que la educación enfrenta problemas similares en diferentes países del mundo.

A grandes rasgos se puede decir que un 19% de los jóvenes opinan que el aparato digestivo y el sistema circulatorio no se relacionan en el proceso de nutrición, mientras 76% de los alumnos admiten una relación pero sin poder explicarla; además el 95% de los estudiantes no puede explicar la relación entre la sangre y las células en el transporte de nutrientes. Haciendo referencia a la representatividad de la muestra, se puede decir que la gran mayoría de los estudiantes concluyen la educación primaria y el primer año de secundaria con una visión muy superficial del cuerpo humano; lo perciben como un "contenedor" de aparatos y sistemas aislados con funciones bien delimitadas y que **NO interactúan** entre ellos. Se puede concluir que la enseñanza habitual no contribuye de manera efectiva a que los alumnos reestructuren sus concepciones erróneas y desarrollen esquemas que sean acordes con el conocimiento científico; por tanto, este estudio es un punto de partida para una reestructuración de la enseñanza de la nutrición en México.

Ahora bien, en lo que se refiere a las causas de este desconocimiento de la fisiología de la nutrición por parte de los estudiantes, se pueden mencionar las siguientes sin pretender realizar su análisis exhaustivo, el cual podría ser más bien el objetivo de futuras investigaciones.

a) Aspectos de la disciplina en sí misma. La fisiología de la nutrición incluye una serie de procesos microscópicos y de transformación, por lo que su aprendizaje requiere, además de entender una serie de conceptos relativamente complejos, de una cierta capacidad de abstracción.

En lo que se refiere a la capacidad de abstracción, según Piaget, los alumnos entre 11 y 15 años ya se encuentran en la etapa de las operaciones formales, por lo que ya han desarrollado ésta capacidad; de este modo el grado de abstracción que requiere el aprendizaje de la nutrición se manifiesta, más que como un obstáculo, como una oportunidad para que el estudiante desarrolle tal capacidad.

b) Aspectos socioculturales. La influencia de los medios de comunicación (como por ejemplo la promoción de una muñeca que come pinole, el cual ingiere y expulsa casi simultáneamente) o el papel del entorno familiar de los alumnos, pueden determinar la elaboración de concepciones erróneas desde el punto de vista científico.

c) Los métodos didácticos. Tales como los temarios, libros de texto y maestros. Sería muy importante para futuras investigaciones educativas el análisis y evaluación de los programas, libros de texto y estrategias docentes de los profesores, pues todos éstos influyen directamente en el aprendizaje de los jóvenes.

Con respecto a los maestros, me parece interesante señalar que una investigación educativa en la cual éstos estén implicados, como la realizada por Turner (1997), sería de gran valor y trascendencia para la educación en nuestro país. Turner, con la ayuda de otros investigadores, coordinaron a 70 profesores de educación primaria, de los cuales cada uno entrevistó a 3 alumnos para indagar sus ideas sobre alimentación y salud. Este estudio no solo proporcionó datos sobre las ideas de los alumnos, sino que además permitió a los profesores reflexionar sobre su práctica docente, desarrollar nuevas estrategias de enseñanza y evaluar las experiencias de aprendizaje de manera más efectiva.

Por otro lado, con respecto a la investigación educativa en general, quiero recalcar que su éxito depende en gran medida de que se encuentre debidamente fundamentada sobre planteamientos educativos consistentes. El presente trabajo se enmarca en la corriente de la psicología cognitiva conocida como constructivismo, considerada como un buen marco de referencia para la enseñanza de las asignaturas científicas (Novack, 1988; Núñez y Banet, 1997).

Esta corriente educativa constructivista clama fundamentalmente porque la enseñanza tome en cuenta las ideas previas de los estudiantes y partiendo con esa base, que las enriquezca proponiendo actividades didácticas novedosas (como los mapas conceptuales, la V de Gowin, cuestionarios diseñados de manera novedosa, entre otras). Estas actividades no sólo permitirían acercar al estudiante a la cultura científica, sino que además le darían la oportunidad de ser consciente de su aprendizaje y valorarlo. Así, el estudiante se convertiría en participante activo, constructor de significados en su aprendizaje, en vez de ser tan sólo un receptor pasivo de información incontestable. El constructivismo plantea que los estudiantes "aprendan a aprender", aspecto cuyo olvido contribuye a que la preocupación de la educación se centre, fundamentalmente, en inundarles de definiciones y datos sin evaluar con suficiente rigor su utilidad y los logros realmente alcanzados por los alumnos.

Para concluir, me gustaría decir que el presente trabajo de tesis es sólo un pequeño paso en la enorme disciplina de la educación, pero espero que este paso sirva de punto de despegue en el complejo camino de la investigación educativa en Biología, en particular sobre el tema de nutrición, en México.

"BIBLIOGRAFÍA"

- ANDERSON, CH. W.; T. H. SHELDON, and J. DUBAY. 1990. "The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis". **Journal of Research in Science Teaching**. 27 (8), pp. 761-776.
- AUSUBEL, D. P.; J. D. NOVAK, y H. HANESIAN. "*Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*". 1995. Editorial Trillas, México.
- BANET, E. y F. NÚÑEZ. 1988. "Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos". **Enseñanza de las Ciencias**. 6 (1), pp. 30-37.
- BANET, E. y F. NÚÑEZ. 1989. "Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos fisiológicos". **Enseñanza de las Ciencias**. 7 (1), pp. 35-44.
- BANET, E. y F. NÚÑEZ. 1990. "Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración". **Enseñanza de las Ciencias**. 8 (2), pp. 105-110.
- BANET, E y F. NÚÑEZ. 1992. "La digestión de los alimentos: un plan de actuación en el aula fundamentado en una secuencia constructivista del aprendizaje". **Enseñanza de las Ciencias**. 10 (2), pp. 139-147.
- BORUN, M.; CH. MASSEY and T. LUTTER. 1993. "Naive knowledge and the design of science museum exhibits". **Curator**. 36 (3), pp. 201-219.
- CANDELA, A. 1997. "Demonstrations and problem-solving exercises in school science: their transformation within the mexican elementary school classroom". **Science Education**. 81, pp. 497-513.
- DAGHER, Z. R. 1994. "Does the use of analogies contribute to conceptual change?". **Science Education**. 78 (6), pp. 601-614.
- DEMOUNEM, R.; J. GOURLAOUEN et E. PERILLEUX. "*Biologie. Terminale D.*" 1989. Éditions Nathan. Francia.
- DÍAZ BARRIGA, A y R. G. HERNÁNDEZ. "*Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo. Una Interpretación Constructivista*". 1997. Editorial McGraw Hill, México.
- DIENHART, M. CH. "*Anatomía y Fisiología Humanas*". 1981. Nueva Editorial Interamericana. México.

- DREYFUS, A. and E. JUNGWIRTH. 1989. "The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea". *Journal of Biological Education*. 23 (1), pp. 49-55.
- DURAN, B.; T. DUGAN and R. WEFER. 1998. "Language minority students in high school: the role of language in learning biology concepts". *Science Education*. 82, pp. 311-341.
- ECKERT, R.; D. RANDALL y G. AUGUSTINE. "Fisiología Animal: Mecanismos y Adaptaciones". 1992. Editorial Interamericana-McGraw Hill, España.
- EDMONDSON, K. M. and J. D. NOVAK. 1993. "The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students". *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (6), pp. 547-559.
- FIERRO, E. 1996. "Análisis de los esquemas alternativos sobre el concepto de corriente eléctrica que presentan estudiantes de nivel medio superior". Tesis de Licenciatura en Física. U.N.A.M. México. 80 p.
- FONTES, M. A. y M. C. DUARTE. 1992. "Creencias populares y enseñanza de la biología". *Enseñanza de las Ciencias*. 10 (1), pp. 89-93.
- GIORDAN, A. 1987. "Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje". *Enseñanza de las Ciencias*. 5 (2), pp. 105-110.
- GIORDAN, A. 1995. "Los nuevos modelos de aprendizaje: ¿más allá del constructivismo?". *Perspectivas*. 25 (1), pp. 40-45.
- GUYTON, A. C. "Fisiología Humana". 1987. Editorial Interamericana. México.
- HASLAM, F and D. F. TREAGUST. 1987. "Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument". *Journal of Biological Education*. 21 (3), pp. 203-211.
- HEWSON, P. W. and N. R. THORLEY. 1989. "The conditions of conceptual change in the classroom". *International Journal of Science Education*. 11, pp. 541-553.
- LANG DA SILVEIRA, F. y M. A. MOREIRA. 1996. "Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna". *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (1), pp. 75-86.
- LEÓN, S. R. 1996. "Psicogénesis de las nociones anatómico-fisiológicas en el niño: La representación del interior del cuerpo." Tesis de maestría en Psicología. U.N.A.M. México. 91p.

- LINDER, C. J. 1993. "A challenge to conceptual change". *Science Education*. 77 (3), pp. 293-300.
- MATTHEWS, M. R. 1994. "Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista". *Enseñanza de las Ciencias*. 12(1), pp. 79-88.
- MILES, R. 1989. "Evaluation in its communications context". Presentation at a seminar "Faire Voir Faire Savoir- La Museologie Scientifique au Present". Technical Report No. 89-10.
- MOFFETT, D. F.; S. B. MOFFETT and CH. L. SCHAUF. "*Human Physiology*". 1993. Editorial Foundations and Frontiers. Estados Unidos.
- MOREIRA, M. A. 1993. "La teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel". Fascículo del CIEF, serie enseñanza-aprendizaje, número 1. (Adaptación del capítulo 2 del libro: Moreira, M. A. "Abordagem cognitivista ao ensino da física". 1983. Editorial da Universidade, Brasil. pp 18-54)
- MOREIRA, M. A. 1987. "Mapas conceptuales como recurso instruccional y curricular en física". Segundo Congreso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas. Valencia, España. 23 al 25 de septiembre de 1987. (Publicado en 1988. Contactos. 3 (2), 38-57)
- MOREIRA, M. A. 1993. "La Teoría de la educación de Novak y el modelo de Enseñanza-aprendizaje de Gowin". Fascículo del CIEF, serie enseñanza-aprendizaje, número 4. (Material preparado para la II Escuela Latinoamericana de Investigación en Enseñanza de la Física. Porto Alegre, Brasil. 5 al 16 de julio de 1993)
- MOREIRA, M. A. 1994. "Cambio Conceptual: Crítica a Modelos Actuales y una propuesta a la luz de la Teoría del aprendizaje significativo". Trabajo presentado en el II Simposio sobre Investigación en Educación en Física. Buenos Aires, Argentina. 3 al 5 de agosto de 1994.
- NOVACK, J. D. 1988. "Constructivismo humano: un consenso emergente". *Enseñanza de las Ciencias*. 6 (3), pp. 213-223.
- NÚÑEZ, F. y E. BANET. 1996. "Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación". *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (3), pp. 261-278.
- NÚÑEZ, F. y E. BANET. 1997. "Students' conceptual patterns of human nutrition". *International Journal of Science Education*. 19 (5), pp. 109-526.

- NUSSBAUM, J. 1989. "Classroom conceptual change: philosophical perspectives" **International Journal of Science Education**. 11, pp. 530-540.
- OSBORNE, R. and P. FREYBERG. "*Learning in Science. The implications of children's science*". 1985. Editorial Heinemann, Hong Kong.
- POZO, J. I. "*Teorías cognitivas del aprendizaje*". 1994. Ediciones Morata, España.
- RAMEY-GASSERT, L. and H. J. WALBERG. 1994. "Reexamining connections: museums as science learning environments". **Science Education**. 78 (4), pp. 345-363.
- REYNOSO, E. 1995. "El potencial didáctico de un museo de ciencias interactivo". *Revista Mexicana de Pedagogía*. 22 (6), pp. 19-23.
- S.E.P. "Libro para el Maestro. Educación Básica. Ciencias Naturales". 1993. S.E.P., México.
- S.E.P. "Libro para el Maestro. Educación Secundaria. Biología". 1994. Editorial Xalco, México.
- SEYMOUR, J. and B. LONGDEN. 1991. "Respiration - that's breathing isn't it?". **Journal of Biological Education**. 25 (3), pp. 177-183.
- SHEMESH, M. and R. LAZAROWITZ. 1989. "Pupils' reasoning skills and their mastery of biological concepts". **Journal of Biological Education**. 23 (1), pp. 59-67.
- TAMIR, P. 1989. "Some issues related to the use of justifications to multiple-choice answers". **Journal of Biological Education**. 23 (4), pp. 285-292.
- TURNER, S. A. 1997. "Children's understanding of food and health in primary classrooms". **International Journal of Science Education**. 19 (5), pp. 491-508.
- VILLANI, A. 1992. "Conceptual change in science and science education". **Science Education**. 76 (2), pp. 223-237.
- WEBB, G. P. 1989. "The significance of protein in human nutrition" **Journal of Biological Education**. 23 (2), pp. 119-124.
- WEISZ, P. B. "*La ciencia de la zoología*". 1985. Editorial Omega, España.
- YARROCH, W. L. 1991. "The implications of content versus item validity on science tests". **Journal of Research in Science Teaching**. 28 (7), pp. 619-629.

ANEXO 1

"CUESTIONARIO"

1-Para mantenernos con vida necesitamos tomar alimentos. Tacha las 3 frases que indiquen mejor para qué nos sirven los alimentos:

- Obtener energía para realizar las funciones vitales
- Para que funcione el cuerpo
- Nos proporcionan materia para crecer, reparar tejidos, etc.
- Para que se alimente todo nuestro cuerpo
- Para vivir
- Para regular las funciones del cuerpo

2-La leche es un alimento que contiene sustancias nutritivas como las proteínas, vitaminas...

a) Te tomas un vaso de leche y comienza la digestión, ¿Qué se obtiene como consecuencia de la digestión?

- Sustancias digeridas
- Sustancias nutritivas (proteínas, por ejemplo)
- Sustancias nutritivas sencillas (glucosa, por ejemplo)
- Partículas pequeñísimas de los alimentos

b) Terminó la digestión de la leche, ¿qué ocurrió con las vitaminas que contenía la leche?

- Se quedaron en el estómago
- Pasaron del estómago a los intestinos y se eliminaron por el ano
- Pasaron a los diferentes órganos del cuerpo
- Otra: _____

3-¿Cuál es la función del intestino delgado?

- Fabricar la orina
- Separar los alimentos
- Absorber las sustancias nutritivas de los alimentos
- Conducir los alimentos al intestino grueso

4-Los enfermos de diabetes no pueden consumir mucha azúcar porque si lo hacen, aumenta el azúcar en su sangre y pueden caer en coma diabético. Pues NO producen insulina para eliminar el exceso de azúcar en su sangre.

Escribe V o F según sea verdadero o falso:

- Están enfermos porque no producen insulina para eliminar el exceso de azúcar
- La causa de la enfermedad es que el azúcar que comen se va a su sangre
- En la gente normal (sana) el azúcar que come no se va a su sangre
- En la gente normal (sana) el azúcar que come se va a la sangre, pero no le hace daño. Pues produce insulina

5-Supongamos que estamos sin tomar alimentos durante dos o tres días. ¿Qué habrá sucedido en la sangre y por qué?

Tacha la respuesta que consideres correcta y por qué:

- En la sangre no habrá sustancia nutritivas. Porque: _____
- Quedará aproximadamente, la misma cantidad de sustancias nutritivas. Porque: _____
- Habrá menos cantidad de sustancias nutritivas. Porque: _____

6-Escribe V o F según sea verdadero o falso:

- La sangre transporta sustancias nutritivas que sólo ella necesita
- Las sustancias nutritivas de los alimentos se eliminan por el ano
- La sangre transporta sustancias nutritivas a las células para que realicen sus funciones

7-Cuando deja de circular la sangre por nuestro cuerpo, nos morimos porque:

Tacha la respuesta correcta:

- Porque ya no late el corazón
- Porque nuestro cuerpo no se limpia y ya no puede funcionar
- Porque los órganos dejan de recibir sustancias nutritivas

8-¿Las sustancias nutritivas de los alimentos, deben llegar a todo el cuerpo?

Tacha a que parte(s) Sí deben llegar:

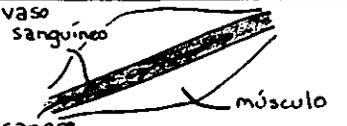
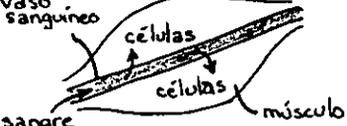
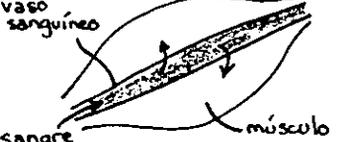
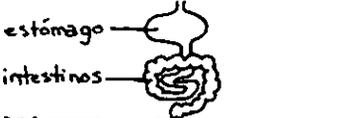
- | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Pulmones | <input type="checkbox"/> Corazón | <input type="checkbox"/> Huesos | <input type="checkbox"/> Músculos |
| <input type="checkbox"/> Riñones | <input type="checkbox"/> Estómago | <input type="checkbox"/> Cerebro | <input type="checkbox"/> Intestinos |
| <input type="checkbox"/> Ojos | <input type="checkbox"/> Dedos | <input type="checkbox"/> Piel | <input type="checkbox"/> Páncreas |

9-¿Cuándo la sangre circula por nuestro cuerpo, las sustancias que transporta pueden salirse de los vasos sanguíneos?

- SI
- NO
- NO SE

10-Una vez que la sangre, con todas las sustancias que transporta, llega a los órganos (como los músculos por ejemplo) que ocurre?

Escribe V o F según sea verdadero o falso lo que se dice en cada frase:

	<p>La sangre circula en el interior de los vasos sanguíneos (arterias, capilares) que llegan a los órganos: Las sustancias nutritivas que lleva la sangre no salen de los vasos para quedarse en los órganos.</p>
	<p>La sangre circula en el interior de los vasos sanguíneos (arterias, capilares): Las sustancias nutritivas pasan a las células que las utilizarán para realizar sus funciones.</p>
	<p>La sangre circula en el interior de los vasos sanguíneos (arterias, capilares): Las sustancias nutritivas pasan de los vasos a los órganos, que las utilizarán para realizar sus funciones.</p>
	<p>La sangre circula en el interior de los vasos sanguíneos (arterias, capilares): Las sustancias nutritivas no salen de los vasos, ya que fueron eliminadas por el ano.</p>

He entendido la pregunta:

SI A MEDIAS NO

- Estoy seguro de mi respuesta
 Estoy casi seguro de mi respuesta
 Estoy poco seguro de mi respuesta
 He contestado a la suerte

11-¿De qué está hecho nuestro cuerpo?

- De órganos
 De carne
 De células
 De aparatos y sistemas
 De tejidos

12-¿Existe alguna relación entre las células y los órganos que forman nuestro cuerpo?

- SI
 NO
 NO SE

Señala la razón por la que has elegido la respuesta anterior.

- Las células son organismos vivos que hay en nuestro cuerpo. Realizan sus funciones independientemente de los órganos.
 En nuestro cuerpo hay millones de células en movimiento que realizan importantes funciones
 Los órganos están formados por células
 Los órganos están formados por células y otros elementos. ¿Cuáles? _____

13-Completa la tabla siguiente que se refiere a si los órganos (partes del cuerpo) están formados o no por células:

ÓRGANOS/ PARTES DEL CUERPO	SI	NO
Pulmones		
Corazón		
Huesos		
Músculos		
Riñones		
Estómago		
Cerebro		
Intestino		
Ojos		
Dedos		
Piel		
Pelo		

14-¿Las células toman alguna(s) de las siguientes sustancias para desarrollar sus funciones?

Tacha la(s) respuesta(s) correcta(s):

- Proteínas
 Gasas
 Oxígeno
 Glucosa
 Dióxido de carbono
 Vitaminas
 No, ninguna
 Sólo energía
 Aminoácidos

ANEXO 2

*"PLAN DE ESTUDIOS DE CIENCIAS NATURALES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA (S.E.P.)"*

PRIMER GRADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

1. Los seres vivos
 - 1.1 Plantas y animales
 - 1.2 Diferencias y semejanzas entre plantas y animales
 - 1.3 Plantas y animales en la casa y en el entorno inmediato
 - 1.4 La germinación

2. El cuerpo humano y la salud
 - 2.1 **Cambios en nuestro cuerpo ¿cómo éramos, cómo somos?**
 - 2.2 Partes visibles de nuestro cuerpo (cabeza, tronco y extremidades)
 - 2.3 Organos de los sentidos: oído, gusto, visión, tacto y olfato; su función y su higiene.
 - 2.4 **Cuidados del cuerpo: el aseo y los hábitos elementales en la buena alimentación.**
 - 2.5 Riesgos: zonas de riesgo en el hogar y en la escuela

3. El ambiente y su protección
 - 3.1 Importancia del agua para la vida
 - El agua es un recurso escaso
 - El uso adecuado del agua en la casa y la escuela
 - 3.2 El hombre transforma la naturaleza
 - Secuencia en la elaboración de algunos productos familiares al niño

4. Materia, energía y cambio
 - 4.1 El Sol como fuente de luz y calor
 - 4.2 Actividades durante el día y la noche
 - 4.3 Estados físicos del agua

5. Ciencia, tecnología y sociedad
 - 5.1 **Necesidades básicas: vivienda, alimentación, descanso y vestido**
 - 5.2 Los servicios de la casa. Agua, luz, drenaje
 - 5.3 El hombre transforma la naturaleza
 - Secuencia en la elaboración de algunos productos familiares al niño

SEGUNDO GRADO DE PRIMARIA

1. Los seres vivos
 - 1.1 Lo vivo y lo no vivo en el entorno inmediato. Características y diferencias generales.
 - Lo vivo (plantas, animales, ser humano)
 - Lo no vivo (objetos)

- Características del entorno: objetos, animales y plantas
 - 1.2 Los seres vivo su entorno
 - Diferencias y semejanzas entre plantas y animales
 - Características de algunas plantas de la comunidad
 - Características de algunos animales de la comunidad
 - 1.3 Cuidados y protección de los seres vivos del medio: las plantas, los animales y el ser humano
 - 1.4 **Funciones comunes de plantas y animales. Alimentación, circulación, respiración, excreción y reproducción.**
 - 1.5 Los seres vivos en los ambientes terrestre y acuático
 - El ambiente acuático
 - El ambiente terrestre
 - Características generales de los animales terrestres
 - 1.6 **Fuentes de alimentación de los seres vivos**
 - Cómo se alimentan las plantas
 - 1.7 Animales ovíparos y vivíparos
 - Identificación de algunos ejemplos
2. El cuerpo humano y su salud
- 2.1 **Estructura del cuerpo humano. Piel, músculos y huesos**
 - Funciones generales y cuidados que requieren
 - 2.2 **La importancia de la alimentación en el ser humano**
 - Los alimentos básicos: carne, cereales, leche, frutas y verduras
 - La higiene de los alimentos
 - 2.3 La higiene personal
 - Riesgos del descuido en la higiene
 - Cepillado dental
 - Baño
 - Lavado de manos
 - Limpieza de la ropa
3. El ambiente y su protección
- 3.1 El agua
 - Actividades comunes que contaminan el agua
 - 3.2 Cambios en el entorno
 - Los cambios naturales y los propiciados por el hombre
 - 3.3 Problemas de deterioro ambiental
 - Tala, erosión, sobrepastoreo
 - La contaminación del agua, del aire y del suelo
 - 3.4 Cuidados y protección que requieren los seres vivos
4. Materia, energía y cambio
- 4.1 Cambios que se perciben en el ambiente durante el día
 - La temperatura y la luz
 - 4.2 La luz y el calor

- Fuentes naturales y artificiales
- Importancia de la luz y el calor para los seres vivos
- 4.3 Relaciones de causa y efecto en algunos fenómenos naturales
 - Nubes y lluvia, día y calor, noche y frío
 - Los estados físicos del agua, como resultado del calor o del frío
- 5. Ciencia, tecnología y sociedad
 - 5.1 Alimentos de origen agrícola y ganadero
 - 5.2 **Tipos de alimento. Naturales, procesados, industrializados. Ventajas de los alimentos naturales**
 - 5.3 Las necesidades básicas y algunas aplicaciones científicas que permiten su atención en el entorno del niño

TERCER GRADO DE PRIMARIA

1. Los seres vivos
 - 1.1 La respiración, función común de los seres vivos
 - Importancia de la calidad del aire para la vida
 - Respiración de algunos animales: pulmonar y branquial
 - 1.2 El agua y el aire. Su relación con las plantas
 - 1.3 La planta
 - Sus partes. Función de cada una
 - Partes comestibles de una planta
 - Forma en que las plantas producen alimentos y oxígeno
 - Fotosíntesis. Noción inicial
 - Reproducción de las plantas, con y sin flores
 - 1.4 Cadenas alimenticias
 - Animales herbívoros, carnívoros y omnívoros
 - Elementos de la cadena alimenticia: productores, consumidores, descomponedores
 - Consecuencias de la ausencia de alguno de los elementos de la cadena alimenticia
2. El cuerpo humano y su salud
 - 2.1 Estructura, función y cuidados de algunos sistemas del ser humano: digestivo, circulatorio y respiratorio
 - 2.2 Los tres grupos de alimentos de acuerdo con el nutrimento que contienen
 - Cereales y tubérculos
 - Frutas y verduras
 - Leguminosas y alimentos de origen animal
 - 2.3 Importancia de la combinación de alimentos en cada comida
 - 2.4 Productos de consumo común que son de escaso valor alimenticio
 - 2.5 Manifestaciones de las enfermedades más frecuentes del sistema digestivo
 - Detección de algunas de sus manifestaciones
 - Causas típicas
 - Vías de transmisión y formas de prevención

- 2.6 Usos del agua
 - Las características del agua potable y su relación con la salud
- 2.7 Detección de zonas de riesgo y de objetos que pueden causar daño en el hogar, la escuela y la comunidad, medidas preventivas elementales
- 2.8 Técnicas sencillas para la atención de lesiones, golpes y quemaduras leves. Organización del botiquín escolar

- 3. El ambiente y su protección
 - 3.1 El agua y el aire. Su relación con las plantas y con los animales
 - 3.2 Los recursos naturales de la comunidad y la región
 - Su relación con los productos utilizados en el hogar y la comunidad
 - Cuidados necesarios para su preservación y mejoramiento
 - 3.3 Procedencia y destino de los desechos que se producen en el hogar y en la comunidad. Basura orgánica e inorgánica

- 4. Materia, energía y cambio
 - 4.1 **Los alimentos crudos y su transformación, por diferentes formas de cocción**
 - 4.2 Cambios de estado. Sólidos, líquidos y gases
 - 4.3 Noción de mezcla. Métodos sencillos de separación y filtrado
 - 4.4 Desplazamiento de objetos
 - Trayectoria que siguen los cuerpos al desplazarse (recta, curva, circular)
 - Desplazamiento de objetos sobre superficies rugosas o lisas

- 5. Ciencia, tecnología y sociedad
 - 5.1 Los recursos naturales de la comunidad y la región
 - La relación de los recursos con los productos utilizados en el hogar y la comunidad
 - Medidas y normas para el uso racional de los recursos naturales

CUARTO GRADO DE PRIMARIA

- 1. Los seres vivos
 - 1.1 Noción de ecosistema
 - Factores bióticos y abióticos
 - Tipos de organismo que habitan en un ecosistema (productores, consumidores y descomponedores)
 - Cadenas alimenticias
 - Niveles de organización (individuo, población y comunidad)
 - Ejemplos de ecosistemas
 - 1.2 Seres vivos
 - Animales vertebrados e invertebrados
 - Características generales del crecimiento y del desarrollo: nacer, crecer, reproducirse y morir**
 - Dimorfismo sexual

-Animales vivíparos y ovíparos. Características generales

2. El cuerpo humano y su salud

2.1 Manifestaciones de las enfermedades más frecuentes del sistema respiratorio

- Detección de sus manifestaciones
- Causas típicas, vías de transmisión y formas de prevención

2.2 Organos de los sentidos

- El sentido del tacto. Estructura y función
- Los sentidos del olfato y del gusto. Estructura, función y cuidados que requieren
- Los sentidos de la vista y el oído. Características, función y cuidados. Principales problemas en la agudeza visual y auditiva

2.3 Sistema inmunológico. Su importancia

- Elementos indispensables para el funcionamiento del sistema inmunológico: alimentación y descanso**
- Inmunidad activa y pasiva: vacunas y sueros
- Medidas básicas en caso de mordeduras de animales ponzoñosos

2.4 Sistema excretor

- Su importancia
- Estructura, función y cuidado
- La deshidratación

2.5 Sistema locomotor

- Interrelación entre huesos y músculos
- Cuidados, ejercicios y buena postura

2.6 Primeros auxilios, torceduras, luxaciones y fracturas

3. El ambiente y su protección

3.1 El agua

- Formas sencillas de purificar el agua. Ebullición, filtración, cloración

3.2 Los recursos naturales del país

- Recursos ganaderos, agrícolas y silvícolas
- Las formas de explotación racional de los recursos

3.3 Los procesos de deterioro ecológico en el país. Localización en las regiones naturales

4. Materia, energía y cambio

4.1 Cambios físicos y cambios químicos

4.2 Calor y temperatura

- El termómetro y su uso

4.3 Los sentidos de la vista y el oído

- Relación visión-ondas lumínicas, oído-ondas sonoras

4.4 Los alimentos como fuente de energía

4.5 Movimiento de los cuerpos

- Distancia y tiempo
- Noción de velocidad

5. Ciencia, tecnología y sociedad

- 5.1 Los recursos naturales del país
 - Recursos mineros y petrolíferos
 - La importancia de estos recursos y de su explotación racional
- 5.2 Las materias primas y su transformación. Establecimiento de relaciones en los bienes de uso frecuente
- 5.3 Tipos y fuentes de contaminación
 - Los desechos fabriles
 - Uso y tratamiento de aguas residuales
 - La contaminación por ruido: aviones, autos, fábricas

QUINTO GRADO DE PRIMARIA

1. Los seres vivos

1.1 La célula

- Noción de célula, como parte integrante de los tejidos, órganos y sistemas de los seres vivos
- Identificación de las partes principales de la célula. Núcleo, citoplasma y membrana

1.2 Características de los organismos unicelulares y pluricelulares

1.3 Capacidad de las plantas para producir su alimento

- Características generales de la fotosíntesis

1.4 Diversidad biológica

- Diversidad biológica representativa del país
- La extinción de plantas y animales
- Estrategias para la conservación de la flora y la fauna

1.5 Ecosistemas artificiales

- Las comunidades rurales y los sistemas de cultivo
- Comunidades urbanas

1.6 La combustión, un ejemplo de fenómeno químico necesario para los seres vivos

2. El cuerpo humano y la salud

2.1 El sistema nervioso

- Sus órganos más importantes y su función

2.2 Glándulas y hormonas

- Función general de las glándulas
- Glándulas de secreción interna y externa
- Función general de las hormonas
- Hipófisis: una glándula que regula todo el cuerpo

2.3 Aparato reproductor

- Estructura y función del aparato reproductor masculino
- Estructura y función del aparato reproductor femenino

2.4 Los roles sexuales y los prejuicios existentes en cuanto a diferencias de inteligencia, competencia y habilidad entre los sexos

- 2.5 Importancia de la alimentación**
- Alimentación equilibrada. Combinación y variación
 - Repercusión de una dieta inadecuada para el organismo
 - Importancia del aprovechamiento de los alimentos propios de la región
- 2.6 Adicciones: alcoholismo y tabaquismo
- Daños ocasionados por las adicciones y medidas preventivas
 - Influencia de los medios de comunicación en la promoción de las adicciones
3. El ambiente y su protección
- 3.1 Influencia del hombre para crear, controlar y regular las condiciones de algunos ecosistemas
- 3.2 Contaminación del aire, el agua y el suelo
- Consecuencias de la contaminación en los seres vivos
 - Acciones para contrarrestar la contaminación
4. Materia, energía y cambio
- 4.1 La noción de trabajo en física
- 4.2 Noción de energía
- 4.3 Mezclas: homogéneas y heterogéneas
- 4.4 Métodos sencillos de separación de sustancias. Filtración, cristalización, decantación
- 4.5 Efectos de una fuerza sobre distintos cuerpos
- Desplazamiento
 - Cambio de forma y tamaño
- 4.6 Noción de movimiento
- Tipos de movimiento. Pendular, rectilíneo y ondulatorio
- 4.7 La transmisión de ondas y sus efectos
- Las ondas y el sonido
 - Asociación de los terremotos con el movimiento ondulatorio
- 4.8 Tipos de energía: solar, eléctrica, luminosa, eólica, calorífica
- Los usos de la energía
5. Ciencia, tecnología y sociedad
- 5.1 Noción de electricidad
- Usos de la electricidad
- 5.2 Nociones de magnetismo
- Los electroimanes y la brújula

SEXTO GRADO DE PRIMARIA

1. Los seres vivos
- 1.1 Evolución de los seres vivos
- Relación de la selección natural con la adaptación
- 1.2 Características generales de las eras geológicas y de la vida en ellas
- Eras paleozoica, mesozoica, cenozoica
 - Los fósiles

- 1.3 La evolución humana
- 1.4 Los grandes ecosistemas
 - Rasgos de los principales ecosistemas
 - Factores bióticos y abióticos de los ecosistemas
 - La interacción del hombre con el medio y los cambios en los ecosistemas
- 2. **El cuerpo humano y la salud**
 - 2.1 **Crecimiento y desarrollo del ser humano**
 - Características generales. Infancia, pubertad, adolescencia, estado adulto y vejez
 - 2.2 Caracteres sexuales. Primarios y secundarios
 - 2.3 Los cambios físicos y psicológicos durante la pubertad
 - 2.4 Reproducción humana
 - Células reproductoras, masculinas y femeninas
 - Fecundación, embarazo y parto
 - 2.5 Herencia biológica. Características generales
 - 2.6 **Visión integral del cuerpo humano y de la interacción de sus sistemas**
 - 2.7 **Causas que alteran el funcionamiento del cuerpo humano**
 - Agentes
 - Prevención, cuidado y control de enfermedades
 - 2.8 Farmacodependencia y drogadicción
 - Medidas de prevención
 - Sus consecuencias individuales y sociales
 - 2.9 **Consecuencias de una alimentación inadecuada**
 - Consumismo y alimentos de escaso valor alimenticio
 - 2.10 Los primeros auxilios
 - Quemaduras y envenenamientos
 - 2.11 Medidas preventivas y actitudes de protección y respuesta ante desastres: terremotos, incendios, inundaciones, huracanes y otros
- 3. **El ambiente y su protección**
 - 3.1 Crecimiento de las poblaciones
 - Características y consecuencias
 - Explosión demográfica
 - 3.2 Agentes contaminantes
 - Tipos de contaminantes y daños que ocasionan
 - 3.3 La influencia de la tecnología en los ecosistemas
 - 3.4 Brigadas de seguridad ante situaciones de desastre

4. Materia, energía y cambio

4.1 Ciclos naturales del agua y el carbono

4.2 Conformación de la materia

-Noción de átomo

-Noción de molécula

-Noción de elemento

-Noción de compuesto: modelos sencillos de su conformación a partir de átomos

5. Ciencia, tecnología y sociedad

5.1 Las máquinas simples como auxiliares en las actividades humanas

5.2 La palanca, la polea y el plano inclinado

5.3 Las máquinas y su papel en los procesos productivos

ANEXO 3

*"PLAN DE ESTUDIOS DE BIOLOGÍA DE PRIMERO Y SEGUNDO GRADO DE EDUCACION SECUNDARIA DE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA (S.E.P.)"*PRIMER GRADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

UNIDAD TEMÁTICA 1

EL MUNDO VIVO Y LA CIENCIA QUE LO ESTUDIA

1. Historia y desarrollo de la biología
 - 1.1 Primeros conocimientos sobre los seres vivos
 - 1.2 Los trabajos de clasificación de Aristóteles
 - 1.3 La Edad Media: herbolaria, medicina y anatomía
 - 1.4 El descubrimiento del mundo microscópico: Leeuwenhoek
 - 1.5 Evolución y herencia: Darwin y Mendel
 - 1.6 La teoría sintética de la evolución
 - 1.7 El panorama actual
 - 1.8 Biología y sociedad: la relación de la biología con las otras ciencias
2. Los seres vivos: el objeto de estudio de la biología
 - 2.1 **Las características de los seres vivos (crecimiento, reproducción, irritabilidad, movimiento, metabolismo, organización, adaptación)**
 - 2.2 **Los componentes de los seres vivos: elementos, moléculas y células**
3. Los métodos de la biología
 - 3.1 Conocimiento subjetivo y objetivo
 - 3.2 El conocimiento empírico y el método científico
 - 3.3 La experimentación en biología
 - 3.4 La comparación en biología
 - 3.5 La observación en biología
4. El laboratorio escolar
 - 4.1 Su función
 - 4.2 Los materiales en el laboratorio
 - 4.3 Normas de seguridad
 - 4.4 Ejemplos de trabajo en laboratorio
5. Prácticas de campo
 - 5.1 Su función
 - 5.2 Los materiales de la salida de campo
 - 5.3 Ejemplos de investigaciones de campo
6. Sentido y utilidad de los estudios de biología
 - 6.1 **Conocimiento de los seres vivos**

- 6.2 Salud
- 6.3 Alimentación
- 6.4 Conservación ambiental

UNIDAD TEMÁTICA 2

EVOLUCIÓN: EL CAMBIO DE LOS SERES VIVOS EN EL TIEMPO

- 1. Ideas preevolucionistas
 - 1.1 Las primeras ideas: el fijismo
 - 1.2 Lamarck
- 2. Darwin y la selección natural
 - 2.1 Darwin y el viaje del *Beagle*
 - 2.2 Las influencias de Darwin
 - 2.3 La variabilidad y sus fuentes
 - 2.4 La selección natural
 - 2.5 La publicación de *El origen de las especies*
- 3. Evolución: diversidad y adaptación
 - 3.1 El origen de la diversidad biológica y la especiación
 - 3.2 El principio de adaptación
 - 3.3 El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución

UNIDAD TEMÁTICA 3

LOS SERES VIVOS EN EL PLANETA

- 1. El origen de la vida
 - 1.1 La generación espontánea
 - 1.2 Spallanzani y Needham
 - 1.3 Pasteur
 - 1.4 La panespermia
 - 1.5 El creacionismo
 - 1.6 La teoría de Oparin-Haldane
 - 1.7 Los experimentos de Miller y Urey
- 2. Las eras geológicas
 - 2.1 Los fósiles
 - 2.2 Tipos de fósiles
 - 2.3 Técnicas de fechamiento de fósiles
 - 2.4 Criterio de división de las eras geológicas
 - 2.5 La vida en las diferentes eras geológicas
 - 2.6 Evolución humana

3. Biodiversidad
 - 3.1 Tipos de seres vivos (terrestres, acuáticos; aerobios, anaerobios; autótrofos, heterótrofos)
 - 3.2 Importancia de la biodiversidad
 - 3.3 Las razones que provocan la pérdida de biodiversidad
 - 3.4 Especies en extinción
 - 3.5 La gran diversidad biológica de México
4. La clasificación de los seres vivos
 - 4.1 Criterios extrínsecos e intrínsecos
 - 4.2 Las primeras clasificaciones
 - 4.3 Los trabajos de Lineo
 - 4.4 Niveles taxonómicos
 - 4.5 Los cinco reinos de los seres vivos: monera, protoctista, hongos, animales y plantas
 - 4.6 El uso de los nombres científicos

UNIDAD TEMÁTICA 4

ECOLOGÍA: LOS SERES VIVOS Y SU AMBIENTE

1. ¿Qué es la ecología?
 - 1.1 Origen del término
 - 1.2 Importancia del estudio de los procesos ecológicos
2. Los sistemas ecológicos
 - 2.1 Los factores bióticos y abióticos del ambiente
 - 2.2 Los ciclos del carbono, el nitrógeno y el agua
 - 2.3 El principio de la fotosíntesis
 - 2.4 **Las cadenas alimentarias y la transferencia de energía**
3. Los ecosistemas
 - 3.1 La dinámica de un ecosistema
 - 3.2 Diferentes tipos de ecosistemas
 - 3.3 El ecosistema local
4. Consecuencias de la actividad humana en el ambiente
 - 4.1 La tala inmoderada y sus consecuencias
 - 4.2 El sobrepastoreo
 - 4.3 La contaminación ambiental
 - 4.4 La pérdida de la biodiversidad

5. Acciones para prevenir problemas ambientales
 - 5.1 Fuentes alternativas de energía
 - 5.2 Regeneración del suelo
 - 5.3 Reforestación y reciclaje
 - 5.4 Medidas anticontaminantes

UNIDAD TEMÁTICA 5

GENÉTICA: LA CIENCIA DE LA HERENCIA

1. Las ideas sobre la herencia antes de Mendel
 - 1.1 Los primeros procesos de domesticación
 - 1.2 La hibridación
 - 1.3 El descubrimiento de los gametos: espermatozoides y óvulos
2. Los trabajos de Mendel
 - 2.1 Genotipo y fenotipo
 - 2.2 Dominancia y recesividad
 - 2.3 Las leyes de Mendel
 - 2.4 Los chícharos: una elección afortunada
3. El ADN
 - 3.1 El enigma de la estructura del ADN
 - 3.2 El modelo de Watson y Crick
 - 3.3 Funcionamiento general
4. Cromosomas y genes
 - 4.1 ¿Qué es un gen?
 - 4.2 Los cromosomas y su importancia
 - 4.3 El cariotipo
5. Genética humana
 - 5.1 Herencia ligada al sexo
 - 5.2 Enfermedades hereditarias y alteraciones genéticas
 - 5.3 La interacción entre los genes y el ambiente
6. La manipulación de la herencia
 - 6.1 Clonación de organismos
 - 6.2 Procesos de inseminación artificial
 - 6.3 Fecundación in vitro

SEGUNDO GRADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

UNIDAD TEMÁTICA 1

NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE LA MATERIA VIVA

1. Elementos que forman la materia viva
 - 1.1 **Composición química de los seres vivos: C, H, O, N, S, P**
 - 1.2 El carbono: elemento base de los compuestos orgánicos
 - 1.3 Compuestos orgánicos útiles para el hombre (petróleo, plásticos, medicamentos)

2. Biomoléculas
 - 2.1 **Los carbohidratos: el combustible principal de la célula**
 - 2.2 **Los lípidos: energía de reserva y materia prima de las membranas**
 - 2.3 **Las proteínas: moléculas de usos múltiples (su papel estructural, enzimático, como anticuerpos, etcétera)**
 - 2.4 Enzimas: activadores metabólicos
 - 2.5 Los ácidos nucleicos: las moléculas de la información
 - 2.6 Un caso especial: los virus

UNIDAD TEMÁTICA 2

LA CÉLULA

1. Desarrollo histórico del concepto de célula
 - 1.1 Los trabajos de Robert Hooke
 - 1.2 La teoría celular de Schleiden y Schwann
 - 1.3 **La célula: unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos**
 - 1.4 **Células procariontes y células eucariontes**
 - 1.5 **Diferentes tipos de células en el cuerpo humano**

2. El sistema membranal
 - 2.1 La membrana celular y sus funciones
 - 2.2 Alimentación celular: endocitosis, vesículas y lisosomas, exocitosis
 - 2.3 La membrana nuclear y sus funciones
 - 2.4 El retículo endoplásmico, los ribosomas y la síntesis de proteínas
 - 2.5 Aparato de Golgi y secreción

3. El citoplasma
 - 3.1 Las mitocondrias y la respiración celular
 - 3.2 Los cloroplastos y la fotosíntesis

4. El núcleo y la división celular
 - 4.1 Los cromosomas
 - 4.2 La mitosis
 - 4.3 La meiosis

- 4.4 El ADN y la replicación
- 4.5 El ARN y la transcripción

UNIDAD TEMÁTICA 3

FUNCIONES DE LOS SERES VIVOS

1. **Relación tejido-órgano-sistema**
 - 1.1 Tejidos: su función y estructura
 - 1.2 Órganos: su función y estructura
 - 1.3 Sistemas: su función y estructura
2. **Respiración**
 - 2.1 La función de la respiración
 - 2.2 Órganos especializados en la respiración
 - 2.3 Respiración aerobia y anaerobia
3. **Circulación**
 - 3.1 La función de la circulación: transporte de oxígeno y alimentos
 - 3.2 El medio de circulación, sangre, linfa, savia
 - 3.3 Los órganos especializados en la circulación
4. **Nutrición**
 - 4.1 La necesidad de alimento
 - 4.2 Órganos especializados en nutrición
5. **Crecimiento**
 - 5.1 Glándulas y hormonas
 - 5.2 Las etapas del crecimiento de los seres vivos
 - 5.3 Cambios en la talla
6. **Reproducción**
 - 6.1 La función de la reproducción
 - 6.2 reproducción sexual y asexual
 - 6.3 Órganos especializados en la reproducción
7. **Percepción y coordinación**
 - 7.1 Los órganos de los sentidos
 - 7.2 Reproducción sexual y asexual
 - 7.3 El sistema nervioso autónomo

UNIDAD TEMÁTICA 4
REPRODUCCIÓN HUMANA

1. Sistema reproductor femenino y masculino
 - 1.1 Caracteres sexuales primarios y secundarios
 - 1.2 Madurez sexual
 - 1.3 Órganos sexuales y su función general
2. El ciclo menstrual
 - 2.1 La ovulación
 - 2.2 El periodo menstrual
3. Fecundación y embarazo
 - 3.1 La relación sexual
 - 3.2 La fecundación: unión del espermatozoide y el óvulo
 - 3.3 El desarrollo embrionario
 - 3.4 El parto
4. Métodos anticonceptivos
 - 4.1 Métodos químicos
 - 4.2 Métodos mecánicos
 - 4.3 Métodos naturales
 - 4.4 Métodos quirúrgicos
 - 4.5 La importancia social de las medidas anticonceptivas
5. Enfermedades de transmisión sexual
 - 5.1 ¿Qué es una enfermedad de transmisión sexual?
 - 5.2 Mecanismos de prevención
 - 5.3 Consecuencias para la salud de algunas enfermedades de transmisión sexual (sida, sífilis, gonorrea, herpes)

UNIDAD TEMÁTICA 5
LA SALUD

1. La alimentación: base de la salud
 - 1.1 La importancia de una dieta equilibrada
 - 1.2 ¿Qué son las Calorías?
 - 1.3 Los tres grupos de alimentos (cereales y tubérculos; frutas y verduras; leguminosas y alimentos de origen animal)
 - 1.4 ¿Qué comemos los mexicanos?
2. Enfermedades infecciosas y parasitarias más comunes en el hombre
 - 2.1 Las enfermedades locales más comunes y sus agentes
 - 2.2 Los mecanismos de prevención

3. **Uso de los servicios de salud**
 - 3.1 **Las clínicas de salud**
 - 3.2 **La importancia de una opinión especializada sobre la salud**

4. **Tabaquismo, drogadicción y alcoholismo**
 - 4.1 **Las causas de las adicciones**
 - 4.2 **El tabaquismo y sus consecuencias para la salud**
 - 4.3 **El alcoholismo y sus consecuencias para la salud**
 - 4.4 **La drogadicción y sus consecuencias para la salud**

5. **Responsabilidad del estudiante hacia la vida**
 - 5.1 **La importancia del respeto a los seres vivos**
 - 5.2 **El papel del hombre en la transformación del planeta**
 - 5.3 **El futuro**