

36
2ej.

RECIBO EN
BIBLIOTECA
2000
FOLIO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

PROPUESTA METODOLÓGICA Y EXPERIENCIAS DE APOYO
PARA LAS MODIFICACIONES E INNOVACIONES DE LA
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL TEMA DE CÉLULA EN EL
NUEVO PROGRAMA DE BIOLOGÍA I DEL BACHILLERATO
DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

MA. ENRIQUETA IRMA CORIA ÁLVAREZ



MÉXICO, D.F.

1994



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

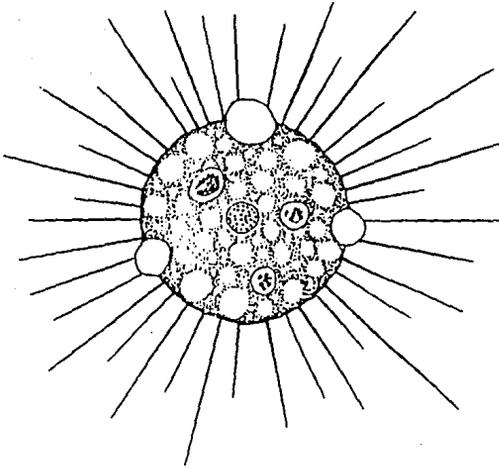
Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s) CORIA ALVAREZ MARIA ENRIQUETA IRMA

con número de cuenta 6512235 con el Título:

PROPUESTA METODOLÓGICA Y EXPERIENCIAS DE APOYO PARA LAS MODIFICACIONES E INNOVACIONES EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL TEMA DE CELULA EN EL NUEVO PROGRAMA - DE BIOLOGIA I DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Otorgamos nuestro **Voto Aprobatorio** y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de BIOLOGO

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
M en C	NARCISO JOSE	RUIZ CARDENAS	
Director de Tesis			
M en C	FRANCISCO JAVIER	TREJO BENITEZ	
BIOL.	CECILIA	GARDUÑO AMBRIZ	
M en C	MA. EUGENIA	TOVAR MARTINEZ	
Suplente			
M en C	GRACIELA	GOMEZ ALVAREZ	
Suplente			



Si hay algo en nosotros verdaderamente divino es la voluntad. Por ella afirmamos la personalidad, templamos el carácter, desafiamos la adversidad, corregimos el cerebro y nos superamos diariamente.

Santiago Ramón y Cajal

A mis padres:

**Enrique Coria A. y
María de la Luz Alvarez,
a quienes debo mi formación.
Gracias a su esfuerzo, apoyo
y cariño que recibo de ellos.**

Mi agradecimiento eterno.

A mi esposo e hijos:

**Héctor, Axel y Erwin,
por ser los pilares de mi vida.**

AGRADECIMIENTOS:

A mi Director de Tesis:
M. en C. Narciso José Ruiz Cárdenas.

Al Honorable Jurado:
M. en C. Fco. Javier Trejo Benítez,
M. en C. Cecilia Garduño Téllez,
M. en C. Ma. Eugenia Tovar y
M. en C. Graciela Gómez Álvarez.

A los Profesores:
M. en C. Manuel Salinas G. y
Biol. Jorge Herrera Peña,
para quienes me faltan palabras para
expresarles mi agradecimiento por su
ánimo, aliento, apoyo y desinteresada
ayuda para la realización de este trabajo.

**A dos personas "desconocidas", mis
amigas (camaradas):**
Ing. Julia Guadalupe Anaya G. y
Ma. de los Ángeles Sáenz P.,
por su empuje constante para la
realización y culminación de este trabajo.

A todos mis alumnos:
por que tengan éxito en su desarrollo
educativo.

I. INTRODUCCION

En los últimos años el panorama internacional ha escenificado profundos cambios. Por una parte, la conformación geopolítica de varios países se ha visto modificada. Los regímenes socialistas han tenido que corregir algunas de sus posiciones mantenidas durante muchas décadas y por otro lado existe la tendencia a la agrupación de varios países en bloques económicos. Estos son algunos de los aspectos que se admite han estado en gran parte condicionados por el avance científico y el desarrollo tecnológico.

Por otra parte, el Acuerdo Trilateral de Libre Comercio signado entre Estados Unidos, Canadá y México, hace prever la posibilidad que el intercambio comercial que se produzca entre estos países, podrá también extenderse hacia el terreno educativo. Tal situación puede resultar ventajosa para nuestro país, si se está en condiciones y se cuenta con los conocimientos que permitan aprovechar la mayor cantidad de recursos e información de que disponen estos países.

Recientemente, en la UNAM se han venido instrumentando proyectos que buscan instrumentar una revisión y reestructuración de planes y programas de estudio en sus escuelas y facultades.

Sumándose a lo anterior, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el mes de Marzo del presente, concretó un préstamo de 125 millones de dólares que van a ser aplicados en programas específicos para mejorar y actualizar la enseñanza en el Bachillerato de la UNAM.

Otra circunstancia a mencionar, son las obras que se están llevando a cabo en todos los planteles del Bachillerato de la UNAM, concernientes a la instalación de la infraestructura que permita la comunicación telemática mediante el sistema de redes. En este sentido, la computadora viene a representar un recurso con un enorme valor potencial que le permitirá a cualquier alumno de estos planteles, acceder a la información disponible en las principales bibliotecas que existen en el país y, si fuera el caso, lograr comunicación con estudiantes e investigadores de la mayor parte del mundo.

Finalmente, la Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades, concentra sus esfuerzos en un afán por la revisión y actualización del plan y de los programas de estudio de las asignaturas. En el mes de Noviembre de 1993, la comisión responsable publicó la "PROPUESTA EDUCATIVA PARA LOS CUATRO PRIMEROS SEMESTRES DEL AREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES DEL BACHILLERATO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES".¹

Si se toman en cuenta estos antecedentes, se estará de acuerdo en que la ocasión resulta coyuntural y hasta propicia para participar, así como para aprovechar las ventajas de este proceso de transformación que se está viviendo. Como parte de las estrategias que habrían de adoptarse, debe considerarse indispensable la posibilidad que nuestros alumnos de nivel Bachillerato puedan disponer de información actual, de aquella que está siendo objeto de estudio y atención de parte de la Biología Moderna.

Esta situación no resulta sencilla; puesto que la información que se va generando aparece inicialmente publicada en artículos especializados y mucho tiempo después, en los libros de texto. Por lo común, es hasta entonces, que la información queda en posibilidad de ser incorporada entre los contenidos de los programas de estudio.

En los últimos veinte años, las ciencias biológicas han experimentado profundos cambios. El avance científico y el desarrollo tecnológico han permitido ampliar y profundizar, entre otros, en el campo de conocimientos que conforman a la Biología Celular. La aparición de nuevas teorías que se han puesto a prueba a través de numerosos procedimientos experimentales, en ocasiones, han permitido encontrar múltiples respuestas y a la vez han hecho que surjan nuevas interrogantes. Es así, por ejemplo, que la clasificación filogenética de los seres vivos, apoyada en el diseño celular de los procariontes y de los eucariontes, permitió ofrecer una propuesta de clasificación de los organismos en cinco reinos (Whittaker , 1959); u otra mas reciente, que plantea que no hay únicamente dos líneas de descendencia evolutiva, sino tres: las Arquiobacterias, las Eubacterias y los Eucariontes (Woese, 1981). Los criterios para su clasificación ya no se hallan circunscritos a los datos geológicos fósiles, es la propia célula la que encierra claves de su pasado en las secuencias de aminoácidos de sus proteínas y en las secuencias de nucleótidos de sus ácidos nucléicos.

Por otra parte, los procesos de la reproducción celular (mitosis y meiosis), actualmente se les concibe, respectivamente, como parte de un proceso mas general en el que intervienen en ciclos celulares y ciclos de vida.

El descubrimiento que en los Eucariontes sus genes estructurales están fragmentados. los intrones, que no están presentes en el ARN mensajero, y los exones que van intercalados y son los que constituyen al ARN mensajero, permitió conocer el proceso de maduración del ARN durante la síntesis protéica.

El citoesqueleto que desempeña funciones relacionadas con el movimiento y sostén celulares, conformado por diferentes clases de proteínas: microtúbulos, microfilamentos y filamentos intermedios (junto con proteínas auxiliares), ha sustituido la imagen que se guardaba del protoplasma coloidal, hasta hace relativamente poco tiempo.

La utilización de modelos como prototipos de investigación que buscan explicar los fenómenos naturales, se constituyen en instrumentos primordiales para ayudar a tratar de comprender las relaciones entre estructura y función de la membrana celular. Las propuestas de Davson-Danielli (1935), J.D. Robertson (1962) y Singer- Nicolson (1972) ofrecen un ejemplo que puede ilustrar didácticamente como el conocimiento se produce mediante procesos que encuentran apoyo en los adelantos técnicos y el avance científico con los que se disponen en cada momento.

II. OBJETIVO

Elaborar y poner a disposición de los alumnos y profesores del nivel Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades, un documento para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los programas de Biología I y II, susceptible de proporcionarles un panorama de la Biología Celular que contemple los avances y conocimientos más importantes que se han generado en esta disciplina durante los últimos años.

III. MARCO TEORICO

Al elaborar este documento, la concepción de aprendizaje que se tomará en cuenta está formulada en los programas de Biología I y II contenidos en la "PROPUESTA EDUCATIVA PARA LOS CUATRO PRIMEROS SEMESTRES DEL AREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES ":

- El aprendizaje se propone, en síntesis, que los estudiantes adquieran elementos científicos para que se formen una mejor interpretación del mundo, más científica y ética que la que poseen al entrar al Colegio.

-El aprender desde la Biología no supone una sola memorización de una serie de datos, características y diagnosis de los seres vivos, de sus funciones y sus relaciones, sino que implica que el alumno vaya incorporando en su manera de ser, de hacer y de pensar, las nociones, conceptos, habilidades, actitudes y valores, para que desarrolle estrategias y estructuras de pensamiento, que le permitan cambiar la concepción mágica del mundo que le rodea y construir explicaciones consistentes con la realidad.

Por otra parte en la "Gaceta Amarilla" 2. se define que lo que se busca en el sistema CCH es que el alumno al final de su formación sepa aprender, sepa informarse y estudiar sobre materias que aun ignora, recurriendo para ello a los libros, enciclopedias, periódicos, revistas, cursos extraordinarios que siga fuera de programa. No pretende otorgar una cultura enciclopédica, sino los métodos y técnicas necesarios y el hábito de aplicarlos a problemas concretos y de adquirir nuevos conocimientos. En esencia, el lema en el Colegio de Ciencias y Humanidades, es que el alumno "Aprenda a aprender". Esto es, que el alumno debe participar activamente para generar y construir el conocimiento.

Partiendo de las definiciones anteriores, para la estructura del material se parte de la interpretación que se hace de la teoría del aprendizaje formulada y sustentada por Robert M. Gagné. Para este autor, *el aprendizaje es un cambio de estado interno que se manifiesta en un cambio de ejecución y en la persistencia de dicho cambio* (Gagné y Briggs, 1974). Naturalmente que estos cambios se deben a un proceso de capacitación, es decir, el aprendizaje capacita a los estudiantes para modificar su comportamiento con una cierta rapidez y en forma más o menos permanente; esto se nota cuando observamos una transformación de lo que los estudiantes ya sabían. En resumen, desde este punto de vista, *el adquirir la capacidad de reproducir lo que se ha asimilado, significa que el alumno ha aprendido y retenido la información gracias a complejos procesos cognoscitivos, como la atención, la comprensión, la memoria, etc.*

Para Gagné, los procesos del aprendizaje se componen de eventos internos y externos. Los externos son aquellos elementos que se observan con facilidad, ya sea la estimulación que llega al estudiante, como los productos que resultan de sus respuestas. Los eventos internos se infieren de las observaciones de la conducta del alumno que se cree que tiene lugar en el sistema nervioso central.

Gagné denomina *procesos operativos* a cada una de las fases que intervienen en el acto de aprendizaje: Motivación (expectativa), Comprensión (atención y recepción selectiva), Adquisición (codificación y acceso a la información), Retención (acumulación en la memoria), Recuerdo (recuperación), Generalización (transferencia), y Retroalimentación (afirmación). La interpretación que se hace sobre estos procesos operativos corresponden en la estructura del libro a la Motivación=Presentación del tema; Comprensión, Adquisición y Retención=Actividades de aprendizaje; Recuerdo, Generalización, Desempeño=Autoevaluación y Afirmación=Actividades autocorrectivas.

De acuerdo a la interpretación anterior se procede a su definición:

-MOTIVACION

Presentación del tema con base en la selección de contenidos en el mismo, realizándose de acuerdo al análisis del programa base.

Estos contenidos son necesarios para dar una visión general del tema, deberá tener los conceptos principales, teorías básicas y en general los aspectos fundamentales de los temas a estudiar.

Siguiendo criterios lógicos, se realizarán la organización de los contenidos, atendiendo además a criterios psicológicos referentes al alumno mismo, como por ejemplo, los conocimientos previos, desarrollo, interés por el tema, considerando que los dos criterios se integran con la finalidad de que el alumno logre un mayor conocimiento del objeto de estudio.

El desarrollo de los contenidos se hará de acuerdo a la estructura conceptual propia de la disciplina.

En forma breve y en algunos casos habrá la posibilidad de explicar los conceptos mas representativos y básicos de la disciplina, ejemplificándolos para una mayor comprensión y guiándolos en casos necesarios a lecturas, en otros casos se hará una pequeña introducción o quizá un resumen del tema que se está estudiando guiando nuevamente al alumno a las lecturas de consulta, dependiendo del caso, se podrá partir de diferentes ejemplos para llegar a comprender el concepto.

Se pueden incluir diferentes modalidades para el desarrollo del tema dando flexibilidad y movimientos en relación a la cantidad y tipo de material que el alumno tenga necesidad de consultar, pero además teniendo en cuenta la manera de adquirir el conocimiento, ordenando y desarrollando el tema como un elemento motivante que provoque el aprendizaje en el mismo.

-ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Serán planteadas de acuerdo a la estructuración conceptual del tema, esto quiere decir que según sea el caso se podrán pedir ejercicios como colecta de muestras, realización de observaciones al microscopio, elaboración de prácticas de laboratorio enunciado o descripción de conceptos, etc.

Sugerencias sobre actividades de aprendizaje:

- Consulta previa del tema, para la ayuda del entendimiento y comprensión del mismo.
- Promoción de actividades sistemáticas de tipo integrativo.
- Incorporar actividades que fortalezcan las transparencias horizontales y verticales.
- Se organizarán de manera que ambas se refuercen .
- Adaptar actividades de información, prácticas y retroalimentación.
- Hacer que se logre la integración de los diferentes conceptos.
- Inducir a los alumnos, al planteamiento de situaciones-problemas, además de organizar la forma de ataque del problema.
- Se hará énfasis en niveles superiores de conocimiento para evitar en lo posible la repetición de conceptos.
- Planteamiento de actividades teniendo en cuenta los recursos de los alumnos como son: materiales, conocimientos, etc.
- Indicar que en algunos casos, del tema será necesario tomar diferentes alternativas o caminos mas cortos.
- Se hará una continuidad de conceptos para una mejor comprensión

- AUTOEVALUACION

Con la autoevaluación se pretende determinar aspectos de mayor importancia en el aprendizaje de cada uno de los temas o subtemas presentados. Esta se planteará conjuntamente con los objetivos y actividades de aprendizaje anteriormente sugeridas o planteadas.

Se harán de diferentes maneras, de acuerdo al tema, procurando siempre ser lo más específicos, comparativamente, con un examen se piden diferentes niveles de conocimiento del tema previamente analizado y expuesto.

-ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Se expresarán de tal forma que permitan una integración de conocimientos previos, que finalmente permitan al alumno la expresión con un nivel mas elevado de conocimientos, realizando una integración y una generalización.

La verificación se realizará a través de evaluaciones fraccionadas, esto quiere decir que si el alumno no es capaz de resolver las actividades autocorrectivas será necesario que regrese a la revisión de su tema; y asimismo a la autoevaluación correspondiente.

La ciencia y la tecnología están transformando constantemente la estructura económica y social de muchas Naciones ya que siendo instrumentos indispensables del progreso, requieren de un impulso sin precedente. Existen considerables avances en la producción de textos y materiales, pero se está lejos de haber implantado métodos adecuados en la enseñanza de las ciencias.

Hoy en día, una de las filosofías educativas de mayor significado en el mundo especialmente en los países americanos es el experimentalismo, estructurado por Dewey y Kilpatrick. Su postulado es que la educación es un proceso de reconstrucción y reorganización de la experiencia.

Una de las mayores revoluciones de la Biología ha ocurrido en el campo de la citología a raíz del invento del microscopio electrónico y de los grandes adelantos en la bioquímica. Se requiere, por lo tanto, hacer el máximo esfuerzo de mostrar a los estudiantes al microscopio diversos tipos de células y aquellos de sus componentes que se pueden observar fácilmente mediante el microscopio óptico, como son cromosomas, gránulos de clorofila, plastocitos, mitocondrias, vacuolas, pared celular, etc.

Es indispensable que el estudio al microscopio vaya siempre ligado al funcionamiento celular. Por esta razón son importantes los trabajos hechos al microscopio con células vivas, tales como ciclosis, plasmólisis y su reversión; multiplicación de levaduras, bacterias, protozoarios, mecanismos de locomoción en flagelados, ciliados y amibas.

La rapidez con la que se vienen generando nuevos conocimientos sobre la célula y su biología han ido cambiando el concepto que sobre ella se tenía hasta hace poco tiempo. A estos avances no siempre le es factible acceder al estudiante de Bachillerato, ya que este tipo de información se encuentra contenida en libros o revistas muy especializadas.

En este trabajo se trata de ofrecer al profesor y a los alumnos una visión mas actualizada e integral de la que normalmente pudiera encontrar en un libro de texto a nivel de Bachillerato; por estas consideraciones este documento no aspira a profundizar en los temas que aquí se exponen; mas bien se preocupa de que el estudiante aprenda aquella información básica que le permita formarse una visión integral y relativamente actualizada de la célula y los procesos celulares.

Lo mas probable es que al lector que se inicie en esta materia no le resulte sencillo con la mera lectura de los contenidos (temas) que aquí se describen, y en general para quien desee emplear una metodología para el aprendizaje, se propone que atienda cada uno de los puntos que acompañan a cada tema: .) Actividades de aprendizaje, .) Autoevaluación y .)Actividades autocorrectivas. En conjunto estos tres pasos se han estructurado de tal forma que constituyen una metodología para el aprendizaje.

INSTRUCCIONES DE MANEJO DE MATERIAL:

.) Atender a las instrucciones que se indican al iniciar el tratamiento de cada uno de los puntos comprendidos en la metodología para el aprendizaje.

- .) Iniciar con una lectura global del libro.**
- .) Continuar con la lectura de cada una de las partes en forma específica.**
- .) Realización de las actividades de aprendizaje, debido a su relación con la ayuda para asimilar el tema.**
- .) Realización de las autoevaluaciones, como ejercicios de verificación y cuestionamiento.**
- .) Realización de las actividades autocorrectivas como retroalimentación y globalización de conocimientos.**

INDICE

PAG.

I. INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LA CELULA

1

- 1.- Aspectos históricos
- 2.- Microscopio
- 3.- Unidades de medida
- 4.- Tamaño de las células
- 5.- Actividades de aprendizaje
- 6.- Autoevaluación
- 7.- Actividades autocorrectivas

II.- ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS VIVIENTES

18

- 1.- Origen y evolución de las células
- 2.- Las células en los cinco reinos y en los tres reinos
- 3.- Procariontes y eucariontes
- 4.- Virus y viroides
- 5.- Actividades de aprendizaje
- 6.- Autoevaluación
- 7.- Actividades autocorrectivas

III.- CELULA, ESTRUCTURA Y FUNCION

29

- 1.- TEORIA CELULAR
- 2.- ESTRUCTURA Y FUNCION

2.1.- MEMBRANA

29

- a) Composición. Modelos estructurales. Función.
- b) Intercambio de sustancias
 - Difusión
 - Transporte: Difusión Facilitada. Transporte activo y transporte pasivo
 - Citosis: endocitosis y exocitosis
 - Estructuras locomotoras: cilios, flagelos y pseudópodos.
- c) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas

2.2 CITOESQUELETO

41

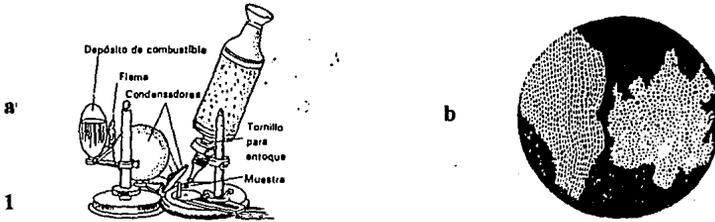
- a) Composición química
- b) Función y morfología
- c) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas

2.3.- RIBOSOMAS	44
a) Composición química.	
b) Función: síntesis de proteínas	
c) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
2.4.-MITOCONDRIA	49
a) Origen de la mitocondria	
b) Estructura, Tamaño, Forma y Cantidad	
c) Función: respiración celular	
d) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
2.5- CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS	62
a) Aspectos Históricos	
b) Estructura del cloroplasto	
c) Pigmentos fotosintético	
d) Reacciones fotosintéticas	
e) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
2.6.- RETICULO ENDOPLASMICO	73
a) Aspectos Históricos	
b) Estructura y Función	
e) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
2.7.- APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI	78
a) Aspectos históricos	
b) Ultraestructura	
c) Función: Transformaciones de membrana	
e) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
2.8.- LISOSOMAS	84
a) Aspectos históricos	
b) Estructura	
c) Función y formación	
d) Alteraciones asociadas con lisosomas	
e) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas.	
2.9.- MICROCUERPOS	91
a) Determinación	
b) Peroxisomas	
c) Glioxisomas	
d) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	

2.10.- NUCLEO	98
a) Aspectos Históricos	
b) Estructura	
c) Descubrimiento del ADN y los cromosomas	
d) Función : Division Celular	
e) Actividades de aprendizaje, autoevaluación y actividades autocorrectivas	
IV. REFLEXIONES FINALES	113
V.- BIBLIOGRAFIA	115
VI.- CREDITOS DE LAS FIGURAS	116

INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LA CELULA ASPECTOS HISTORICOS

Las primeras observaciones de la célula se lograron gracias al invento de las lentes y del microscopio. Se sabe que el siglo XIII, en Italia se organizaban algunos actos para mostrar las características de los cristales curvos. Se le atribuye a Zacarías y Hans (tío y sobrino) que en el año de 1590 lograron desarrollar un microscopio compuesto, esto es, la superposición de dos lentes con los que aumentaban hasta treinta veces el tamaño de la imagen observada, en relación con el tamaño real. Estos microscopios disminuían la distorsión que se observaba con el microscopio simple, esto es, un solo lente amplificador (como una lupa).



En 1665, el inglés Robert Hook notifica por primera vez el descubrimiento de las células en el libro "Micrographia", donde revela la existencia de células (del griego "kytos"=célula, del latín "cella" =vacío) o poros en un tejido vegetal. Logró esta observación al examinar un corcho del que obtuvo un corte muy delgado con un cortaplumas (fig.1). En realidad, lo que Hook observaba eran las paredes de la célula, sin nada del tejido vegetal; desde luego las paredes celulares habían sido producidas por células originalmente.

Nehemian Greuu, entre 1672 y 1682, así como Antonio Van Leewenhoek, entre 1673 y 1710, establecieron los fundamentos, de que la célula es la *unidad estructural fundamental de los organismos*. Greuu publicó observaciones microscópicas que hacia acerca de la anatomía vegetal, mientras que Leewenhoek mantenía informada a la Real Sociedad de Ciencias de Londres con descripciones sumamente cuidadosas y detalladas de todos los objetos móviles y formas que veía con los microscopios simples que el mismo había construido; lupas que indudablemente debieron haber sido de extraordinaria calidad como para captar todos los detalles que Leewenhoek informaba (fig.2).

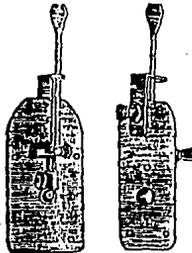


Figura 2. Microscopio de Leweenhoek; vista frontal y posterior

Los siguientes años permitieron mejorar notablemente la calidad de los lentes del microscopio. En 1833, Robert Brown publica sus observaciones acerca de la existencia del núcleo de las células, pero su descubrimiento no fue celebrado con la debida atención por sus contemporáneos. Sería hasta años mas tarde cuando se reconocería su importancia, ya que en esos años prevalecía la influencia de Jacob Schleiden, para explicar que las células hijas se formaban en el interior de la célula madre, por agregación de gránulos protoplásmicos en un proceso de formación de "células libres" (fig. 3). En esta época la pared celular era la estructura más notable de la célula.



Fig. 3

Basados en la compilación de estudios realizados hasta 1838-1839, en células vegetales y animales, el botánico Mathias Jakob Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann propusieron una *Teoría Celular* que unificaba a todos los organismos al postular: la célula es la unidad básica estructural de todos los seres vivos. Todos los seres vivos están formados por una o más células.

Por esas fechas, en 1839, Johannes Purkinje, anunciaba al protoplasma como la materia viva de las células. En 1840, las observaciones realizadas por Karl Nageli, lo llevaron a proponer el proceso de la *división celular*. Esta, en contraposición con la teoría de Schleiden, establece que solo el núcleo era formado de nuevo por cada ciclo de la división celular.

Hacia 1859, un biólogo alemán, Rudolph Virchow, reunió suficiente información como para llegar a establecer que *toda célula deriva de otra preexistente: omnis cellula e cellula*. Esta generalización, aunada a la propuesta por Schwann y Schleiden, constituyeron la base de los trabajos e investigaciones que sustentan el conocimiento que se ha alcanzado hoy en día sobre la célula. A los postulados conjuntos establecidos por Schwann, Schleiden y Virchow, se les conoce actualmente como la *teoría celular moderna*.

Hacia 1875 Oscar Hertwig dio a conocer la *fertilización* del óvulo y que la fusión de los dos pronúcleos son necesarios para que el huevo se desarrolle en cigoto. Strasburger lo confirma en los vegetales en el año de 1877.

Hacia 1880 la *división indirecta* de las células animales fue descubierta por Walter Flemming, proceso al que denominó *Mitosis*. Edward Strasburger ratificó el mismo comportamiento en las plantas.

Fue hasta 1905 que J.R. Farmer y J. E. Moore describieron al proceso de la división de la *meiosis*.

Numerosas observaciones y nuevos descubrimientos vinieron sucediéndose.

Gracias a los avances en la técnica logrados en el época actual, se han logrado mejorar las primeras observaciones que Robert Altman hizo en 1856 acerca de unos componentes celulares

que suponía estaban involucrados en la producción de energía de la célula, a los que en 1893 C. Benda llamó *mitocondrias*.

T. Boveri describió el centriolo en 1883, aunque su compleja estructura solo ha podido ser dilucidada recientemente con ayuda del microscopio electrónico.

A finales del siglo pasado fue descubierto el aparato de Golgi por un italiano, Camilo Golgi y un español, Santiago Ramón y Cajal. Esta estructura cuya técnica de tinción es muy difícil, por lo que solo hasta mediados de la década de 1950, con el advenimiento del microscopio electrónico, su existencia pudo ser ampliamente corroborada.

La cantidad de información que se ha obtenido y los avances en los métodos particulares que se emplean para el estudio de la célula, han generado la necesidad de crear un campo propio para su estudio, la *Citología* (cytos=célula; logos=estudio) como una de las ramas de la Biología.

I.2- MICROSCOPIO

a) Aspectos Históricos.

La palabra microscopio se forma de dos raíces griegas, *mikros*=pequeño, *scopein*=examinar, ver.

Para llegar a conocer las cosas pequeñas que al hombre no le es dado apreciar a simple vista, se ideó el microscopio. En su forma más simple consiste en una lente de aumento o lupa. Egipcios, griegos y romanos la conocían en forma de una esfera de vidrio llena de agua. La lupa más antigua, de las descubiertas hasta ahora, fue encontrada en las ruinas de Nínive por el arqueólogo británico Sir Austin Layard.

Plinio el viejo, en el año 100 d.c. citó la propiedad "de quemar que tenían las lentes hechas de cristal". Aunque la ciencia de la óptica, como se entiende en la forma moderna, se inicia en Italia en el siglo XIII con los escritos de Roger Bacon que sirvieron como fundamento del microscopio y del telescopio. Probablemente a él se le pueda atribuir la invención de las gafas.

El microscopio compuesto inventado en 1590 se le atribuye a Zacarías y Hans Janssen. Este microscopio reunía a dos lentes convexas (fig. 4) en el interior de un tubo. Proporcionaba apenas treinta aumentos y las imágenes presentadas eran algo confusas. Se dice que para el año 1610, Galileo se había convertido en un experto en su manipulación.

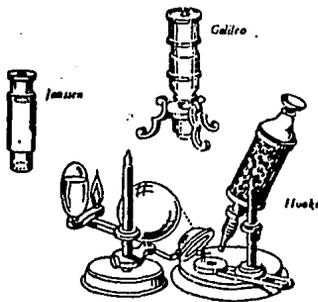


Fig.4 Microscopio de Jansen, Hooke y Galileo.

Seguramente las observaciones de Anton Van Leewenhoek (1632-1723) eran de mucho mejor calidad. Las lentes que el mismo construía le permitieron comunicar a la Real Sociedad de Ciencias de Londres que descubría: "organismos culebreantes" y "gusanos" de muestras tomadas en el canal de Delft y en raspados de sus dientes. Logró además identificar a los eritrocitos y hacer dibujos precisos de su forma.

Las mejoras al microscopio óptico se fueron sucediendo con relativa rapidez. Los franceses mejoraron la parte mecánica, los ingleses y holandeses la óptica y finalmente, a mediados del siglo pasado, los alemanes contribuyeron a la fabricación de aparatos en serie de gran calidad. La reunión de tres especialistas: Zeiss, mecánico de precisión; Abbe, profesor de física; y Schott, maestro vidriero, llevaron al invento de la iluminación oblicua y a otros procesos de importancia.

PARTES DEL MICROSCOPIO

El microscopio óptico (fig.5) consta de tres partes o sistemas principales: 1) el sistema óptico, 2) el sistema mecánico, 3) el sistema de iluminación.

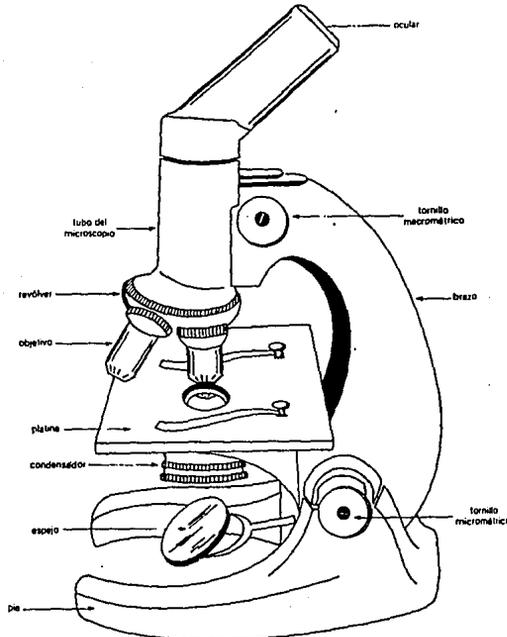


Figura 5. Microscopio Óptico

El sistema óptico está constituido por dos tipos de lentes: el ocular y los objetivos. Los objetivos pueden ser de dos tipos:

a) Los objetivos a seco. Entre ellos y la preparación la luz pasa a través del aire.

b) Los objetivos a inmersión. Entre ellos y la preparación se emplea una sustancia con un índice de refracción igual o mayor al del vidrio. Esta sustancia es comunmente aceite de cedro, cuyo índice de refracción es de 1.5 (igual al valor del índice de refracción del vidrio) (fig. 6).

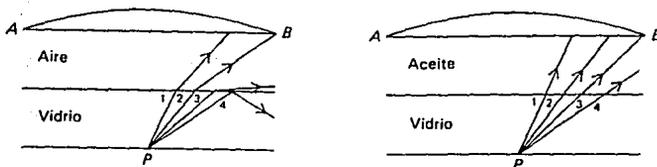


Fig. 6 Funcionamiento del aceite de inmersión

Se llaman objetivos a inmersión porque la lente frontal queda inmersa en dicha sustancia. Hay también algunos objetivos que van inmersos en el agua.

Los objetivos van sujetos a un revolver que permite intercambiarlos entre sí. Generalmente son tres:

- 1) El *seco débil*, de 8 a 10 aumentos.
- 2) El *seco fuerte* de 40 a 50 aumentos.
- 3) El de *inmersión*, de 95 a 100 aumentos

Algunos objetivos vienen marcados con un número que se acompaña con el signo "X", que indica la capacidad de aumentos del objetivo. Así, 10X, son diez aumento; 43X, son cuarenta y tres aumentos, 100X son cien aumentos.

Otros objetivos (fig. 7) llevan grabados otros valores que significan las siguientes características:

25 aumentos/apertura numérica=0.45. El número 160, es el que comunmente aparece y solo en algunas excepciones el número 170. Este valor indica la longitud del tubo (en mm) del microscopio con el cual debe emplearse el objetivo correspondiente. La cifra 0.17 corresponde al espesor (en mm) de la laminilla (portaobjetos) que debe emplearse para corregir las aberraciones de la lente.



Fig. 7 Esquema de un objetivo

Existen en el mercado diversos tipos de objetivos que se enumeran según su perfección óptica: acromáticos, neofluotares, planocromáticos, apocromáticos y planoapocromáticos (como el de la fig. 7). Los acromáticos son los mas comunmente utilizados. El *sistema mecánico* sirve de soporte a la óptica y en los mas modernos a la iluminación. Está formado por un *pie o base* que se une al *brazo o columna* y este al *tubo* y a la *platina*, que lleva a un par de *pinzas* que sujetan a los cristales que portan la muestra. En medio de esta, hay un orificio que deja pasar la luz y generalmente a los lados un par de tornillos, el *macrométrico* y el *micrométrico*.

El *sistema de iluminación* consiste en una *fente luminosa* que puede venir o no integrada al microscopio. Hay también un *diafragma* que regula la cantidad de luz que debe pasar a través de la muestra y un *condensador* que concentra la luz para enviarla en forma de cono a la preparación.

FUNCIONAMIENTO DEL MICROSCOPIO

La luz emitida por la fuente que ilumina a la preparación, es recogida por el condensador y proyectada como un cono de luz en la muestra que se está observando al microscopio (fig. 8).

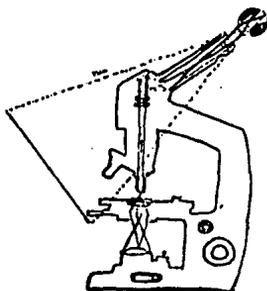


Fig. 8 Recorrido del haz luminoso en el microscopio óptico.

El haz luminoso en forma de cono después de atravesar las células, alcanza el objetivo que proyecta una imagen aumentada en el plano focal del ocular.

La ampliación total que se obtiene de un microscopio es igual al aumento del objetivo multiplicado por el aumento del ocular.

El poder lograr una imagen con alta calidad de observación, depende del *poder de resolución* de las lentes y no solo de su capacidad para ampliarla.(fig. 8).

Dicho en otros términos: la riqueza de una imagen depende de lo que se alcance a ver y no solo de lo grande que se vea. El poder de resolución se define como la capacidad de un sistema óptico para separar detalles. Un ejemplo es cuando durante la noche se observan las dos luces de un automóvil que a la distancia se aproxima. A cierta distancia lejana estas dos luces se ven como si provinieran de una sola fuente, pero al acercarse, nos damos cuenta (como si se elevara el poder de resolución) que en realidad la luz proviene de dos fuentes distintas.

Esta incapacidad del ojo, o de la lente, para distinguir si se trata de un o objeto, o mas que están muy próximos y que se ven como si fuera uno solo, es debida en realidad a una limitación causada por la misma naturaleza de la luz. En términos generales se puede establecer que:

"dos objetos aparecen como uno solo, si la distancia que los separa es menor que la longitud de onda de la luz empleada, o si la distancia entre las imágenes de tales objetos, en la retina del ojo o en la placa fotográfica, es mas pequeña que lo indicado".

Por ejemplo, dos partículas separadas por 0.3 micrones (μm) se ven independientes cuando se les examina con un sistema óptico con límite resolutivo de 0.2 μm ; pero si la observación se hace con un sistema de límite resolutivo de 0.5 μm , aparecerán fusionadas como si fueran una sola partícula de mayor tamaño.

El límite de resolución (LR) de las mejores lentes utilizadas en los microscopios ópticos es de 0.2 μm , mientras que el límite de resolución del ojo humano a simple vista es de 0.1 μm .

En los microscopios ópticos, la función del ocular consiste en aumentar el tamaño de la imagen y la de los objetivos, mejorar el poder de resolución.

El poder resolutivo depende principalmente de la *apertura numérica* (A.N.) (fig. 9) y de la *longitud de onda* de la luz utilizada. Esta apertura numérica aparece grabada en los objetivos (fig. 7) y es igual al menor índice de refracción del medio interpuesto, entre el objetivo y el medio que se está observando, multiplicando por el seno del semiángulo de apertura:

$$\text{A.N.} = n \text{ seno } \alpha$$

Se llama semiángulo de apertura (α) al ángulo que se forma por los rayos mas externos que alcanzan a penetrar en el objetivo.

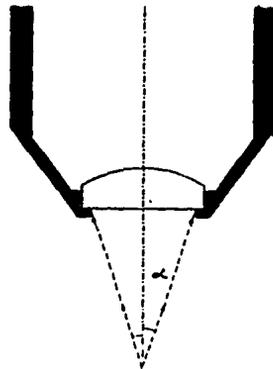


Fig. 9 Cono luminoso incidente sobre un objetivo, mostrando el semiángulo de apertura. Su valor sirve para calcular la A.N.

En los objetivos en seco, el medio de menor índice de refracción (n) que se interpone entre la muestra examinada y el lente del objetivo es el aire, con $n=1$.

Con el propósito de aumentar la A.N. se fabricaron los objetivos a inmersión, los cuales, como ya se mencionó, trabajan con la lente frontal inmersa en un líquido que por lo general es un aceite, cuyo índice de refracción (n) es = 1.5.

Una regla común es que la *amplificación útil para un microscopio es aproximadamente 1000 veces la apertura numérica de la lente.*

El límite de resolución (LR) del objetivo está dado por la fórmula:

$$LR = \frac{K \times \lambda}{A.N.}$$

Donde:

k= Es una constante con valor estimado de 0.61

λ = Es la longitud de onda de la luz empleada. En la práctica, el objeto es iluminado con luz blanca, que resulta del conjunto de ondas de diferente longitud. Para el cálculo del LR se utiliza la longitud de onda correspondiente a la banda del verde-amarillo (0.55 μm = nm), por ser el ojo humano mas sensible a esos colores que a ningún otro.

A.N.= Apertura Numérica= $n \sin \alpha$ y donde n y α fueron definidos en renglones anteriores como: n=el menor índice de refracción del medio interpuesto entre la muestra y el objetivo; mientras que α es el semiángulo de apertura que se forma por los rayos mas externos que alcanzan a penetrar el objetivo.

En seguida se muestran un par de ejemplos que ilustran la aplicación de la fórmula para calcular el límite de resolución (LR).

Ejemplo (1):

Calcular el límite de resolución para un objetivo de 45X, cuya apertura numérica (A.N.) es =1

$$LR = \frac{k \lambda}{n \sin \alpha} = \frac{k \lambda}{A.N.}$$

K= 0.61

λ = 0.55 μm

A.N.= 1

$$LR = \frac{0.61 \times 0.55 \mu\text{m}}{1} = 0.33 \mu\text{m}$$

Ejemplo (2) :

Calcular el LR para una lente con la misma capacidad de aumentos que la del ejemplo anterior (45X), con una abertura numérica = 0.65

$$LR = \frac{K \lambda}{A. N.} = \frac{0.61 \times 0.55 \mu\text{m}}{0.65}$$

$$LR = 0.51 \mu\text{m}$$

Como es posible percatarse de los dos ejemplos citados anteriormente, la capacidad de aumentos de los objetivos es la misma para los dos casos (45 X), no obstante con el objetivo del primer ejemplo cuyo LR= 0.33 μm , mostrará detalles que no serán visibles con el objetivo del segundo ejemplo. Por ejemplo, dos mitocondrias separadas por una distancia de 0.4 μm , aparecerán como un solo corpúsculo con el objetivo que tiene el LR de 0.51 mm y como dos organelas separadas con el objetivo de LR= 0.33 μm .

No obstante la perfección que se ha alcanzado en la fabricación de los microscopios, hay algunos otros factores que afectan su poder de resolución. Estos son siete aberraciones importantes. De entre ellas, las más comunes son: la cromática, de esfericidad y la curvatura de campo . Es por ello que cada objetivo no viene formado por una sola lente convergente, sino que en realidad contienen una compleja serie de lentes que pretenden eliminar dichas aberraciones.

DIFERENTES TIPOS DE MICROSCOPIOS

Los avances obtenidos durante las últimas décadas en la construcción de microscopios, elevan significativamente la calidad de las observaciones y parecen recordar muy poco al microscopio inventado por Leewenhoek hace más de tres siglos.

A continuación se mencionan algunos microscopios que se usan en la actualidad.

MICROSCOPIO DE LUZ POLARIZADA.- Se emplea para estudiar ciertos aspectos de la organización molecular de los componentes celulares, enviando un haz luminoso polarizado sobre la muestra en observación. Su resolución va más allá que la del microscopio de luz.

MICROSCOPIO DE CONTRASTE DE FASE.- La óptica del contraste de fase ha sido muy utilizada en microscopía para el estudio de los componentes intracelulares de las *células vivas*, con una resolución relativamente alta, pudiendo llegar a observar la motilidad dinámica de pequeñas estructuras como las mitocondrias, los cromosomas mitóticos, las vacuolas, etc.

El principio físico que utiliza el microscopio de contraste de fase, es el de aprovechar la diferencia de los índices de refracción al atravesar la luz a los medios de diferente densidad con que están constituidos los organismos, lo que se aprecia por el ojo humano como diferencias de intensidad, esto es, de la brillantez a la obscuridad.

MICROSCOPIO DE FLUORESCENCIA.- La fluorescencia es una propiedad que poseen ciertas moléculas para poder excitarse con una radiación no visible de longitud de onda corta y producir la emisión de una longitud de onda mayor dentro del espectro visible, dando como consecuencia una imagen luminosa con un fondo oscuro. En algunos casos las substancias fluorescentes se pueden inyectar a una célula viva, ya sea como moléculas libres, o enlazadas covalentemente con otra molécula. Si una proteína marcada fluorescentemente, como la actina o la miosina, se inyecta a una célula viva, las moléculas marcadas participan en las funciones de la célula y se puede seguir al microscopio la localización de la proteína.

MICROSCOPIO ELECTRONICO.- Consiste, en esencia, de una alta columna cilíndrica hueca dentro de la cual quedan confinados los haces de los electrones. En la parte superior está el cátodo, un filamento de alambre de tungsteno, que al ser calentado actúa como la fuente de emisión de los electrones que son acelerados como un fino haz por el alto voltaje aplicado entre el ánodo y ellos. La columna debe encontrarse al vacío para evitar colisiones de los electrones con las moléculas de gas y que los filamentos se desintegren rápidamente.

La velocidad a la que viaja el electrón depende del voltaje de aceleración aplicado al microscopio. A esta relación la define la ecuación $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0eV}}$ donde λ es la longitud de onda en Angstroms y V el voltaje de la aceleración en Volts.

La ventaja del microscopio electrónico sobre el microscopio de luz es su alta resolución. En teoría, un microscopio electrónico que opere con 60,000 V. alcanza una resolución de 0.03 Å. En realidad, los límites de resolución para un microscopio electrónico actual se encuentran entre 2 y 5 Å. Cuando se observan estructuras celulares los límites fluctúan entre 10 y 15 Å.

Si se considera que el límite de resolución del microscopio óptico cuyo límite de resolución es de 2000 Å permite un aumento de 500 veces el ojo cuyo LR es de 1000 000 Å, entonces el microscopio electrónico con un LR de 4Å, aumenta 500 veces masa resolución del microscopio electrónico.

MICROSCOPIO DE BARRIDO.- El microscopio electrónico de barrido (SEM) permite tener un medio para examinar con claridad y detalle las superficies de objetos que van desde el tamaño de los virus, hasta muestras tan grandes como la cabeza de un insecto. Las propiedades más notables del SEM son sus grandes márgenes de amplificación, así como su tremenda profundidad de foco; aproximadamente 500 veces más que la de un microscopio de luz, así como su amplificación correspondiente. Esta última propiedad da al SEM la calidad tridimensional que le caracteriza. Todavía más importante es que a nivel celular el SEM permite la visualización de la superficie celular externa, sus diferentes procesos y substancias extracelulares que al parecer actúan con el medio ambiente.

MICROSCOPIO ELECTRONICO DE ALTO VOLTAJE.- Un microscopio electrónico típico puede proporcionar un voltaje de aceleración de hasta 100,000 V. Ya que el poder de penetración de los electrones se relaciona con su voltaje de aceleración, esto limita el grosor aceptable de los cortes que pueden examinarse. En los últimos años se han fabricado microscopios electrónicos que dan un voltaje de aceleración mucho mayor, hasta de 3 millones de V. A altos voltajes, se pueden examinar muestras más gruesas en condiciones de una resolución muy alta, o bien análisis de células completas sin cortar, logrando una imagen mucho más descriptiva de la

arquitectura interna de la célula de la que podrían obtenerse con cortes mas delgados, los cuales solo podrían lograrse mediante reconstrucciones de micrografías diferentes.

UNIDADES DE MEDIDA

Las pequeñas dimensiones de la célula y sus estructuras requieren que de manera convencional se adopten unidades que puedan definir las. Las unidades lineales que mas frecuentemente se emplean son: el micrómetro, μm (algunas veces se le ha llamado también micra o micrón, μ); el nanómetro, nm ; el Angstrom, Å . En seguida se muestran algunas unidades que pertenecen al sistema internacional de medidas:

LONGITUD:

La unidad básica es el metro (m), que es igual a 39.37 pulgadas.

Múltiplos y subdivisiones comunes:

Kilómetro (Km)	= 10 ³ m
Milímetro (mm)	= 10 ⁻³ m
Micrómetro (μm)	= 10 ⁻⁶ m
nanómetro (nm)	= 10 ⁻⁹ m
Angstrom (Å)	= 10 ⁻¹⁰ m

Por lo que:

$$1000 \text{ Å} = 0.1 \mu\text{m} = 1/10 \text{ mm}$$

Los Å se emplean mucho para referirse al tamaño de las proteínas, por ejemplo las proteínas más largas, de la colágena o la miosina, están por encima de los 1000 Å de longitud, mientras que la molécula de ADN tiene 20 Å de ancho. Se emplea mucho también esta unidad para describir a los pequeños organelos subcelulares vistos al microscopio electrónico. Los ribosomas, microtúbulos y microfilamentos, se encuentran entre los 50 y 250 Å de diámetro. Organelos mayores como las mitocondrias y el núcleo, se definen con mas facilidad en términos de micrómetros. Una célula hepática puede tener 20 μm de diámetro, un núcleo de 10 μm de diámetro y una mitocondria cerca de 2 μm de longitud.

VOLUMEN

La unidad básica es el litro (l)

1 litro	= 1 decímetro cúbico (dm ³)
1 mililitro	= 1 centímetro cúbico (cm ³ ó cc)

MASA

La unidad básica es el gramo (g)

Kilogramo (Kg) = 10³ g = 2.2 lb

miligramo (mg) = 10⁻³ g

microgramo (µg) = 10⁻⁶ g

picogramo (µg ó pg) = 10⁻¹¹ g

Los componentes importantes de la célula se expresan en picogramos (pg) o en peso molecular (PM), cuya unidad son los Dalton. Por ejemplo se utilizan los pg para describir el peso de los ácidos nucleicos, mientras que una molécula de agua pesa 18 dalton y una de hemoglobina 64,500 dalton.

TEMPERATURA

La unidad básica es el grado Celsius, llamado también centígrado, °C .
Para convertir °C en °F (o viceversa), se emplea:

$$^{\circ}\text{F} - 32 = 9/5 ^{\circ}\text{C}$$

OTRAS EQUIVALENCIAS UTILES:

1 in (pulgada) = 2.54 cm

1 oz (onza) = 28.35 g

1 lb (libra) = 453.6 g

1 U.S. fluid oz (onza líquida) = 29.57 ml

1 U.S. liquid qt (cuarto de galón líquido) = 0.946 l

TAMAÑO DE LAS CELULAS

La gran mayoría de las células tiene un tamaño microscópico. Las más pequeñas alcanzan apenas unos 4µm de radio. En los tejidos del hombre, si se exceptúan las células nerviosas, el volumen oscila entre los 200 y los 1500µm. El hecho que existan algunas células tan grandes como los huevos de los vertebrados, es algo engañoso hasta cierto punto, puesto que estas células "gigantes" en realidad, contienen solo una pequeña parte de eso que podría llamarse "protoplasma viviente". El resto del huevo lo constituyen materiales inertes que están para cumplir con la función de nutrición del embrión en desarrollo.

En realidad, el tamaño de los organismos se explica tomando en cuenta al número de células que lo forman, mas que al tamaño de las mismas. Esto se conoce a veces como *Ley del volumen celular constante*, así el volumen de las células es constante para un tipo celular dado, e independiente del tamaño del individuo. Por ejemplo, las células hepáticas o las renales de un buey, caballo o un ratón, tienen un tamaño casi igual. Fig. 10)

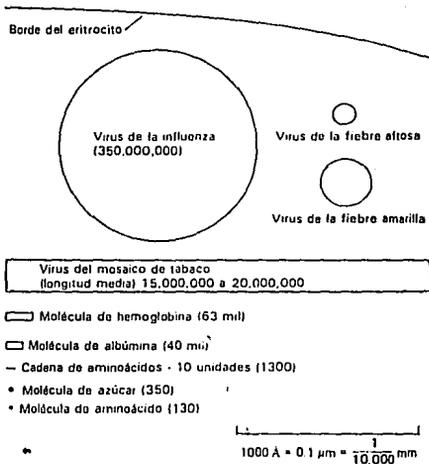


fig. 10
Tamaños relativos entre moléculas, virus y eritrocito humano

METODOLOGIA PARA EL APRENDIZAJE

-) Actividades de aprendizaje
-) Autoevaluación
-) Actividades autocorrectivas

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde con detenimiento a cada una de las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Quién(es) desarrollaron por vez primera el microscopio compuesto?
- 2.- ¿ Cuántos aumentos lograban los primeros microscopios?
- 3.- ¿ Quién da a conocer y en que año a la célula?
- 4.- ¿Cuál fué la primera observación que se hizo de la célula?
- 5.- ¿ Qué aportaron Nehemiah Greuw y Anton Van Leeuwenhoek a la teoría celular?
- 6.- ¿Cuál fué la aportación que hizo Robert Brown para el conocimiento de la célula?
- 7.- ¿ Cómo explica Mathías Jacob Schleiden la formación de las células hijas ?
- 8.- Cita los postulados de la teoría celular formulados por Theodor Schwann y Mathías Jacob Schleiden.
- 9.- ¿ En qué consiste la contraposición que hace Karl Nageli a M.J. Schleiden respecto a la formación de las células hijas?
- 10.- ¿ Qué postulado suma R. Virchow a la teoría celular?
- 11.- Conjunta los tres postulados que constituyen a la teoría celular moderna.
- 12.- Describe cada una de las aportaciones que hicieron, a) Oscar Hertwig, b) E. Strasburger, c) Walter Flemming, d) J.B. Farmer y J.E. Moore, e) Robert Altmann, f) C. Benda, g) T. Boveri, h) C. Golgi.
- 13.- ¿ Qué estudia la citología?
- 14.- Formula 5 preguntas más que consideres faltaron de incluir para estudiar el tema.

ASPECTOS HISTORICOS

- 1.- ¿ Cual es el significado etimológico (raíces) de la palabra microscopio ?
- 2.- ¿ En qué forma aumentaban el tamaño de las imágenes los egipcios, griegos y romanos ?
- 3.- ¿ Donde se encontró la lupa más antigua del mundo ?
- 4.- ¿ Cómo describe Plinio el viejo a las lentes ?
- 5.- ¿ Cuándo y con quién se inicia la óptica como ciencia ?
- 6.- Cómo era el microscopio de A. V. Leeuwenhoek y cuáles fueron sus principales aportaciones?
- 7.- ¿ En qué consistieron las aportaciones de franceses, ingleses, holandeses y alemanes a la construcción del microscopio óptico moderno ?
- 8.- ¿ En qué contribuyeron Zeiss, Abbe y Schott a la construcción del microscopio óptico actual ?

MICROSCOPIO

- 1.- ¿ Cuáles son las tres partes o sistemas principales del sistema óptico ?
- 2.- Cita cada una de las partes de que consta cada sistema del microscopio.
- 3.- Explica la clasificación que se hace de los dos tipos de objetivos.
- 4.- ¿ Cual es la razón de que el objetivo 100 X se emplee con aceite de inmersión ?
- 5.- Explica cual es la función de cada una de las siguientes partes: diafragma, condensador y pinzas.
- 6.-¿Cómo se calcula el total de aumentos a que se observa una imagen del microscopio?
- 7.- Define el poder de resolución de una lente .
- 8.- ¿ Cuándo es que dos objetos a la distancia se ven como si fuera uno solo ?
- 9.- ¿Cuál es el límite de resolución que alcanzan los mejores microscopios ópticos ?
- 10.- ¿Cuál es el LR del ojo humano a simple vista ?
- 11.- De los siguientes valores, ¿ cuál de ellos es con el que se puede alcanzar mejor resolución ?
a) 0.20 μm b) 0.30 μm c) 0.40 μm d) 0.50 μm
- 12.- ¿ Que funciones tienen el ocular y el objetivo en el microscopio ?
- 13.- ¿ De qué variables depende el poder de resolución de las lentes ?
- 14.- ¿ Cómo se calcula la apertura numérica (AN) ?
- 15.- En los objetivos en seco, ¿ cuál es el medio del menor índice de refracción interpuesto entre el objetivo y la muestra que se está observando ? ¿Cuál es el medio empleado en el objetivo de inmersión ?
- 16.- De la pregunta anterior, ¿ cuál es el índice de refracción para cada uno de los medios ?
- 17.- En base a una regla común, ¿ cual es la amplificación útil para un microscopio ?
- 18.- Explique porqué dos objetivos con el mismo poder de aumentos, pueden tener un poder de resolución diferente ?
- 19.- Cite las aberraciones más importantes que se producen en los microscopios ópticos
- 20.- Explique qué razón tienen los objetivos para emplear un conjunto de lentes diferentes en lugar de uno solo.

DIFERENTES TIPOS DE MICROSCOPIOS

- 1.- Explica para qué se usan los siguientes microscopios:
a) De luz polarizada b) De contraste de fase c) De fluorescencia d) Electrónico
e) Electrónico de barrido f) De alto voltaje
- 2.- Explica el principio físico que emplean cada uno de los tipos de microscopía citados en la pregunta anterior.

UNIDADES DE MEDIDA

- 1.- Cita las unidades que se emplean más frecuentemente en las mediciones de la célula o sus organelos.
- 2.- Realiza las siguientes conversiones, llenando el espacio con la cantidad correspondiente:
a) 1 Armstrong = Å . b) 1 nanómetro = mm. c) 1 micrómetro = mm.

- 3.- Una membrana plasmática que mide 100 \AA de grosor, a cuánto equivale en micrones ?
 4.- Una mitocondria que mide $2 \mu\text{m}$ de largo, ¿ cuánto mide en nm y en Å ?
 5.- Un conjunto de moléculas que pesan $500 \mu\text{m}$, ¿ a cuánto equivale su peso en pg ?

TAMAÑO DE LAS CELULAS

- 1.- Explica la Ley del volumen celular constante.
 2.- Indica en orden secuencial (de mayor a menor) el tamaño de: moléculas, virus, eritrocitos y neuronas.

INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LA CELULA AUTOEVALUACION

Instrucciones : Relaciona las siguientes columnas, indicando en el paréntesis el número correspondiente.

- | | | |
|---------------------------------|--|-----|
| 1.- Hooke | Descubre (n) el núcleo celular | () |
| 2.- Leewenhoek | Le da (n) el nombre a la célula. | () |
| 3.- Janssen | Primero (s) en fabricar el microscopio compuesto | () |
| 4.- Brown | Hace (n) las primeras observaciones detalladas de la célula | () |
| 5.- M.J. Schleiden | Toda célula procede siempre de otra célula | () |
| 6.- R. Virchow | La célula es la unidad básica estructural de todos los seres vivos. Todos los seres vivos están formados por células | () |
| 7.- T. Schwann y M.J. Schleiden | Las células hijas se forman en el interior de la célula madre por agregación de gránulos protoplásmicos en un proceso de formación de células libres. | () |
| 8.- Walter Flemming | Solo el núcleo es formado de nuevo por cada ciclo de la división celular. Descubre la división indirecta de las células animales, proceso al que llamó "mitosis" | () |
| 9.- Plinio | Probablemente es el inventor de las gafas | () |
| 10.- A. V. Leewenhoek | Logró identificar los eritrocitos y hacer dibujos precisos de su forma. | () |
| 11.- R. Bacon | Citó " La propiedad de quemar que tenían las lentes hechas de cristal. | () |
| 12.- Sistema de iluminación | Constituido por el objetivo y los oculares | () |
| 13.- Sistema óptico | Forman parte el pie, brazo y platina. | () |
| 14.- Sistema mecánico | La lámpara, el condensador y el diafragma son partes de él. | () |

15.- Objetivo seco débil	8 a 10 aumentos	()
16.- Objetivo seco fuerte	95 a 100 aumentos	()
17.- Objetivo a inmersión	40 a 50 aumentos	()
18.- 0.10 mm	Es el LR en los mejores microscopios ópticos	()
19.- 0.20 μm	Es el LR del ojo humano a simple vista	()
20.- 1.50	Es el índice de refracción del agua	()
21.- 1.0	Es el índice de refracción del aceite de cedro	()
22.- Contraste de fase	Se emplea para observar células completas pudiendo determinar su arquitectura interna	()
23.- Fluorescencia	Permite seguir la localización de una proteína marcada radiactivamente.	()
24.- Electrónico de barrido (SEM)	Se puede observar la dinámica de la motilidad de los organismos en vivo o de sus componentes subcelulares.	()
25.- Electrónico de alto voltaje	Se caracteriza por su efecto tridimensional de gran calidad que se obtiene.	()
26.- Electrónico de alto voltaje	Sus límites de resolución que se alcanzan están entre 2 y 5 Å en los microscopios actuales	()
27.- 1 Armstrong	1 x 10 ⁻⁷ mm.	()
28.- 1 Nanómetro	1 x 10 ⁻⁶ mm	()
29.- 1 Micrón	1 x 10 ⁻³ mm	()

INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LA CELULA ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Responde a las siguientes preguntas.

- Elabora un estado cronológico de los descubrimientos de la célula.
- ¿Qué amplificación útil puede tener un microscopio cuya abertura numérica es
a) 0.30 μm b) 0.50 μm c) 1.50 μm
- ¿Considera que empleando un líquido que tuviera un índice de refracción mayor que el del aceite se podría mejorar la calidad de la imagen elevando el límite de resolución?
- ¿Cuántas veces se amplía la imagen con un microscopio que tiene un ocular de 10X y que se combina con cada uno de los siguientes objetivos?
a) 10 X b) 40 X c) 45 X d) 100 X
- Calcula el límite de resolución de una lente que emplea luz blanca y cuyas aberturas numéricas pueden ser las siguientes. a) 0.90 b) 0.80 c) 0.50
- ¿Qué longitud de onda emplea una lente que tiene un LR = 0.20 μm con una AN= 1?
Expresa el resultado en Å
- Suponiendo que el hombre tenga un LR=1000 Å y el águila un LR= 800 Å, ¿quién consideras que alcanza mejor poder de resolución? ¿qué hipótesis probarías para explicar esta diferencia biofísica entre las dos especies?

2.- ORGANIZACION DE LOS SERES VIVIENTES

ORIGEN Y EVOLUCION DE LAS CELULAS

Actualmente se admite que las primeras células que debieron formarse en la tierra fueron los procariontes (del griego pro = antes de ; karyon = núcleo), organismos que tienen como una característica particular la de no poseer membranas que separen los cromosomas del citoplasma. Esta aparición debió haber ocurrido hace tres mil millones de años, durante el período precámbrico. En aquella época debió haber abundado el metano, amoníaco, vapor de agua, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y gas carbónico. El oxígeno (O_2) no predominaba en la forma libre como actualmente lo conocemos.

La acción de la energía solar, las radiaciones ultravioleta provenientes del sol (como no había oxígeno tampoco se formaba ozono y consecuentemente los rayos ultravioleta incidían libremente sobre la superficie de la tierra) y de las descargas eléctricas provocadas por las continuas tempestades, provocaron la combinación de las sustancias existentes en aquel entonces, formándose de estas combinaciones químicas que contenían carbono, como los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. A la condición espontánea de formación de estos compuestos se le llama *Síntesis Abiótica* por realizarse sin presencia de seres vivos. (fig. 11)

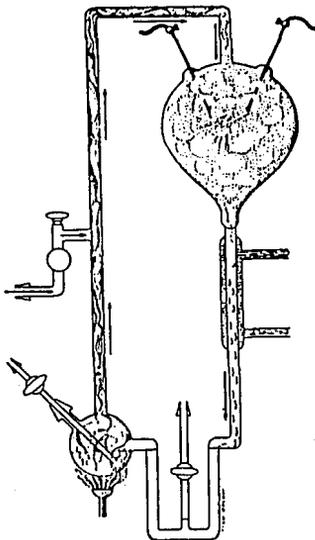


Figura 11.- Aparato de Stanley Miller utilizado para demostrar la síntesis abiótica

Parece razonable suponer que las primeras formas celulares fueron *procariontes heterótrofos* (que se alimentan de sustancias ya elaboradas) con características semejantes a los seres vivos actuales. Evidentemente esas primeras formas precelulares debieron también haber sido anaeróbicos, pues no podían captar el oxígeno atmosférico que en el entonces no existía.

La subsistencia de la vida en la tierra, dependió entonces de la aparición de las células *autotróficas* (células capaces de sintetizar sustancias complejas a partir de sustancias muy simples y de la luz solar). Se admite que haya aparecido en los procariontes un sistema capaz de utilizar la energía solar y almacenarla en uniones químicas, sintetizando así alimento y liberando oxígeno. Este nuevo tipo celular sería como el de las *algas azules* (cianofitas), que son procariontes y aún existen hoy en día. Se inició así el proceso de la fotosíntesis que se produjo con la aparición de ciertos pigmentos en las células, de los cuales el más común es la clorofila (pigmento de color verde) que capta las radiaciones que van del azul al rojo de la luz solar, y utiliza esta energía para activar procesos sintéticos.

El oxígeno así elaborado en este proceso, se fué acumulando en la atmósfera hasta formar la capa de ozono (O₃) que tiene como característica absorber la luz ultravioleta y permitir el paso de las longitudes de onda visibles actuando así esta capa de ozono como un filtro que protege la superficie de la tierra de las radiaciones ultravioleta.

Así pues, gracias a la fotosíntesis se originó el oxígeno en la atmósfera, y eso a su vez, permitió la aparición de células aeróbicas que aprovecharon la disponibilidad del oxígeno atmosférico para su desarrollo.

De esta manera, se supone que después de la adaptación y especialización de una célula procarionte autotrófica, el siguiente paso fue la aparición de una célula eucarionte. Hay tres teorías para explicar este hecho:

- 1.- Teoría de la invaginación (o por evaginación) de la membrana plasmática
- 2.- Teoría simbiótica
- 3.- Teoría mixta

TEORIA DE LA INVAGINACION (O POR EVAGINACION) DE LA MEMBRANA PLASMATICA

Por mutación algunos procariontes habrían pasado a sintetizar nuevos tipos de proteínas y eso llevaría al desarrollo de un complejo sistema de membranas. Así se habría originado el retículo endoplasmático, el complejo de Golgi, los lisosomas y las mitocondrias. Por el mismo proceso se habría formado la membrana nuclear, principal característica de las células eucariontes. (fig. 12)

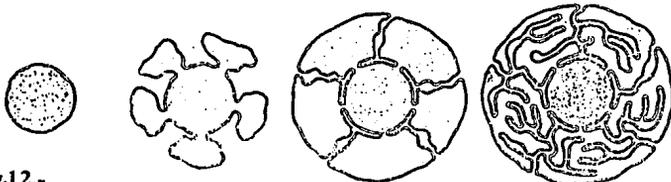


Fig.12.-

La evolución de la célula por evaginación puede haber seguido el modelo presentado en este esquema:

- a) Muestra el material de la matriz rodeado por una unidad de membrana
- b) El material de la matriz ha sido empujado hacia afuera para formar pseudópodos
- c) Las membranas invaginadas se han vuelto a replegar formando membranas nucleares apareadas y un primitivo retículo endoplasmático.
- d) El material que al principio estaba totalmente fuera de la célula, queda ahora incluido dentro de su volúmen, aunque topológicamente siga estando fuera.

Si bien esta teoría puede parecer lógica y no se puede demostrar que sea falsa, tampoco encuentra apoyo en hechos conocidos; por el contrario, es de difícil aceptación, pues no hay célula o fósil intermedio, entre procariontes y eucariontes.

TEORIA ENDOSIMBIOTICA

Según esta teoría, algunos procariontes pasaron a vivir en el interior de otros, originando células mas complejas y eficientes. Algunos hechos apoyan la hipótesis de que las mitocondrias y los cloroplastos se incorporaron por este proceso. (fig. 13)

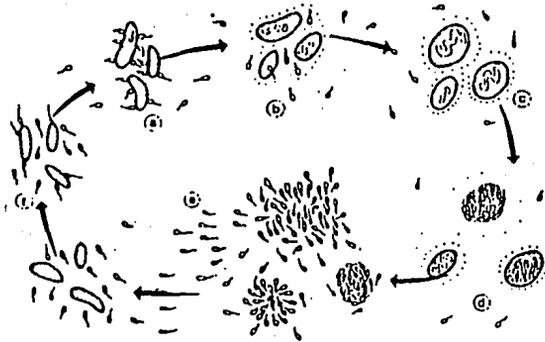


Fig.13 Esquema que ilustra el ciclo vital de una bacteria del género *Bdellovibrio* que parasita a una bacteria mayor que ella. Quizá fueron bacterias de este tipo que en lugar de destruir a su huésped, se implantaron y vivieron en simbiosis dando lugar a los antepasados de las mitocondrias.

Se ha demostrado por ejemplo, que tales organelos (mitocondrias y cloroplastos) contienen ADN y que este guarda información genética que se transmite de una célula a otra. Aún mas, por lo que se refiere a la mitocondria, también se demostró que el ADN es circular, como el de las bacterias (procariontes) y más recientemente se ha comprobado que el triplete del código genético en la síntesis de proteínas es diferente. Estas y otras observaciones, parecen convencer que las mitocondrias y los cloroplastos tienen un origen endosimbótico.

TEORIA MIXTA

Esta teoría dice que es posible que las organelas que no contienen ADN como el retículo endoplásmico y el aparato de Golgi, se hayan formado a partir de las invaginaciones o de las evaginaciones de la membrana celular; mientras que los organelos que contienen ADN (mitocondrias y cloroplastos), surgieron por simbiosis entre células procariontes.

LAS CELULAS EN LOS CINCO REINOS

La organización de los sistemas vivos es un concepto que se modifica según el avance del conocimiento que se tenga sobre la naturaleza.

Desde los tiempos de Aristóteles, hasta mediados del siglo XX, se han clasificado a los seres vivos en acuáticos, terrestres y aéreos. Ernst Haeckel (1834-1919) propuso el reino de los Protistas, donde reconocía a las bacterias y algas cianofíceas como un grupo principal, los moneras, que se distinguían por la falta de núcleo celular. En 1956, Herbert F. Copeland (1902-1968), reclasificó todos los microorganismos nucleados, y en años relativamente recientes (1959), Robert H. Whittaker (1924-1980), estableció el sistema de los cinco reinos, reconociendo entre ellos al reino de los hongos.

Los cinco reinos clasificados por Whittaker, son los siguientes:

PROCARIOTES	} Monera: bacterias y cianobacterias
EUCARIOTES	Protocistas: protozoos y crisofitas
	Hongos: mohos y hongos verdaderos
	Vegetal: Algas: verdes, rojas, café briofitas traqueofitas
	Animal: Metazoarios

El esquema de clasificación sugerido por R.H. Whittaker incluye a todos los seres vivos en cinco reinos separados. Todos los procariontes son asignados al reino monera, en tanto que los diferentes tipos de eucariontes pertenecen a los otros cuatro reinos.

El reino Protocista (del griego, Protos, el primero; ktistos, establecer) fue propuesto por Haeckel en el pasado. Este reino se define por exclusión: sus miembros no son animales (los cuales se desarrollan a partir de un embrión), ni planta (que se desarrollan a partir de blástulas), ni hongos (los cuales se desarrollan a partir de esporas y carecen de undulipodios), ni procariontes.

Todas las células protocistas tienen propiedades característicamente eucariontes, como la aerobiosis y la respiración mitocondrial y muchas tienen undulipodios 9 + 2 en algún estadio de su ciclo vital.

Como es posible percatarse en lo que hasta aquí se ha expuesto, la clasificación actual se encuentra fundamentada en gran parte en la organización celular y en los tipos de nutrición, por

Con la ayuda del microscopio electrónico se han logrado evidenciar diferencias entre los Procariontes y Eucariontes, algunas de las cuales son las que a continuación se mencionan

tabla 1

PROCARIONTES

EUCARIONTES

<i>Por lo general células pequeñas (1-10um) Todos son microbios</i>	<i>Por lo general, células grandes (10-100 um). Algunas son microbios; la mayoría son organismos grandes</i>
<i>ADN en un nucleóide, no rodeado por una membrana. No hay cromosomas</i>	<i>Núcleo rodeado por una membrana. Contiene cromosomas compuestos de ADN,ARN y proteínas</i>
<i>División celular directa. Principalmente por fisión binaria. No hay centriolos,huso mitótico ni microtubulos. Sistemas sexuales escasos, cuando hay algún intercambio sexual el material genético es transferido de un donador a un receptor.</i>	<i>División celular según varias formas de mitosis. Hay un huso mitótico (como mínimo algún tipo de ordenación de microtúbulos). Sistemas sexuales frecuentes;igual participación de ambos sexos(masculino y femenino) en la fertilizacion.</i>
<i>Formas multicelulares escasas. Sin desarrollo de tejido</i>	<i>Los organismos multicelulares muestran un desarrollo extensivo de tejidos</i>
<i>Muchas formas anaerobias estrictas. (la falta de oxígeno no causa la muerte),anaerobias facultativas,microaerofilicas y aerobias</i>	<i>Casi todos son aerobios (necesitan oxígeno para vivir) las excepciones son claramente modificaciones secundarias</i>
<i>Grandes variaciones en las vías metabólicas del grupo</i>	<i>Vías metabólicas de oxidación similares en el grupo (metabolismo de la glucosa) según la vía de Embden Meyerhof, oxidaciones según el ciclo de Krebs, cadenas de transporte de electrones por citocromos</i>
<i>Ausencia de mitocondrias:las enzimas para la oxidación de moléculas orgánicas estan ligados a membranas celulares (no empaquetadas separadamente)</i>	<i>Las enzimas de los ácidos orgánicos de tres carbonos están empaquetados en las mitocondrias</i>
<i>Flagelos bacterianos simples, compuestos de la protelna flagelina</i>	<i>Undulipodios complejos 9+2 compuestos de tubulina y otras proteínas</i>
<i>En las especies fotosintéticas,las enzimas para la fotosíntesis no están empaquetadas separadamente, sino ligados a la membrana celular. Distintas vías de fotosíntesis aerobica y anaerobica,incluyendo la formación de productos finales como el azufre.</i>	<i>En las especies fotosintéticas, las enzimas para la fotosíntesis están dentro de plástidos rodeados por una membrana. Todas las especies fotosintéticas tienen fotosíntesis oxigénica</i>

VIRUS Y VIROIDES

Los organismos de los 5 reinos citados son células, o se componen de células. Los virus, formas que aún se discute si pertenecen a los seres vivos, no concuerdan con esta descripción. Los virus tienen el ADN o el ARN, envuelto por una capa de proteína y son mucho menores (30-300 μm) que las células, y aunque son capaces de reproducirse, solo pueden hacerlo dentro de una célula huésped y utilizando su maquinaria vital, fuera de ella no pueden reproducirse, alimentarse ni crecer. Algunos de ellos pueden cristalizar, como los minerales y permanecer así durante años, hasta que entran en contacto, en condiciones de humedad adecuada, y con sus células huéspedes particulares.

ORIGEN Y EVOLUCION DE LOS VIRUS

Si se considera a los virus como "parásitos" de las células actuales, es de suponer que no pudieron existir antes que sus huéspedes. Además, como comparten las mismas bases genéticas que los procariontes y los eucariontes, no se cree que pudieran evolucionar de modo independiente; por tanto, es razonable suponer que los virus representan una forma degenerativa; es decir, son derivados de organismos mucho más complejos. Al parecer es probable que el genoma viral derivara de algún pequeño fragmento de un genoma celular, capaz de retener algún tipo de existencia autónoma dentro de una célula. La selección natural pudo actuar en el genoma celular y convertirlo en un tipo diferente de elemento genético, ya que si se considera la enorme diversidad que existe entre los virus, es probable que los diversos grupos evolucionaran de forma independiente, como si originalmente derivaran de diferentes organismos celulares.

ESTADIOS VIRALES.- Básicamente son dos, una cuando está dentro de la célula huésped y otra fuera de esta. En este último estado, es decir, fuera de la célula, el virus es solo una partícula o *virión*, donde su material genético se encuentra dentro de una cubierta no genética. En el estado infeccioso, el material genético se libera de esta cubierta, ya dentro de la célula, y en ciertos casos, forma nuevas partículas con lo cual se produce la muerte de la célula.

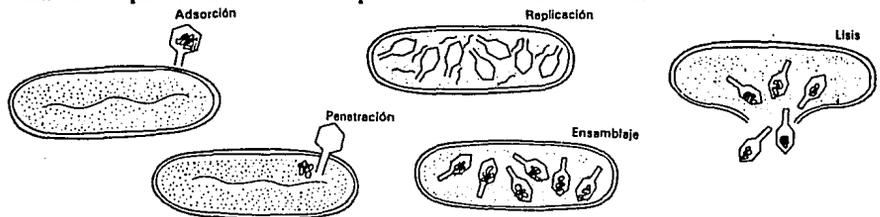


Fig. 15 Secuencia de pasos que se presentan durante la infección de una bacteria por un bacteriófago.

En otros casos, la infección viral puede no conducir a la muerte de la célula huésped, sino que permanece en el interior de una manera mucho menos notable, por ejemplo, en algunas bacterias existen virus (llamados *fagos lisogénicos*) que parecen no tener efecto sobre la actividad bacteriana (fig. 16) si no se les expone a ciertas condiciones (como iluminarla con radiación ultravioleta) mediante las cuales, el virus deja su estado de represión y mata a la célula.

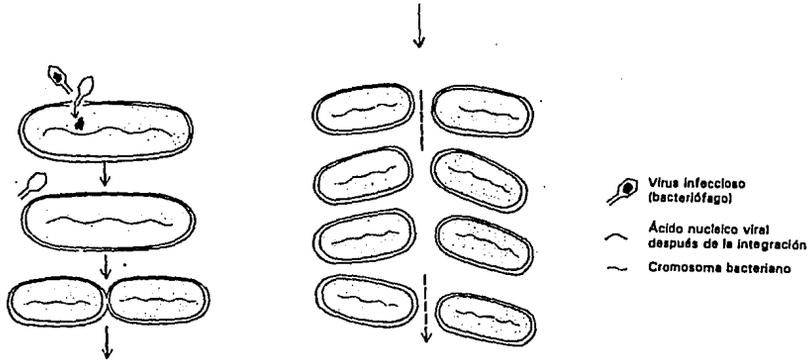


fig. 16.- En el estado *lisogénico* el ADN viral se integra al cromosoma del huésped donde se replica junto con este. En este estado, la actividad del ADN viral (denominado profago o provirus) se encuentra suprimida y no se forman partículas virales.

Por último, hay virus que pueden permanecer en el interior de una célula afectando su desarrollo, sin matarla. Esto ocurre con un *virus tumoral*, que por lo general en esos casos no existe evidencia de producción de partículas virales dentro de la célula y solo se manifiesta al alterar las propiedades del desarrollo de estas, lo cual conduce a la formación de tumores.

CAPSULA (o cápside).- La cápsula o cubierta del material génico está constituida por proteínas de un número específico de *subunidades*. La figura 17 ilustra la estructura de los tres principales tipos de partículas virales.

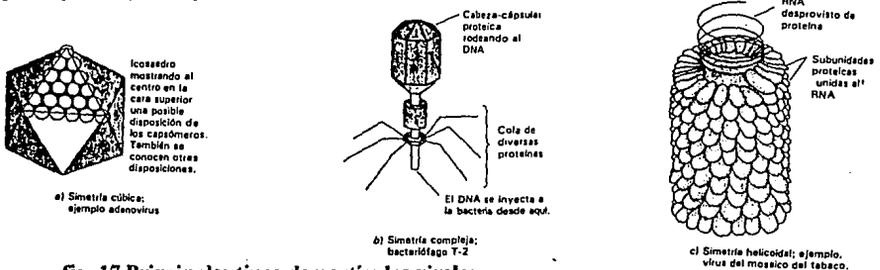


fig. 17 Principales tipos de partículas virales.

ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS VIVIENTES

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Cuándo aparecieron y cuáles fueron las primeras células en la tierra?
- 2.- ¿Qué sustancias existían abundantemente en el período precámbrico?
- 3.- ¿Porqué no había oxígeno?
- 4.- ¿Qué factores físicos fueron los que contribuyeron a provocar las combinaciones químicas que contenían carbono (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos)?
- 5.- ¿Qué argumento apoya a la teoría que los primeros "seres vivos" debieron haber sido anaerobios?
- 6.- ¿En qué se parecen las cianofitas a las formas celulares más antiguas?
- 7.- ¿Cómo se supone que se formó la capa de ozono en la tierra?
- 8.- Una vez que se formó el ozono, ¿qué organismos aparecieron?
- 9.- Explica con tus palabras cada una de las tres teorías que proponen las vías por las que aparecieron los primeros eucariontes.
- 10.- ¿Cuál consideras que sea la teoría que mejor explica la aparición de los eucariontes?

1.- Explica las aportaciones que hicieron para clasificar a los organismos:

a) Aristóteles b) Ernest Haeckel c) Herbert F. Copeland d) Robert H. Whittaker

- 2.- ¿Cuáles son los cinco reinos propuestos por Whittaker y los grupos principales de cada uno de ellos?
- 3.- ¿Cuáles son los criterios que definen al grupo de los Protocistas?
- 4.- ¿Qué argumento principal de la célula emplea como fundamento Whittaker para la clasificación de los organismos en cinco reinos?

- 1.- Señala seis características en las que difieran los procariontes de los eucariontes
- 2.- Trata de definir los términos procarionte y eucarionte.

- 1.- ¿Qué criterio(s) se toma para no clasificar a los virus en cinco reinos?
- 2.- ¿Porqué se les considera a los virus como derivados de organismos más complejos?

- 3.- Explica que es un virión
- 4.- ¿Explica en que consiste el estado inducido por un bacteriófago?
- 5.- ¿Cuáles son los fagos lisogénicos?
- 6.- ¿Qué es un provirus?
- 7.- ¿Cuáles son los virus tumorales?
- 8.- ¿Cuáles son los tipos principales de la estructura proteica de los virus?

ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS VIVIENTES

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Relaciona las columnas indicando en el paréntesis el número que corresponda a la opción correcta.

- | | | |
|---|---|-----|
| 1.- La membrana se pliega hacia el interior formando compartimentos para cada organelo | Teoría Endosimbiótica | () |
| 2.- El retículo endoplásmico y el aparato de Golgi se formaron por invaginaciones de la membrana. Las mitocondrias y los cloroplastos por simbiosis con otros organismos. | Teoría Mixta | () |
| 3.- La célula actual resulta del paso de procariontes que pasaron a vivir en el interior de otras células. | Teoría de la Invaginación de la membrana plasmática | () |
| 1.- En sus tiempos se clasifica a los organismos en dos reinos: vegetales y animales. | R.H. Whittaker | () |
| 2.- Estableció el sistema de los cinco reinos, colocando a los hongos en un reino aparte. | Ernest Haeckel | () |
| 3.- Reclasificó a todos los organismos, relacionando con los Protoctistas a todos los organismos nucleados. | H.F. Copeland | () |
| 4.- Propuso un tercer reino, el de los Protistas que comprendía a las bacterias y algas cianofíceas como un grupo principal de organismos que no presentan núcleo. | Aristóteles | () |
| 1.- El desenlace de la infección es la muerte de la célula y la liberación de varios cientos de partículas virales nuevas. | Fagos lisogénicos | () |
| 2.- Solo se expresan bajo ciertas condiciones (radiación ultravioleta), abandonando su estado de represión y matando a la célula. | Bacteriófagos | () |
| 3.- La actividad del ADN viral no se expresa | | |

y no se forman partículas virales.
4.- Afectan el desarrollo de la célula sin matarla.

Virus Tumorales ()

Profago o Provirus ()

ORGANIZACION DE LOS SISTEMAS VIVIENTES

ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACION

Instrucciones: Responde las siguientes preguntas

- 1.- ¿ Explica por qué no podrían los organismos autótrofos sobrevivir en un medio como el que existía en la tierra hace 3,000 millones de años ?
- 2.- ¿Que teoría consideras que explica de mejor manera el origen evolutivo de los eucariontes? Señala los argumentos que la apoyan.
- 3.- ¿Cuál es tu opinión respecto a la clasificación que R.H. Whittaker hace de los cinco reinos y entre ellos excluye a los virus ?

3. CELULA: ESTRUCTURA Y FUNCION

3.1.-TEORIA CELULAR

3.2.- ESTRUCTURA Y FUNCION

- 3.2.1- MEMBRANA**
- 3.2.2- CITOESQUELETO**
- 3.2.3- RIBOSOMAS**
- 3.2.4- MITOCONDRIAS**
- 3.2.5- CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS**
- 3.2.6- RETICULO ENDOPLASMICO**
- 3.2.7- APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI**
- 3.2.8- LISOSOMAS**
- 3.2.9- MICROCUERPOS**
- 3.2.10- NUCLEO**

3.1.- TEORIA CELULAR

En 1839, Schwann estableció la teoría celular, siendo esta una de las más aceptadas, estableciendo en su forma actual que todos los seres vivos, vegetales, animales o protozoarios están compuestos por células y productos celulares.

Esta teoría fue el resultado de numerosas investigaciones, las cuales comenzaron a principio del Siglo XIX; (Mirbel 1802, Oken 1805, Lamarck 1809, DuTrochet 1824, Turpín 1826, etc.) las cuales condujeron finalmente al botánico Schleiden en 1838 y al zoólogo Schwann en 1839 a establecerla en forma definitiva.

Consecuentemente se estableció que cada célula se forma por división de otra célula. Después debido al progreso de la Bioquímica quedó demostrada la existencia y semejanzas en la composición química y actividades metabólicas de todas las células; reconociéndose también que el funcionamiento de un organismo como una unidad es el resultado de la suma de las actividades e interacciones de las unidades celulares.

El concepto del origen de las células que Robert Remak y Rudolph Virchow expresaron dió origen a subsiguientes investigaciones sobre las características de la herencia celular y las relaciones celulares entre generaciones de organismos.

3.2.- ESTRUCTURA Y FUNCION

3.2.1 MEMBRANA

3.2.1.1 COMPOSICION, MODELOS ESTRUCTURALES Y FUNCION

3.2.1.2 INTERCAMBIO DE SUBSTANCIAS A TRAVES DE LA MEMBRANA DIFUSION TRANSPORTE: PASIVO (DIFUSION FACILITADA) Y ACTIVO (BOMBAS IONICAS Y TRASLOCACION)

3.2.1.3 CITOSIS: ENDOCITOSIS Y EXOCITOSIS

3.2.1.4 ESTRUCTURAS LOCOMOTORAS : CILIOS, FLAGELOS, PSEUDOPODOS

3.2.1.1 COMPOSICION, MODELOS ESTRUCTURALES Y FUNCION

La membrana celular es una barrera dinámica que separa el orden interno del desorden circundante. No solamente separa al material vivo, también regula el movimiento de solutos, solventes y partículas, hacia y desde la célula. Su composición es lipoprotéica y casi en todas las membranas hay también presencia de carbohidratos.

Muchos organelos, como también la célula misma, poseen membranas de *permeabilidad selectiva* las que permiten a diferentes sustancias que pasen a través de ellas a distintas velocidades. Además de controlar la difusión de solutos, las membranas y sus moléculas que las componen, participan en su movimiento a través de la membrana, contra un gradiente de difusión.

Con el advenimiento del microscopio se fue avanzando en el conocimiento que se tenía de la membrana, pero hacia la década de 1890, al observar que las sustancias liposolubles penetraban fácilmente por la membrana, E. Overton propuso que la membrana actuaba como una barrera constituida por lípidos. Las mediciones que se hicieron del plasmalema (membrana plasmática) durante las primeras décadas de 1900 hicieron suponer que la capa de lípidos debía ser bimolecular, es decir una doble capa de lípidos para que concordara con el ancho que se había calculado. Sin embargo, ésta propuesta no explicaba el paso del agua ya que los lípidos presentan propiedades hidrofóbicas.

Posteriormente, en el año de 1935, James Danielli y Hugh Davson propusieron un modelo de membrana celular en el que la doble capa de moléculas de fosfolípidos quedaban absorbidas entre una capa de proteínas globulares (fig. 18).

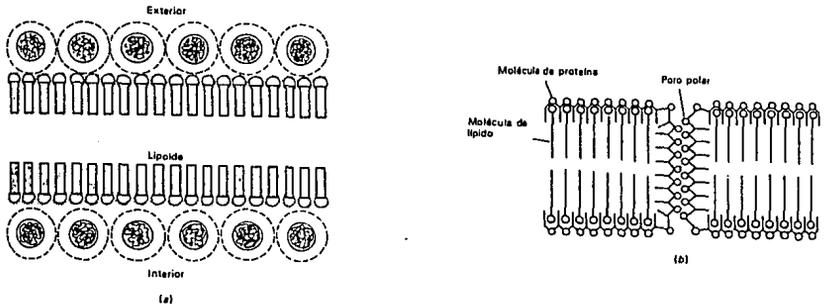


Fig. 18 La estructura de la membrana plasmática según el modelo de Davson- Danielli (a) Versión revisada del modelo de Davson-Danielli, donde se muestran poros hidrofílicos en la membrana (b).

De ésta manera las propiedades *hidrófobas* de las membranas se explican con base en la presencia de los lípidos; y las propiedades *hidrofílicas* por las cubiertas de proteínas asociadas .

En 1962, J. D. Robertson propuso un modelo (fig. 19) de *unidad de membrana* después de examinar membranas plasmáticas, nucleares o citoplásmicas obtenidas de plantas, animales o microorganismos, encontró que todas siguen un mismo plan estructural y que al medir su espesor, es común en todas de aproximadamente 100 Å.

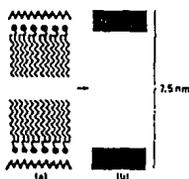


Fig. 19 Modelo de la " unidad de membrana de Robertson ". (a) capa doble de fosfolípidos que queda entre dos cubiertas de proteínas extendidas. (b) espesor de la membrana de 7.5 nm de espesor .

Ya a finales de 1960 se fueron encontrando muchas diferencias entre las diversas membranas citoplásmicas, gracias al microscopio electrónico. Por ejemplo, la membrana mitocondrial interna es extraordinariamente delgada (50 Å), mientras que la membrana plasmática es más gruesa (90-100 Å). La proporción o relación entre la proteína / lípido es muy variable (tabla 2). Estas diferencias pueden correlacionarse con las funciones particulares que realizan cada una de éstas membranas (Tabla 2).

	Mielina	Eritrocito	Mitocondria	Microsoma	<i>Azotobacter agilis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>Bacillus megaterium</i>
Colesterol	25	25	5	6	*	0	0	0
Fosfatidiletanolamina	14	20	28	17	18	100	100	90
Fosfatidilserina	7	11	0	0	9	0	0	0
Fosfatidilcolina	11	23	48	64	48	0	0	0
Fosfatidilinositol	0	2	8	11	6	0	0	0
Fosfatidilglicerol	0	0	1	2	0	0	0	45
Cardiolipina	0	0	11	0	2	0	0	0
Esfingomielina	6	18	0	0	9	0	0	0
Cerebrósido	21	0	0	0	0	0	0	0
Sulfato de cerebrósido	4	0	0	0	0	0	0	0
Ceránida	1	0	0	0	0	0	0	0
Lisifosfatidilglicerol	0	0	0	0	0	0	0	0
Descenucidos u otros	12	2	0	0	0	0	0	0

Tabla 2 . Composición lipídica de membranas bacterianas y animales.

Todas estas diferencias fueron haciendo más evidentes las características dinámicas de la organización de la membrana. Esta cualidad dinámica, difícil de entender a través de esquemas diagramáticos, abarca la movilidad e interacción entre los diferentes componentes de la membrana.

El modelo que mejor describe este nuevo concepto, es el modelo del mosaico fluido (fig. 20) descrito por S. J. Singer y Garth Nicolson en 1972.

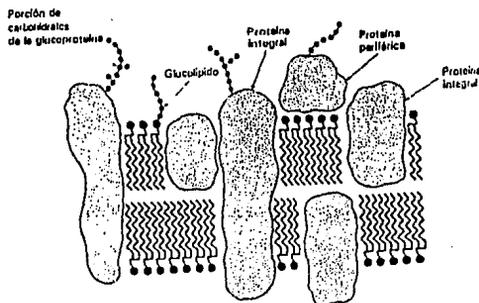


Fig. 20 El modelo de estructura de mosaico fluido de las membranas propuesto por Singer y Nicolson. La doble capa de fosfolípidos es un esqueleto cementante con proteínas periféricas o integrales incluidas en la doble capa.

Como se puede apreciar en este modelo propuesto, las proteínas están como partículas discontinuas, muchas de las cuales penetrarían profundamente e incluso por completo, a lo ancho de la doble capa de lípidos, este tipo de proteínas se llaman *integrales* (o intrínsecas), mientras que otro tipo de proteínas llamadas *periféricas* (o extrínsecas) se encuentran sobre o debajo de la capa de lípidos (Fig. 21).

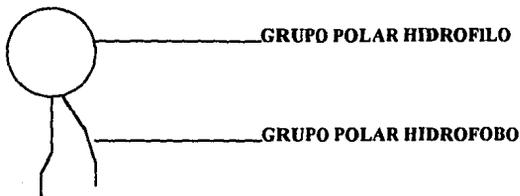


Fig. 21.- Los diferentes tipos de lípidos de la membrana tienen un punto común, son *anfipáticos*, es decir tienen porciones hidrofílicas o hidrofóbicas dentro de una molécula sencilla.

Los **carbohidratos** son también de diferentes tipos y pueden presentarse en forma de glucolípidos (como los gangliósidos o los cerebrósidos), o bien como glucoproteínas. El carbohidrato de una glucoproteína está presente en cadenas hidrofílicas cortas (oligosacáridos) y por lo general tiene menos de quince azúcares por cadena. Algunas glucoproteínas, por ejemplo, son responsables de la especificidad de los grupos sanguíneos ABO que se encuentran en la membrana de los eritrocitos .

Así pues , las características propias de cada uno de los componentes de la membrana (proteínas, lípidos y carbohidratos) así como la manera en que se organizan en la membrana, le confieren las siguientes funciones:

Compartimentalización.- Toda la célula, así como cada uno de sus organelos están delimitados por membranas , formando de ésta manera *compartimentos* que aseguran la individualidad de las sustancias y funciones. Uno de los aspectos más limitantes de las células procariontes es su relativa carencia de organelos membranosos intracelulares.

Regulación del movimiento de sustancias. A la membrana plasmática se le considera como *selectivamente permeable* por su capacidad de permitir que las sustancias apropiadas entren al citoplasma y las inadecuadas se mantengan fuera.

Transferencia de información.- La membrana posee receptores capaces de combinarse con moléculas específicas (*ligandos*) para transferir información de un compartimento a otro. Los ligandos mejor estudiados son las hormonas, los factores de crecimiento y los neurotransmisores. En ocasiones la información es la señal para que la célula se divida o se diferencie en otro tipo de célula; en el caso de las bacterias puede indicarle que se movilice en busca de alimento.

Interacción intercelular.- La membrana plasmática permite que una célula se reconozca de otra; adherirse cuando esto deba ser, e intercambiar sustancias e información, ya sea que se encuentren formando parte de un tejido, o bien en forma libre.

Transducción de energía.- La conversión de un tipo de energía en otra es vital para las funciones celulares y se llevan a cabo en muchas y diferentes formas.

Las membranas participan estrechamente en estos procesos. La maquinaria para la captura de energía está dentro de la membrana de la mitocondria y de los cloroplastos.

Otras funciones.- Son capaces de proporcionar fuerza mecánica, participar en el movimiento y secreción celular; actuar como aislantes eléctricos, como sitios de anclaje para los ribosomas y como conductores de los impulsos nerviosos.

Para finalizar, vale la pena aclarar que solo hasta años recientes se ha podido establecer que la gran diversidad de funciones que tiene capacidad de realizar la membrana celular, son posibles de efectuar en gran parte, gracias a la versatilidad y especificidad que guardan las proteínas membranales.

3.2.1.2. INTERCAMBIO DE SUBSTANCIAS A TRAVES DE LA MEMBRANA

DIFUSION LIBRE. Se establece como un gradiente que va desde la mayor a la menor concentración. La fig. 22, ilustra este proceso.

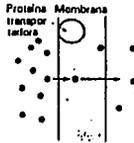


Fig. 22. Ilustración de la difusión libre

Por difusión podrían pasar las moléculas de agua libremente a través de poros hipotéticos de aproximadamente un nm de ancho, cuya existencia no ha sido comprobada (fig. 23) y los metabolitos que pasaran de esta forma tendrían que ser solubles en lípidos como es el caso de algunos alcoholes.

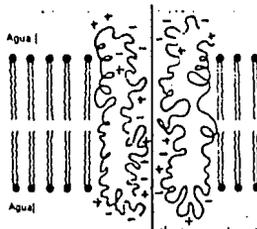


Fig. 23 Paso libre de moléculas de agua a través de poros hipotéticos.

TRANSPORTE (O PASO CON AYUDA)

DIFUSION FACILITADA. Es particularmente común en la movilización de azúcares y aminoácidos a través de ciertas membranas celulares. Este proceso se realiza en muchos casos gracias a la intervención de una proteína. (integral) que está presente dentro de algunas membranas de la célula o de sus compartimentos, y se reconocen con el nombre de *Transportadoras*. Este es el caso de las *Permeasas*. Los transportadores son muy específicos, pues al ponerse en contacto la proteína con el soluto, esta cambia su conformación, lo que permite exponer al soluto sobre la superficie interna de la membrana, desde donde puede difundir hacia el citoplasma en favor de su gradiente de concentración (fig. 24).

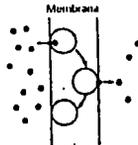


Fig. 24 Difusión facilitada

TRANSPORTE ACTIVO: BOMBAS IONICAS Y TRASLOCACION

Para que una sustancia pueda pasar a través de la membrana en contra de un gradiente de concentración, esto es que pase de menor a mayor concentración Fig. 25 implica la realización de un trabajo o gasto de energía por parte de la célula.

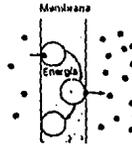


Fig. 25 Transporte activo

En el transporte activo, una sustancia puede continuar acumulándose en una región en la que ya existe una concentración mayor. Siempre y cuando se suministre energía al sistema transportador en forma continua desde el metabolismo.

BOMBAS IONICAS DE SODIO-POTASIO.- Si se mide la concentración de los dos cationes más importantes, Na^+ y K^+ , su distribución a través de la membrana no es la que cabría esperar con base en el equilibrio electroquímico de Donnan. La figura 26 ilustra las concentraciones típicas de esos iones.

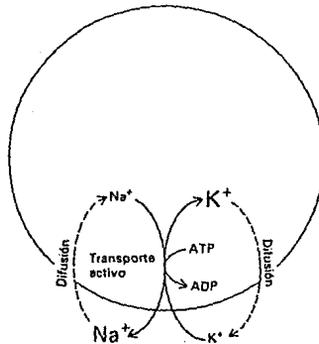


Fig 26 Movilización de los iones de sodio y de potasio hacia el interior y el exterior de la célula. El tamaño relativo de las letras indica la dirección de los gradientes de concentración. La hidrólisis del ATP es necesaria para la movilización de los iones contra sus gradientes.

Como es posible apreciar en la figura, la célula debe mantener una concentración bastante mayor de iones de potasio dentro de la célula que en el exterior, mientras que la concentración de iones es mayor en el exterior que en el interior.

Para lograr mantener esta elevada diferencia en la concentración de gradientes de los cationes se ha explicado que el *transportador* puede ser una *ATPasa*. Si se suprime la formación

de ATP (por ejemplo con venenos metabólicos) equivaldría a suspender la energía a la célula y en consecuencia se interrumpe el *transporte activo* pero se mantiene la difusión.

El influjo de los iones de sodio y el flujo de los iones de potasio, al perderse el alto gradiente iónico de cada catión, el balance osmótico se ve alterado de tal manera que las células incorporan agua y se edematizan.

TRASLOCACION

Con el desarrollo del modelo del mosaico fluido y de la demostración de la presencia de proteínas transmembranales, se han presentado nuevas evidencias sobre la existencia de poros fijos. Se supone que estos resultan de una asociación de proteínas transmembranales que forman un canal hidrofílico (Fig. 27)

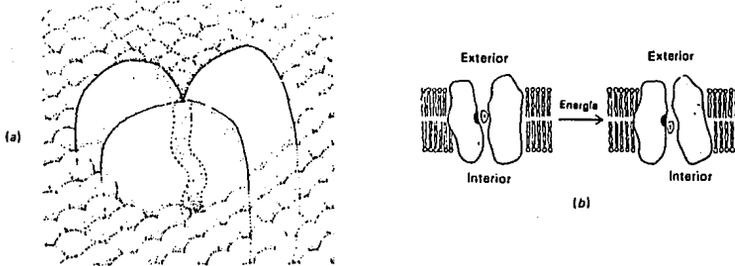


Fig. 27: a) Los canales hidratados para el transporte de moléculas hidrofílicas pueden disponerse de tal forma a través de la membrana agrupando numerosas subunidades proteicas. b) Representación esquemática de un mecanismo para la traslocación de moléculas hidrofílicas a través de la membrana. En este estado complejo de proteínas, el sitio activo es accesible en el exterior, los agregados se rearreglan con un aporte adecuado de energía y la molécula es traslocada durante el proceso hacia el interior de la membrana.

La otra posibilidad de traslocación de moléculas hidrofílicas es de acuerdo al mecanismo de transporte, en el que la proteína transportadora se moviliza a través de la membrana (Fig. 28)

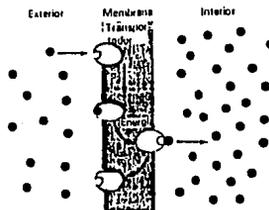


Fig 28 Traslocación de acuerdo al mecanismo del poro fijo.

Las evidencia actuales tienden a considerar más probable el mecanismo del poro fijo que su alternativo de transporte.

3.2.1.3. CITOSIS : ENDOCITOSIS Y EXOCITOSIS

Las sustancias pueden pasar la barrera de la membrana en el interior de vesículas que vienen delimitadas por la membrana misma. Si las sustancias son incorporadas a la célula se denomina este proceso *endocitosis*, si son descargadas *exocitosis* (Fig. 29).

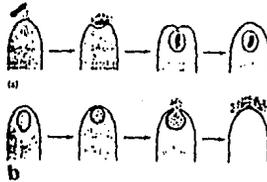


Fig.29.- Paso de moléculas y partículas entre la célula y su medio a través de citosis mediadas por membranas. a) La endocitosis incorpora materiales a la célula, mientras que b) la exocitosis proporciona un medio de salida de materiales desde la célula. En la endocitosis la membrana es tomada de la superficie celular, mientras que es adicionada al plasmalema en los eventos de la exocitosis.

Un ejemplo de esta actividad la realizan los glóbulos blancos, que por medio de la endocitosis engloban algunas partículas, como bacterias para destruirlas. Este proceso recibe el nombre de *fagocitosis*, de ahí que también se les conozca a las células blancas como *fagocitos* (fagos=comer, citos=célula). Los materiales fagocitados se llaman *fagosomas*. Cuando la ingestión es de materiales en solución cuyos solutos son partículas muy pequeñas, el proceso se llama *pinocitosis* (pino=beber, citosis=célula).

3.2.1.4. ESTRUCTURAS LOCOMOTORAS

CILIOS, FLAGELOS Y PSEUDOPODOS

Son estructuras que brindan una forma de locomoción. Los cilios y flagelos son un conjunto de organelos proyectados hacia el exterior de la célula y son capaces de ejercer una fuerza en el medio líquido que los rodea.

El término flagelo es usado en relación con organelos de células eucariontes y procariontes no existe una relación estructural (o evolutiva) de ninguna especie entre estos dos tipos de flagelos. Los flagelos y cilios de células eucariontes son notablemente semejantes.

Los cilios tienden a estar presentes en grandes cantidades en las superficies celulares, su actividad pulsátil generalmente es coordinada y proporciona un movimiento lento de naturaleza ondulatoria.

En los organismos multicelulares, los cilios no son utilizados en la locomoción de las células, sino que se utilizan para la movilización de los líquidos que pasan sobre la superficie celular.

Los flagelos están presentes generalmente en un número pequeño en la superficie de la célula, dan movimiento rápido y estos varían en forma importante en longitud, desde una micra hasta varios milímetros.

Otra estructura que da movimiento a la célula es la que se forma por extensiones de la superficie y son llamados pseudópodos; conforme el citoplasma fluye hacia los pseudópodos que se proyectan la célula se mueve despacio en una dirección u otra, este tipo de movimiento citoplasmático recibe el nombre generalmente de movimiento amiboide, ya que esto ha sido observado fundamentalmente en amibas. Este tipo de movimiento no se limita a organismos unicelulares sino que también en células aisladas en diferentes células animales. (Fig. 30).

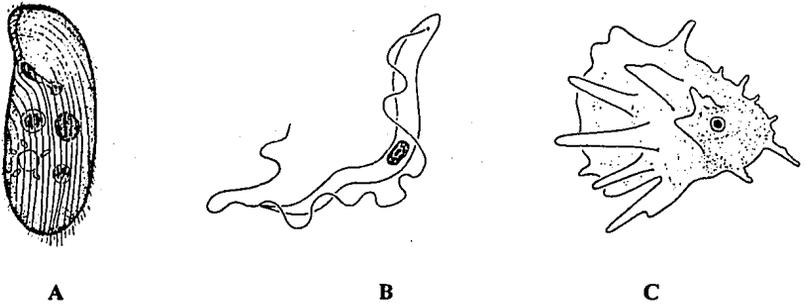


Fig. 30. Ejemplos de organismos vivos con diferentes estructuras locomotoras
a) Cilios, b) flagelos, c) pseudópodos

MEMBRANA

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- Plantea con tus propias palabras qué es y para qué sirven las membranas.
- 2.- ¿Cuál es la composición de la membrana?
- 3.- Explica cada uno de los siguientes modelos de membrana, propuestos por:
 - a) E. Overton
 - b) Danielli y Davson
 - c) J.D. Robertson
 - d) Singer y Garth Nicolson
- 4.- Explica cada una de las funciones específicas de la membrana.

- 1.- ¿ Cómo se define la difusión (libre)?
- 2.- ¿Cuál es la difusión facilitada ?
- 3.- Explica como actúa el bombeo de iones.
- 4.- ¿Cuál puede ser el transportador de los iones que se ha sugerido ?
- 5.- ¿ Qué ocurre a los iones si se suprime la formación de ATP ?
- 6.- ¿ Como se podría explicar la presencia de poros fijos en la membrana ?
- 7.- Explica los términos de: endocitocis, pinocitocis y fagocitocis.
- 8.- ¿ Cuántos tipos de estructuras locomotoras conoces y cuál es su función ?

Instrucciones. Relaciona las columnas indicando en el paréntesis el número que corresponda a la opción correcta.

- | | | |
|--|-------------------|-----|
| 1.- Propone un modelo de membrana en el que la doble capa de moléculas de fosfolípidos quedan absorbidas entre una capa de proteínas globulares. | J.D.Robertson | () |
| 2.- Propone la <i>unidad de membrana</i> . Todas las células tienen la misma composición y grosor (100 Å), en la membrana | E. Overton | () |
| 3.- Propone que la membrana actúa como una barrera constituida por lípidos | Danielli y Davson | () |
| 4.- Propone el modelo del <i>mosaico fluido</i> para explicar la constitución y función de la membrana. | Singer y Nicolson | () |

1.- Pueden ser integrales o periféricas	Carbohidratos	()
2.- Son anfipáticas, es decir, las moléculas tienen una parte hidrófila y hidrófoba	Proteínas	()
3.- Pueden presentarse como glucolípidos (gangliósidos o cerebrósidos) o como una glucoproteína.	Lípidos	()
1.- se realiza la pinocitocis y la fagocitocis	Traslación	()
2.- Se establece un gradiente de concentración que va de menor a mayor.	Bombas de sodio-potasio	()
3.- Es particularmente común en la movilización de azúcares y aminoácidos. El paso se realiza con ayuda de proteínas de la membrana (transportadores como las permeasas)	Difusión facilitada	()
4.- El transportador de los iones puede ser una ATPasa.	Difusión libre	()
5.- El paso de substancias se basa en la existencia de poros fijos.	Citocis	()

MEMBRANA

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones. Responde con cuidado cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿ Después de la lectura del tema de *membrana* qué concepto te formaste de esta estructura ?
¿ Es el mismo que tenías antes de leerlo ?
- 2.- ¿Cuál es tu opinión acerca de la evolución que van teniendo los modelos que pretenden explicar la composición y función de la membrana ?
- 3.- ¿ Encuentras alguna relación que te explique algunas dudas que tenías con la lectura del tema de membrana ?
- 4.- ¿ Qué tipo de procesos de intercambio de substancias a través de la membrana pueden explicarte lo que ocurre en tu organismo ? Señala ejemplos y explícalos.

3.2.2. CITOESQUELETO (CITOPLASMA)

En 1835, Dujardin y poco después Brucke en 1861 ambos microscopistas, observaron que la distribución de los orgánulos celulares no se hacían al azar realmente y sugirieron que el citoplasma debería estar formado por una materia gelatinosa contráctil y con una organización mucho más compleja. En 1930 la observación de los movimientos celulares demostró que los orgánulos se desplazaban en forma ordenada, por lo menos en las células animales, éstos movimientos parecían llevarse a cabo a través de vías invisibles dirigiéndose hacia uno o dos puntos situados cercanamente al núcleo y llamadas "citocentro", "centrósfera" y "centrosomas"

En 1926 Chambers y algunos otros biólogos celulares predijeron que el citoplasma debía estar estructurado por una red organizada que estimula y conduce los movimientos de los organelos celulares y en los últimos veinte años esta predicción ha sido confirmada totalmente.

El descubrimiento de diversas estructuras que organiza el citoplasma se debe en gran parte a la cooperación interdisciplinaria de inmunólogos, bioquímicos y microscopistas con la ayuda de diferentes técnicas y reactivos se han puesto de manifiesto cuatro compuestos fibrosos principalmente y que están presentes en todos los tipos celulares animales.

MORFOLOGIA Y FUNCION

El citoesqueleto está conformado por: **Microtúbulos:**- filamentos largos y gruesos. **Microfilamentos:** distribuidos principalmente hacia la superficie celular. **Filamentos intermediarios** y una **red microtrabecular:** red de trama muy delgada. El conjunto de estas estructuras no es lo que da a la célula un aspecto de esqueleto rígido, sino es más bien debido a la organización dinámica del citoplasma.

En Estados Unidos en 1963, intuidos por primera vez por Slanterback, Ledbetter y Porter, los microtúbulos fueron probablemente los primeros elementos morfológicos definidos a los que se les atribuyó una función citoesquelética.

El descubrimiento de los microfilamentos fué llevado a cabo a finales de 1970, como filamentos intracitoplasmáticos, que constituyen redes o mallas en las zonas cercanas a la membrana citoplasmática. Los filamentos intermediarios están situados entre los filamentos y los microtúbulos y aparecen más estables que ambos.

Wolosewick y K. Porter (en Boulder, Colorado) en 1979, constataron que el citoplasma presente entre los diversos orgánulos celulares no era homogéneo y el citoplasma parecía estar constituidos por dos fases, una más rígida que llamaron red microtrabecular y otra más fluida y rica en agua. Es probable que ésta red no esté formada únicamente por un solo tipo de proteína, algunos autores opinan que proteínas similares a los de la fibra muscular podrían intervenir en ésta armazón endocelular.

La distribución topográfica de los orgánulos celulares en el citoplasma es el resultado de un tránsito intracelular organizado por vías determinadas por los microtúbulos, la red microtrabecular llena totalmente el espacio citoplasmático, constituyendo una red tridimensional en el seno del cual se encuentran los diversos sistemas fibrosos en los que los orgánulos quedan presos o adheridos.

En 1981, Keith Porter supuso que proporcionando una organización espacial de las enzimas y la red permitiría quizá controlar diversos procesos metabólicos.

La organización y la función de los microtúbulos y de otras proteínas estructurales han sido estudiadas con frecuencia en células cultivadas. Gracias al empleo de diferentes agentes farmacológicos, se ha permitido el estudio de la función de los microtúbulos en diferentes procesos fisiológicos desarrollados en el seno de las células diferenciadas, se ha estudiado el papel de los microtúbulos en la distribución ordenada de orgánulos citoplasmáticos, poniéndose de manifiesto en la mayoría de los modelos celulares, así como la participación de los mismos en la motilidad intracelular ordenada también en la transferencia de sustancias al exterior de la célula y el proceso inverso , o sea el transporte de vesículas a partir de la membrana citoplasmática hacia el interior de la célula. Normalmente éstas vesículas van a lo largo de los microtúbulos hacia el centro de la célula y ahí son fusionados con los lisosomas los cuales contienen las enzimas necesarias para descomponer el material incorporado.

A través de los dos últimos decenios se ha podido dilucidar el detalle de la organización de las proteínas estructurales del citoplasma, su distribución pone de manifiesto que participan en la polaridad, en la forma y la motilidad celular su intervención directa o indirectamente a nivel de los receptores superficiales de la célula y modula la interacción de ésta con su medio. El sistema microtubular armoniza por tanto numerosos aparatos mecánicos, químicos y metabólicos de la célula. (Fig. 31)

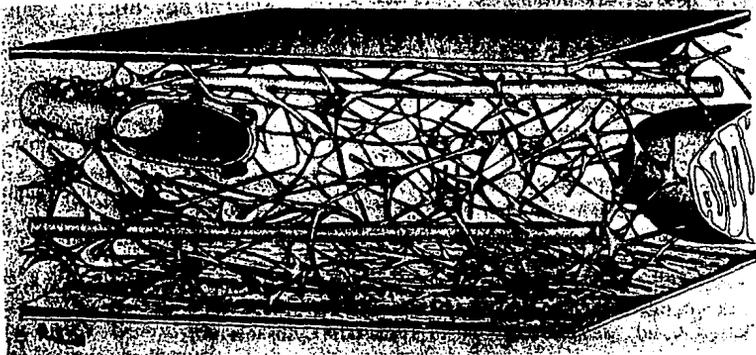


Fig. 31. Modelo de la sustancia de relleno citoplasmática que muestra la malla microtrabecular y microtúbulos presentes.

**CITOESQUELETO
ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE**

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- Describe con tus propias palabras como está formado el citoplasma o citoesqueleto
- 2.- ¿ Cómo se llevan a cabo los movimientos celulares ?
- 3.- ¿ Cuáles fueron los primeros elementos morfológicos definidos a los que se les atribuyó una función citoesqueléticas ?

**CITOESQUELETO
ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACION.**

Instrucciones: Coloca en el paréntesis la letra que corresponde a la opción correcta.

- | | |
|---|----------------------------|
| 1.- Sugirieron que el citoplasma debería estar formado por una materia gelatinosa contractil. | Wolosewick y K. Porter () |
| 2.- Constataron que el citoplasma presente entre los diversos orgánulos celulares eran homogéneos | Dujardín y Brucke () |
| | Células cultivadas () |
| 3.- Permiten el estudio de la función de los microtúbulos en diferentes procesos fisiológicos. | |

**CITOESQUELETO
ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS**

Instrucciones: Responde las siguientes preguntas:

- 1.- ¿ De qué manera entiendes como ayuda a la distribución de sustancias la morfología del citoesqueleto ?
- 2.- ¿ Explica como entiendes la participación de las proteínas estructurales que se encuentran en el citoesqueleto ?

3.2.3 RIBOSOMAS

Organelos contenidos en el verdadero medio interno de la célula. Son partículas de aproximadamente 250 Å, pueden encontrarse libres o adheridos a la membrana. Son parte fundamental de la maquinaria biosintética de la célula, conocidas también con el nombre de partículas de ribonucleoproteína. Se presentan en células procariontes y eucariontes en diferentes tamaños, compuestos básicamente por ácido ribonucleico y proteína. Pueden ser considerados desde el punto de vista fisiológico como maquinarias para la síntesis de proteínas utilizadas por las células. Por medio de este proceso, los aminoácidos son unidos en secuencias definidas para formar las cadenas polipeptídicas. Se hace una estimación, que para que se realice la síntesis proteica se requiere de la interacción ordenada de tres clases de moléculas de ARN de origen nuclear, ARN ribosómico, ARN de transferencia y ARN mensajero; más aparte, aminoácidos activados.

Fueron descritos como partículas o gránulos densos y mediante el uso de diferentes técnicas de aislamiento y la ayuda del microscopio electrónico, se determinó el tamaño de la partícula, llegándose al concepto de que los ribosomas son componentes universales de todos los organismos vivos.

Cuando se estudia al ribosoma se hace generalmente con relación al sistema vacuolar, ya que en las células superiores, estos están adheridos a las membranas intracelulares que conforman el sistema vacuolar y otros se encuentran libres flotando en el citoplasma o matriz citoplasmática.

La mayoría de los ribosomas se encuentran libres en la matriz celular de levaduras y reticulocitos en tejidos vegetales meristemáticos y en las células nerviosas embrionarias. En las células vegetales, los ribosomas preceden al desarrollo de las membranas. La concentración y el número de los ribosomas están directamente relacionados con el contenido del ARN de las células. Se encuentran en todas las células animales y vegetales en crecimiento y en las bacterias. Son muy uniformes en tamaño, estructura y composición. Los ribosomas están compuestos de proteína y ARN en proporciones equivalentes con poco o nada de material lipídico y están formados por dos subunidades de diferente tamaño.

SINTESIS DE PROTEINAS

Es una de las actividades celulares más complejas ya que el ensamblaje de las proteínas requiere de todos los diferentes ARN de transferencia unidos a aminoácidos, ribosomas, ARN mensajero y proteínas que poseen diferentes funciones, cationes y GTP. Para la síntesis de proteínas se requiere de la incorporación de cada uno de los veinte aminoácidos distintos en una precisa y adecuada secuencia el cual dicta un mensaje codificado representado por diferentes símbolos.

TRANSCRIPCION

La información genética de un individuo está codificada en el ADN cromosómico encontrado en el interior del núcleo, esta información se expresa en las proteínas que finalmente configuran las características propias de cada individuo. Las síntesis de proteínas tiene lugar en el citoplasma de la célula, por lo que se hace evidente la transcripción del mensaje del núcleo

hacia el protoplasma, ya que ahí se lleva a cabo la traducción de este mensaje. La información codificada del ADN se transcribe a una secuencia también codificada del ARN mensajero (ARNm) y merced a la especificidad del apareamiento entre las bases. La información contenida en el ADN se transmite sin ningún cambio al ARNm. (Fig. 32)

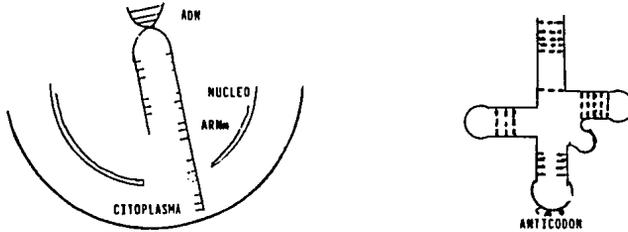


Fig. 32 . Transcripción de la información codificada del ADN al ARNm

Solo algunos genes del ADN deberán ser transcritos al ARNm y reconocerse también el punto inicial y final del gen. Estas acciones son reguladas por la enzima ARN-polimerasa. El ARNm es muy inestable y de vida muy corta, pues de otra forma estaría actuando de manera indiscriminada.

TRADUCCION

Ya que el ARNm ha copiado la información del ADN, se dirige al citoplasma donde ha de ser traducido el mensaje para la síntesis de proteínas, el mensaje es leído ahí unidireccionalmente por uno o mas ribosomas (polisomas) . Los Ribosomas están constituidos por partes semejantes de proteínas y Acido Ribonucleico, el Acido Ribonucleico Ribosómico.

El sitio activo donde se van a unir los aminoácidos para la síntesis proteica son los ribosomas. Los aminoácidos son transportados del protoplasma a los ribosomas por otro ácido ribonucleico, que es el de transferencia, llamado también ácido ribonucleico soluble (ARNs).

Existen quizá entre cuarenta y sesenta formas diferentes de ARNt en la célula y entre estas, una para cada aminoácido. Una parte de la molécula del ARNt (anticodón) es complementaria al codón del ARNm, y otra parte de la molécula se vincula a un aminoácido "activado", con ayuda de una enzima específica y ATP. (Fig. 33)

Al acoplarse el codón y el anticodón mediante bases complementarias (sitio de decodificación) permite que el aminoácido transportado por el ARNt se una por medio de la enzima peptidil sintetasa (formando un enlace peptídico) al aminoácido de la cadena proteica que se está formando. Esto se lleva a cabo en el sitio de condensación de los ribosomas, y ya unidos al ARNt se desliga del polipéptido de ARNm y del ribosoma en un sitio de salida.

RIBOSOMAS

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- Describe el mecanismo posible que llevan a cabo los ribosomas.
- 2.- ¿Dónde se localizan los ribosomas?
- 3.-¿ Cuántos ribosomas hay en una célula ?
- 4.-¿Cuál es el tamaño de los ribosomas ?
- 5.-¿ Cuántos tipos de ARN existen en la célula ?
- 6.-¿ En dónde se encuentra la información genética de un individuo ?
- 7.-¿Cuál es la composición química de los ribosomas ?
- 8.- Describe el mecanismo posible de transferencia del código del ADN al ARN.
- 9.-¿ Qué ocurriría en la célula si los ribosomas dejan de realizar la síntesis protéica ?
- 10.-¿ A qué se le llama sitio de decodificación ?

RIBOSOMAS

AUTOEVALUACION

Instrucciones: Coloca en el paréntesis la letra que corresponda a la opción correcta.

Partículas de aproximadamente 250 Å,
libres o adheridos a la membrana.....()

Compuestos por proteínas y ARN....()

Es una de las actividades celulares más
complejas.....()

Se requiere de la reincorporación de los
diferentes aminoácidos existentes.....()

Sitio activo donde se van a unir los amino-
ácidos para la síntesis de proteínas....()

1.- Mitocondrias

2.- Síntesis de Proteínas

3.- Ribosomas

4.- Información genética

RIBOSOMAS

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Responde con cuidado cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- Explica la función de los diferentes tipos de ARN.**
- 2.- Realiza un modelo para explicar la síntesis de proteína.**
- 3.- Explica con qué frecuencia se forman las diferentes proteínas y por qué.**

3.2.4.MITOCONDRIA

ORIGEN DE LA MITOCONDRIA

Actualmente existen dos teorías que pretenden explicar el origen de las mitocondrias. Una de ellas forma parte de la Teoría Endosimbiótica (bosquejada en el capítulo 2) según la cual, el organismo deriva de la asociación simbiótica entre dos organismos independientes, uno de los cuales evolucionó hasta convertirse en el organelo en sí. La otra teoría es la de la Evolución Directa, la cual plantea que la mitocondria evolucionó en forma gradual a partir de componentes celulares preexistentes sin la intervención de otro organismo.

Algunas observaciones que apoyan la teoría endosimbiótica son las siguientes:

1.- La mitocondria exhibe un ADN circular, semejante al nucleótido de las bacterias. Este ADN se multiplica por fisión autónoma, pudiendo haber mas de un círculo de ADN, como ocurre en las bacterias.

2.- Los ribosomas de las mitocondrias tienen composición química mas semejante a la de los ribosomas de las bacterias, que a los ribosomas de las células eucariontes.

3.- Los ribosomas de las mitocondrias son sensibles al antibiótico cloranfenicol, que tanto en ellas como en las bacterias, inhibe la síntesis protéica. Esto no ocurre en los ribosomas de las células eucariontes.

4.- Tanto las bacterias aeróbicas como las mitocondrias, contienen en su membrana las enzimas necesarias para la fosforilación oxidativa.

Algunos de los principales argumentos que apoyan la teoría de la Evolución Directa son:

1.- La estructura de los ribosomas mitocondriales y de las secuencias del ARNt (ácido ribonucleico de transferencia) son mas semejantes entre sí, que con las del sistema bacteriano.

2.- El sistema de utilización de la información empleado por la mitocondria posee numerosas propiedades de naturaleza distintivamente eucariota y que serían muy difíciles de explicar si estos organismos tuvieran un ancestro procarionte.

ESTRUCTURA, TAMAÑO, FORMA Y CANTIDAD

Se le atribuye a Robert Altman el haber sido el primero en demostrar la existencia de estas estructuras en el año de 1866. Las mitocondrias pueden ser vistas al microscopio óptico en células que no han sido teñidas, o en células que han sido expuestas a los colorantes vitales.

Se representa generalmente a una mitocondria en forma de una salchicha. (fig. 34) de aproximadamente 0.2 a 10 μm . de diámetro. Estas dimensiones corresponden a los límites del tamaño de una bacteria, hecho que apoya a la teoría endosimbiótica de la evolución. En realidad, la forma que puede adoptar la mitocondria puede ser casi esférica a filiformes.

En una célula hepática, existen entre 500 y 1000 mitocondrias distribuidas al azar, pero en las células musculares puede haber un número mucho mayor de mitocondrias características (hasta 10,000).

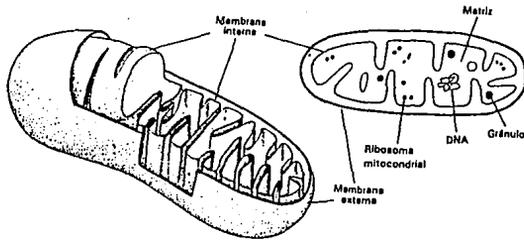


fig. 34 Representación diagramática de la estructura de una mitocondria.

Los estudios iniciales con el microscopio electrónico revelaron que la mitocondria tiene 2 membranas diferentes, una *externa* y otra *interna*. La membrana interna se invagina hacia el interior formando pliegues que reciben el nombre de crestas (Fig. 35). Las membranas de la mitocondria dividen al organelo en dos compartimentos muy importantes: el que está en el centro de la mitocondria (*matriz*) y el que está entre las dos membranas (*espacio intermembranal*).

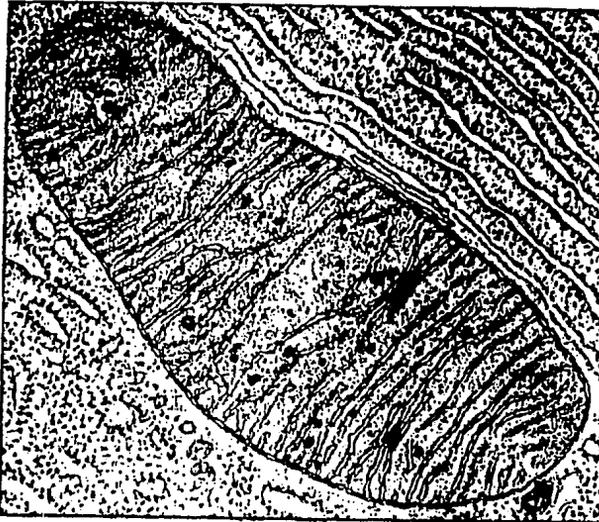


Fig.35. Vista, con gran aumento, de un corte fino a través de una mitocondria de páncreas de murciélago. Se observa claramente que las crestas corresponden a porciones de membrana interna que se pliegan hacia el interior de la mitocondria.

La matriz posee características de gel debido a las altas concentraciones de proteínas que contiene. Posee además, pequeños ribosomas y ADN circular.

Algunas diferencias entre la estructura de la membrana externa e interna son las siguientes:

MEMBRANA INTERNA	MEMBRANA EXTERNA
Constituida por una relación proteína/lípido muy alta (4:1) el colesterol está prácticamente ausente.	Se compone de un 50% de lípidos (incluido gran cantidad de colesterol).
Es casi impermeable (solo penetran pequeñas moléculas sin carga como el agua y el ácido pirúvico (en forma de ácido libre)	Es muy permeable (penetra moléculas hasta de 10,000 Daltons
Los pliegues (crestas) proporcionan hasta 10 veces o más superficie que la membrana externa.	-Relativamente pequeña

En 1950 se demostró que la mitocondria podría fragmentarse en pedazos mediante tratamientos mecánicos o filtración ultrasónica (*sonicación*) y que los fragmentos, llamados *partículas submitocondriales* eran capaces de transferir electrones a partir del NADH al oxígeno molecular utilizando la energía liberada para formar ATP (fig.36).

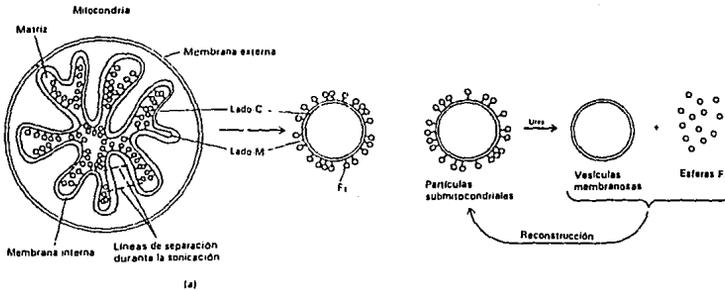


Fig. 36. Formación de partículas submitocondriales por oscilación ultrasónica.

FUNCION

La mitocondria ha sido llamada la fuente de energía de la célula. Su función puede resumirse diciendo que es la obtención de energía con base en la oxidación de los alimentos. Para que esta energía pueda ser aprovechada por la célula, (o por el organismo) se requiere que dicha oxidación se realice gradualmente, es decir, que los enlaces químicos representados en las sustancias que están constituyendo a los alimentos (carbohidratos, lípidos, proteínas) se vayan rompiendo poco a poco y la liberación de energía resultante de dicha ruptura pueda convertirse en otro tipo de energía que pueda a su vez ser aprovechada por la célula. Esta energía se representa en las moléculas de ATP (adenosín tri-fosfato). (Fig. 37)

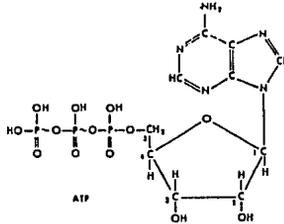


Fig. 37. Fórmula estructural del ATP. Este compuesto es muy ácido. Bajo las condiciones que existen en la célula (pH7), cuatro protones son cedidos, dejando cuatro átomos de oxígeno cargados negativamente (-0:). Estos atraen iones con carga positiva de la célula, tales como Mg⁺⁺. Los enlaces que unen los grupos de fosfato terminal y subterminal, desprenden gran cantidad de energía cuando son hidrolizados.

La regulación del proceso de la oxidación de los alimentos es dirigida mediante la participación de las enzimas presentes en la mitocondria. Si este proceso no se controlara por enzimas, entonces la mayor parte de la energía representada en los enlaces químicos se perdería al convertirse en calor, y esa forma no es útil para la célula. Por ejemplo, una mol de glucosa (180 gr) al sufrir una combustión en el laboratorio produce seis moléculas de agua y seis de anhídrido carbónico, con liberación de 686,000 calorías. Menos de la mitad de esa energía (39% = 266 kcal) es transformada en 38 moléculas de ATP, ya que cada molécula de ATP representa casi 7,000 calorías.(Fig. 38).

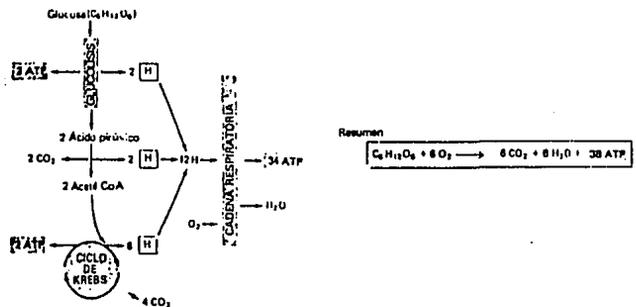


Fig. 38. Resumen de los principales eventos de la oxidación de la glucosa hasta CO₂ y H₂O

El que los seres vivos puedan realizar sus funciones vitales implica la utilización de la energía para la transformación de los alimentos (*metabolismo*). La fase en la cual se construyen moléculas grandes y complejas a partir de moléculas más sencillas y pequeñas, se llama *anabolismo*, mientras que la fase en la cual las moléculas relativamente complejas y más ricas en energía se descomponen en moléculas sencillas y pobres en energía se llama *catabolismo* (Fig. 39)

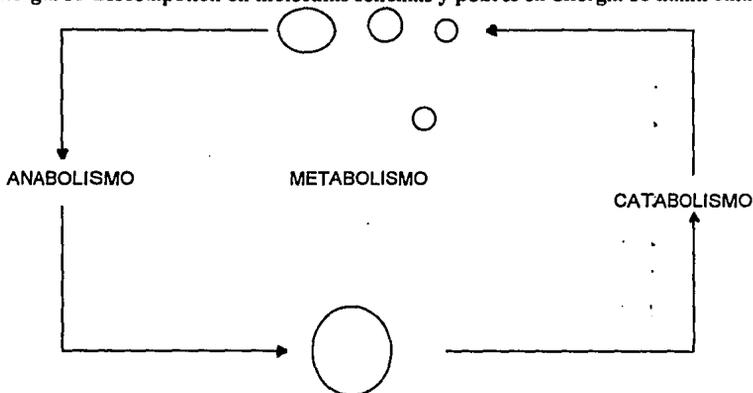


Fig. 39

El siguiente cuadro (Fig.40) ilustra de manera simplificada las vías metabólicas de los alimentos.

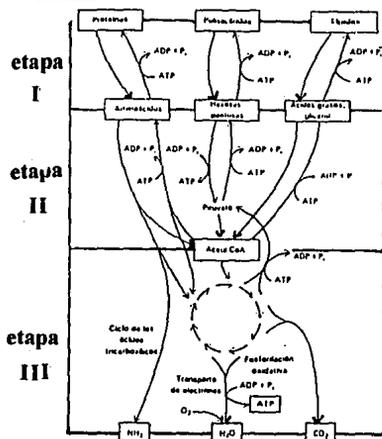


Fig.40 Las tres etapas del metabolismo. Las vías catabólicas (flechas descendentes) convergen formando metabolitos comunes y dan lugar a la síntesis de ATP en la etapa III. Las vías anabólicas se inician a partir de unos cuantos precursores en la etapa III y utilizan el ATP para formar una gran cantidad de sustancias (flechas ascendentes).

La siguiente figura ilustra las rutas catabólicas del metabolismo. Hay que resaltar que las funciones de la mitocondria son *esencialmente catabólicas* (Fig. 41).

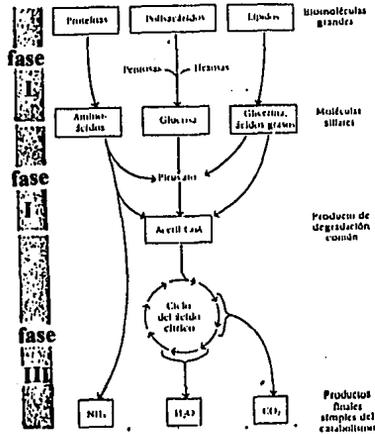


Fig.41.- Las tres fases del catabolismo de los principales nutrientes. La fase I representa la degradación de moléculas hasta las unidades que las componen.

La fase II. Las unidades continúan degradándose hasta formar un producto común: el grupo acetilo del acetil-CoA (acetilcoenzima A)

En la fase III se continúan las degradaciones hacia la convergencia en el ciclo del ácido cítrico, con la formación de solo tres productos principales y finales (NH_3 , H_2O y CO_2)

Es importante observar que la mitocondria realiza un metabolismo compartimentalizado (Fig. 42) y que las reacciones que tienen lugar en el citosol son reguladas por hidrólisis y enzimas producidas en la mitocondria, como es el caso de la glucólisis en el que la glucosa es degradada a piruvato que entra directamente a la mitocondria y ahí se convierte en acetyl CoA en la matriz mitocondrial, debido a la actividad de un complejo enzimático gigante; la piruvato deshidrogenasa.

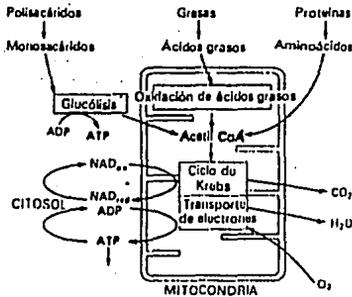


Fig. 42.- Esquema que ilustra el metabolismo compartimentalizado de la mitocondria.

El siguiente paso es cuando los grupos acetilo entran en el ciclo de Krebs (también llamado de los ácidos tricarbóxicos) donde producen CO_2 y átomos de hidrógeno:



Los 8 átomos de hidrógeno producidos son empleados para generar diez moléculas de ATP mediante una serie de reacciones de oxidación y reducción en las que se produce el *transporte de electrones* desde un dador de electrones hacia un aceptor. La *oxidación* consiste en la pérdida de electrones y la *reducción* es la ganancia de los mismos. En gran número de oxidaciones biológicas los electrones son transferidos por medio de átomos de hidrógeno.

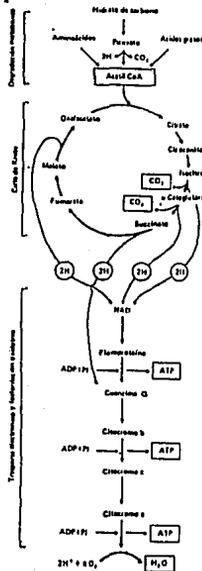
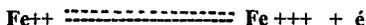


Fig. 43. Esquema de la respiración aerobia, que muestra el ciclo de Krebs, la cadena respiratoria y su acoplamiento con la fosforilación oxidativa.

Varios citocromos de la cadena respiratoria contienen hierro en su molécula. Durante la transferencia de electrones este pasa del estado ferroso al férrico, y libera así un electrón:



Esta reacción es básica en todos los procesos de óxido-reducción.

La siguiente figura (Fig. 44) muestra la vía simplificada que toma un par de electrones en su ruta hacia el oxígeno molecular a partir de un sustrato reducido.

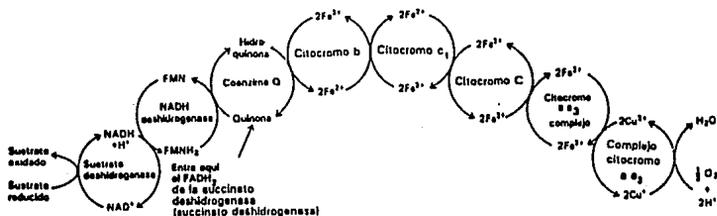
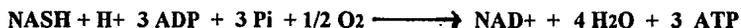


Fig. 44. Cadena de transporte de electrones. Los centros ferro-azufrados distribuidos por la cadena no se han ilustrado. Se puede observar que el citocromo b se encuentra en dos diferentes formas que tienen espectros de absorción ligeramente diferentes.

Cuando un par de electrones pasa desde el NADH + H+ hacia el oxígeno molecular se libera gran cantidad de energía, como en este caso los electrones son transferidos de un aceptor a otro, esta liberación ocurre gradualmente.

Como es posible darse cuenta en la figura 43, la fosforilación oxidativa se encuentra acoplada a la cadena respiratoria. Existen tres pasos de transporte de electrones en los que forma una molécula de ATP. La ecuación de este proceso puede expresarse de la siguiente manera:



Balance Energético.- El balance energético de la respiración aerobia muestra la producción de 38 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa consumida. La reacción completa puede escribirse:



El total de ATP se obtiene porque cada molécula de lactato proporciona seis pares de electrones; de ellos, cinco pares originan 15 ATP (3 por cada par de electrones). El sexto par origina solo dos ATP. Una molécula adicional se origina en el ciclo del ácido cítrico. En total, cada molécula de lactato forma 18 ATP. Como cada molécula de glucosa forma a dos de lactato,

entonces se forman un total de 36 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa. Si a ello sumamos las dos moléculas (netas) que se producen en la glicólisis, se obtiene que la oxidación completa de la glucosa conduce a la síntesis de 38 moléculas de ATP.

MITOCONDRIAS

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas

- 1.- ¿Cuáles son las dos teorías que explican el origen de las mitocondrias ? Explica cada una de ellas.
- 2.- Menciona dos observaciones que refuerzan la Teoría Endosimbótica.
- 3.- ¿Qué argumentos apoyan la teoría de la Evolución Directa ?

- 1.- Esquematiza la estructura de la mitocondria señalando cada una de sus partes.
- 2.- ¿Cuál es el tamaño de las mitocondrias ?
- 3.- ¿Cuántas mitocondrias hay en una célula ?
- 4.- ¿Cuál es la función de la mitocondria ?
- 5.- ¿De donde obtiene la energía la mitocondria para que la célula pueda cumplir sus funciones ?
- 6.- ¿Cómo se llama la molécula que captura la energía que obtiene la mitocondria al degradar los alimentos ? ¿En qué parte de esa molécula se representa la energía ?
- 7.- ¿Qué ocurriría en la célula si la oxidación de los alimentos no se hiciera gradualmente y en su lugar ocurriera una sola reacción que transformara las sustancias más complejas hasta las más sencillas ?
- 8.- ¿Qué cantidad de energía representa una molécula de glucosa ?
- 9.- ¿Qué cantidad de energía representa una molécula de ATP ?
- 10.- ¿Qué cantidad (porcentaje) de energía almacenada en una molécula de glucosa se transforma en ATP ?
- 11.- ¿Qué ocurre con el resto de ese porcentaje ? ¿A cuántas kcal equivale ?
12. Explica qué es: a) Metabolismo b) Anabolismo c) Catabolismo
- 13.- En las vías (rutas) catabólicas del metabolismo, cuál es el producto común en el que las unidades de los alimentos se transforman ?
- 14.- ¿Cuál es el ciclo que se forma en la fase III de las rutas catabólicas del metabolismo y cuáles son los tres productos finales ?
- 15.- ¿Qué ocurre durante las oxidaciones y las reducciones ?
- 16.- ¿En el balance energético de la respiración aeróbica se forman 38 ATP ? ¿Cuántos ATP se forman por cada molécula de lactato ?

MITOCONDRIA

AUTOEVALUACION

Instrucciones. Relaciona las siguientes columnas colocando en el paréntesis el número que corresponda a la opción correcta.

Las mitocondrias tienen un ADN circular semejante al de las bacterias.

1. Teoría Endosimbótica ()

La estructura de los ribosomas mitocon-

2.- Teoría de la Evolución Directa

driales y la secuencia del ARNt (ácido ribonucleico de transferencia) se parecen mas entre si que a los de los sistemas bacterianos encontrados. ()

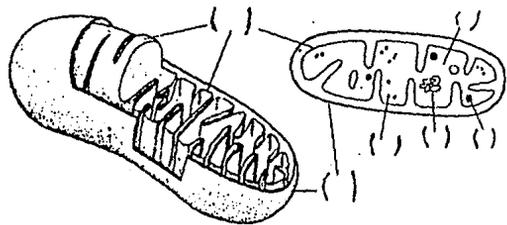
Los ribosomas de las mitocondrias son sensibles al antibiótico cloranfenicol que tanto ellos como en las bacterias inhibe la síntesis proteica. Este no ocurre en los ribosomas de eucariontes. ()

Tanto las mitocondrias, como las bacterias aeróbicas contienen en sus membranas las enzimas necesarias para la fosforilación oxidativa. ()

El sistema de utilización de la información empleado por la mitocondria posee numerosas propiedades de naturaleza definitivamente eucariontes y que serian muy dificiles de explicar si tuvieran un ancestro procarionte. ()

Las dimensiones de la mitocondria corresponden a las del tamaño de una bacteria. ()

- 1.- Membrana Externa
- 2.- Membrana Interna
- 3.- Crestas
- 4.- Matriz
- 5.- Espacio Intermembranal
- 6.- ADN
- 7.- Gránulo
- 8.- Ribosoma Mitocondrial



Se compone de un 50% de lípidos (incluida gran cantidad de colesterol)()

1.- Membrana Externa

La relación de proteína/lípido es muy alta (4/1): El colesterol está prácticamente ausente ()

2.- Membrana Interna

Las crestas o pliegues internos proporcionan una gran superficie ()

Es muy permeable (penetran moléculas hasta de 10,000 dalton) ()

Es casi impermeable (solo penetran pequeñas moléculas sin carga como el agua y el ácido pirúvico en forma de ácido libre) ()

Cantidad de energía presente en una mol de glucosa ()

1.- 14 000 cal.

Cantidad de energía que es transformada en ATP por cada mol de glucosa ()

2.- 420,000 cal

Cantidad de energía que se pierde en forma de calor al degradar completamente una mol de glucosa ()

3.- 686,000 cal

Es la cantidad de energía representada en una sola molécula de ATP ()

4.- 7,000 cal

Cantidad de energía obtenida durante la glicólisis ()

5.- 266,000 cal

Es la transformación de los alimentos ()

1.- Anabolismo

Se construyen moléculas grandes y complejas, a partir de sencillas y pequeñas ()

2.- Catabolismo

Moléculas complejas y ricas en energía se transforman en sencillas y pobres en energía ()

3.- Metabolismo

Proceso en el que la glucosa es degradada a piruvato ()

1.- Transporte de electrones

El piruvato entra directamente en la mitocondria y al oxidarse se convierte en CO_2 y _____? ()

2.- Glicólisis

Los grupos acetilo entran al ciclo del _____, donde producen CO_2 y _____?

3.- Acetil-CoA

En cada una de las vueltas del ciclo del ácido cítrico se separan 4 átomos de hidrógeno que ceden sus electrones en algún punto de la cadena del _____ ()

4.- Acido Cítrico

MITOCONDRIAS

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Responde a las siguientes preguntas:

- 1.- Discute las teorías endosimbiótica y directa, señalando los argumentos que las apoyan.
- 2.- ¿ Qué razón puede existir de que algunas células tengan mayor número de mitocondrias que otras ?
- 3.- Explica porqué se considera a la célula como la fuente de energía de la célula.
- 4.- ¿Cuál sería la eficiencia de la mitocondria si en lugar de 38 se obtuviera una ganancia neta de 60 ATP ?
- 5.- Algunos organismos, por ejemplo en la levadura de cerveza, el piruvato en lugar de transformarse en la Acetil-CoA por la vía aeróbica, este se transforma en etanol (un alcohol) y bióxido de carbono, este proceso se llama *fermentación alcohólica*. ¿ Que significado energético tiene en comparación con la respiración aeróbica ?

3.2.5 CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS

ASPECTOS HISTORICOS

Los cloroplastos fueron descritos y observados por primera vez en el siglo XVII por Nehemiah Grew y Anton V. Leewenhoek. Algunos estudios experimentales realizados entre el siglo XVIII y el XIX, establecieron la relación entre la acción de la luz por la clorofila y la liberación del oxígeno molecular. Hoy se sabe que las membranas de los procariontes fotosintéticos y de los cloroplastos eucarióticos son dispositivos notables por medio de los cuales la energía luminosa se capta, se convierte en energía química y se entrega para la realización de todo trabajo del organismo vivo. Este proceso que realizan dichas estructuras, recibe el nombre de *fotosíntesis*.

Resumen histórico

- En 1771 Joseph Priestley descubrió la producción de oxígeno molecular por las plantas mediante un sencillo experimento (Fig. 45) en el que se demostraba la interdependencia entre las plantas y los animales.

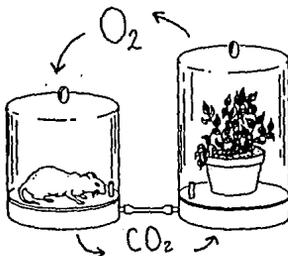
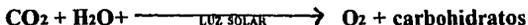


Fig.45.- Ilustración del experimento de Priestley

- En 1779, Jan Ingenhousz realizó más de 500 experimentos en los que descubrió la importancia de la luz en el proceso de la fotosíntesis.
- En 1850 ya se conocía la reacción general de la fotosíntesis :



- A finales del siglo XIX Theodor Engelmann identificó al cloroplasto como el sitio de la célula en el que se realiza la fotosíntesis.
- En 1931, C.B. Van Niel reconoció que la fotosíntesis constituía un doble proceso coordinado de óxido-reducción:



- En 1937, Robert Hill al trabajar con cloroplastos aislados encontró que podían producir oxígeno en ausencia de CO₂ dependiendo de la iluminación y de la presencia de un aceptor de electrones. Esto dió origen a la reacción de Hill que puede describirse de la siguiente forma:



La reacción de Hill dió a la eliminación y aceptación de electrones el punto clave de la fotosíntesis, que como se supo posteriormente es la esencia del fenómeno. El experimento que hizo consistió en comprobar que las hojas molidas en agua a la cual se le agregaron receptores de hidrógeno (por ejemplo quinona) eran capaces de liberar oxígeno cuando se les exponía a la luz, sin sintetizar hidratos de carbono.

ESTRUCTURA DEL CLOROPLASTO

En las plantas superiores, los cloroplastos tienen forma de una lente de aproximadamente 2-4 μm de ancho, por 5-10 μm de largo. Hay entre 20 y 40 en cada célula. Sus dimensiones los hacen comparables al tamaño de los eritrocitos. La cubierta externa de los cloroplastos consta de una envoltura compuesta por dos membranas separadas por un reducido espacio (Fig. 46 a y b)

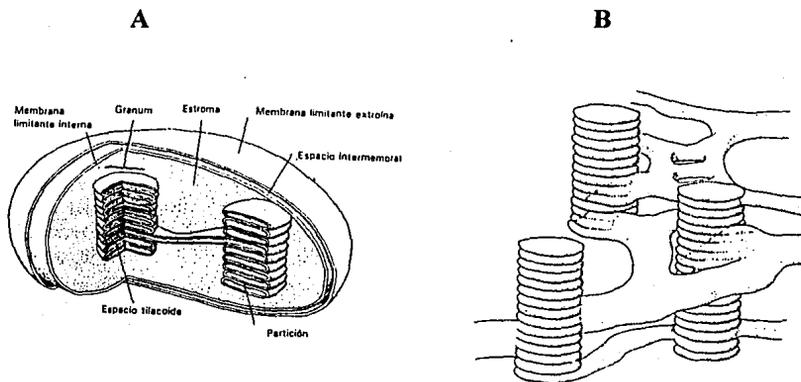


Fig. 46 a y b.- a) Diagrama de la estructura general y el contenido interno del cloroplasto b) vista tridimensional de los grana con las láminas del estroma interconectadas.

La membrana interna del cloroplasto se organiza en sáculos membranosos aplanados que reciben el nombre de *tilacoides* y dentro de la envoltura externa es el *estroma*. Los canales rodeados por membrana, que reciben el nombre de *láminas de estroma*, conectan a los tilacoides de un granum con los tilacoides de otro (Fig. 46-b).

Al igual que las mitocondrias, los cloroplastos son autónomos y pueden autoreplicarse.

PIGMENTOS FOTOSINTETICOS

El aspecto verde de los vegetales es el resultado de la presencia dentro de los cloroplastos del pigmento *clorofila*, el cual absorbe principalmente el color azul y rojo, dejando la longitud de onda intermedia (verde) sea captada por nuestros ojos. Si bien, la clorofila está presente en todas las células fotosintéticas, no es el único pigmento que participa en la fotosíntesis. Hay dos grupos de pigmentos accesorios, los carotenoides (Fig. 47 a) y las ficobilinas (Fig. 47 b y c) que también participan en las reacciones de la absorción de la luz.

Los carotenoides, que van desde el color amarillo hasta el naranja, están ampliamente distribuidos entre los organismos fotosintéticos, mientras que las ficobilinas se encuentran fundamentalmente en las algas rojas y verde azul (rodofíceas y cianofíceas).

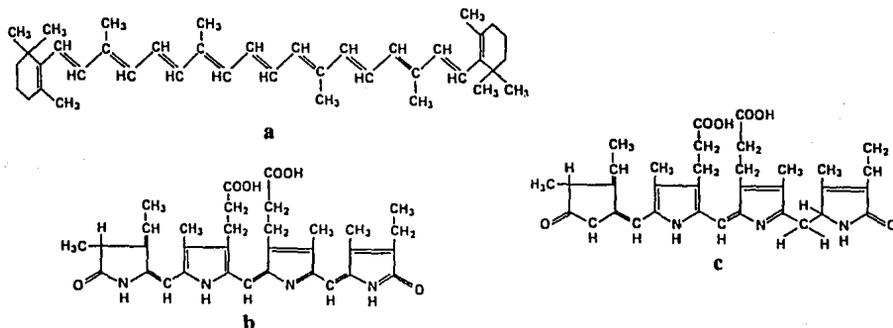


Fig. 47. Estructuras químicas de a) caroteno; b) ficocianobilina, y c) ficocitrobilina.

Existen diferentes clases de clorofilas: a, b y c. La clorofila "a", está presente en todos los organismos fotosintéticos, excepto en las bacterias sulfurosas. La clorofila "b" se encuentra en las plantas superiores y en las algas verdes. La clorofila "c", está en las algas pardas, diatomeas y algunos protozoarios. Los organismos procariontes que no evolucionaron hacia la producción de O₂ (todos, con excepción de las algas verde-azules) contienen solo una clorofila, llamada *bacterioclorigila* (Fig. 48).

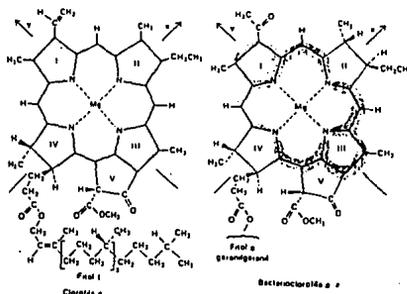
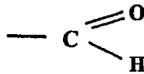


Fig. 48. Estructura de la clorofila "a" y de la bacterioclorigila "a". Con tono sombreado indican los electrones π de la porfirina. La clorofila "b" difiere de la "a" por el reemplazo del -CH₃ en el anillo II por:



La estructura básica de la clorofila (Fig.48) está formada por 2 partes principales: una anillo porfirínico, sustituyentes hidrofílicos y una cadena de fitolhidrofóbica que mantiene la clorofila de la membrana dentro del cloroplasto. La molécula de la sangre (hemoglobina) es también una porfirina, pero tiene un núcleo de hierro, mientras que el de la clorofila es de magnesio (Mg). Cada porfirina está compuesta de 4 anillos pirrólicos conectados entre sí por un eslabón de carbón. La presencia de enlaces dobles y sencillos alternados a lo largo del anillo porfirínico forma un sistema de enlaces conjugados caracterizado por la presencia de una nube de electrones π (que se indica en tono sombreado en la Fig. 48). Los sistemas conjugados de este tipo son capaces de una fuerte absorción, la que produce la redistribución de la densidad electrónica de la molécula, y en el caso de la clorofila, la pérdida de un electrón hacia su aceptor. A la porfirina se le adiciona una larga cadena lateral de *fitol*.

Los *carotenoides* naranja, rojo y amarillo y las *ficobilinas* roja o azul, también absorben energía luminosa, aunque de manera menos eficaz que las clorofilas. Los carotenoides tienen su máxima absorción entre el naranja y el violeta (400-500 nm.) y las ficobilinas entre el verde y el naranja del espectro visible (550-630 nm.).

Los diversos carotenoides poseen diferentes regiones de cadena larga con muchos dobles enlaces conjugados y extremos de cadena únicos. El color de las zanahorias y los tomates se debe al B-caroteno, un pigmento ampliamente distribuido (Fig. 49).

Las *ficobilinas* son diferentes de los otros dos tipos mencionados, ya que se encuentran conjugadas con otras proteínas de naturaleza específica. Al conjugado de proteína -pigmento se le denomina *ficobiliproteína*. Al conjugado pigmento rojo-proteína se le llama *ficoeritrina* y su análogo azul es la *ficocianina*.

Al igual que los carotenoides, las ficobilinas transfieren la energía luminosa absorbida por ellos a la clorofila "a", el pigmento fotosintético primario en todas las plantas y algas. En general, la energía es transferida a la clorofila "a" más eficazmente por las ficobilinas que por los carotenoides.

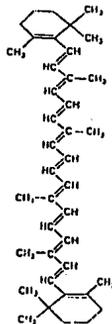
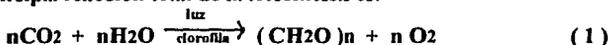


Fig. 49.- B-caroteno, pigmento accesorio en las hojas verdes. Observese que el B-caroteno, al igual que la clorofila tiene muchos dobles enlaces conjugados, que permiten absorber la luz y transmitir excitones.

REACCIONES FOTOSINTETICAS

La fotosíntesis es una de las funciones biológicas fundamentales, ya que por medio del pigmento (clorofila) contenido en los cloroplastos, los vegetales son capaces de absorber la energía que la luz solar emite como fotones y de transformarla en energía química. Esa se acumula en las uniones químicas producidas mediante la síntesis de muchos principios nutritivos.

La principal reacción total de la fotosíntesis es:

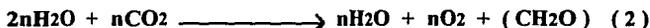


Que consiste en la acumulación de anhídrido carbónico y agua para formar hidratos de carbono con la liberación de CO_2 .

Se ha calculado que cada molécula de CO_2 se incorpora al vegetal cada 200 años y que el oxígeno del aire es renovado por las plantas en el mismo lapso. Sin plantas, no existiría el oxígeno en la atmósfera. Por otra parte se calcula que por cada 2,500 moléculas de clorofila, se produce una de oxígeno.

Los hidratos de carbono formados durante la fotosíntesis son azúcares solubles que pueden acumularse en gránulos de almidón o de otros polisacáridos dentro del cloroplasto, o más frecuentemente en el interior de los *leucoplastos* (*amiloplastos*). Después de varias etapas el material fotosintetizado se almacena como una parte estructural del vegetal (por ejemplo, *celulosa*).

Desde los primeros estudios se notó que en la reacción (1) el agua era el donador de hidrógeno. De esta manera, la reacción (1) puede expresarse como sigue:



Esto demuestra que el agua es el donador de H_2 y que todo el O_2 liberado proviene de ella. Utilizando agua con oxígeno pesado H_2O^{18} , se demostró que el oxígeno de la fotosíntesis proviene del agua. En este proceso, el agua actúa primariamente como donador de un protón y de un electrón.

Los estudios bioquímicos revelaron que la reacción (2) estaba en realidad compuesta por una serie de pasos complejos, de los cuales algunos se producen solamente en presencia de luz, mientras que los otros pueden llevarse a cabo también en la oscuridad. Por lo tanto, se les denomina *reacciones luminosas* y *reacciones oscuras*. En la primera, la luz es absorbida y empleada por la clorofila (*reacción fotoquímica o de Hill*). En la segunda, tiene lugar la fijación y reducción del CO_2 por medio de mecanismos *termoquímicos*.

El conjunto de reacciones puede resumirse de la siguiente manera:

REACCIONES:

FOTOSINTESIS

1. LUMINOSAS (FOTOQUIMICAS): a) Cíclicas.

b) Acíclicas: I y II

Tienen lugar en las membranas del cloroplasto.

Se forma ATP y NADP:H₂

2. OSCURAS (TERMOQUIMICAS)

Tienen lugar en el estroma del cloroplasto. Se realiza la fijación y reducción del carbono, así como la formación de la glucosa

REACCIONES LUMINOSAS (FOTOQUIMICAS)

Al estudiar la sección de mitocondria, se destacó el proceso de la fosforilación oxidativa, en la que el flujo de electrones va desde el NADH₂ al O₂; a lo largo de la vía del potencial de oxidación-reducción normal (es decir, de -0.32 a +0.82 volt.). En la fotosíntesis ocurre el proceso opuesto, los electrones fluyen desde el agua hacia el NADPH₂ (de +0.82 a -0.32 volt.), ya que la luz absorbida impulsa a los electrones hacia niveles mas elevados de energía.

El centro fotoreactivo de la fotosíntesis está funcional y estructuralmente ligado a una cadena de transportadores que conduce al flujo de electrones. Esta cadena se conoce generalmente como sistema *fotosintético de transporte de electrones* y está acoplada con la fosforilación del ADP (adenosín difosfato) a ATP (adenosín trifosfato).

El proceso se inicia con la *fotofosforilación cíclica*, cuando la luz o el fotón o excitón) excita a una molécula de clorofila, la cual libera un electrón. Este será aceptado y donado por varias substancias transportadoras de electrones, para regresar al final del proceso a la molécula de la cual salió. La importancia de los transportadores radica en que el electrón, al pasar de uno a otro transportador, libera su energía de una manera gradual, lo cual permite aprovecharla en la fabricación de 2 moléculas ATP. De no existir los transportadores, el electrón que sale y regresa a la clorofila por la acción de la luz, liberaría su energía de una forma brusca que se perdería en forma de calor y luz no utilizable para la formación de glucosa (Fig.50).

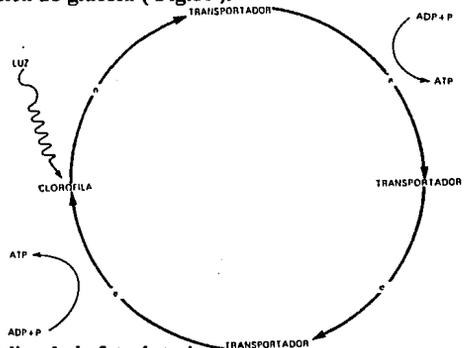


Fig.50. Esquema que muestra la fosforilación cíclica de la fotosíntesis.

En la *fotofosforilación acíclica* hay dos sistemas fotoquímicos de transporte: el *fotosistema I* (o de la clorofila P700) y el *fotosistema II* (o de la clorofila P680) que se distinguen entre sí por la longitud de onda de la luz que absorben. Algunas diferencias entre ambos fotosistemas son las siguientes:

FOTOSISTEMA I	FOTOSISTEMA II
Se estimula por la longitud de onda mayor	Es activado por la longitud de onda menor
No está asociado con la producción de O ₂	Produce O ₂
Constituido por unidades que contienen aproximadamente 200 moléculas de clorofila "a" de 50 carotenoides	Constituido por 200 moléculas de clorofila "a" y unas 200 de clorofilas "b", "c" ó "d", según la especie. También puede contener <i>xantofila</i>
Se relaciona con una molécula P700	Se relaciona con una molécula P680

El siguiente dibujo (Fig. 51) ilustra la relación entre los fotosistemas I y II.

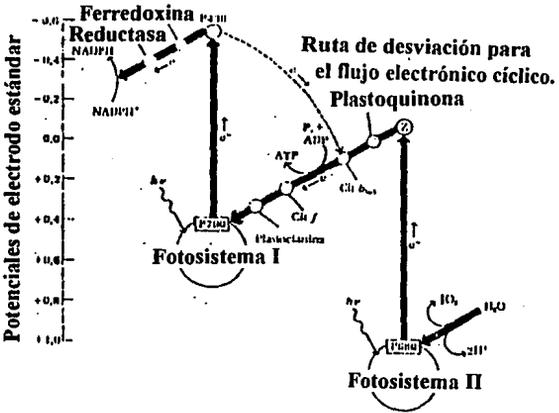


Fig. 51. Esquema Z. Muestra la cooperación entre los fotosistemas I y II.

Este esquema, llamado *Esquema Z*, (en zig-zag) se postula para describir el flujo de electrones durante la fotosíntesis. Los mismos cuatro tipos de acarreadores de electrones encontrados en las mitocondrias (flavoproteínas, citocromos, quinonas y proteínas ferroazufradas), se han detectado también en las membranas del cloroplasto. Se muestra flujo electrónico que va desde el agua (parte inferior a la derecha), hasta el $NADP^+$ (parte superior a la izquierda) en la fotosíntesis no cíclica de las plantas. Se muestran también las relaciones de energía, para elevar la energía de los electrones derivados del agua hasta el nivel de energía necesario para reducir el $NADP^+$ a $NADPH$; cada electrón debe ser proyectado dos veces (flechas gruesas) por los fotones absorbidos en los fotosistemas I y II. Se necesita un quantum o fotón por cada electrón que se proyecta en cada fotosistema. Después de cada etapa de proyección, los electrones con contenido de energía elevado, fluyen "cuesta abajo" (flechas descendentes) a lo largo de las rutas que se muestran. La fosforilación del ADP para formar ATP está acoplada al flujo electrónico en la cadena de transporte electrónico central de conexión, que conduce desde el fotosistema II al fotosistema I. La flecha negra discontinua, desde el P430, al citocromo "b", es la ruta alternativa o de rodeo que siguen los electrones en su flujo electrónico cíclico y la fosforilación. En el flujo electrónico cíclico, solamente interviene el fotosistema I, los electrones retornan por la ruta de rodeo al fotosistema I, en vez de reducir el $NADP^+$ a $NADPH$

REACCIONES OSCURAS (TERMOQUIMICAS)

En la fase oscura la energía acumulada, en el ATP y en $NADPH_2$ se utiliza para la síntesis de moléculas de glucosa. Partiendo de la unión de 6 moléculas de ribulosa difosfato, que son azúcares de 5 átomos de carbono, con dióxido de carbono y agua, se forman moléculas de 6 átomos de carbono, los cuales se parten a la mitad por la acción de enzimas, de modo que al final de estas reacciones se obtienen 12 moléculas de *ácido fosfoglicérico* de tres carbonos cada uno. En el siguiente paso, las 12 moléculas de ácido fosfoglicérico, se unen con los hidrógenos de 12 $NADPH_2$, que se están produciendo en otras tantas fosforilaciones acíclicas, para integrar 12 moléculas de *aldehídos fosfoglicéricos* de 3 carbonos cada uno.

Por último, de las 12 moléculas de aldehído fosfoglicérico, 10 se utilizan para generar otra vez a las 5 ribulosas difosfato utilizadas al principio del proceso y las 2 restantes para la fabricación de una molécula de glucosa, que es el producto final de la fotosíntesis.

La Fig. 52, ilustra el ciclo Calvin, de manera simplificada que es el proceso que tiene lugar en las reacciones oscuras de la fotosíntesis.

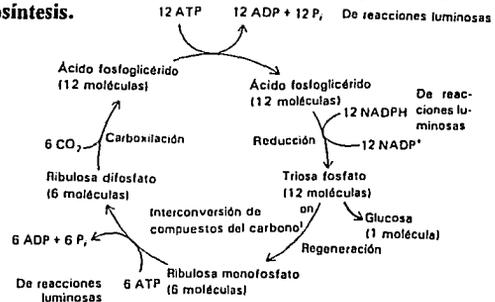


Fig. 52. Diagrama simplificado del ciclo de Calvin (o ciclo del carbono) mostrando la utilización del ATP y del NADPH.

CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde con detenimiento a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Quiénes fueron los primeros en observar los cloroplastos ?
- 2.- ¿Qué son los cloroplastos y la fotosíntesis ?
- 3.- ¿Cuál es la aportación que hizo el clérigo Joseph Priesley ?
- 4.- ¿En qué contribuyeron al conocimiento de la fotosíntesis: a) Jan Ingenhousz b) Theodor Engelman c) C.B. Van Niel d) Robert Hill ?
- 5.- ¿Cuáles son las dimensiones de los cloroplastos ?
- 6.- Trata de elaborar un esquema del cloroplasto y señala cada una de las partes que la componen.
- 7.- ¿El hecho que los cloroplastos sean autónomos, puedan autoreplicarse y ser del tamaño de las células eucarióticas como el eritrocito, sugiere que la evolución de estos organelos apoya a cuál teoría ?
- 8.- ¿Cuáles son los tres tipos de pigmentos que participan en el proceso de la fotosíntesis ?
- 9.- ¿Por qué si la clorofila absorbe principalmente a las longitudes de onda correspondientes al azul y al rojo, nuestros ojos la perciben de un color verde ?
- 10.- ¿Qué longitudes de onda de la luz absorben las ficobilinas y los carotenoides ?
- 11.- ¿Donde se localizan los diferentes tipos de clorofila ?
- 12.- ¿Cuáles son las dos partes básicas de la molécula de la clorofila ? describe su estructura.
- 13.- ¿Cuál es la función del anillo porfirínico y de la cadena del fitol ?
- 14.- Describe a la molécula de los carotenoides.
- 15.- Indica de qué partes se componen las ficobilinas y descríbela.
- 16.- ¿Cuáles son los compuestos químicos que se sintetizan aprovechando la energía de la luz solar ?
- 17.- ¿Cuándo se acumulan los carbohidratos y en qué se transforman ?
- 18.- Escribe la ecuación general de la fotosíntesis.
- 19.- ¿De donde proviene el oxígeno que se produce durante la fotosíntesis ?
- 20.- ¿Cuáles son las principales reacciones fotoquímicas de la fotosíntesis ?
- 21.- ¿En qué consisten las reacciones termoquímicas ?
- 22.- ¿Cuál es la vía del potencial de óxido reducción en los cloroplastos ? ¿Cómo ocurre en ese organelo el flujo de electrones ?
- 23.- Explica en que consiste la fotofosforilación cíclica, indicando cual es la importancia de las sustancias transportadora de electrones.
- 24.- ¿Cuáles son los dos sistemas que participan en la fotofosforilación acíclica y explica cuál es la función de cada uno y las diferencias entre ellos
- 25.- ¿En qué parte del esquema Z interviene la fosforilación cíclica ?

CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS

AUTOEVALUACION

Instrucciones : Relaciona las columnas indicando en el paréntesis el número que represente la opción correcta.

- | | |
|----------------------|---|
| 1.- C.B. Van Niel | Descubrió la producción del oxígeno por las plantas. () |
| 2.- Roberto Hill | Es el primero en descubrir la importancia de la luz en la fotosíntesis. () |
| 3.- Theodor Engelman | Identificó al cloroplasto como el sitio donde se realiza la fotosíntesis. () |
| 4.- Jan Ingenhousz | Reconoció que la fotosíntesis constituye un doble proceso de oxidorreducción () |
| 5.- Joseph Priestley | Hizo un experimento con hojas molidas en agua a las que se le agregaron aceptores de hidrógeno viendo la capacidad de liberar oxígeno después de exponerlos a la luz () |
| 1.- Carotenos | Pigmento que absorbe principalmente del azul al rojo. El ojo humano lo percibe de color verde. () |
| 2.- Clorofila | Pigmento que absorbe los colores amarillo, rojo y naranja. () |
| 3.- Ficobilina | Pigmento que absorbe solo el rojo y el azul ()
Se localizan únicamente en las algas cianofíceas y rodofíceas. ()
Es el pigmento que da color a los tomates y a las zanahorias . ()
Son los únicos pigmentos que se encuentran conjugados con proteínas ()
Es el pigmento que transmite de manera más eficaz la energía a la clorofila () |
| 1.- Fotosistema I | Se estimula con la longitud de onda mayor () |
| 2.- Fotosistema II | Se produce oxígeno al romperse la molécula del agua () |

Se relaciona con una molécula cuyos pigmentos se les llama P700 ()
Se les relaciona con los pigmentos P680 ()

Solo interviene en el flujo electrónico cíclico ()
En este sistema se reduce el NADP + a NADP ()
Recibe el hidrógeno cedido por el agua ()

- 1.- NADPH 2 El dióxido de carbono se une a la ribulosa difosfato (de cinco átomos de carbono) y forma una molécula de 6 átomos de carbono que se parte en moléculas tricarbonadas que se llaman ()
- 2.- Acido fosfoglicérico Las sustancias anteriores se unen con los hidrógeno de ()
- 3.- Aldehído fosfoglicérico Las sustancias anteriores al unirse con los hidrógeno forman 12 moléculas ()
- 4.- Glucosa De las 12 moléculas anteriores, se reintegran al ciclo 10 de. ()
- 5.- Ribulosa difosfato Las dos restantes se utilizan para formar el producto final, que es ()

CLOROPLASTOS Y FOTOSINTESIS

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones : Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- Mediante la técnica conocida como *fusión de protoplastos* se logra incluir cloroplastos en el citoplasma de células heterótrofas. ¿Qué ventajas o problemas cree usted que se deriven de estos trabajos ?
- 2.- ¿Qué ventajas encuentra en la clorofila que la hace el pigmento más eficiente para la fotosíntesis ?
- 3.- La presencia de diferentes pigmentos fotosintéticos actuales, ¿cómo podían apoyar la evolución de los sistemas celulares autótrofos ?
- 4.- Si el intercambio entre CO₂ y O₂ durante el proceso fotosintético tarda 200 años en renovarse, discuta usted ¿en qué forma puede afectar la desaparición de áreas verdes en el planeta ?
- 5.- Si se construyera un ecosistema cerrado en el que los animales y plantas intercambian CO₂ y O₂, ¿qué factores pueden influir en la alteración de la producción de estas moléculas ?
- 6.- ¿Tiene algún fundamento científico el hecho de que algunas personas saquen sus plantas de la habitación durante la noche ? discuta su respuesta.

3.2.6. RETICULO ENDOPLASMATICO

ASPECTOS HISTORICOS

Cuando a finales del siglo pasado se observaba a la célula, con el microscopio de luz esta parecía vacía, a no ser por unos gránulos grandes o gotitas que podían observarse. Casi a principios de este siglo, en células de páncreas (teñidas) se observó por primera vez la estructura citoplasmática y recibió el nombre de *ergastoplasma*, cuya naturaleza morfológica salió a la luz hasta 1940, con los estudios iniciales que se hicieron con el microscopio electrónico en cortes de tejido por Keit Porter, quien fué el que le dió el nombre de *retículo endoplasmático*, el cual se ha dividido en dos categorías : El retículo endoplasmático rugoso (RER) y el retículo endoplasmático liso (REL).

ESTRUCTURA

Los dos tipos de retículo están compuestos por un sistema de membranas que se encuentran siempre rodeando un espacio cerrado. De acuerdo con esto, el contenido del fluido del citoplasma queda dividido por el RE en dos compartimentos : El espacio cerrado de estas membranas, es decir, el denominado generalmente *cisternal* y el espacio situado en el exterior de las membranas llamado *citósol*.

La diferencia morfológica entre el RER y el REL, consiste en la presencia de ribosomas unidos al primero y su ausencia del segundo. Cuando los ribosomas están presentes se localizan siempre en la superficie de la membrana, es decir en la que da hacia el espacio del citósol. Por lo general el RER se presenta como un organelo membranoso muy extenso compuesto de vesículas, túbulos y sáculos aplanados (cisternas) como se muestra en la Figura 53 a. Estas cisternas se encuentran presentes una sobre de otra con un espacio de citósol entre los sáculos Fig. 53 b y c.

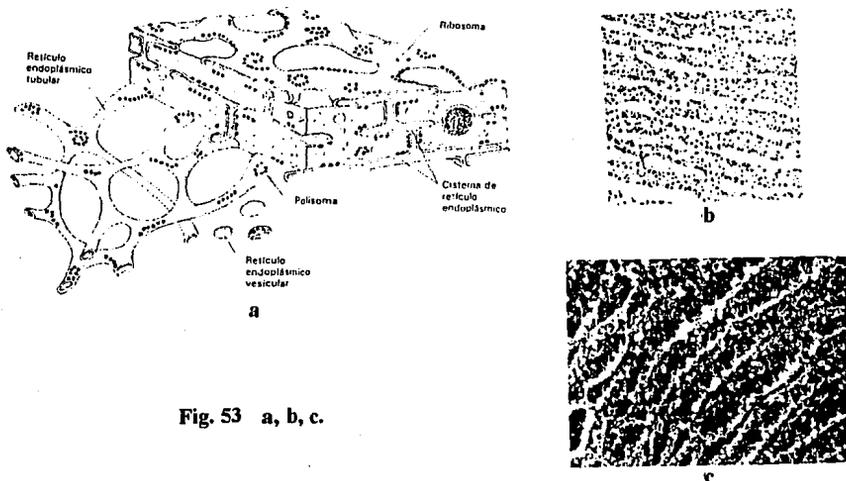


Fig. 53 a, b, c.

Fig. 53 a,b,c. Reticulo endoplásmico rugoso. a) representación esquemática donde se muestran las pilas de cisternas aplanadas, así como una porción del retículo rugoso tubular RE. Los polisomas están representados por los ribosomas presentes en la membrana en arreglo lineal. b) micrografía de transmisión de una porción del RE (retículo endoplasmático) rugoso de una célula de secreción de ácinus pancreático humano. Nótese la manera en que se dividen los contenidos celulares en un espacio intracisternal (debido a los ribosomas) y un espacio exterior citosólico. c) micrografía electrónica de barrido de una porción de célula acinar de páncreas de perro después de ser fijado.

Los elementos del REL, son en cambio de naturaleza mucho más tubular Fig.54 y forman un sistema interconectado de túbulos que atraviesan todo el citoplasma en que se encuentran los diversos tipos de células que se caracterizan por tener cantidades marcadamente diferentes de uno y otro tipo de RE, dependiendo de las funciones de la célula. Por ejemplo, las células que tienen actividad secretora proteínica, como la del páncreas, tienen extensas zonas de RER. Es casi seguro que la naturaleza del REL, es decir su contenido enzimático específico varía considerablemente de una célula a otra, aún cuando todas sean de aspecto semejante.



Fig.54. Micrografía electrónica de parte de una célula secretora de páncreas de murciélago, en donde se muestra tanto el retículo endoplásmico rugoso como el liso.

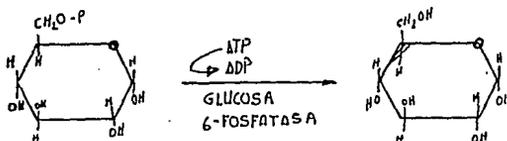
FUNCION

La naturaleza heterogénea del REL se hace evidente por la gran variedad de funciones especializadas que puede llevar a cabo, entre las cuales figuran :

La síntesis de esteroides en una gran variedad de células productoras de estas sustancias, entre las que se incluyen las gónadas y la corteza adrenal.

En el hígado, el REL se ha especializado en la detoxificación de una amplia variedad de moléculas orgánicas, entre las que se incluyen, por ejemplo, los barbitúricos. Se ha observado que cuando se inyecta a un animal una gran cantidad de fenobarbital, en la célula hepática se presentará un rápido incremento del REL y en su contenido de estas proteínas.

Una de las enzimas características del REL de las células hepáticas es la glucosa 6-fosfatasa, la cual cataliza la desfosforilación de la glucosa 6-fosfato para formar glucosa:



Mientras el azúcar permanece en estado fosforilado no puede abandonar la célula hepática ni ser tomada por las demás células del cuerpo, ya que las membranas son impermeables a los fosfatos de azúcar. La glucosa ya desfosforilada es transferida al espacio del REL. A partir de este punto la glucosa alcanza el torrente sanguíneo que la transporta a las células que la necesitan y una vez dentro de estas, el azúcar puede ser desfosforilado y metabolizado.

En las células del músculo estriado se encuentra un REL muy extendido y alternamente especializado denominado retículo sarcoplásmico, el cual participa en la transmisión del estímulo de la célula nerviosa hacia el citoplasma de la fibra muscular.

La membrana del RE, considerada en conjunto, se caracteriza por un índice relativamente alto de proteína-lípido, ya que más del 70 % de la membrana del RE puede estar constituido por proteína-lípido, lo que presenta aproximadamente 23 moléculas de fosfolípido por cada molécula de proteína. Dentro de las membranas del RE (Tabla 3) se han encontrado de 30 a 40 diferentes enzimas.

Enzima	Localización
Citocromo b5	superficie citoplásmica
NADH-citocromo b5	superficie citoplásmica
NADH-citocromo b5 reductasa	superficie citoplásmica
NADPH-citocromo c reductasa	superficie citoplásmica
Citocromo P 450	superficie citoplásmica
ATPasa	superficie Luminal
Nucleósido pirofosfatasa	superficie citoplásmica
GDP manosil transferasa	superficie citoplásmica
Nucleósido difosfatasa	superficie Luminal
Glucosa 6-fosfatasa	
Acetanilido	superficie Luminal
Hidrolizante esterasa	superficie Luminal
B-Glucuronidasa	superficie Luminal

Tabla 3. Localización transversal de diversas enzimas del retículo endoplasmático.

El descubrimiento de todas estas enzimas le confiere al RE un concepto moderno más dinámico del que hasta hace poco se le tenía conocido, de servir únicamente como conductos de circulación y secreción que comunican a la célula con el medio externo e interno.

RETICULO ENDOPLASMICO

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones : Responde a las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Qué nombre recibió inicialmente el retículo endoplásmico ?
- 2.- ¿Quién le dió el nombre de retículo endoplásmico ?
- 3.- ¿Cuál es la estructura del retículo endoplásmico ?
- 4.- ¿Cuáles son las diferencias más importantes entre el RER y el REL ?
- 5.- ¿Qué es lo que le confiere al REL la gran variedad de funciones que puede realizar ?
- 6.- Describe cuatro de las funciones más importantes que puede realizar el REL
- 7.- ¿Qué cambio le ocurre a la glucosa en el REL ?
- 8.- ¿Qué problemas pueden presentarse en un individuo que no contenga en su organismo a la glucosa 6-fosfatasa ?

RETICULO ENDOPLASMICO

AUTOEVALUACION

Instrucciones : Indica en el paréntesis la letra que corresponda a la opción correcta.

- 1.- Es el primer nombre que se le dio al retículo endoplásmico ()
a) Sarcoplasma b) Ergastoplasma c) Plasmalema d) Germoplasma
e) Condrioplasma
- 2.- Le dio el nombre al RE ()
a) Christian de Duve b) J.D.Robertson c) Robert Hill d) Keit Porter
e) Lucien Caro
- 3.- El RER se caracteriza por la presencia de organelos que se le unen y son: ()
a) mitocondrias b) cloroplastos c) lisosomas d) ribosomas e) peroxisomas
- 4.- Molécula que es desfosforilada en el REL para que pueda pasar al torrente sanguíneo ()
a) Ribulosa b) Glucosa c) Sacarosa d) Fructosa e) Maltosa
- 5.- Nombre que recibe el REL en las células del músculo estriado ()
a) Sarcoplasma b) Germoplasma c) Plasmalema d) Condrioplasma
e) Ergastoplasma

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Responde a la siguiente pregunta.

- 1.- ¿Qué ventajas evolutivas representa la presencia del RE en las células eucariontes?
Discute la respuesta.

3.2.7. APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI

ASPECTOS HISTORICOS

En 1898 el microscopista italiano, Camilo Golgi utilizando una tinción de plata que él había desarrollado, descubrió ciertos cuerpos antes desconocidos, en el citoplasma de las células nerviosas. El eminente histólogo español Santiago Ramón y Cajal, había visto varios años antes, los mismos cuerpos con células teñidas con plata, pero no llegó nunca a publicar su observación. La estructura fué bautizada con el nombre de Aparato de Golgi.

Por sus estudios en células nerviosas (realizadas independientemente) Camilo Golgi y Ramón y Cajal fueron galardonados (conjuntamente) con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1906. No obstante el premio, se llegó a dudar la existencia de tal estructura, ya que la dificultad de la técnica empleada hacía poco probable que pudiera ser ratificada su observación.

En el año de 1914, Ramón y Cajal al estar observando células intestinales, denominadas células en copa (Fig. 55) notó que había pequeñas gotitas de mucus en la región del Aparato del Golgi. Se sabe que éstas células segregan un mucus que se extienden sobre todas las células del interior del intestino y forman una cubierta protectora por la invasión de bacterias y sustancias extrañas. Ramón y Cajal sugirió que el Aparato de Golgi podría ser la fábrica intercelular en la que sintetizaba el mucus.

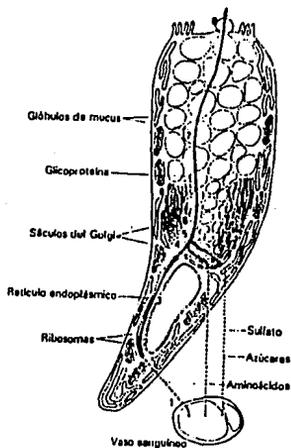


Fig. 55. Diagrama resumen que muestra el flujo de precursores y productos glicoprotéicos a través de la célula calciforme intestinal. Este proceso ha sido deducido de los experimentos autoradiográficos.

Fué apenas en la década de 1950 que los trabajos con microscopio electrónico de M. D. Félix, A. J. Dalton y por F. S Jomstrand que ratificaron la presencia de la estructura en prácticamente todos los diferentes tipos de células y que consta de uno o más montones de sacos aplanados (sáculos).

La microscopía de contraste de fases puede también ser utilizada para visualizar el sistema de membranas de Golgi en células no teñidas, aunque éste sistema no es muy práctico cuando los elementos del sistema están dispersos en el citoplasma, como ocurre en muchas células de invertebrados, vegetales, protistas y hongos.

Recientemente la denominación "Aparato de Golgi" que habitualmente recibe ésta estructura se ha sugerido que se cambie por la de "Complejo de Golgi" ya que la palabra aparato puede indicar una relación definitiva con los procesos fisiológicos de la célula.

ULTRAESTRUCTURA

El complejo de Golgi esta compuesto de MEMBRANAS LISAS , por lo que algunos investigadores lo consideran una diferenciación del retículo endoplasmático liso (REL) del sistema de endomembranas de la célula.

En su forma característica usual el complejo de Golgi consta de CISTERNAS apiladas (Fig. 56). Que son sacos de membrana llenos con contenidos fluidos. Los sacos están delimitados por membranas de superficie lisa y comunmente se ven como regiones aplanadas que son continuas con un sistema periférico de túbulos y vesículas. Las regiones aplanadas tienen generalmente un diámetro que va de 0.5 a 1.0 μm de diámetro.



Fig. 56. Diagrama del complejo de Golgi que muestra su naturaleza aplanada, sus bordes fenestrados y las vesículas asociadas.

Cuando las cisternas están organizadas en pilas, las pilas son denominadas DICTIOSOMAS (Fig. 57) normalmente hay 5-8 cisternas por pila, aunque 30 o más son números comunes en los dictiosomas de organismos inferiores. Un complejo de Golgi puede estar compuesto por uno o más dictiosomas, mientras que en una sola célula puede haber de 1 a 25000 dictiosomas. Un dictiosoma individual puede ser considerado un complejo de Golgi si se presenta en una sola célula, o si no existen conexiones tubulares entre pilas de cisternas. En

algunas clases de células, como las de ciertos hongos, puede haber cisternas solas en vez de pilas, o sistemas de túbulos productores de vesículas que funcionan como el Complejo de Golgi.



Fig. 57. Dictiosomas (D) en un corte fino de células de cofia radicular de maíz. Las vesículas de secreción (V) se forman a partir del Complejo de Golgi (dirección de la flecha) 35000X.

FUNCIONES

Con el desarrollo de métodos autorradiográficos de rastreo, se pudo estudiar la secuencia de síntesis y empaquetamiento de proteínas que contienen lugar con la participación del Complejo de Golgi. Lucien Caro y George Palade dieron a conocer experimentos diseñados, para seguir la migración de aminoácidos marcados radioactivamente que habían sido incorporados a células pancreática de conejillos de Indias. La siguiente figura (Fig. 58) resume los resultados del experimento de Caro y Palade.

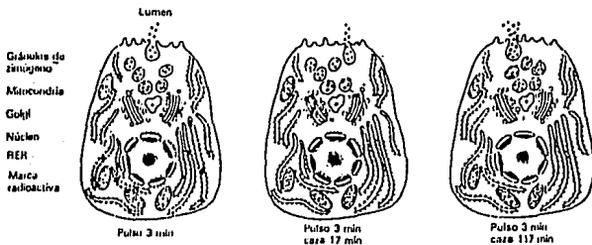


Fig.58. Resumen de los resultados radiográficos hecho con células pancreáticas de mamífero.

Explicación de la Figura 58.

- 1.- Las proteínas recién sintetizadas en los ribosomas del RE rugoso.
- 2.- Las proteínas recién sintetizadas se desplazan desde el RE al complejo de Golgi.
- 3.- Estas proteínas son rodeadas por una membrana mientras se encuentran en la región del Golgi por lo que pueden ser consideradas como contenido de los gránulos de zimógeno.
- 4.- Los gránulos de zimógeno recién formados se desplazan al ápice de la célula y vacían sus contenidos al lumen que limita a las células pancreáticas.

Los trabajos de Neutra y Leblond (1969) siguiendo una técnica semejante a la de Caro y Palade para las células pancreáticas permitieron aclarar muchas dudas, por ejemplo que las proteínas sintetizadas en el RE rugoso pasaban al complejo de Golgi en donde se unía a los carbohidratos (covalentemente) para constituir una glicoproteína (Fig. 59).

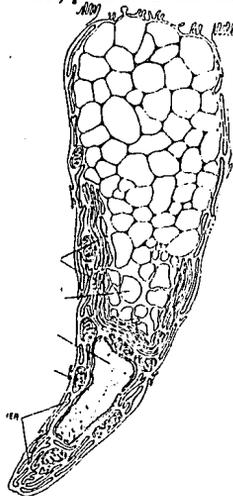


Fig. 59. Diagrama resumen que muestra el flujo de precursores y productos glicoprotéicos a través de la célula calciforme intestinal.

En experimentos de rastreo, posteriormente se ha encontrado que en las cisternas se adicionan grupos de sulfato a las glicoproteínas. Otros estudios autorradiográficos realizados en Gran Bretaña, Demostraron que la síntesis del material de la pared celular vegetal, que contiene celulosa y pectina, se realiza en el complejo de Golgi. Las pectinas son sintetizadas y empaquetadas en el complejo de Golgi para ser usadas en la construcción de paredes celulares nuevas, durante los eventos de la división celular siguiente a la mitosis.

TRANSFORMACIONES DE MEMBRANAS

Además de la transformación de las proteínas, es posible que el complejo de Golgi tenga participación en la transformación de membranas.

La química y morfología de las membranas del Golgi son intermedias entre las del RE y del plasmalema. Estas observaciones descriptivas sugieren que la membrana nueva se sintetiza en el RE, es transferida al aparato de Golgi en donde se le efectúan modificaciones, y una vez completamente modificada se adiciona al plasmalema durante las fusiones de vesículas del Golgi en los episodios de exocitosis. (Fig. 60).

Es mucho lo que aún queda por conocerse acerca de estos sistemas fundamentales y eventos en la dinámica célula viva.

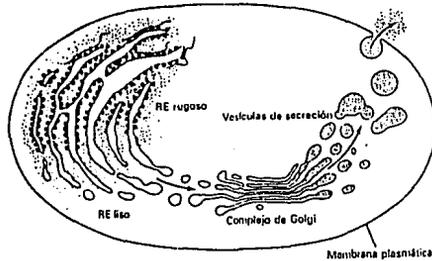


Fig. 60. Transformación de membranas y secreción. Membranas originadas a partir del RE se adicionan al complejo de Golgi, cuya membrana es utilizada en la formación de vesículas de secreción que a su vez se adicionan a la membrana durante la exocitosis.

APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones : Responde a las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Quiénes fueron los primeros en observar al complejo de Golgi ? Que técnica de tinción utilizaron ?
- 2.- ¿Qué observación hizo del mucus Ramón y Cajal ? ¿Qué función tiene el mucus ?
- 3.- ¿Porqué hasta el año de 1950 se pudo observar el complejo de Golgi de tal forma que no hubiera duda de su existencia ?
- 4.- ¿En qué se parece el RE y el complejo de Golgi ?
- 5.- Haz un esquema que ilustre la estructura del complejo de Golgi.
- 6.- ¿Cuál es la función del complejo de Golgi ?
- 7.- ¿Cuáles fueron los resultados del experimento realizado por Lucien Caro y George Palade ?
- 8.- ¿Cómo se constituye una glicoproteína ?
- 9.- ¿En qué se relaciona a la pared celular vegetal y el complejo de Golgi ?
- 10.- ¿Qué relación química y morfológica guardan las membranas del aparato de Golgi para suponer que pueda participar en la transformación de membranas ?

APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI

AUTOEVALUACION

Instrucciones: Elige la opción correcta indicándola en el paréntesis.

- 1.- Evidencian por vez primera el aparato (complejo) de Golgi. ()
a) Schwan y Schleiden b) Hook y Leewenhoek c) Golgi y Cajal d) Golgi y Grew
e) Golgi y Leewenhoek
- 2.- El complejo de Golgi esta compuesto por ()
a) Membranas lisas b) Membranas rugosas c) No hay membranas
- 3.- Una función del complejo de Golgi, es ()
a) La síntesis de proteínas b) La síntesis de carbohidratos c) La adición del carbohidrato a la proteína

APARATO (COMPLEJO) DE GOLGI

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones : Responde a las siguientes preguntas.

- 1.- Resume cuales son las funciones que realiza el complejo de Golgi.
- 2.- ¿Consideras que las funciones del complejo de Golgi, son conocidas en su totalidad ?

3.2.8. LISOSOMAS

ASPECTOS HISTORICOS

En 1949, Christian de Duve y sus colaboradores, se encontraban investigando la distribución de las enzimas involucradas en el metabolismo de los carbohidratos (como la glucosa 6-fosfatasa). Al estudiar la actividad de la fosfatasa ácida (la cual separa el fosfato que tiene ésteres de fosfato) observaron que esta enzima se comportaba de dos maneras diametralmente opuestas. En una de ellas, la enzima se exhibía de manera normal con su máxima actividad en un $\text{pH}=5$, pero cuando a la célula se le sometía a condiciones extremas (sonicación, congelación, refrigeración prolongada, etc.), se observaba que la actividad de la enzima se incrementaba hasta en 10 veces. Esto llevó a suponer a de Duve que la enzima debía estar delimitada en un organelo que se rompía al tratar a la célula drásticamente. Posteriormente encontraron estos organelos al someter a la célula a centrifugación diferencial.

La estructura de los lisosomas fue visualizada con el microscopio electrónico en 1955, por Alex B. Novikoff en los Estados Unidos y S.J. Holt en Inglaterra.

ESTRUCTURA

Los lisosomas carecen de un aspecto definido y uniforme, aunque generalmente adoptan la forma de una vesícula. De hecho, los lisosomas fluctúan en un tamaño que va desde estructuras relativamente grandes (de más de un μm de diámetro) hasta vesículas muy pequeñas (de 250 a 500 Å de diámetro).

Dentro de los lisosomas se han encontrado 40 enzimas diferentes, además, estas enzimas tienen en común dos cosas. a) todas ellas son enzimas hidrolíticas y b) realizan su actividad óptima en un pH ácido.

Entre este grupo están las hidrolasas capaces de digerir casi todo tipo de macromoléculas. El pH del lisosoma es de 4.6

FORMACION Y FUNCION

La formación de los lisosomas (Fig.61) se parece en muchos aspectos al de los gránulos de secreción del complejo de Golgi, si bien las enzimas lisosomales pueden ser empacadas de más de una manera; una de ellas es la del *leucocito polimorfonuclear*: las enzimas son producidas en el RE rugoso, y de ahí son transportadas al complejo de Golgi, en donde se pueden observar en las *cisternas internas* y en las vacuolas en separación de las puntas dilatadas. Se ha sugerido que el complejo de Golgi es brincado en algunas células y que el empaquetamiento se efectúa por medio de una malla de túbulos de superficie lisa (que reciben el nombre de GERL) adyacentes a la membrana de Golgi.

El papel mejor estudiado de los lisosomas es la *degradación* de sustancias llevadas al interior de las células, desde el exterior, por *endocitosis*. En organismos unicelulares la endocitosis tiene por objeto la nutrición (mientras que en los pluricelulares, como en el caso de

los glóbulos blancos de la sangre y de los macrófagos) toman a los restos celulares o a los microorganismos peligrosos, tomándolos e incorporándolos en vesículas fagocíticas para mantener "limpia a la célula ". Otro ejemplo, es cuando las proteínas del suero sanguíneo se rompen por las enzimas al ser tomadas por pinocitosis, en las células hepáticas. En estos ejemplos, la substancia es degradada por las enzimas lisosomales, hacia substancias de pequeño peso molecular.

Una vez que un lisosoma se ha fusionado con una vesícula que contiene substancias para ser digeridas, la estructura recibe el nombre de *lisosoma secundario* (Fig. 61).

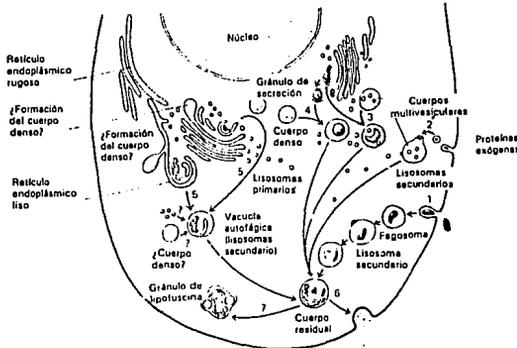


Fig. 61. Formación de lisosomas

Ya que el lisosoma concluye el proceso digestivo dentro de la vacuola, recibe el nombre de *cuerpo residual* (Fig. 61). En los protozoarios los residuos se eliminan simplemente por un proceso de *exocitosis*, pero aparentemente las células de los vertebrados no tienen la forma de eliminar los cuerpos residuales y estos se acumulan dentro del citoplasma, recibiendo el nombre de *gránulos de lipofusina* los cuales van aumentando de número, conforme lo hace la edad del individuo.

Si bien, la principal función de los lisosomas es la *degradación*, ésta no es la única. También realizan otras funciones, como la *transformación* de substancias por ejemplo, la insulina es llevada a los lisosomas en vesículas pinocíticas para algún tipo de procesamiento, en el que una porción de la hormona se piensa que sale del lisosoma (transformada) para realizar una función subsiguiente en la célula.

Otra función consiste en el *recambio* de organelos celulares completos, el cual se lleva a cabo por los lisosomas. Puede tratarse de una mitocondria, un cloroplasto o algún otro organelo que es rodeado por una membrana cedida por el RE y digerido por la actividad de enzimas lisosomales. El proceso de destrucción del contenido citoplásmico de la propia célula recibe el nombre de *autofagia* (autos = igual, uno mismo; fagos = comer) y la estructura en la cual se lleva a cabo este fenómeno se llama *vacuola autofágica*, un tipo de lisosoma secundario (Fig. 61).

Se calcula que en una célula hepática, una mitocondria padece la autofagia aproximadamente cada 10 minutos. Si se coloca a la célula bajo condiciones de tensión (como la inanición), es posible apreciar un aumento de la autofagia celular.

Una búsqueda de las funciones digestivas que efectúan las enzimas lisosómicas, incluye los siguientes casos:

- * liberación de la hormona tiroidea, *la tiroxina*, de la molécula de triglobulina en la cual esta contenida.
- * la destrucción de la matriz extracelular del hueso y el cartilago.
- * la transformación de un eritoblasto (precursor de los glóbulos rojos) en un eritrocito ya maduro.
- * durante la fecundación, la cabeza del espermatozoide libera enzimas lisosomales que sirven para digerir a las barreras que rodean al óvulo, de tal manera que puede atravesar la superficie del mismo.
- * durante la metamorfosis de un renacuajo (pérdida de la cola por autofagia de las células)
- * formación de los dedos en mamíferos y las extremidades de las aves.

Por alguna razón desconocida, las membranas de los lisosomas son inmunes a su contenido enzimático. En condiciones normales, la digestión intracelular efectuada por los lisosomas, siempre tiene lugar dentro de sus membranas, esto es lo que protege a las células de la actividad de las enzimas contenidas en los lisosomas.

ALTERACIONES ASOCIADAS CON LOS LISOSOMAS

En realidad son pocas las enfermedades que se han demostrado estar estrechamente relacionadas con la presencia de lisosomas. Una de ellas es la enfermedad de los mineros, conocida como *silicosis*, que resulta de la incorporación de partículas de sílice en los pulmones, por los macrófagos. Las fibras de sílice quedan rodeadas por lisosomas secundarios, que no pueden llegar a ser digeridos; pero si hacen que las membranas lisosomales se vuelvan porosas y liberen su contenido hacia la célula. La enfermedad se expresa en un debilitamiento progresivo y en la formación de nódulos fibrosos de tejido conectivo en los pulmones de personas que han estado expuestas a partículas de sílice. En muchas ocasiones esta enfermedad puede llegar a causar la muerte

Otra enfermedad es la *asbestosis* que se asocia con la inhalación de fibras y partículas de asbesto.

Ciertas enfermedades de tipo inflamatorio como la *artritis reumatoide* son el resultado, al menos en parte, de la liberación de enzimas lisosomales de la célula hacia el espacio extracelular, lo cual causa que las enzimas dañen las articulaciones.

Las hormonas cortisona e hidrocortisona, que actúan como agentes antiinflamatorios, deben su actividad, al menos parcialmente, a su capacidad de estabilizar las membranas lisosomales evitando su ruptura.

Otros agentes, como la vitamina A en cantidades excesivas, pueden tener el efecto opuesto: hacer menos estables estas membranas lisosomales, lo cual puede llegar a dañar al tejido conectivo.

Así como existen diferentes condiciones patológicas que son el resultado de una excesiva actividad lisosomal, también se encuentran serios problemas entre los individuos que carecen de alguna enzima lisosomal. Estas raras alteraciones, que son genéticas, reciben el nombre de *enfermedades por acumulación* (o depósito) y se caracterizan porque un tipo específico de

macromoléculas se acumula dentro de los tejidos. Se conocen 30 enfermedades diferentes de este tipo. Muchos de estos desórdenes heredados, afectan el sistema nervioso central causando su deterioro y la muerte prematura.

Un ejemplo bien estudiado es la enfermedad de *Tay-sachs*, que consiste en la acumulación de materiales grasos en las neuronas y algunas otras células. Los niños afectados presentan síntomas desde los 6-8 meses de edad, después de este tiempo presentan un deterioro rápido del sistema nervioso. La muerte ocurre entre los 2 y 6 años de edad.

En esta enfermedad un tipo particular de *glicolípido* conocido como *gangliósido* se acumula en un exceso de 100 a 300 veces en el tejido cerebral de los niños afectados, debido a que la enzima lisosómica que degrada al gangliósido esta ausente (la hexosaminidasa) (Fig. 62).

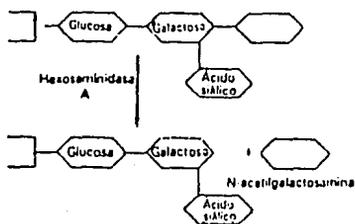


Fig. 62. La enzima hexosaminidasa-A corta el residuo de N-acetilgalactosamina, terminal de la cadena de carbohidratos del tipo de molécula glicolípídica, conocida como gangliósido.

En otra clase de enfermedades producidas por *acumulación*, se observan depósitos de mucopolisacáridos, como las enfermedades de Hurler y Hunter (síndromes).

Otro tipo de enfermedad, diferente al de las acumulaciones, es ocasionada por algunas bacterias, como la bacteria de la tuberculosis que posee una cubierta cerosa que las hace inmunes al ataque por enzimas lisosomales. Así, estos organismos aún cuando sean capturados por leucocitos u otros macrófagos, son capaces de sobrevivir y originar infecciones.

LISOSOMAS

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a las siguientes preguntas

- 1.- Explicar en que se basó Christian de Duve para suponer la presencia de los lisosomas en la célula.
- 2.- ¿Cuándo y quiénes visualizaron con el microscopio electrónico por primera vez a los lisosomas?
- 3.- ¿Cuál es el tamaño de los lisosomas ?
- 4.- Además de la fosfatasa ácida, ¿cuántas enzimas diferentes se han detectado en los lisosomas ?
- 5.- ¿Cuáles son las dos formas que se ha sugerido para que las enzimas lisosomales puedan ser empacadas ?
- 6.- ¿Cuáles son las funciones mejor conocidas de los lisosomas ?
- 7.- ¿Qué es un lisosoma secundario ?
- 8.- ¿Qué son los gránulos de Lipofuscina?
- 9.- ¿En qué consiste la autofagia que realizan los lisosomas ?
- 10.- Señala cinco ejemplos de actividad digestiva por lisosomas.
- 11.- ¿En qué consiste la enfermedad llamada Silicosis ? ¿Cuál es su relación con los lisosomas ?
- 12.- ¿Por qué la cortisona y la hidrocortisona se emplean en el tratamiento de la artritis reumatoide ?
- 13.- ¿Que efectos produce el ingerir con exceso la vitamina A ?
- 14.- Describe la relación entre los lisosomas y la enfermedad de Tay-Sachs
- 15.- ¿Cómo explicas que algunas bacterias, como la que causa la tuberculosis, no se vea afectada por las enzimas lisosómicas ?

LISOSOMAS

ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACION

Instrucciones : Coloca en el paréntesis la letra que corresponda a la opción correcta.

- 1.- El comportamiento de esta enzima hizo suponer a Christian de Duve la existencia de los lisosomas.
a) Estearasa b) Ribonucleasa ácida c) Fosfatasa ácida d) Fosfodiesterasa ácida e) B-galactosidasa ()
- 2.- La enzima que estudiaba De Duve, ¿En cuantas veces incrementaba su actividad después de exponer a la célula a condiciones drásticas ? ()
a) 2 b) 5 c) 10 d) 15 e) 20
- 3.- Es el ph del lisosoma ()
a) 3.6 b) 4.6 c) 5.6 d) 6.6

4.- Fusión entre una vesícula que contiene alimentos para ser digeridos y lisosomas:

()

- a) Gránulo de lipofucsina b) Cuerpo residual c) Lisosoma primario d) Lisosoma secundario d) GERL

5.- Vacuola que lleva el producto de la actividad digestiva de los lisosomas:

()

- a) Gránulo de lipofucsina b) Cuerpo residual c) Lisosoma primario d) Lisosoma secundario e) GERL

6.- Residuos acumulados en el citoplasma de los vertebrados

()

- a) Gránulo de Lipofucsina b) Lisosoma primario c) GERL d) Lisosoma secundario e) Cuerpo residual

7.- Hay una relación directa entre el número de ellos y la edad del individuo

()

- a) Gránulo de lipofucsina b) cuerpo residual c) lisosoma primario d) GERL e) Lisosoma secundario

Relaciona las siguientes columnas indicando en el paréntesis el número que corresponda a la acción correcta:

1.- AUTOFAGIA

Proceso que sufre la molécula de insulina en los lisosomas, para que al salir del organelo una porción de ella realice una función subsecuente. ()

2.- RECAMBIO

Desaparición de algunos organelos para dejar su lugar a otros nuevos ()

3.- TRANSFORMACION

Proceso de destrucción de las célula por sus propias enzimas lisosómicas. ()

4.- TAY-SACHS

Las partículas de sílice provocan perforaciones en los lisosomas, mismos que vierten sus enzimas en el citoplasma. ()

5.- HURLER Y HUNTER

Se asocia con la inhalación de fibras y partículas de asbestos. ()

6.- ASBESTOSIS

Se emplea a la cortisona y la hidrocortisona para tratar de estabilizar a las membranas lisosomales y no viertan su contenido en el citoplasma. ()

7.- SILICOSIS

Se ocasiona por la acumulación de glucolípidos (gangliósidos) de 100 a 300 veces en el tejido cerebral. ()

8.- ARTRITIS REUMATOIDE

Ausencia de enzima lisosomal que causa acumulación de mucopolisacáridos. ()

LISOSOMAS

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿Qué hipótesis puedes proponer para explicar el hecho de que las membranas que envuelven a los lisosomas no sean digeridas por sus propias enzimas?
- 2.- ¿Durante qué procesos biológicos consideras que las células podrían tener actividad autofágica? Reflexiona muy bien la pregunta antes de contestar.

3.2.9. MICROCUERPOS

DETERMINACION

Fueron descritos por vez primera en 1954 con el microscopio electrónico en tejido renal de ratón y dos años más tarde en células de hígado de rata, como un organelo pequeño y ovoide. Actualmente, se les ha observado y caracterizado como un organelo característico de los eucariontes.

Su tamaño es de aproximadamente de 0.5 a 1.0 μm de diámetro, con un denso aspecto granular. Los microcuerpos poseen una amplia variedad, como ningún otro organelo, de contenido enzimático que participa en reacciones oxidativas de un tipo específico.

La ausencia de microcuerpos en el tejido hepático y renal, es la causa de una enfermedad fatal infantil, el síndrome cerebrohepatorrenal.

En años recientes, se ha descubierto y evaluado con velocidad sorprendente, la función de los microcuerpos en la eliminación de los peróxidos, biosíntesis y degradación de metabolitos celulares, reabastecimiento de intermediarios metabólicos para la respiración, así como vías de reacciones y otros procesos.

Se ha observado que algunos microcuerpos presentan inclusiones a manera de un núcleo (Fig. 63 a), mientras que otros que poseen, en lugar del núcleo, finas fibrillas. (Fig. 63 b).

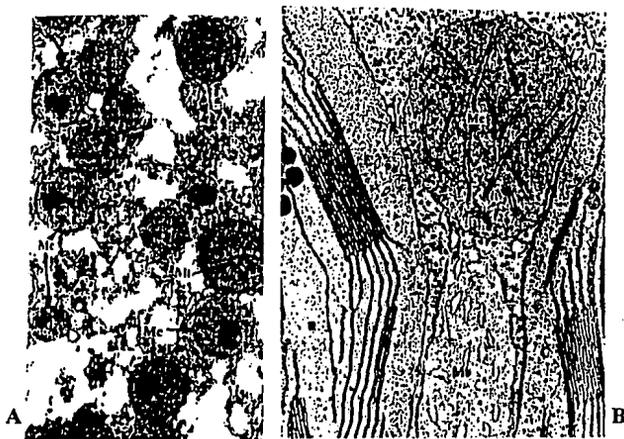


Fig. 63. Microcuerpos. a) Los microcuerpos (Mc) del hígado de rata presentan un núcleo típico incluido. 20250 X. (b) En lugar de núcleos se observan finas fibrillas en microcuerpos (Mc) de células mesofilicas. 66000 X.

PEROXISOMAS

La formación de *peróxidos* en algunos microsomas, ha dado lugar al uso de otro nombre, concretamente, el de *peroxisomas*, los que se han podido identificar tanto en plantas, como animales.

Los peroxisomas contienen enzimas que realizan *la reacción acompañante* (Fig. 64), es decir, la reducción en dos etapas de oxígeno molecular hasta la obtención de agua. En el primer paso, una de las diversas oxidasas, elimina electrones de una gran variedad de sustratos (RH_2) como el ácido úrico o los aminoácidos. En el segundo paso, la enzima catalasa convierte en agua el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), formado en el primer paso, usando los electrones donados por una de las moléculas.

Este segundo paso es muy importante ya que evita la acumulación del peróxido de hidrógeno que es muy reactivo y muy tóxico, así como la presencia de la enzima catalasa que caracteriza a los peroxisomas y a todos los microcuerpos.

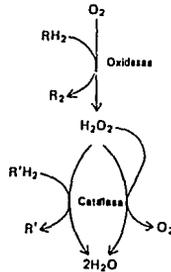


Fig.64. Reacción acompañante que tiene lugar en los peroxisomas

GLIOXISOMAS

Los microcuerpos constituyen una característica constante de las células vegetales; si bien su morfología es similar, la composición enzimática es mucho más heterogénea que las células animales. Por ejemplo, durante la germinación de las semillas de *Ricinus*, la grasa almacenada en el endosperma es transformada en carbohidratos por vía del ciclo del glioxilato, una modificación del ciclo de Krebs.

(Fig. 65).



Fig. 65. Ciclo del glioxilato. La malato-sintetasa y la isocitrato son enzimas especiales en este ciclo.

El glicolato del peroxisoma puede metabolizarse en diferentes formas, una de las cuales implica la aceptación de un grupo amino para formar glicina. El proceso se denomina fotorespiración ya que la luz induce la síntesis del ácido glucólico en los cloroplastos. El proceso completo implica la intervención de dos orgánoides básicos: *los cloroplastos y los peroxisomas* y si como se cree la glicina se transfiere a la *mitocondria* para formar serina, entonces existe una coordinación de tres organelos en la célula foliar (Fig. 67).

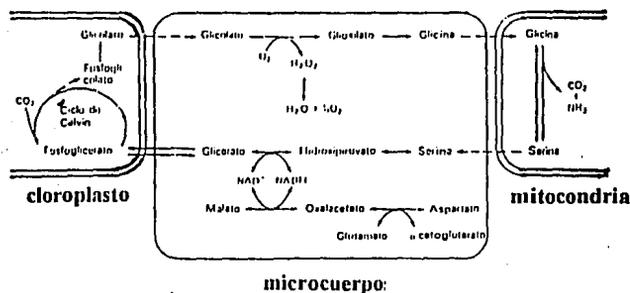


Fig. 67. Interacción microcuerpo, mitocondria y cloroplastos.

INTERACCION ENTRE EL GLIOXISOMA Y LA MITOCONDRIA

Esta interacción se da en células de endospermo de semilla de *Ricino*. Las grasas son digeridas hasta ácidos grasos que entran al *glioxisoma* para ser sometidas de B-oxidación hasta unidades de Acetil-CoA que son desviadas al ciclo del glioxilato en el interior de esos mismos organelos. El *succinato* producido durante las reacciones del ciclo del glioxilato es transferido a la *mitocondria* donde es convertido en *oxalacetato* durante las *oxidaciones* del ciclo de Krebs. El oxalacetato abandona la mitocondria siendo convertido en azúcares (hexosas) en el citosol por medio de una secuencia glicolítica invertida. Este modelo de conversión gluconeogénica de grasas en azúcares es una característica principal del metabolismo de los glioxisomas durante la

germinación y el crecimiento del Ricino. Nótese que las reacciones asociadas con el ciclo de B-oxidación llevan a la producción de H₂O₂ (peróxido de hidrógeno) que es eliminado por la actividad catalásica. Estas últimas reacciones son virtualmente típicas en todos los microcuerpos. (Fig. 68).

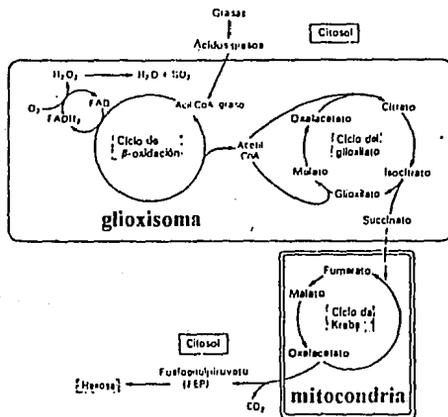


Fig. 68. Interacción entre el glioxisoma y la mitocondria.

Los glioxisomas son organelos que han sido observados únicamente en plantas. Han sido encontrados en las semillas grasas, en germinación de plantas tales como ricino, pepino y maní, Desaparecen entre 10º y 11º día de la germinación.

MICROCUERPOS

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Instrucciones : Responde cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿En qué tipo de células se les considera característicos a los microcuerpos ?
- 2.- ¿Cómo se le llama a la enfermedad infantil fatal que se identifica por la ausencia de microcuerpos en el tejido hepático y renal ?
- 3.- ¿Por qué algunos microcuerpos reciben el nombre de peroxisomas ?
- 4.- Describe la reacción acompañante que tiene lugar en los peroxisoma y explica cuál es su importancia
- 5.- Describe al ciclo del glioxilato, señalando las reacciones más importantes que ocurren en cada organela.
- 6.- ¿En qué se diferencia al ciclo de Krebs, del ciclo del glioxilato ?
- 7.- ¿Cuáles son las dos enzimas propias del ciclo del glioxilato ?
- 8.- ¿Cuál es el producto final que se forma durante la fotorespiración en el cloroplasto ?
- 9.- ¿En qué se convierte el glioxilato en el peroxisoma ?
- 10.- Si como se cree, la glicina pasa a la mitocondria, ¿qué proceso recibe esta molécula en la mitocondria ?
- 11.- ¿ En qué parte de la planta se lleva a cabo la fotosíntesis ?
- 12.- ¿ Qué organela interactúa directamente con el glioxisoma ?
- 13.- ¿ Cuáles son los ciclos que intervienen dentro del glioxisoma ?
- 14.- ¿ Qué substancias son los productos de los 2 ciclos anteriores ?
- 15.- ¿ En qué tipo de organismos han sido observados los glioxisomas ?

MICROCUERPOS

ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACION

Instrucciones: Indica en el paréntesis la letra que corresponda a la opción correcta en cada pregunta.

1.- Enfermedad causada por la ausencia de microcuerpos en el tejido hepático y renal:

a.- Hurler b.- Tay-Sachs c.- Cerebrohepatorrenal d.- Asbestosis e.- Silicosis ()

2.- Es la enzima que en la reacción acompañante convierte en agua al peróxido de hidrógeno (H₂O₂):

3.2.10. NUCLEO

ASPECTOS HISTORICOS

Robert Brown descubrió al núcleo y lo describió como una estructura de especial importancia para el funcionamiento celular, el núcleo contiene el material genético de la célula y desde ahí se transmite toda la información para dirigir las actividades sintéticas de toda la célula.

La presencia del núcleo en células procariontes y eucariontes es diferente, en células procariontes, la cantidad de ADN es poca (desde 0.25 mm de longitud en mycoplasmas hasta 3 mm en las algas verdes azules) y no está delimitado por una estructura nuclear. La mayor parte de las células eucariontes contienen varias veces mayor cantidad de información genética, aquí el ADN está asociado con varios tipos de proteínas para formar los cromosomas y además está delimitado por una envoltura nuclear llamada membrana nuclear.

ESTRUCTURA

ENVOLTURA NUCLEAR

Delimita la estructura del citoesqueleto y el núcleo y consta de numerosos componentes. Una doble membrana de aproximadamente 70 a 80 Å y poros nucleares de compleja organización.

Generalmente la membrana externa esta cubierta con ribosomas y con frecuencia se observa que tiene continuidad con la membrana del retículo endoplasmático, los poros nucleares parecen ser el lugar más adecuado para el intercambio entre el núcleo y el citoplasma. El número de poros presentes es variable y pueden sufrir cambios durante los procesos fisiológicos o de desarrollo, un aspecto importante de la envoltura nuclear es la restricción que pueda ejercer sobre el paso de las sustancias entre el núcleo y el citoplasma y que es directamente la permeabilidad de la envoltura.

Otro aspecto importante de la envoltura nuclear es su desaparición y reaparición con cada ciclo mitótico en las células eucariontes superiores. Parece ser que sufre un proceso de fragmentación que produce pequeños elementos indistinguibles y de la misma manera al reaparecer la membrana nuclear al final de la anafase se lleva a cabo por la coalescencia de elementos membranosos del retículo endoplásmico.

Durante la profase, cuando la célula se va a reproducir, los cromosomas parecen surgir de la masa y desaparecen durante la telofase o sea cuando se ha terminado el proceso.

Los cromosomas están compuestos por ADN, proteínas asociadas y ARN, el término cromatina se usa para denotar el complejo de macromoléculas que constituyen el material cromosómico cuando la célula no esta en proceso de reproducción. Las proteínas de la cromatina se agrupan de acuerdo a su importancia; unas son proteínas básicas bien definidas (histonas) y proteínas cromosómicas no caracterizadas totalmente, la cromatina también posee ARN como componente menor (+ 3%) constituido fundamentalmente por cadenas ARN.

MATRIZ NUCLEAR (JUGO NUCLEAR)

Numerosas observaciones nos sugieren que las fibras de cromatina no están libres sin ataduras dentro del núcleo en interfase, sino que están anclados en un esqueleto proteínico o matriz nuclear. Estudios recientes indican que la matriz nuclear sirve para algo más que un esqueleto que mantiene la forma del núcleo o un lugar donde se organiza el ADN de la cromatina, ya que parece ser que contiene mucha de la maquinaria que participa en las diferentes funciones del núcleo. Esta matriz participa en los procesos de transcripción, replicación y la formación de las moléculas de ARN recién sintetizadas, así como su transporte al núcleo.

HETEROCROMATINA Y EUCROMATINA

Mediante la observación de cortes de células, se ha demostrado tiempo atrás la presencia de grumos de material cromosómico en el núcleo no mitótico. El término de heterocromatina se usó para referirse a un tipo de cromatina que permanece condensada y compacta en la interfase y el término de eucromatina se usó para referirse a la mayor parte de la cromatina que se dispersa después de la mitosis.

NUCLEOLO

Por medio de la observación al microscopio electrónico de los nucléolos se pueden observar tres componentes diferentes: una región granular, una región fibrilar y material filamentoso. Estos componentes pueden estar incluidos dentro de una matriz proteínica (proteínácea) amorfa.

En el centro de los nucléolos, existen moléculas de ADN ribosomal (circular), ARN asociado y sustancias proteínicas. Mediante los análisis que se han realizado de los gránulos del nucléolo se indica la presencia de subunidades preribosomales en diferentes estadios de maduración, es de una estructura muy simple y carece de componentes membranosos.

DESCUBRIMIENTO DEL ADN Y DE LOS CROMOSOMAS

El científico suizo Friedrich Miescher en 1869, realizó una separación química de las partes de la célula del pus, de las heridas colectadas en pacientes de un hospital, digiriendo el citoplasma. Miescher obtuvo núcleos celulares y de ellos extrajo un material gelatinoso al que llamó nucleína, ya que se teñía fuertemente con colorantes básicos y se le consideró como un ácido; el ácido nucléico.

El trabajo conjunto de citólogos y embriólogos además de las mejoras constantes, tanto del microscopio como de las técnicas de tinción, ayudaron al pronto descubrimiento de los cromosomas (1873) que recibieron su nombre de Waldeyer por la facultad que tienen de absorber selectivamente ciertas materias colorantes (cromos-color, soma-cuerpo).

El comportamiento de los cromosomas de la célula en división en animales y plantas, fué descrito por los alemanes Walter Fleming y E. Strasburger entre otros.

Oscar Hertwig y Herрман Fol habian observado la unión de los núcleos masculinos y femeninos durante la fecundación.

Hertwig sugirió en 1884, que la cromatina era el material responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios y en 1882 Edouard Van Beneden al estar observando la fecundación en *Ascaris sp.*, vió que los dos cromosomas de cada progenitor formaban un solo núcleo con cuatro cromosomas que es el número que se encuentra en las células del cuerpo (somáticas). Esto condujo al descubrimiento de que el número de cromosomas se reduce a la mitad antes de que se reproduzcan las células reproductoras.

Estas hipótesis se realizaron antes que se redescubrieran los trabajos de Mendel en 1900 por un botánico Holandés; Hugo de Vries; un botánico Alemán Karl Correns y un botánico Austriaco, Erich Tschermak.

En 1944, Oswald T. Avery, Colin M. McLeod y Maclyn McCarthy, demostraron con base en el experimento de Griffith que el responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios es el ADN y no la proteína que lo envuelve, como se pensaba anteriormente. En la actualidad se sabe que el ARN y el ADN son las moléculas de la herencia.

Maurice H. Wilkins y Rosalind Franklin en 1952, mediante la utilización de Rayos X, lograron fotografiar cristales de ADN; entre éste hecho y el análisis químico efectuado por E. Chargaff, se encontró una relación cuantitativa específica: por cada nucleótido de Adenina, hay otro de Tiamina y por cada nucleótido de Guanina hay otro de Citosina. Estos nucleótidos se unen por medio de enlaces de hidrógeno. Con base en estos hechos, James D. Watson y Francis H. Crick en 1953 propusieron el modelo molecular del ADN. Con la ayuda de éste modelo molecular y con los constantes descubrimientos se ha permitido comprender mejor el fenómeno de la herencia.

CROMOSOMAS

El material del núcleo se organiza en bastones y estos en 1888 recibieron el nombre de Cromosomas. En la mitosis se observa que cada uno de los cromosomas se duplica y después se separa longitudinalmente para posteriormente pasar a cada una de las dos células hijas; desapareciendo así los cromosomas hasta la siguiente división.

Los cromosomas no son visibles en el núcleo en reposo, y así como decimos que una célula solo puede originarse de otra preexistente, el cromosoma solo puede originarse de otro. Por lo tanto, parece ser que existe una continuidad cromosómica y el número de cromosomas permanece constante de célula a célula.

En 1902 y 1903 Walter Sutton demostró que los cromosomas constituyen las bases físicas de la herencia. Estos se presentan en un número constante en todas las especies, por ejemplo:

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	No. DE CROMOSOMAS
Hombre	<i>Homo sapiens</i>	46
Caballo	<i>Equus asinus</i>	62
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	22

Los cromosomas están constituidos por una matriz proteínica (nucleoproteína) y una larga molécula de ácido desoxiribonucleico (ADN). Aquí están ubicados los genes que son las unidades hereditarias que se transmiten de una generación a otra y que mediante información codificada se expresan para la producción específica de proteínas.

En una célula somática se encuentra la presencia de los cromosomas en condición diploide, o sea el número total de cromosomas que caracteriza a la especie, pero si observamos una célula reproductora solo encontraremos la mitad del número total de cromosomas y por lo tanto la condición se denomina haploide. Los dos tipos de células son indispensables en la herencia y la variación de la especie.

El proceso de división celular que se encarga de mantener el número constante de cromosomas en la células hijas (células somáticas) recibe el nombre de mitosis, mientras que el número que se encarga de reducir a la mitad el número total de cromosomas recibe el nombre de meiosis (para la formación de células reproductoras).

MORFOLOGIA DE LOS CROMOSOMAS

Son cuerpos largos y filiformes que se contraen durante la división celular, haciendose gruesos y cortos. Aquí se pueden distinguir un centrómero y uno o dos brazos cromosómicos.

Los cromosomas se clasifican morfológicamente dependiendo de la posición del centrómero en:

Metacéntricos: Los brazos tienen casi el mismo tamaño y el centrómero está casi a la mitad del cromosoma.

Acrocéntricos: Los brazos son de diferente tamaño y el centrómero está desplazado hacia un extremo del cromosoma.

Telocéntricos: Solo un brazo es distinguible y el centrómero está en el extremo o muy cercano al extremo del cromosoma. (Fig. 69).



Fig. 69. Los tres tipos morfológicos de cromosomas de acuerdo con la posición del centrómero.

DIVISION CELULAR

Los eucariontes (que tienen un núcleo verdadero) pueden ser unicelulares y pluricelulares, su reproducción puede ser asexual (reproducción vegetativa) o sexual.

En la reproducción asexual un solo progenitor se divide en dos ó más partes y cada una de éstas crece como un nuevo individuo. La reproducción asexual es común en plantas, por ejemplo la papa se cultiva más fácil a partir de trozos de tubérculo que de semillas y la mayoría de los árboles frutales se propagan por medio de estacas, la reproducción asexual se lleva a cabo en hongos y algunos animales como los gusanos planos.

La reproducción sexual se lleva a cabo mediante la unión de dos células o gametos y éstas forman una célula llamada cigoto a partir de la cual se desarrolla el nuevo individuo; generalmente los dos gametos provienen de diferentes progenitores, a excepción de la autofecundación en la cual un solo progenitor provee ambos gametos.

En un organismo el número de cromosomas que lo caracteriza se mantiene constante de generación en generación ya que hay dos tipos de división celular; una para la formación de células somáticas, que contienen dos complementos cromosómicos y se denominan células diploides y otra para la formación de células gaméticas que contienen una sola dotación de cromosomas los cuales se llaman haploides.

En los organismos diploides los dos miembros de cada par de cromosomas son los llamados cromosomas homólogos, los cromosomas que no son miembros del mismo par se llaman no homólogos. En los organismos con sexos separados como en la mayoría de los animales, generalmente existe un par de cromosomas implicados en la determinación del sexo, llamándose así a éstos cromosomas implicados en la determinación del sexo, *cromosomas sexuales*; y los otros cromosomas son los *autosomas*.

Estos cromosomas sexuales a diferencia de los demás pares de cromosomas no coinciden en tamaño ni en forma. El sexo femenino en aves y mariposas así como el sexo masculino en los mamíferos y en algunos insectos se llaman heterogaméticos por que tienen dos cromosomas sexuales (designados generalmente X / Y) y son diferentes entre si. El otro sexo es el homogamético tiene dos cromosomas iguales, (designados X). En el hombre y el ratón, los machos son XY con relación a los cromosomas sexuales, mientras que las hembras son XX. En algunas especies el cromosoma Y falta completamente, por lo tanto el sexo heterogamético es XY, mientras que el homogamético es XX.

MITOSIS

Es un proceso de división celular, por cuyo medio una célula origina dos células hijas, cada una con un complemento cromosómico idéntico al de la célula madre; los cromosomas se duplican durante un período especial antes de que se inicie la mitosis es llamado Período S, por síntesis ya que el ADN de los cromosomas se sintetiza durante éste período. Le precede un período G (por 'GAP', espacio, hueco) y seguido por un período G2. Durante los períodos G1 y G2, la célula presenta actividad metabólica y crecimiento, pero no durante la duplicación de los cromosomas, por lo tanto el ciclo celular es una secuencia que puede presentarse repetidas veces cuando las células se multiplican. (Fig. 70).

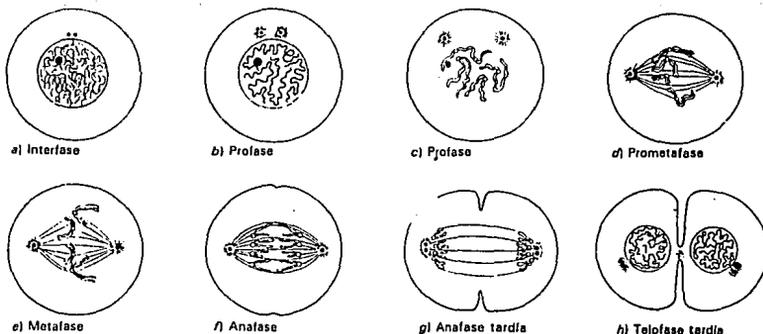


Fig. 70. Diagrama ilustrativo de los fenómenos celulares sucesivos durante la mitosis.

La mitosis es un proceso continuo con etapas que no están claramente diferenciadas, **Profase, Metafase, Anafase y Telofase**. Cuando una célula no está en mitosis, se dice que se encuentra en **interfase**, las mitosis sucesivas están siempre separadas por períodos de **interfase**, durante los cuales se efectúa la síntesis del ADN.

PROFASE

Se caracteriza por la condensación y el enrollamiento gradual de los cromosomas; estos se hacen visibles al microscopio como estructuras filamentosas. Cada cromosoma parece estar conformado por dos copias, una junto a la otra, unidas por el centrómero. Los duplicados se llaman **cromátidas hermanas** durante el tiempo que permanecen unidas. Desaparece el **nucleólo** también gradualmente y sus componentes se dispersan en el núcleo.

METAFASE

Desaparece la membrana nuclear y los cromosomas son dejados libres en el citoplasma, estos parecen estar unidos por su centrómero a las fibras del huso. Los cromosomas se desplazan en un plano equidistante de los dos polos del huso siendo esta la característica más importante de la **metafase**.

ANAFASE

Es la etapa mas corta de la mitosis. Cada centrómero se divide en dos, por lo cual las dos cromátidas se convierten en cromosomas y los centrómeros se desplazan hacia los polos opuestos del huso, llevándose consigo cada uno de los dos cromosomas.

TELOFASE

Las nuevas dotaciones de cromosomas se agrupan en los polos opuestos del huso, aquí comienzan a desarrollarse adoptando la forma alargada de los cromosomas interfásicos. Se

forma una membrana nuclear alrededor de cada conjunto de cromosomas, reconstituyéndose los nucleolos, completándose así la división celular (*citocinesis*) en esta etapa.

MEIOSIS

Es la secuencia de dos divisiones nucleares que conducen a la formación de los gametos. En esta etapa cada célula se divide dos veces, mientras que los cromosomas, se duplican solo una vez y por lo tanto los gametos resultantes, solo tienen la mitad de los cromosomas que tiene la célula madre. Las dos divisiones celulares se llaman Meiosis 1 y Meiosis 2; y las cuatro etapas (Profase, Metafase, Anafase y Telofase) pueden distinguirse generalmente en cada una de esas dos divisiones meióticas.

MEIOSIS 1

Profase .- Es una etapa compleja, generalmente se divide en cinco subetapas: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno y diasinecís.

-La etapa leptóteno se caracteriza por la condensación inicial y el enrollamiento de los cromosomas que aparecen como estructuras filamentosas.

-En la etapa de cigóteno, los cromosomas homólogos se colocan por pares, uno a lado de otro; se hace una asociación lateral de los cromosomas homólogos y a esta se le llama sinápsis. Este es un importante acontecimiento genético, ya que de esta forma se hace posible el intercambio de segmentos entre los cromosomas homólogos y se le denomina entrecruzamiento. Los dos cromosomas en sinápsis (con cuatro cromátidas en total) se les llama bivalentes.

-En la etapa de Paquíteno se realiza un acortamiento de los bivalentes.

-En la etapa de Diplóteno, los dos cromosomas homólogos se separan uno del otro en casi toda su longitud, en especial cerca del centrómero; sin embargo, las cromátidas hermanas permanecen juntas por un centrómero común. Por otra parte los cromosomas homólogos mantienen una o más zonas de contacto (quiasmas). Cada cromátida puede formar quiasmas con una u otra cromátida del cromosoma homólogo, de tal forma que las dos, tres o cuatro cromátidas de un bivalente pueden estar involucradas en los quiasmas; pero solamente dos cromátidas están implicadas en cada quiasma. El número de quiasmas por bivalente es variable, siendo típicos dos o tres.

-La etapa de Diacinecís se caracteriza por una máxima condensación y enrollamiento de los cromosomas que aparecen como cuerpos gruesos al final de la diacinecís, los bivalentes se caracterizan por la presencia de uno o dos puntos terminales de contacto. Al finalizar la diacinecís se disuelven la membrana nuclear y el nucleolo.

Metafase 1

Los bivalentes se adhieren a las fibras del huso por medio de sus centrómeros y se mueven hacia la placa metafásica con los dos centrómeros de cada par de homólogos en los lados opuestos de la placa. El apareamiento de los cromosomas homólogos diferencia a la Metafase 1 de la Meiosis de la metafase mitótica en donde tal apareamiento no existe.

Anafase 1

Los centrómeros de cada par de cromosomas homólogos se mueven hacia los polos opuestos del huso, llevándolos consigo dos cromátidas de cada cromosoma. Los quiasmas se deslizan hacia los extremos de los cromosomas homólogos. A medida que estos se separan; es importante notar que en esta fase los cromosomas no se dividen.

Telofase 1

Una vez completándose la migración de los cromosomas hacia los polos del huso, en algunos organismos se forma una membrana nuclear alrededor de cada conjunto de cromosomas homólogos y la célula se divide en dos células hijas.

La interfase entre la Meiosis 1 y la Meiosis 2 generalmente es breve o falta completamente y no hay nueva síntesis de ADN entre la Meiosis 1 y la Meiosis 2.

MEIOSIS 2

Cuando se inicia la Meiosis 2, los cromosomas ya están duplicados; las dos cromátidas hermanas están unidas aún por su centrómero común; luego entonces, cada célula contiene un solo juego de cromosomas (N) en lugar de dos ($2N$).

Profase 2

Es una etapa frecuentemente muy breve.

Metafase 2

Los cromosomas están unidos a las fibras del huso mediante sus centrómeros y se alinean en una etapa metafásica.

Anafase 2

Al principio de esta etapa, cada centrómero se divide (por primera y única vez) durante la meiosis; y con esto las cromátidas hermanas se convierten en cromosomas que ahora se trasladan a los polos opuestos.

Telofase 2

Se completa al formarse la membrana nuclear al rededor de cada núcleo haploide.

La Meiosis 1 se inicia con $2n$ cromosomas duplicados en cada célula y termina con dos células (o complejos cromosómicos, ya que la división celular no siempre se completa) cada una con n cromosomas duplicados. La Meiosis 2 termina con cuatro células cada una con n cromosomas sencillos.

En los órganos reproductores masculinos, estas cuatro células son los espermatozoides. En los órganos reproductores femeninos, solamente uno de los cuatro productos meióticos funciona como óvulo o huevo y contiene la mayor parte del material citoplasmático. Las otras tres células son pequeños cuerpos polares y no funcionan como gametos. En las plantas

superiores, los productos de la meiosis se llaman microsporas y megasporas respectivamente, para diferenciar las células sexuales femeninas de las masculinas. (Fig. 71)

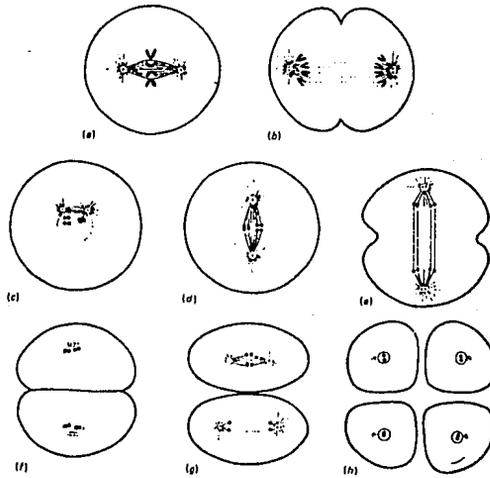


Fig. 71. Diagrama ilustrativo de los fenómenos celulares sucesivos durante la Meiosis

NUCLEO

ACTIVIDADES DE AUTOAPRENDIZAJE

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas.

- 1.- ¿ En qué tipo de células se encuentra el núcleo ?
- 2.- ¿ Por qué recibe el nombre de núcleo primitivo ?
- 3.- Menciona dos características de la membrana nuclear.
- 4.- ¿ Existe selección de materiales a través de la membrana nuclear ?
- 5.- ¿ Qué composición química tiene el núcleo ?
- 6.- Describe un proceso donde intervenga la matriz nuclear ?
- 7.- ¿ Cuáles son las subdivisiones estructurales del núcleo ?
- 8.- ¿ En qué momento se forman los cromosomas y cuál es su función ?
- 9.- ¿Cuál es la importancia de errores en la molécula de ADN y sus consecuencias?
- 10.- ¿ Que es reproducción asexual y qué tipo de células se reproducen de esta forma?
- 11.- ¿ Define división binaria, bipartición y gemación ?
- 12.- ¿ De qué manera contribuye la división celular a la reproducción del organismo ?
- 13.- ¿ Describe los procesos característicos de la profase y metafase; qué ocurre durante la anafase ?
- 14.- ¿ Cuáles son los hechos mas relevantes del proceso de reproducción sexual ?
- 15.- ¿Cuál es la función básica de la meiosis y qué es lo que hace necesario tal proceso ?

NUCLEO

ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACION

Instrucciones: Responde a cada una de las siguientes preguntas:

Regulación de las actividades celulares... ()

Regulación del tráfico de entrada y salida del citoplasma..... ()

Continuación de la materia viva en el espacio y en el tiempo..... ()

Duplicación molecular que tiene como resultado un incremento del tamaño celular.. ()

Unico procedimiento mediante el cual se multiplican los seres unicelulares..... ()

Acido nucléico localizado en el núcleo y el protoplasma, existen tres tipos..... ()

1.- Reproducción

2.- ARN

3.- Mitosis

4.- División celular

Cuerpos nucleoproteínicos, cada especie los contiene en un número característico..... ()

5.- Cromosomas

Proceso por el cual el número cromosómico se reduce a la mitad del diploide ($2n$)..... ()

6.- Membrana Nuclear

NUCLEO

ACTIVIDADES AUTOCORRECTIVAS

Instrucciones: Elabora y responde cinco preguntas que consideres importantes, relacionadas con el tema de Meiosis.

4. ACTIVIDADES EXTRACLASE , PRACTICAS

4.1 PRACTICA PARA LA OBSERVACION DE DIFERENTES TIPOS CELULARES MORFOLOGIA CELULAR)

OBJETIVOS:

- a) Demostrar que las células presentan formas y tamaños diferentes
- b) Propiciar que el alumno comprenda que los tamaños de las células son extremadamente pequeños; motivo por el cuál se requiere la utilización del microscopio óptico.

MATERIAL:

- Muestras de agua estancada
- Hojas de elodea
- Fragmentos de Cebolla
- Fragmentos de Jitomate
- Fragmentos de Papa
- Fragmentos de diferentes tallos
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Navaja
- Vaso de precipitado de 50 ml.
- Gotero
- Microscopio óptico
- Aceite de inmersión

PROCEDIMIENTO:

1.- Se hacen preparaciones frescas de los diferentes tejidos vegetales, raspando el tejido o haciendo pequeños cortes. Sobre un portaobjeto colocar una o dos gotas de agua y sobre esta se coloca un pequeño corte o raspado del tejido de jitomate se disemina y sobre esto se coloca el cubreobjeto. Este procedimiento se repite simultáneamente con cada uno de los materiales listados para la práctica y se procede a la observación al microscopio.

Colocar la preparación sobre la platina y observar con el objetivo de 10 x , ya que se observó a este aumento, pasar a 45 x y finalmente a 100 x , utilizando en este último aceite de inmersión sobre el cubreobjetos, para dar mayor nitidez a la imagen.

2.- De las muestras de agua se harán observaciones tomando una o dos gotas de la misma colocándola sobre el portaobjetos; poner el cubreobjetos y observar al Microscopio, moviendo la preparación sobre la platina para facilitar la localización de microorganismos, preferentemente con el objetivo de 10 x . Una vez localizado el microorganismo, pasar a mayor aumento para observar mayor detalle de las células.

3.- Para la realización de las observaciones se debe ser paciente y persistente.

4.- Cambiar las muestras de agua con frecuencia evitando que las preparaciones se deshidraten, ya que podríamos confundir algunas formas celulares con algunas alteraciones de las mismas.

ACTIVIDADES.-

Describir las formas y características observadas de todas las muestras traídas para ello.

Hacer esquemas de las diferentes formas celulares encontradas, compararlas y marcar las diferencias nuevas encontradas en cada una de las formas celulares.

4.2. PRACTICA DE MITOSIS

OBJETIVO.- Observar e identificar las diferentes fases de la división celular (Mitosis) en el tejido de la raíz de cebolla.

MATERIAL:

- HCl (1N) (Acido clorhídrico)
- Acetorceína
- Acido acético al 45 %
- Cubreobjetos
- Portaobjetos
- Navaja
- Microscopio Optico
- Cebolla con raíces frescas
- Caja de Petri
- Gotero
- Vaso de precipitado de 50 ml.
- Aceite de inmersión

PROCEDIMIENTO:

1.- Colocar una cebolla dentro de un recipiente con agua dispuesta de tal forma que no se hunda; que la zona donde se desarrollan las raíces sea la parte donde toque exclusivamente el agua. Dejar durante una semana hasta que crezcan las nuevas raíces.

2.- Cortar 3 mm aproximadamente del extremo de la raíz, colocar estos cortes en una caja de Petri que debe contener unas gotas de HCl (1 N); dejar sumergidas las raíces durante 3 - 4 minutos.

3.- Extraer con un pedazo de papel absorbente ese HCl (1 N) teniendo cuidado de no extraer los pequeños cortes de raíz.

4.- Agregar unas gotas de Acetorceína (colorante); dejar pasar 20 minutos.

5.- Extraer el colorante con un pedazo de papel absorbente, cuidando de no extraer los pequeños cortes de raíz.

6.- Agregar 1-2 gotas de Acido acético (45 %); dejar pasar 2 - 3 minutos.

7.- En un portaobjetos poner una gota de Acido acético y poner de dos a tres cortes de raíz. Poner un cubreobjetos sobre los cortes y con un utensilio de extremo romo (goma de un lápiz) hacer una presión hacia abajo sobre los cortes (con el objeto de que las células se expandan y dejen al descubierto los cromosomas).

8.- Observar al microscopio procurando que la preparación no se deshidrate; agregar por difusión una gota de Acido acético al 45 %. Poner la preparación en el objetivo de 10 x , después pasar a 45 x y finalmente agregar aceite de inmersión sobre el cubreobjetos y observar a 100 x .

9.- Buscar y describir las fases que se encuentren.

ACTIVIDADES

Describir las características observadas y señalar las estructuras que observó.

Hacer esquemas de cada fase que haya encontrado en su preparación, comparándolos al mismo tiempo para su identificación plena con los esquemas de mitosis encontrados en libros de la materia.

4.3. REALIZACION DE MODELOS.

Teniendo en cuenta que es un esquema hipotético del funcionamiento de "algo", pudiendo ser también una abstracción o una representación de un objeto o una situación real que deberá mostrar las relaciones y las interrelaciones de la acción y reacción en términos de causa efecto.

El realizar modelos en Biología es de gran utilidad práctica y creativa por parte del alumno.

Por ejemplo al realizar un modelo referente a la molécula de ADN, el alumno recopilará información al respecto, planeará el método y el material para su elaboración. Finalmente expondrá el proceso utilizando una estructura tridimensional para explicar la distribución de los componentes de esta molécula en el espacio, dependiendo de las características del montaje, como puede ser: desmontable, con movimiento, etc. Puede ser utilizado por el resto del grupo como material de apoyo durante la exposición del tema mismo. Por lo tanto favorecerá la discusión en grupo.

IV. REFLEXIONES FINALES

Las herramientas proporcionadas por la Biología Molecular, y en particular por un conjunto de técnicas englobadas en la Ingeniería Genética, permiten que se visualice a la célula, en el campo de la Biotecnología Moderna, como una "fábrica" susceptible de producir y extraer sustancias de interés farmacéutico, médico, industrial o agrícola. La herramientas y sustitución de genes en células procedentes de organismos ajenos, ha permitido al hombre diseñar células que convienen a sus propios intereses. Las barreras evolutivas que empezaron a actuar desde hace aproximadamente 3,500 millones de años en que empezaron a aparecer las primeras formas vivas para dar lugar, por medio de la selección natural a todas las especies que actualmente conocemos, han sido franqueadas. El hombre, mediante la manipulación genética, ha dejado atrás su papel de observador y al asumir un papel más activo en la posibilidad de modificar a los seres vivos, tendrá también que esperar una respuesta al impacto ambiental que se está ocasionando mediante el empleo de las nuevas tecnologías.

El panorama anteriormente descrito, por razones obvias necesariamente breve, pretende configurar una imagen de algunos de los avances que la Biología Celular ha alcanzado en los últimos años. En estos tiempos, se asiste a una nueva Biología Celular más fortalecida, que se ha enriquecido con el aporte inter y multidisciplinario de otros campos de la actividad científica. Si se pretende que nuestros alumnos de Bachillerato estén en posibilidad de participar y concursar en el escenario de los conocimientos que conjuntan a la Biología Moderna, el estudio de la célula y su biología constituye indudablemente un material idóneo para estos fines, puesto que permite además, abordar e interaccionar con los demás, abordar e interaccionar con los demás temas que conforman el Programa de Biología I : continuidad, diversidad, interacción.

V.- BIBLIOGRAFIA

*ALONSO, T.E. (1982): La Ciencia de la Vida (1). McGraw Hill. México.

AVERS, J.CH. (1983): Biología Celular. Iberoamérica. México.

BRABANDER, H. (1983): El Citoesqueleto y la Vida Celular. Mundo Científico, 3 (82):922-932

DUSTIN P. (1980): Microtúbulos. Iny. y Cienc. (49): 36-52

JUNQUEIRA, L.C. y LOPEZ-SAEZ, J.F. : Biología Celular. Fondo Educativo Americano. México.

KARP, G. (1987); Biología Celular. McGraw Hill. México.

*KIMBALL, W.J. (1982): Biología Celular. Fondo Educativo Americano, México.

KRUIF, P. (1980): Los Cazadores de Microbios. Epoca. México.

LEHNINGER; L.A. (1984): Bioquímica. México.

MARGULLIS, L., SCHWARTZ, V.K. (1981): Cinco Reinos. México.

MARGULLIS, L., SAGAN, D. (1983): El origen de las Células Eucariontes. Mundo Científico, 5 (46): 366-375.

MILLER, R. K., (1979): La Membrana Fotosintética. Iny. y Ciencia (30):62-74

NUNCIO, Abraham. Educación y Política. El Colegio de Ciencias y Humanidades, en "Documenta", México, C.C.H., No. 1, Junio 1979.

*ORAM, R. (1986): Biología. Sistemas Vivientes. Continental. México.

PANTOJA Morán, David. Ponencia presentada en la mesa de trabajo del área correspondiente a la Educación Media Superior, en el Congreso de Docencia Universitaria y Colegio Internacional de Docencia. México UNAM, Octubre 1979.

POPOT, J.L. (1987); La Estructura de las Proteínas de la Membrana. Revista Mundo Científico 7 (75): 1196-1200

Proyecto para la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades, Exposición de Motivos, en "Gaceta UNAM", Tercera época, Vol II (Número Extraordinario), 1 de Febrero de 1971.

ROBERTS, P.D. YSAEZ, A.F. (1977); Biología Celular. El Atenco. Argentina.

ROBERTSON, J.D. (1962); La Membrana de la Célula Viva. Blume. España.

STONG, L.C. (1977); Construcción de un Microscopio Simple de Anton Van Leeuwenhoek. Investigación y Ciencia. (6): 110-112

VI.- CREDITOS DE LAS FIGURAS

La mayoría de las figuras que se muestran en este trabajo (dibujos, tablas, fotografías) fueron extraídas de diferentes fuentes tal y como se exhiben aquí.

Los autores que a continuación se mencionan corresponden a la bibliografía citada en el número V; aquí se especifica de donde procede cada una de ellas.

ALONSO, T.: FIG. 50

AVERS: FIGS. 19,28,34,38,42,49,55,57,60,62,63,67,68.

JUNQUEIERA. : FIGS. 7,9,11.

**KARP.: FIGS. 4,6,10,15,18, TABLA 2, 26,27,31,35,36,40,44,45,46,47,48,52,53
a,b,c,54,56,58,59,61,64,65,66,70,71.**

KIMBAL. : FIG. 37

KRUIF.: FIG. 2.

LEHNINGER. : FIGS. 41, 51.

MARGULLIS. : FIGS. 13,14, TABLA 1.

ROBERTIS. : FIGS. 43, 69.

ROBERTSON. : FIG. 12