

## EL CICLO CELULAR HACIA UNA VISION HOLISTICA\* DE LA CELULA<sup>1</sup>

JORGE ADOLFO NIETO DIAZ<sup>2</sup>

### RESUMEN

La célula es un organismo complejo, no es solamente la sumatoria de organelos; en su interior se dan una serie de mecanismos interrelacionados, cuya comprensión requiere de conocimientos en genética, bioquímica y fisicoquímica, entre otras áreas del saber.

Un organelo siempre trabaja en función de otro; solo, no tiene ningún sentido. El presente artículo analiza de manera muy general las relaciones interorganelos, mostrando la célula como un organismo dinámico.

\* *Holismo, término filosófico japonés que implica que un todo integrado posee una realidad independiente y mayor, que la suma de sus partes.*

1. *Notas de clase, 1992.*

2. *Profesor de Biología General y Fisiología Comparada e Higiene, Departamento de Química y Biología, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad De la Salle y Colegio Distrital Atanasio Girardot, Santa Fe de Bogotá, D.C. A.A. 876 Bogotá, Colombia.*

## 1. INTRODUCCION

A menudo acostumbramos a estudiar la célula haciendo una lista de organelos, diciendo cómo están constituidos cada uno de ellos y mencionando la función que cumplen; sin embargo, los vemos como aislados unos de otros y por momentos parece que cada uno realizara su función y no más; pero no es así, en el interior de la célula no hay desorden, la función de un organelo siempre estará en relación a alguien o a algo. El relato que se presenta tiene la ventaja de que no tiene un comienzo estricto, cualquier lugar es bueno para empezar; si se inicia con la cromatina es tan sólo para darle un hilo conductor. Para mayor comprensión del artículo ayúdese de las figuras que aparecen en él, en especial de la figura 1.

## 2. UNA ESTRUCTURA MARAVILLOSA

La célula es un conjunto de sustancias, organizadas de tal manera, que establecen relaciones directas entre ellas. Una de esas tantas sustancias es la cromatina, considerada como la base esencial de todo organismo vivo; algunos individuos como los eucariotas, la tienen rodeada por la llamada membrana nuclear, que es una estructura compuesta por lípidos y proteínas; otros, como los procariontes la tienen libre dentro del citoplasma, pero ninguno puede prescindir de ella, pues es allí donde se encuentra la información genética de los individuos que debe ser transmitida a sus descendientes a través del mecanismo de la reproducción y que garantiza la perpetuidad de las especies.

La cromatina está compuesta de dos partes fundamentales: una cadena de ácido desoxirribonucleico ADN y otros compuestos asociados tales como proteínas histónicas básicas, proteínas no histónicas

ácidas, pequeñas cantidades de ARN y diversas enzimas involucradas en la síntesis de ADN y ARN. La cromatina tiene la propiedad de pasar por varios estados: en primera instancia es líquida, luego se condensa y finalmente se secciona para formar los cromosomas. El número base de cromosomas varía de una especie a otra: la mosca doméstica tiene 12, el pato 40, el mono 42, la gallina 78, el maíz 20, la papa 48, el repollo 18, el coco 32 y el hombre 46.

En resumidas cuentas, cromosomas y cromatina son lo mismo, pero en diferentes estados y su elemento básico es el ADN; esta molécula está formada por genes, los genes están formados por codones, los codones están formados por nucleótidos y cada nucleótido consta de tres partes a saber: un azúcar, que para éste caso es una desoxirribosa; un grupo fosfato que corresponde al ácido fosfórico y una base nitrogenada que bien puede ser adenina, guanina (bases nitrogenadas púricas) o citosina y timina (bases nitrogenadas pirimídicas) (ver Figura 2).

El ADN tiene forma de hélice y se dispone en doble cadena, tiene la capacidad para duplicarse en el momento de la división celular. Dicho proceso implica gasto de energía que por supuesto se obtiene de los procesos de respiración llevados a cabo en la mitocondria.

Existe un cromosoma específico el cual posee un sitio en particular; este sitio se conoce como la región organizadora del nucléolo RON. A partir de esta zona se forman una o varias masas de ARN que no se rodean de ninguna membrana y a las que llamamos nucleolos, que pueden estar separados o fusionados. Se ha podido comprobar por autorradiografía que el ARN que constituye estas masas, se forma por transcripción.

La RON es única y no puede ser remplazada por otras regiones cromosómicas. Si por alguna mutación o daño cromosómico no existiera la RON, el

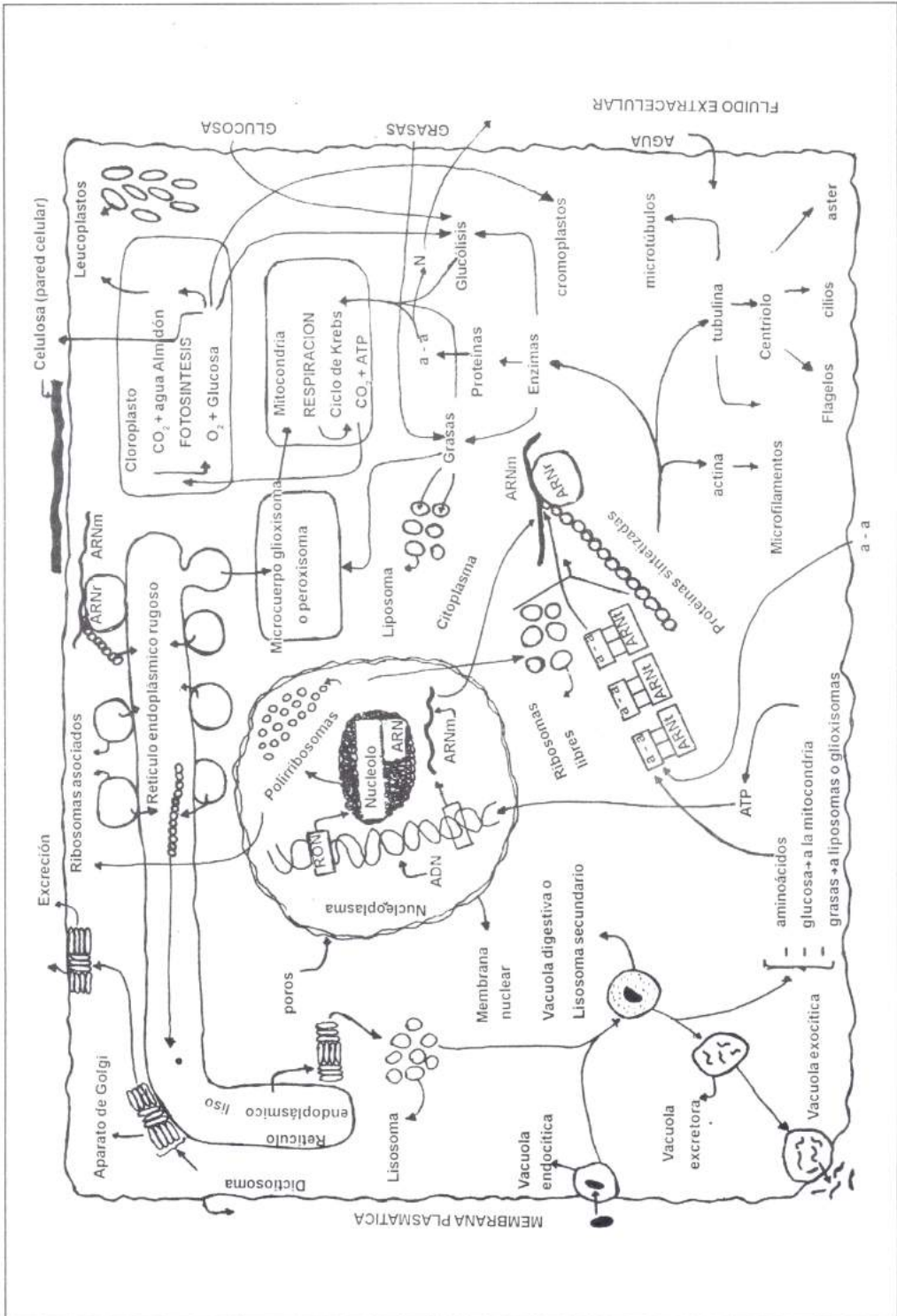


Fig. 1 LA CELULA

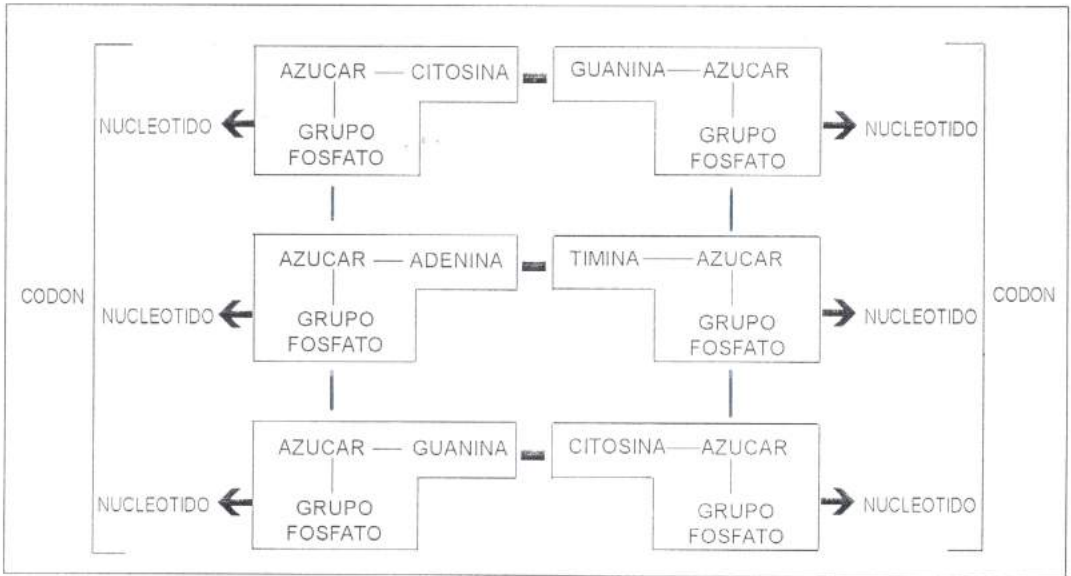


Fig. 2. La unión de una desoxirribosa, un ácido fosfórico y una base nitrogenada forma un nucleótido; la unión de tres nucleótidos forman un codón, la unión de más o menos mil codones forma un gen y la unión de miles de genes forman un cromosoma.

nucleolo no se formaría. La función principal de los nucleolos es la producción de subunidades ribosomales conocidas comúnmente como polirribosomas. Cuando las células se encuentran en períodos de alta actividad metabólica (síntesis de proteínas) se observan una gran cantidad de polirribosomas.

Otra de las estructuras formadas a partir de ADN es el ácido ribonucleico mensajero (ARNm). Como el ADN generalmente nunca sale del núcleo y es él quien tiene la información genética codificada para la formación de una proteína, entonces se ve en la necesidad de fabricar como una especie de copia llamada ARNm; lo hace de la siguiente manera: (ver figura 3) él separa, con ayuda de enzimas las dos cadenas en el sitio específico donde está codificada la proteína que se quiere sintetizar; a partir de la información encontrada allí forma una molécula de ARNm y le transcribe la información y posteriormente esta se separa y las dos

cadena de ADN se vuelven a unir.

Los elementos necesarios para formar el ARNm, para formar el ARN que constituye los nucleolos y para duplicar el ADN, se encuentran en la sustancia que rodea la cromatina y que se conoce como nucleoplasma o jugo nuclear, que no es más que una suspensión de partículas diversas, necesarias para la fabricación de esas moléculas vitales.

En organismos eucarióticos el conjunto formado por cromatina, nucleolo, polirribosomas, ARNm, nucleoplasma y membrana nuclear es lo que se conoce como núcleo.

Los polirribosomas y el ARNm no se quedan dentro del núcleo sino que se desplazan al citoplasma, que es la masa coloidal que lo rodea y lo hacen a través de los llamados poros nucleares presentes en la membrana nuclear; la existencia de dichos poros se debe a que esta membrana no es un organelo para establecer intercambio de

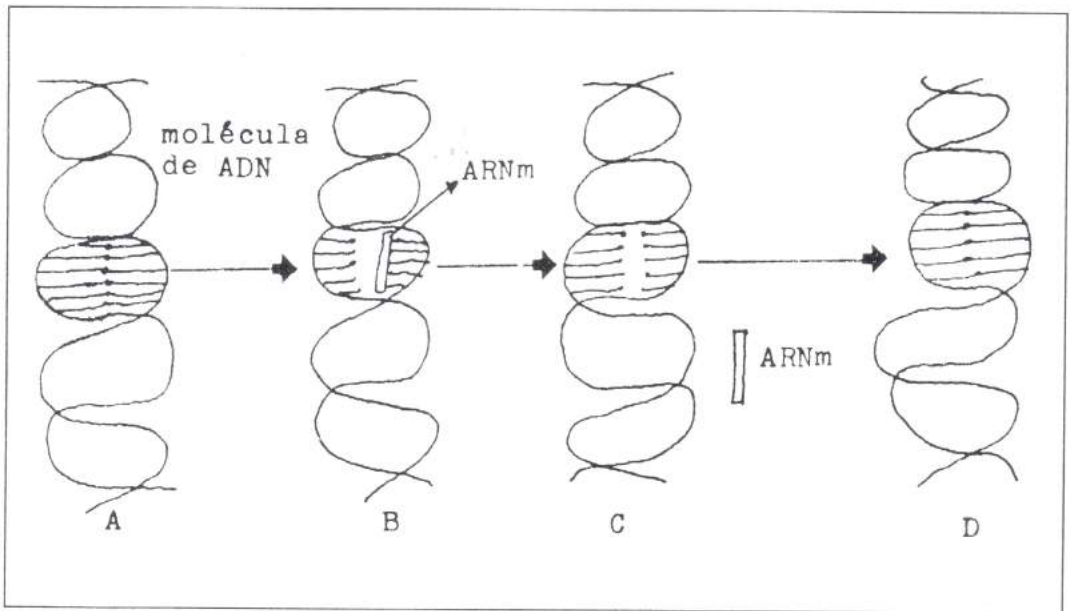


Fig. 3. Formación del ARNm

- A. Sitio donde está codificada la proteína.
- B. Separación de las dos cadenas en ese sitio y formación de la molécula de ARNm.
- C. Separación de la molécula de ARNm con la información de los aminoácidos que se necesitan para producir la proteína requerida.
- D. Las dos cadenas se vuelven a unir.

tipo físico-químico con el citoplasma.

En el citoplasma los polirribosomas se transforman en ribosomas, que toman dos caminos a saber (ver Figura 1): unos quedan libres y los otros se unen al retículo endoplásmico.

Los ribosomas libres se unen a cadenas de ARNm y sintetizan proteínas para ser utilizadas dentro de la célula; dicha síntesis se cumple en tres pasos: en primera instancia los ribosomas se pegan a la molécula de ARNm y empiezan a descifrar la información contenida en ella, para saber qué aminoácidos hay que ir adicionando; dichos aminoácidos han sido atrapados previamente por una molécula de otro ácido ribonucleico, conocida como ARN de transferencia; existe una molécula de este ARNt por cada uno de los aminoácidos existentes en el citoplasma, al finalizar este proceso

de lectura en el cual el ribosoma se ha desplazado a lo largo de todo el ARNm, queda ya la proteína sintetizada. Son muchas las proteínas que se necesitan al interior, pero para mencionar algunas tenemos, por ejemplo, la tubulina que es la proteína que constituye los llamados microtúbulos que forman el citoesqueleto; esta misma proteína forma los llamados centriolos (o centrosomas), elementos básicos en la división celular, ya que forman los llamados aster y el huso acromático que se forma entre ellos; además, son precursores de cilios y flagelos (básicos para la locomoción). Otra proteína sintetizada es la actina que forma los llamados microfilamentos, especie de microsistemas musculares que colaboran en todo tipo de movimientos, incluyendo procesos como la mitosis y la meiosis. En realidad hoy se sabe que microtúbulos y microfilamento son los dos principales agregados protéicos citoplasmáticos relaciona-

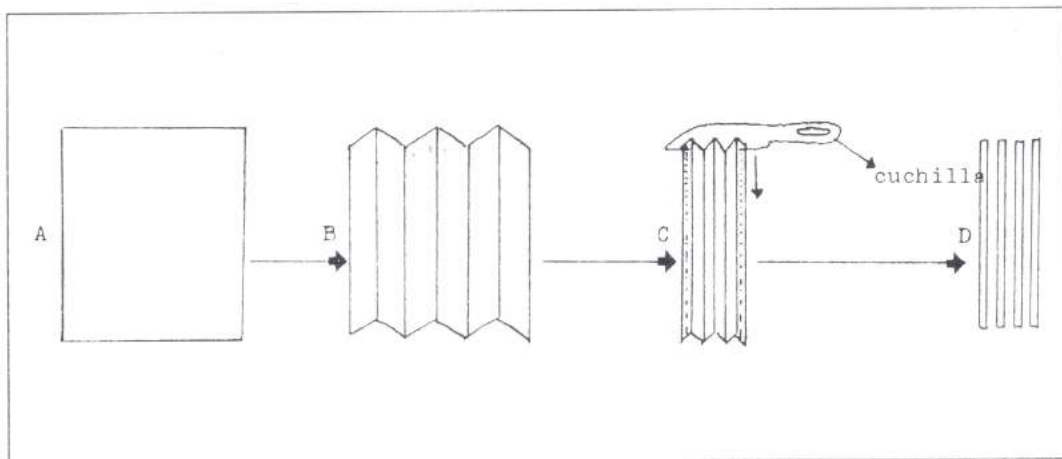


Fig. 4 Tome una hoja de papel, dóblela en zig-zag como lo muestra la figura B, recójalo y corte a lo largo por toda la mitad, tal como lo muestra la figura C (por la línea punteada) para obtener varias tiras de papel como en D.

dos con el movimiento celular. Un tipo de proteínas sintetizadas por los ribosomas libres son las enzimas que van a intervenir en los procesos de degradación de grasas, de las proteínas y en ciclos como el de Krebs, el del glicolato y el de la glucólisis, entre otros. Sobre estos ciclos se volverá posteriormente.

Los otros ribosomas se asocian a un sistema de membranas conocido como retículo endoplásmico. Por eso se les conoce como ribosomas asociados y al retículo endoplásmico que los posee, se le designa como retículo endoplásmico rugoso (RER); allí los ribosomas también se unen en moléculas de ARNm y fabrican toda una gama de proteínas y las vierten en el RER, ellas son transportadas a la parte del retículo que no posee ribosomas pegados a sus paredes externas y que se denomina retículo endoplásmico liso, o se quedan en el RER y posteriormente originan los microcuerpos.

El RE es un sistema de membranas continuo, pero para verlo es necesario preparar las células por el método de criofractura y observarlas al microscopio electrónico; allí dan la apariencia de ser fi-

deos y a simple vista dan la sensación de ser organelos individuales, pero no lo son. Siga los pasos relacionados en la Figura 4 y comprenderá el fenómeno. Cuando el RER se llena emite una serie de estructuras por evaginación, llamadas microcuerpos, glicoxisomas o peroxisomas; dichos elementos son muy pequeños y de corta duración, funcionan 3 ó 4 días y luego se desintegran para darle paso a otros nuevos; son muy importantes para la célula, pues es allí donde se lleva a cabo la degradación del peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$  con ayuda de una enzima que es la catalasa (razón por la cual se llaman peroxisomas). Ese peróxido de hidrógeno proviene de la utilización del acetil CoA graso, que a su vez viene de la degradación de las grasas en el citosol del citoplasma. El citosol es aquella zona del citoplasma que rodea los organelos y donde hay toda una cantidad de elementos como agua, glucosa, aminoácidos, grasas y enzimas; la mayoría de estos elementos penetran a la célula por mecanismos de ósmosis y difusión. Otros son preparados ahí mismo. El acetil CoA graso se convierte en acetil CoA y es esta conversión la que produce el peróxido de hidrógeno; el acetil CoA cumple un ciclo, dentro del microcuerpo, que se denomina

ciclo de glioxilato (razón por la cual se llama glioxisoma); este ciclo está formado por varios compuestos, uno de ellos es el succinato, el cual a medida que se va produciendo, va saliendo y se va desplazando a la mitocondria; allí ingresa específicamente al ciclo de Krebs. Por lo tanto, el microcuerpo colabora en el proceso de respiración celular.

Además de cumplir otras dos funciones básicas, participa en la glucogénesis y la biosíntesis de los aminoácidos glicina y serina. Las grasas pueden ingresar a la mitocondria directamente, o pasando por los microcuerpos, o sencillamente se almacenan en unos organelos fabricados por la célula para depositarlas y que se conocen como liposomas, para su posterior utilización.

La mitocondria además de la colaboración del microcuerpo produciendo succinato, toma el acetil CoA proveniente de la degradación de las proteínas y las glucosas y en presencia de oxígeno lo utiliza para la realización del ciclo de Krebs, a partir del cual se originan dos elementos básicos que son el bióxido de carbono  $\text{CO}_2$  y el ATP. La glucosa ha sido previamente tratada en el ciclo de la glucólisis, llevado a cabo en el citosol, y las proteínas han sufrido un proceso de desaminación por medio del cual se les ha extraído el nitrógeno, elemento que finalmente será expulsado de la célula.

El bióxido de carbono proveniente de la mitocondria se utilizará para el proceso de fotosíntesis en el cloroplasto, y junto con el agua y en presencia de luz y clorofila, pigmento verde de las plantas, producirá oxígeno libre, que puede ser utilizado para la respiración celular, o salir de la célula e ir al medio ambiente, y glucosa en primera instancia; en realidad la glucosa no se queda así, sino que toma varios caminos, forma almidón y se almacena en los leucoplastos, forma celulosa y sale de la célula para fijarse a la membrana plasmática y originar allí la llamada pared celular, típica de las células vegetales; se transforma en una serie de compuestos tales como los carotenos (precursores de la vitamina A que se almacenan en los cromoplastos), proteínas o gra-

sas; o entra a realizar la glucólisis y forma acetil CoA para ir a dar a la mitocondria.

Las proteínas almacenadas en el retículo endoplásmico liso serán empaquetadas y depositadas en una pila de membranas que se desprenden del REL conocidas como dictiosomas, uno o varios de ellos forman el llamado aparato de Golgi, organelo capaz de desplazarse por la célula hasta la membrana y realizar allí el proceso de excreción por el mecanismo de exocitosis. El aparato de Golgi es una estación de paso en la célula por medio de la cual algunas proteínas destinadas a la exportación son modificadas químicamente y envueltas en una membrana antes de salir de la célula. Esto se comprobó marcando aminoácidos con isótopos radioactivos. Una de las estructuras empaquetadas y producidas por el aparato de Golgi son los lisosomas, los cuales contienen generalmente enzimas digestivas, algunas de ellas son las nucleasas que actúan sobre los ácidos nucleicos, las glicosidasas sobre los polisacáridos, las lipasas sobre los lípidos, las fosfatasa sobre los fosfatos orgánicos y las sulfatasas sobre los sulfatos orgánicos.

Muchos elementos entran a la célula por procesos de invaginación, formándose así las vacuolas endocíticas. Cuando portan material sólido (fagocitosis) son atacadas por los lisosomas y se originan las llamadas vacuolas digestivas o lisosomas secundarios; las enzimas que portan los lisosomas llevan a cabo la disolución del material, originando de ello aminoácidos que serán utilizados en la síntesis de proteínas, grasas que se almacenan en liposomas o entran a colaborar en el proceso respiratorio vía microcuerpo; y glucosas cuyos caminos ya se han mencionado; además de muchos iones necesarios para los procesos vitales de la célula tales como sodio, potasio, magnesio, hierro y cobalto, entre otros. Cuando las enzimas del lisosoma han actuado y han liberado los elementos mencionados anteriormente, quedan una serie de residuos formando así una vacuola excretora, la que progresivamente se desplazará hasta la membrana plasmática y formará allí una vacuola exocítica que expulsará los residuos al fluido extracelular; muchos elementos líquidos (pinocitosis) ingresan a

la célula también por este mecanismo.

El conjunto de organelos de una célula forma el llamado citogel que junto con el citosol constituyen el citoplasma, que mantiene su individualidad y característica coloidal gracias a que se halla rodeado por la membrana plasmática que es una barrera dinámica que separa el orden interno del desorden externo. Dicha estructura está formada por dos terceras partes de lípidos y una tercera parte de proteínas; a través de ella se realiza la selección de elementos que han de entrar o salir de la célula. Además es el sitio de acción de muchas hormonas, vitaminas y drogas. La incorporación de todos los elementos se hace por ósmosis, difusión y transporte activo.

### 3. METODOLOGIA

Este documento se realizó a lo largo de 10 semestres, después de una consulta bibliográfica rigurosa; en realidad los conceptos teóricos son sacados de libros y revistas consultados, pero la realización de los esquemas y las interrelaciones son en su totalidad del autor de este artículo. El esquema central se fue modificando poco a poco hasta lograr una organización armónica y entendible; está sujeto a cambios y adiciones de interrelaciones interorganelos que puedan hacer personas interesadas en el tema.

### 4. CONCLUSIONES

- Una célula es mucho más que una simple sumatoria de organelos.
- Un organelo siempre trabaja en función de otro, sólo no tiene ningún sentido.

- En la célula todo es orden. Si éste se pierde, se producen fenómenos como el cáncer.
  - Existen tantas interrelaciones al interior de las células que bien podríamos hablar del ciclo celular.
  - "No hay nada vivo más sencillo que una célula y nada puede llegar a ser más complejo sin comenzar por ser una célula"
- (Mahlon Hoagland).

### 5. BIBLIOGRAFIA

- AVERS, Charlotte. Biología celular. Grupo Editorial Iberoamericano. 1981. 2a. ed.
- BURKE, Jack. Biología celular. México: Interamericana. 1970. 1a. ed.
- GUYTON, Arthur. Fisiología humana. México: Interamericana. 1984 5a. ed.
- KIMBALL, John. Biología. México: Grupo Editorial Interamericana. 1971 2a. ed.
- MARGULIS, Lynn. El origen de la célula. Barcelona: Reverté. 1988.
- OLIVER, Fernando. Fundamentos de genética. Cali: McGraw-Hill Latinoamericana. 1977.
- DE ROBERTIS, E.D.P.; SAENS, Francisco and DE ROBERTIS, E.M.F. Biología celular. Buenos Aires: Ateneo. 1978. 10a. ed.
- VILLEE, Claude. Biología. México: Interamericana. 1984. 7a. ed.
- WEISZ, Paul. Biología. Barcelona: Omega. 1968. 5a. ed.