

# UNIVERSIDAD DEL SURESTE

**ALUMNA:**

**FANY YARENI HERNANDEZ LÓPEZ**

**PROFESOR:**

**FERNANDO ROMERO PERALTA**

**MATERIA:**

**MORFOLOGIA Y FUNCIÓN**

**PASIÓN POR EDUCAR**

**TRABAJO:**

**MARCO CONCEPTUAL DE LA MORFOLOGIA DE LAS  
CELÉLULAS: MEMBRANA PLASMÁTICA, ORGANELAS  
MEBRANOSAS Y NO MEMBRANOSAS**

**PICHUCALCO, CHIAPAS A 12 DE JULIO DEL 2020**

## **MORFOLOGIA DE LA CELULAS:**

### **Forma y tamaño de la célula**

La mayor parte de las células tienen un tamaño comprendido entre 12 y 60 micras (1 micra = 10 m). Existen, sin embargo, células de tamaño inferior como las células bacterianas y células de tamaño superior, e incluso macroscópico, como por ejemplo los ovocitos de las aves.

La forma de la célula es muy variada; entre los organismos unicelulares existen una gran diversidad de formas que dependen de las adaptaciones a sus particulares condiciones de vida e incluso algunos carecen de forma fija (amebas); en el caso de los organismos pluricelulares existe también una gran diversidad de formas celulares que dependen de la presión que ejercen las células adyacentes y, sobre todo, de la función en que se han especializado.

### **MEBRANA PLASMÁTICA**

La membrana plasmática conocida como membrana celular es una cubierta que envuelve y delimita a la célula separándola del medio externo. Funciona como una barrera entre el interior de la célula y su entorno ya que permite la entrada y salida de moléculas a través de ella. Este paso de moléculas es un fenómeno llamado permeabilidad. Pero la membrana no deja pasar fácilmente a todas las moléculas, por lo que es selectivamente permeable.

La membrana plasmática es muy delgada, mide de 7 a 10 nanómetros (nm) de grosor, por lo que el microscopio óptico no la detecta, sólo puede ser observada con el microscopio electrónico.

Otras funciones de la célula se relacionan con el transporte, la comunicación, el reconocimiento y la adhesión celular.

La membrana celular se caracteriza por ser una estructura dinámica, siendo la fluidez una de las características más importantes que posee.

Esta fluidez depende de la temperatura, dado que aumenta al aumentar la temperatura. También depende de la naturaleza de los lípidos que posee, dado que la presencia de lípidos insaturados y de cadena corta favorecen el aumento de la fluidez. La presencia de colesterol endurece las membranas, reduciendo su fluidez y permeabilidad.

En la composición de la membrana el 40% corresponden a lípidos, el 50% a proteínas, y el 10% a glúcidos.

- Los lípidos que constituyen la membrana son fosfolípidos, glucolípidos y colesterol, y su principal función es actuar como una barrera semipermeable.
- Las proteínas que forman la membrana son integrales o periféricas, y sus funciones se relacionan con el transporte y la comunicación.
- Los glúcidos por lo general, se encuentran unidos a lípidos, formando glucolípidos, y a proteínas, generándose las glucoproteínas. Su principal función es constituir la cubierta celular o glucocálix. Las diferentes funciones que exhiben las distintas células, se relacionan el tipo de glúcido que hay en su cubierta.

A medida que se ha obtenido información sobre la membrana plasmática, se han propuesto varios modelos que explican cómo está estructurada y como funciona. El modelo que se acepta actualmente es el modelo de mosaico fluido propuesto por Singer y Nicolson en 1972.

## **ORGANELAS MEMBRANOSAS**

Los orgánulos membranosos celulares pueden dividirse en dos grupos atendiendo a su estructura y función:

Sistema de citomembranas (endomembranas): se trata de vesículas membranosas relacionadas entre sí y con la membrana nuclear. Comprende el retículo endoplasmático, el complejo de Golgi y los sistemas vesiculares, que intervienen en la síntesis, la modificación y el intercambio celular de diversas sustancias, así como en la digestión celular y en la regulación osmótica de la célula.

Orgánulos relacionados con el metabolismo energético de la célula: son las mitocondrias, los peroxisomas y los cloroplastos. Las mitocondrias y los cloroplastos están constituidos por un sistema de dos membranas y presentan ADN propio y ribosomas 70 S, por los que se les atribuye un origen endosimbótico.

### **Retículo endoplasmático**

Es un complejo sistema de sáculos (también denominados cisternas) y túbulos aplanados concetados entre sí, que delimitan un espacio interno denominado lumen o luz del retículo.

Se comunica con el complejo de Golgi y con la membrana nuclear externa. Su función principal es la síntesis de proteínas y lípidos destinados a la secreción y/o a la renovación de las estructuras celulares.

Desde el punto de vista estructural y funcional, se distinguen el rugoso y el liso.

### **Retículo endoplásmico rugoso (RER)**

Está compuesto por una serie de cisternas aplanadas con ribosomas adheridos a la cara citoplasmática de su membrana,. Su espesor es de 7 nm y es más fluida que la membrana plasmática.

Sus principales funciones son:

- **Síntesis y/o modificación de proteínas.** Las proteínas sintetizadas por los ribosomas se almacenan en la luz del retículo y son transportados desde él hacia otros orgánulos. También se producen modificaciones

postraduccionales como la adición de oligosacáridos para originar glucoproteínas.

- **Almacenamiento de proteínas.** En el lumen las proteínas se unen a chaperonas que facilitan su correcto plegamiento. Se producen también el ensamblaje de las proteínas multiméricas (compuestas por más de una cadena polimérica). Por último, las que han sido sintetizadas incorrectamente se degradan.

El RER está presente en casi todas las células eucariotas, excepto en los glóbulos rojos. Su desarrollo varía de la función celular y es muy abundante por ejemplo en las células glandulares del páncreas.

### **Rétículo endoplásmico liso (REL)**

Está formado por túbulos membranosos no asociados a ribosomas e interconectados entre sí.

Las principales funciones que desempeña son:

- **Síntesis de lípidos y derivados lipídicos.** En él, se sintetizan prácticamente todos los lípidos de la célula, excepto los ácidos grasos y ciertos lípidos mitocondriales. También en el REL de las células intestinales y hepáticas se sintetizan hormonas esteroideas.
- **Detoxificación.** Se produce la inactivación y eliminación de muchos productos tóxicos liposolubles procedentes del exterior o del metabolismo celular. En los animales superiores, esto tiene lugar en el hígado.
- **Almacén de calcio para la contracción muscular.** EL REL es muy abundante en el músculo estriado (donde se denomina retículo sarcoplásmico) y su función es acumular  $Ca^{2+}$  y liberarlo en respuesta a estímulos nerviosos,
- **Metabolismo de los glúcidos.** En el REL se hidrolizan glúcidos como el glucógeno. En el hígado se almacena la glucosa en forma de glucógeno y este se hidroliza dependiendo de las necesidades celulares.

## Complejo de Golgi

Está constituido por un conjunto de sáculos o cisternas apiladas y relacionadas entre sí, los dictiosomas, rodeadas de pequeñas vesículas membranosas. Generalmente se localizan cerca del núcleo, en las células animales, rodea a los centriolos.

Presenta polaridad, es decir, se diferencian dos caras con distinta estructura y función:

- **La cara de formación (cara cis)**, por lo general más próxima al núcleo de la célula y constituida por cisternas convexas conectadas con el retículo endoplásmico rugoso.
- **La cara de maduración (cara trans)**, orientada hacia la membrana plasmática y en la cual las cisternas presentan un grosor mayor; a partir de estas cisternas se originan numerosas vesículas o gránulos de secreción.

Entre una y otra cara se dispone un número variable de cisternas intermedias o de transición.

Las principales funciones que desempeña son:

- **Modificaciones de proteínas sintetizadas en el RER.** Se añaden nuevos oligosacáridos a las glucoproteínas procedentes del RER, que de esta manera adquieren su composición y estructura definitivas. Por otro lado también se produce la proteólisis específica en el que las transforman a su forma activa, y la fosforilación (adición de grupos fosfato).
- **Transporte y secreción de proteínas y lípidos.** Estos pasan desde la cara cis hasta la cara trans, al tiempo que sufren modificaciones, y en la cara trans se forman las vesículas de secreción, que liberan sus contenidos selectivamente en el exterior o en el interior de la célula. Algunas de estas vesículas están recubiertas por proteínas específicas, por lo que se

denominan vesículas recubiertas o revestidas. Cuando las vesículas llegan a la membrana plasmática, fusionan su membrana con ella, por lo que se produce un aumento de la superficie que se compensa con la formación de vesículas de endocitosis.

El sistema RE-complejo de Golgi está implicado en importantes procesos celulares:

- Participa en la formación de la pared celular vegetal y del glicocálix en las células animales.
- Posiblemente, se relaciona con el tránsito de lípidos en las glándulas sebáceas, sudoríparas de la bilis en los hepatocitos.
- Interviene en la génesis de los lisosomas.

## **Lisosomas**

Los lisosomas son pequeñas vesículas que contienen una gran variedad de enzimas hidrolíticas implicadas en los procesos de digestión intracelular. Los enzimas lisosómicos son hidrolasas (descomponen polímeros orgánicos), cuya actividad tiene lugar en un pH ácido.

Se distinguen dos tipos de lisosomas:

- **Lisosomas primarios.** De reciente formación, proceden del complejo de Golgi y contienen diversas enzimas hidrolíticas.
- **Lisosomas secundarios.** Se forman tras la fusión de varios lisosomas primarios a una vesícula de endocitosis o fagocitosis, y en ellos tiene lugar el proceso de digestión celular. Presentan un contenido heterogéneo que depende del tipo de nutrición de la célula.

La principal función que desempeñan es la digestión celular. Dependiendo de la función que desempeñen en dicho proceso se diferencian:

- **Fagolisosomas**, a partir de la unión de lisosomas primarios con vacuolas fagocíticas, que contienen partículas o sustancias alimenticias de naturaleza muy variadas o microbios.
- **Autofagolisosomas**, por la fusión de con vacuolas autofagocíticas para eliminar restos celulares.
- **Cuerpos multivesiculares**, que contienen en su interior numerosas vesículas. Pueden tratarse de vesículas autofágicas o de endocitosis en el interior de lisosomas primarios, o de varios lisosomas primarios reunidos en una membrana común.
- **Una vez finalizada la digestión**, en los lisosomas secundarios quedan restos que no pueden ser aprovechados por la célula y son excretados al exterior, aunque en ciertos casos permanecen en la célula como cuerpos residuales o telolisosomas.

## **Vacuolas**

Orgánulos citoplasmáticos rodeados de membrana con un elevado contenido hídrico y funciones diversas. Se distinguen tres tipos de vacuolas: vacuola vegetal, contráctil y digestiva.

### **Vacuola vegetal**

Las células vegetales poseen una vacuola de gran tamaño (ocupa entre el 30% y el 90% del volumen celular), con contenido ácido, cuya membrana se denomina tonoplasto.

Sus principales funciones son:

- Contribuye al mantenimiento de la turgencia e incrementa la superficie celular, aumentando la capacidad de intercambio con el exterior.

- Sirve de almacén de iones, glúcidos, aminoácidos, proteínas, pigmentos y otras sustancias vegetales, así como para productos tóxicos de carácter defensivo, y de su desecho.

### **Vacuola contráctil (vacuola pulsátil)**

De contenido acuoso, presente en diversos protistas, y cuya función es la regulación osmótica: expulsa el agua que entra por ósmosis en el interior de la célula.

### **Vacuolas digestivas**

Intervienen en la digestión celular como ya hemos dicho en el apartado de los lisosomas.

### **Mitocondrias**

Orgánulos comunes a la mayoría de las células euacariotas. En ellas se realiza el metabolismo respiratorio aerobio, cuya finalidad es la obtención de energía.

Presentan una forma y tamaño variables, aunque en general suelen ser cilíndricas, alargadas y con los extremos redondeados; su diámetro oscila entre los 0,5  $\mu\text{m}$  y 1  $\mu\text{m}$ ; Aparecen en número variable según el tipo celular, siendo especialmente abundantes en aquellas células que requieren un elevado aporte energético, como por ejemplo en los ovocitos.

### **Estructura y composición de las mitocondrias**

- **Membrana mitocondrial externa.** Constituye una membrana unitaria continua, de composición semejante a la de los otros orgánulos celulares. Contiene un elevado número de canales transmembranales, por lo que es muy permeable a iones y moléculas de bajo peso molecular.

- **Espacio intermembranoso o perimitochondrial.** Se localiza entre ambas membranas y está ocupado por una matriz de composición semejante a la del citoplasma.
- **Membrana mitocondrial interna.** Posee la estructura trilaminar típica de las membranas celulares y presenta numerosas invaginaciones o crestas mitocondriales aplanadas (vesícula) o tubulares (comunes entre los protistas y en las glándulas suprarrenales de los animales), que incrementan la superficie de la membrana interna y presentan una elevada densidad de proteínas; En cuanto a su composición, esta membrana carece de colesterol y es más impermeable a los iones que la membrana externa. En ella se encuentran las cadenas de transporte electrónico y enzimas como la ATPasa, responsable de la síntesis de ATP, que a microscopio eléctrico aparecen como pequeñas partículas localizadas a intervalos regulares en la cara matricial, denominadas partículas elementales F<sub>0</sub>F<sub>1</sub>.
- **Matriz mitocondrial.** Contiene ADN mitocondrial, ARN y ribosomas 70 S, además de enzimas como las implicadas en el ciclo del ácido cítrico o de ácidos tricarbóxicos (CAT o ciclo de Krebs), y otras relacionadas con el catabolismo.

## **Peroxisomas**

Orgánulos implicados en reacciones de oxidación y que contienen al menos tres tipos de enzimas.

Su morfología es semejante a la de los lisosomas, aunque no presentan actividad hidrolasa. Constituyen vesículas delimitadas por una membrana con forma esférica y un diámetro variable (0,3  $\mu\text{m}$  - 1,5  $\mu\text{m}$ ), y matriz interna densa de aspecto granular. En ocasiones se observan en ellos inclusiones cristalinas en posición central, formadas por la acumulación de enzimas.

Las principales funciones que desempeñan son:

- **Reacciones oxidativas.** Oxidan gran variedad de compuestos orgánicos en un proceso en el cual se transfieren electrones al oxígeno y se forma peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) como producto final, el cual es tóxico y es eliminado por la catalasa.
- **Detoxificación.** Se eliminan productos tóxicos para la célula, como el agua oxigenada, los iones superóxido o el etanol. Estas reacciones son muy importantes en las células del hígado y del riñón.

## Cloroplastos

Los cloroplastos forman parte de un conjunto de orgánulos característicos de las células eucariotas vegetales que se denominan plastos o plastidios, rodeados por una doble membrana. Son originados a partir de proplastos, plastos pequeños, no diferenciados, con membrana doble y matriz granulosa, que se encuentran en las células embionarias vegetales o en las meristemáticas.

En los cloroplastos tiene lugar la fotosíntesis oxigénica en la cual la célula obtiene energía a partir de la luz, que convierte en energía química para la asimilación de carbono inorgánico y su fijación en moléculas orgánicas.

El número y forma de los cloroplastos varía: en los protistas puede haber desde uno a múltiples, con distintas morfologías; y en las plantas superiores el número oscila entre 20 y 40 por célula y la forma más frecuente es la ovoide. Los cloroplastos son más grandes que las mitocondrias: entre 2  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ .

## Estructura de los cloroplastos

- **ENVOLTURA.** Tanto la membrana plastidial externa como la interna poseen una estructura continua y delimitan completamente el cloroplasto. Ambas están separadas por el espacio intermembranoso y presentan una proporción de lípidos/proteínas semejantes a la del retículo endoplásmico. La membrana

externa es muy permeable y contiene porinas, mientras que la interna, menos permeable, presenta proteínas de transporte específicas.

- **ESTROMA.** Es la matriz del cloroplasto, delimitada por la membrana plastidial interna, y en ella se encuentran los tilacoides y los grana. Contiene ADN plastidial (circular), ribosomas 70 S, gránulos de almidón, inclusiones lipídicas y proteínas; En el estroma se localiza la ribulosa-1,5-bisfosfato-carboxilasa y otras enzimas implicadas en la fijación del dióxido de carbono durante el ciclo de Calvin.
- **TILACOIDES Y GRANA.** Los tilacoides son una serie de vesículas membranosas que se disponen paralelamente al eje mayor del cloroplasto. Algunos se apilan formando grupos, los grana (en singular, granum), mientras que otros, de mayor tamaño, atraviesan el estroma y conectan los distintos grana entre sí. Todo el sistema está interconectado y forma un compartimento interno llamado espacio tilacoidal.

## **ORGANELAS NO MEMBRANOSAS**

En biología celular, se denomina orgánulos (o también organelas, organelos, organoides o mejorelementos celulares) a las diferentes estructuras contenidas en el citoplasma de las células, principalmente las eucariotas, que tienen una forma determinada. En este apartado trataremos los principales orgánulos desprovistos de membrana típicos de las eucariotas: la pared celular y glicocalix, el citoesqueleto celular, los ribosomas, y las inclusiones citoplasmáticas.

### **Pared celular y glicocalix**

La membrana plasmática de las células eucariotas puede rodearse en su parte externa por una pared celular, en las células vegetales, y por un glicocalix, en las células animales, con funciones diversas dependiendo del tipo de célula.

### **Pared celular de células vegetales**

Las células vegetales poseen una pared celular rígida, cuyas funciones son:

- Confiere rigidez y el mantenimiento de la forma celular.
- Conecta células en los tejidos vegetales, a los que dota de soporte y estructura, permitiendo a las plantas crecer erguidas y alcanzar cierta altura, posibilitando el intercambio de fluidos y la comunicación intercelular.
- Permite a las células vegetales vivir en el medio hipotónico de la planta impidiendo que se hinchen y estalle, favoreciendo el estado de turgencia.
- Impermeabiliza algunos tejidos como en el caso del corcho.
- Sirve de barrera protectora contra el paso de agente patógenos.

La pared celular está compuesta por una serie de fibras de celulosa embebidas en un entramado de polisacáridos (pectinas y hemicelulosa) y glucoproteínas con consistencia de gel. Todas estas componentes conformarán la lámina media, pared primaria y pared secundaria, típicas de las células diferenciadas, que se van depositando con el paso del crecimiento celular. En algunos tejidos, como el leñoso, las ligninas confieren una mayor rigidez a la pared.

## **GLICOCÁLIX DE CÉLULAS ANIMALES**

En los tejidos animales, las células están unidas entre sí por medio de la matriz extracelular o glicocáliz, constituida por polisacáridos, glucolípidos y glucoproteínas. Destaca los proteoglucanos, constituidos por un polisacárido - glucosaminoglucano(GAG)- unido a proteínas.

Las funciones principales son:

- Confiere soporte, contribuyendo al mantenimiento de la forma células y de la estructura tisular).
- Intercambio de sustancias entre células adyacentes.
- Reconocimiento y adhesión celulares.

- Emplazamiento de algunas enzimas.
- Movimiento y división de la célula.

## **Citoesqueleto celular**

El citoesqueleto constituye un conjunto de filamentos proteicos que forman elementos y redes complejas e interconectadas, responsables del mantenimiento de la forma celular, del posicionamiento y desplazamiento intracelular de orgánulos y del movimiento y la división celular.

Está formado por tres tipos de filamentos: microtúbulos, miofilamentos de actina y filamentos intermedios.

## **Microtúbulos**

Son fibras con un diámetro constante de 25 nm compuestas mayoritariamente por tubulina, una proteína globular.

Estos elementos citoesqueéticos se organizan a partir de regiones especializadas denominadas centros organizadores de microtúbulos (MTOC) o centrosomas, que contienen en el centro un par de centriolos constituidos por nueve tripletes de microtúbulos, excepto en las células vegetales, en las que parecen como zonas densas de material amorfo.

Son muy abundantes y las funciones que llevan a cabo son:

- Contribuyen al mantenimiento de la forma: se disponen en haces longitudinales o transversales, o formando anillos o espirales responsables, por ejemplo, de la morfología característica de los eritrocitos.
- Participan en el transporte de orgánulos y partículas en el interior de la célula, como, por ejemplo, para el movimiento de vesículas de secreción.
- Constituyen los elementos estructurales fundamentales del huso mitótico durante la división nuclear y de los centriolos en los animales.

- Conforman el eje citoesquelético o axonema de cilios y flagelos eucariotas, así como el de sus corpúsculos basales (la imagen de la derecha es de cilios pulmonares vistos a microscopio).

### **Microfilamentos de actina**

La actina es una proteína globular asociada a  $\text{Ca}^{2+}$  que forma filamentos de 7 nm de diámetro, constituidos por dos hebras enrolladas helicoidalmente. Son dinámicos y presentan polaridad, al igual que los microtúbulos, y en ocasiones, varios pueden asociarse formando haces gruesos.

Las funciones que desempeñan son:

- **Contracción muscular:** la actina se asocia a la miosina en las miofibrillas responsables de la contracción muscular. Cuando se produce un estímulo nervioso, aumentan los niveles de  $\text{Ca}^{2+}$  en el citoplasma de las células musculares, lo que hace que las cabezas de miosina de los filamentos gruesos se unan a los filamentos de actina, provocando su desplazamiento, el acortamiento de la fibra muscular, y la contracción del músculo estriado.
- **Movimientos de ciclosis** (desplazamiento de diversos orgánulos, como por ejemplo en la tabicación celular) y formación de pseudópodos (típicos de algunos protistas y de los macrófagos), y protusiones (que permiten el desplazamiento de células animales como neuronas y embrionarias).
- **Funciones estructurales:** la actina puede formar redes de soporte, implicadas en el mantenimiento de la morfología celular, o estructuras especializadas, como las microvellosidades del epitelio intestinal, o uniones intercelulares de contacto (desmosomas).
- **Formación del anillo contráctil** durante la división celular, que provoca en los animales el estrangulamiento de las células durante el proceso de escisión binaria.

## Filamentos intermedios

Son componentes citoesqueléticos muy estables especialmente abundantes en las células animales. Su diámetro es de 8 nm - 10 nm y están constituidos por proteínas diversas. Su función es estructura, aunque su composición varía, así existen:

- **Neurofilamentos:** se disponen irregularmente en el citoplasma y en los axones. Hay tres tipos distintos de proteínas en ellos. (Foto real abajo a la izquierda).
- **Filamentos de queratina:** forman una red citoplasmática desarrollada especialmente alrededor del núcleo de las células epiteliales. (Foto real abajo al centro).
- **Filamentos de desmina:** se encuentran en las células musculares y están implicados en el ensamblaje de los miofilamentos durante la formación de sarcómeros (Foto real abajo a la derecha).

## Ribosomas

Los ribosomas son orgánulos intracitoplasmáticos, compuestos por ARN y proteínas, que participan en la síntesis proteica.

Estos orgánulos, no rodeados de membrana, están constituidos por dos subunidades: una grande, generalmente con dos moléculas distintas de ARN y diversas proteínas, y una pequeña con solo un tipo de ARN asociado a proteínas. Ambas se asocian formando un surco al que se une la proteína que se está sintetizando, y un segundo surco en el que se aloja el ARNm.

Los ribosomas pueden encontrarse en las células, libres en el citoplasma en forma de polirribosomas, o bien asociados al retículo endoplasmático rugoso.

Los ribosomas de las células procariotas y eucariotas se diferencian por sus coeficientes de sedimentación.

## **Inclusiones citoplasmáticas**

En el citoplasma de las células eucariotas se pueden observar una serie de inclusiones que pueden ser:

### **INCLUSIONES DE RESERVA**

- **Reserva de carbohidratos:** generalmente están rodeadas por una membrana. Ejemplos son el glucógeno almacenado en las células hepáticas y musculares o el almidón en las células vegetales.
- **Reserva lipídica:** se trata de inclusiones muy desarrolladas en las células del tejido adiposo o en las células vegetales. Este tipo de inclusiones no se encuentran rodeadas por membrana.

### **PIGMENTOS**

Los pigmentos son sustancias coloreadas de composición química diversa y presentes en las células de numerosos seres vivos. Destacan:

- **La melanina**, de color pardo o marrón, abundante en la piel y los ojos de los animales.
- **Los carotenoides**, de color anaranjado o rojizo, descritos principalmente en las células vegetales y en muchos protistas.
- **Le hemosiderina**, de color pardo, que se encuentra en el citoplasma de los macrófagos, en los que se genera como consecuencia de la degradación de la hemoglobina.

### **INCLUSIONES CRISTALINAS**

Son acúmulos cristalinos, generalmente compuestos por proteínas y sales minerales. Por ejemplo, en las células del aparato excretor de algunos tipos de invertebrados aparecen inclusiones de sales minerales cuya función se desconoce.

Los cuerpos poliédricos o carboxisomas son acúmulos de ribulosa 1,5 difosfato-carboxilasa, enzima clave para la fijación del CO<sub>2</sub> que presentan algunas bacterias autótrofas.