GOTAS DE AZUFRE

DEFINICION: Inclusiones de reserva que aparecen en el citoplasma como depósitos prominentes de azufre elemental.

DISTRIBUCION: Estos depósitos de azufre son encontrados en las **bacterias grandes purpuras del azufre** que utilizan al H_2S como donador de electrones fotosintético y por **organismos filamentosos no fotosinteticos aerobicos que oxidan el H_2S.** Entre estos grupos se encuentran los siguientes géneros bacterianos:

A)BACTERIAS PURPURAS DEL AZUFRE

Thiospira	Thiocystis
Macromonas	Thiosarcina
Thiobacterium	Thiocapsa
Thioploca	Lamprocystis
Chromatium	Thiodyction
Thiospirillum	Amoebobacter

B)BACTERIAS FILAMENTOSAS NO FOSINTETICAS

- Thiovolum
- Beggiatoa
- Thiotrix
- Achromatium

ESTRUCTURA: Al microscopio óptico estas inclusiones se observan como glóbulos esféricos muy refráctiles de 100 a 800 nm de diámetro con una membrana envolvente no unitaria de 2 - 4 nm de grosor. Su observacion al microscopio electrónico no es posible debido a que el azufre es removido por el procedimiento de deshidratación necesario para la preparación de la muestra.

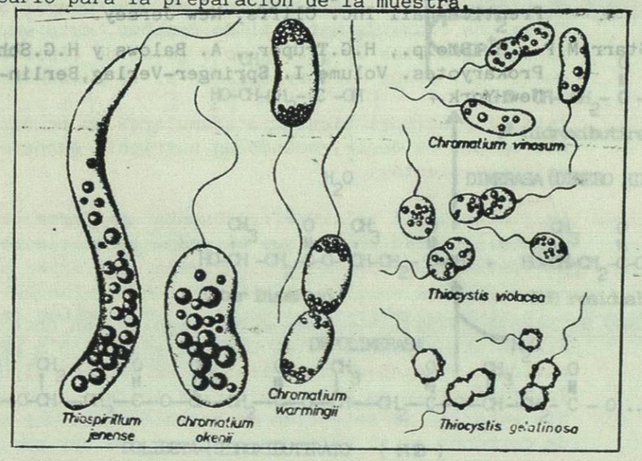


Fig.1. Bacterias mostrando gotas de azufre intracitoplásmicas

CONDICIONES DE SINTESIS: Estas gotas se presentan solo cuando hay una amplia disponibilidad de H_2S en el medio, por lo que la cantidad de azufre intracitoplasmico depende del contenido de H_2S en el medio.

El ácido sulfhídrico ambiental mediante fotosíntesis efectuada por las bacterias púrpuras sulfúreas (Fam. Chromatiaceae), ó mediante oxidación efectuada por organismos quimiolitotrofos no fotosintéticos, es convertido a azufre elemental mediante una reacción como la siguiente:

$$H_2S + \text{Cultivo de células} \xrightarrow[\text{Oxidación}]{\text{Fotosíntesis}} S^\circ + 2\,H^+$$

Las bacterias pequeñas purpuras sulfúreas y las de la familia Chlorobiaceae son capaces de fotoxidar el H_2S, pero el S° formado lo depositan fuera de la celula, entre estas bacterias se encuentran: Chlorobium, Pelodictyon, Prosthecochloris, Clathrochloris y Ectothiorhodospira.

COMPOSICION QUIMICA: Los glóbulos en su interior contienen azufre elemental (S°) en forma líquida el cual lentamente suffe la modificación ortorrombica. Su envoltura membranosa consiste de subunidades globulares de proteína de 2.5 nm de diámetro y con un peso molecular de 13,500 daltones. Se especula que esta membrana proporcione sitios de unión para las enzimas responsables del metabolismo del azufre.

FUNCIONES: Una vez agotada la fuente de H_2S en el medio, el S° acumulado endogenamente sirve como **RESERVA DE ENERGIA** ya que se puede reoxidar proporcionando los equivalentes reductores necesarios para la fotosintesis o la fosforilación oxidativa. Al mismo tiempo que esto ocurre desaparecen las gotas de S°. La reacción de oxidación del S° es la siguiente:

$$3CO_2 + 2\,S^\circ + 5\,H_2O \longrightarrow 3\,CH_2O + H_2SO_4$$

BIBLIOGRAFIA:

1.- Schlegel, H.G. 1975. Microbiología General. Ediciones Omega, S.A.
2.- Shively, J.M. 1974. Inclusion Bodies of Prokaryotes. Ann. Rev. Microbiol. 28: 167-187.
3.- Stanier,R.J., E.A. Adelberg y J.L. Ingraham. 1976. The Microbial World. Prentice-Hall Inc. Cliffs, New Jersey
4.- Starr, M.P., H. Stolp., H.G.Trüper., A. Balows y H.G. Schlegel. 1981. The Prokaryotes. Volume I. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

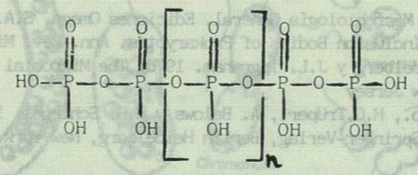
GRANULOS METACROMATICOS

DEFINICION: Inclusiones de reserva que aparecen en el citoplasma celular - como cuerpos esféricos. Durante el crecimiento activo sólo se detectan pequeñas cantidades de estos gránulos, pero bajo condiciones favorables para su formación se llegan a acumular en cantidades equivalentes al 1 - 2% del peso seco celular. Estos gránulos se acumulan tanto en organismos procarioticos como eucarioticos, entre los primeros se encuentran Escherichia coli, Enterobacter aerogenes, Corynebacxterium diphteriae y micobacterias; y entre los últimos se encuentra Saccharomyces cerevisiae.

ESTRUCTURA: Al microscopio óptico pueden visualizarse preparando tinciones con azul de metileno o azul de toluidina, apareciendo como gránulos rojos o violeta rojizos, fenómeno conocido como - metacromasia y de ahí el nombre del gránulo. Al microscopio-electrónico aparecen como cuerpos esféricos extremadamente -- electrodensos de un tamaño variable entre 0.5 y 1.0 um de diámetro dependiendo del organismo y del estado de desarrollo -- del gránulo ; carecen de membrana envolvente.

Fig.1. Granulos metacromáticos de Spirillum revelados por tinción con azul de — toluidina. Tomada de J. Mandelstam y K. McQuillen. (1973)Biochemistry of-Bacterial Growth.

COMPOSICION QUIMICA: Los gránulos metacromáticos están constituidos de -- polímeros lineales de alto peso molecular cuya unidad monomérica es el metafosfato. Contiene adicionalmente otros constituyentes entre ellos **lipidos, RNA y proteina.** El polímero defosfato representa el 50% del fosfato total de la célula, y - su estructura es la siguiente:



En Saccharomyces cerevisiae los granulos contienen varios polimeros de acido fosforico entre ellos:

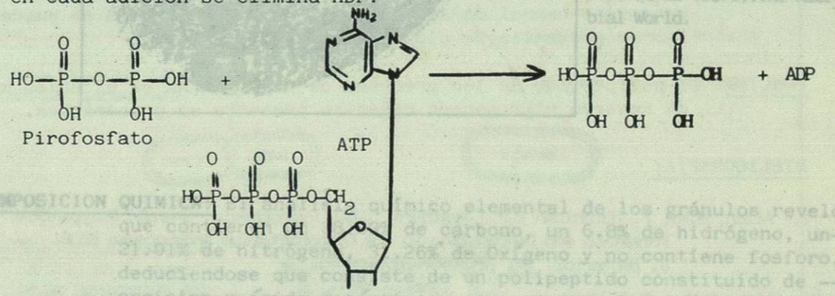
Trifosfato
Tetrafosfato
Pentafosfato
Hexafosfato
Heptafosfato
Octofosfato

} Constituyen 0.6 mg de P/100 mg de peso seco celular.

CONDICIONES DE SINTESIS: Normalmente estos granulos tienden a acumularse - al final del crecimiento exponencial, es decir, cuando el cultivo entra a- la fase estacionaria.

La síntesis de estas inclusiones se favorece cuando el microorganismo se - hace crecer bajo condiciones restrictivas para el crecimiento, como son -- medios pobres en N ó S, condicoones en las que la sintesis de acidos nu--- cleicos y proteinas está impedida, por lo que el fosfato se acumula como - polímero. Se ha detectado que el **ayuno de azufre** es el más efectivo para - la formación de esta inclusión. Cuando un cultivo de células se hace crecer en un medio deficiente en azufre, pero se le aporta fosfato conteniendo ^{32}P ocurre una masiva y rápida acumulación de polifosfato-^{32}P, si el -- fosfato radioactivo se remueve y se abastece de azufre en forma de SO_4 , - el polifosfato radioactivo desaparece, y el fosfato marcado con ^{32}P se incorpora en acidos nucleicos y fosfolípidos.

BIOSINTESIS Y DEGRADACION: La sintesis de polifosfato ocurre por una adición secuencial de residuos de fosfato al **pirofosfato** que funciona como -- una **molécula aceptora de fosfatos** y el **ATP** sirve como **donador de fosfatos** en cada adición se elimina ADP:



Reacción general:

$$---(\ -P-\ )_n + ATP \longrightarrow ---(\ -P-\ )_{n+1}--- + ADP$$

La degradación del polifosfato ocurre por un mecanismo inverso, pudiendo proporcionar ATP para la célula,aunque este mecanismo no ha establecido firmemente, sin embargo la volutina se descompone en presencia de ADP.

FUNCIONES: Los gránulos metacromáticos sirven como **reserva de fosfato y energia**, ya que el enlace fosfoanhidro tiene una gran energía libre de hidrólisis.

BIBLIOGRAFIA:

1.- Mandelstam, J. y K. McQuillen. 1973. Biochemistry of Bacterial Growth Blackwell Scientific Publications. 2a. Edición.

2.- Schlegel, H.G. 1975. Microbiología General. Ediciones Omega, S.A.

3.- Shively, J.M. 1974. Inclusion Bodies of Prokaryotes. Ann. Rev. Microbiol. 28 : 167-187.

4.- Stanier, R.J., E.A. Adelberg y J.L. Ingraham. 1976. The Microbial World. Prentice-Hall Inc. Cliffs, New Jersey.

5.- Starr, M.P., H. Stolp., H.G.Trüper., A. Balows y H.G. Schlegel. 1981. The Prokaryotes. Volumen I. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York.

GRANULOS DE CIANOFICINA

DEFINICION: Inclusiones de reserva que aparecen como grandes gránulos en el citoplasma de las cianobacterias. Llegan a representar desde el 8% del peso seco de Anabaena cylindrica hasta el 16% del peso seco en Aphanocapsa. Tambien aparecen en Mastigocladus laminosus.

ESTRUCTURA: Al microscopio electrónico estas estructuras aparecen como grandes cuerpos electrodensos individuales o fusionados, de forma irregular y tamaño heterogéneo llegando a medir hasta 500 nm de diámetro. Cada gránulo muestra una estructura radiada a partir de uno o mas centros del mismo gránulo, y no presentan membrana envolvente.

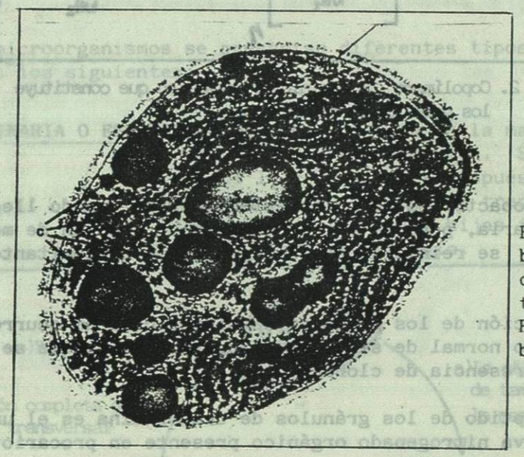


Fig.1. Corte de una cianobacteria mostrando granulos de cianoficina (c) en su interior. Tomado de Stanier R.J. et al (1976).The Microbial World.

COMPOSICION QUIMICA: El analisis químico elemental de los gránulos reveló que contienen un 38.89% de carbono, un 6.8% de hidrógeno, un 21.91% de nitrógeno, 31.26% de Oxígeno y no contiene fosforo, deduciendose que consiste de un polipeptido constituido de arginina y ácido aspártico, con un peso molecular de 25 - 100 x 10^7 daltones, el polipéptido es insoluble en éter pero soluble en etanol.

La estructura del copolímero aparece en la siguiente figura.

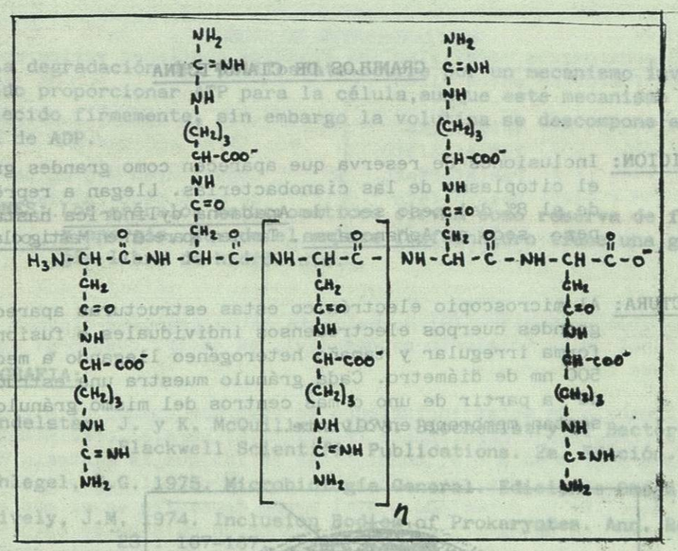


Fig. 2. Copolímero de arginina y aspartico que constituye los gránulos de cianoficina.

SINTESIS: Las cianobacterias acumulan este material cuando llegan a la fase estacionaria, pero si en ese momento se cambian de medio, el crecimiento se reinicia con la degradación concomitante de los gránulos.

La formación de los gránulos de cianoficina no ocurre mediante el mecanismo normal de síntesis de proteinas, ya que se pueden acumular en presencia de cloranfenicol.

FUNCION: El polipeptido de los gránulos de cianoficina es el unico material de reserva nitrogenado orgánico presente en procariotes.

BIBLIOGRAFIA:

1.- Allen, M.M., F. Hutchison y P.J.Weathers. 1980. Cyanophycin Granule Polypeptide Formation and Degradation in the Cyanobacterium Aphanocapsa 6308. — J. Bacteriol. 141 (2): 687-693.

2.- Allen, M.M. y P.J. Weathers. 1980. Structure and Composition of Cyanophicin Granules in the Cyanobacterium Aphanocapsa 6308. J. Bacteriol. 141 (2): 959-962.

3.- Stanier, R.J., E.A. Adelberg y J.L. Ingraham. 1976. The Microbial World. Prentice-Hall Inc. Cliffs. New Jersey.

4.-Starr, M.P., H. Stolp., H.G. Triper., A. Balows y H.G. Schlegel. 1981. The Prokaryotes. Volume I. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York.

C R E C I M I E N T O

CRECIMIENTO POBLACIONAL: Es el aumento en el número de células o en la biomasa total en función del tiempo.

CRECIMIENTO UNICELULAR o INDIVIDUAL: Se refiere al aumento del tamaño celular conforme transcurre el tiempo. Una vez que la célula alcanza un tamaño determinado, se divide, por lo que el proceso involucr la replicación de todas las estructuras celulares y componentes citoplásmicos a partir de los nutrientes tomados del medio ambiente circundante.

MODALIDADES DE LA DIVISION CELULAR

Entre los microorganismos se presentan diferentes tipos de divisón celular, entre ellos los siguientes:

a)**FISION BINARIA O ESCISION SIMETRICA:** Ocurre en la mayoría de las bacterias, algas y protozoarios. Se denomina simétrica porque la célula madre después de aumentar de volumén desarrolla un tabique transversal, y se divide formandose dos células hijas idénticas en cuanto a tamaño como a morfología.

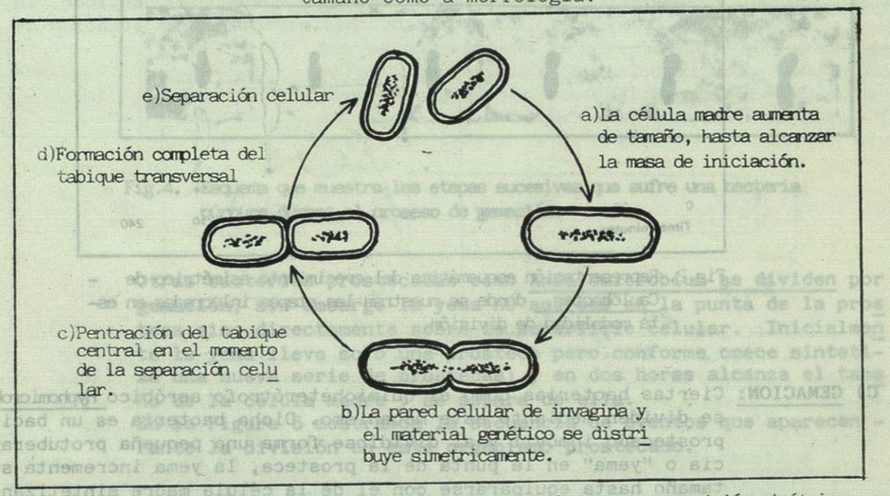


Fig.1. Esquema que muestra las etapas de la fisión binaria o escisión simétrica.