COMPOSICION QUIMICA: Dado que estas partículas son sensibles a tripsina, son de naturaleza proteíca.

AISLAMIENTO: Para el aislamiento de estas partículas se preparan protoplastos, y luego se someten a choque osmótico con Triton -- X-100 y PMSF - un inhibidor de serin-proteasas para impedir- la ruptura de los espirosomas. EL lisado se centrifuga a -- 8,000 xg durante 15 minutos, y el sobrenadante se centrifuga nuevamente a 23,000 x g por 30 minutos, para sedimentar los- espirosomas junto con ribosomas y fracciones membranales, de este sedimento se hace la preparación para el micreoscopio - electrónico

FUNCIONES: Estos cuerpos citoplásmicos de orígen impreciso, no se les ha demostrado una función biológica.

BIBLIOGRAFIA:

1.- Kawata, T., K. Masuda y Y. Ueki. 1979. Presence of Spirosome in Escherichia coli. Microbiol. Immunol. 23 (6): 555-558.

F I C O B I L I S O M A S

DEFINICION: Son agregados de ficobiliproteinas de alto peso molecular, que al microscopio electrónico aparecen como cuerpos electrodensos adheridos a las membranas de los tilacoides sobre su lado es-- tromal, y llegan a constituir del 14 al 28% del peso seco celu lar.

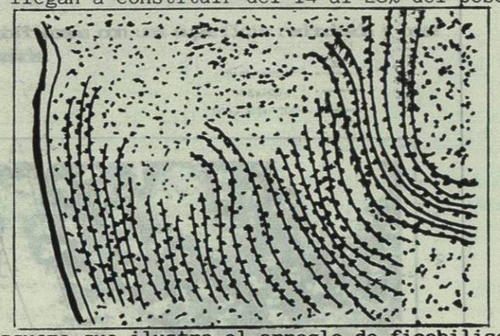


Fig. 1. Esquema que ilustra el arreglo de ficobilisomas sobre la superficie de los tilacoides en una — bacteria azul-verde.

DISTRIBUCION: Estas estructuras subcelulares se han localizado en todas -- las especies de **cianobacterias y algas rojas**, entre ellas - - - Anacystis nidulans, Cylindrospermum, Nostoc, Microcoellus, -- Aphanocapsa, Porphyridium, etc.

ESTRUCTURA: En las células que contienen a las ficobiliproteinas **ficocianina y aloficocianina**, los ficobilisomas aparecen como cuerpos en forma de varilla cortas con un díametro promedio de 10 nm. Cada varilla esta constituida por un conjunto de discos apilados que en Synechococcus lividus tienenun grosor de 3 - 3.5 nm y un diá metro de 12 - 12.5 nm.

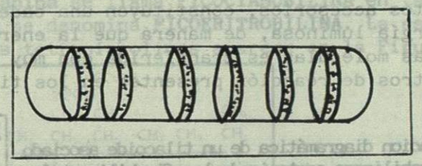


Fig. 2. Ficobilisomas en forma de varilla, formados por apilamiento de discos.

En los organismos que contienen **ficoeritrina** y adicionalmente - ficocianina y aloficocianina, los ficobilisomas aparecen como - **gránulos redondeados** de **forma semiesférica** con un diámetro de - 35 a 50 nm.

La **ficocianina** y la **aloficocianina** se conocen como los **"Pigmentos azules"** se encuentran en todas las **cianobacterias y algas - rojas**, su máxima absortividad se presenta a longitudes de onda-largas de 615 y 650 nm respectivamente. La **ficoeritrina** se le - llama **"Pigmento rojo"**, solo se encuentra en algunos de los organismos ya mencionados, y muestra su maxima absortividad de luz-a longitudes de onda menores, de 565 nm.

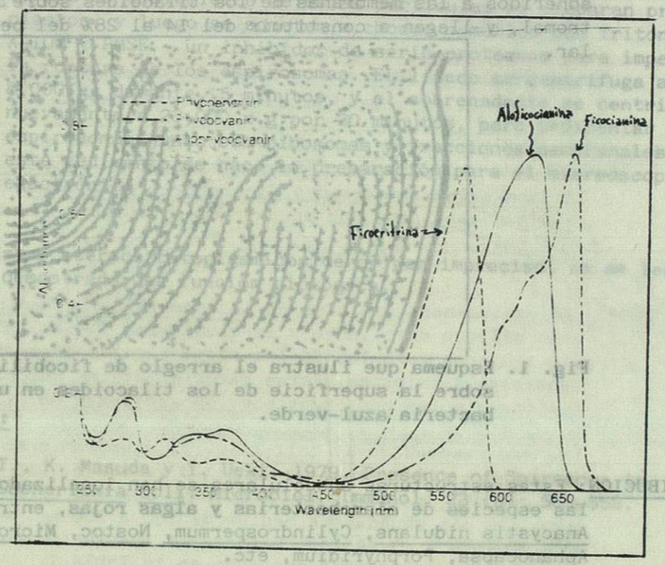
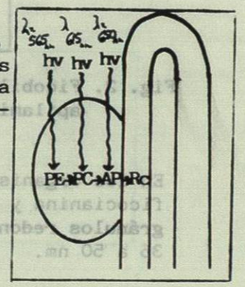


Fig. 5. Espectros de absorción de las ficobiliproteinas aisladas de una cianobacteria. Tomada de — A. Bennet y L. Bogorad. "Properties of Subunits and Aggregates of Blue-Green Algal Biliproteins" Biochemistry.10:3625 (1971).

FUNCIONES: Las ficobiliproteinas contenidas en estos agregados funcionan como pigmentos accesorios, constituyen una cadena de transferencia de - energía luminosa, de manera que la energía luminosa captada por estas moléculas es transferida con muy alta eficiencia a los -- centros de reacción presentes en los tilacoides.

Fig.6. Representacion diagramática de un tilacoide asociado con un ficobilisoma conteniendo las ficobiliproteínas PE, ficoeritrina; PC, ficocianina y AP, aloficocianina las cuales forman una cadena de transferencia de — energía hacia el centro de reacción, RC.



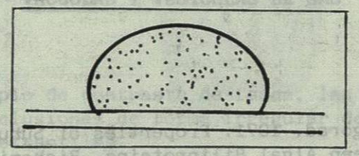


Fig. 3. Ficobilisomas con una superficie redondeada y base aplanada.

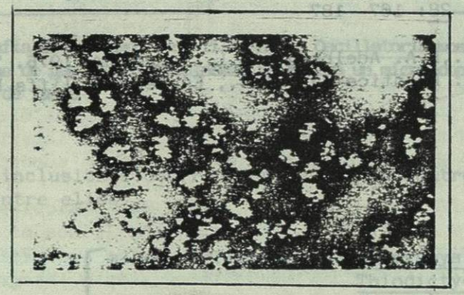


Fig. 4. Ficobilisomas aislados del alga roja Porphyridium. La preparación fue teñida negativamente. Tomada de Stanier, Adelberg, Ingraham (1976).The Microbial - World.

COMPOSICION QUIMICA: Como lo mencionamos anteriormente, los ficobilisomas son agregados de ficobiliproteinas hidrosolubles de alto peso molecular. Se conocen tres proteinas de este tipo, **la ficocianina, la-aloficocianina** y la **ficoeritrina.** Todas ellas tienen un grupo cromóforo llamado en general **BILINAS**, el cual estructrualmente es - un tetrapirrol lineal; el grupo cromóforo de la **ficocianina** y de-la **aloficocianina** se llama **FICOCIANOBILINA** en tanto que el de la **ficoeritrina** se denomina **FICOERITROBILINA.** La estructura de estos dos pigmentos tetrapirrolicos aparece en la Figura 5.

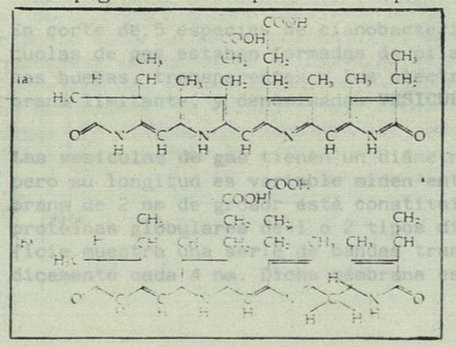


Fig.5. Estructura de los grupos — cromóforos de las ficobiliproteinas. (a) ficocianobilina y (b) ficocianoeritrobilina. Estos pigmentos se — asocian covalentemente con las — proteinas. Tomado de Stanier, Adelberg Ingraham (1976).The Microbial World.

BIBLIOGRAFIA:

1.- Bennet, A. y L. Bogorad. 1971. Properties of Subunits and Aggregates of Blue-Green Algal Biliproteins. Bichemistry. 10: 3625.

2.- Cosner, J.C. 1978. Phycobilisomes in Spheroplasts of Anacystis nidulans. J. Bacteriol. 135 (3): 1137-1140.

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

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

VACUOLAS Y VESICULAS DE GAS

DEFINICION: Al microscopio de contraste de fases, las vacuolas de gas aparecen como inclusiones de forma irregular dentro del citoplasma , altamente refractiles

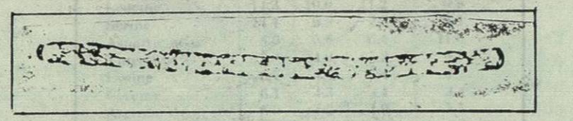


Fig. **Fotografia de la cianofícea filamentosa Oscillatoria mostrando las vacuolas de gas en su citoplasma. Se empleó un microscopio de contraste de fases**

DISTRIBUCION: Estas inclusiones ocurren esporadicamente entre ciertos procariotes entre ellos:

FOTOTROFOS	a)Fam. Chromatiaceae:	Lamprocystis	
		Thiodictyon	
		Thiopedia	
		Amoebobacter	
	B)Fam. Chlorobiaceae:	Pelodictyon	
		Clathrochloris	
	c) CIANOBACTERIAS:	Mycrocystis	Anabaena
		Spirulina	Gloetrichia
		Oscillatoria	Tolypothrix
		Pseudoanabaena	
QUIMIOTROFOS		Halobacterium	Microcyclus
		Pelonema	Prosthecomicrobium
		Thiothrix	Ancalomicrobium

ESTRUCTURA: En corte de 5 especies de cianobacterias, se observó que las vacuolas de gas estaban formadas de pilas de estructuras cilindricas huecas, transparentes a los electrones, rodeadas por una membrana limitante, y denominadas **VESICULAS DE GAS.**

Las vesiculas de gas tienen un diámetro constante de 75 a 80 nm, pero su longitud es variable miden entre 200 y 1,000 nm. Su membrana de 2 nm de grosor está constituida de una monocapa de --- proteínas globulares de 1 o 2 tipos distintos, y sobre su superficie muestra una serie de bandas transversales dispuestas periodicamente cada 4 nm. Dicha membrana es no unitaria.

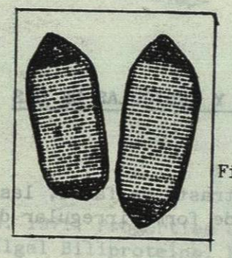


Fig.2. Vesiculas de gas mostrando estriaciones transversales.

COMPOSICION QUIMICA: La membrana de las vesículas de gas es libremente permeable a todos los gases comunes, por lo tanto las vesículas no pueden acumular ni almacenar gas; la composición y la presión del gas en la vesícula depende de los gases disueltos en el medio circundante. El agua es excluída del interior de la vesícula dada la naturaleza hidrofóbica del la superficie interna.

En las algas cianofíceas, las vesículas consisten de un solo tipo de proteina, no contienen lípidos ni carbohidratos. En Anabaena flos-aquae, la proteína de las vesículas posee un peso molecular de 15,100 daltones y está integrada por 143 aminoacidos, es parcialmente soluble en acido fórmico al 80% o en una mezcla de ácido acético-fenol-agua (1:2:1). En Microcystis, el peso molecular de la proteína es de 14,000 daltones. El contenido de aminoacidos en las proteinas membranales de los dos organismos mencionados es smiliar. Se ha notado una alta proporción de aminoácidos hidrofóbicos responsables de la hidrofobicidad del interior de la vesícula, y de las interacciones entre las subunidades para mantener la monocapa.

En Halobacterias las membranas de las vesículas de gas están constituidas de proteina, hexosaminas, galactosa en un 1.5%, fosfato en un 2%, pero no contienen lípido.La composición de aminoacidos aparece en la Tabla 1.

SINTESIS: En Nostoc muscorum, se ha observado que la formación de vesículas de gas se inicia con la formación de estructuras biconicas pequeñas, las cuales se incrementan en tamaño al transcurrir el tiempo transformandose en cilindros cortos con extremos cónicos al continuar la síntesis los cilindros se incrementan en longitud, pero manteniendo sus extremos cónicos, lo que sugiere que las nuevas subunidades componentes de la membrana se adicionan en el centro del cilindro

TABLE 2. *Amino acid composition of gas-vesicle proteins*

Amino acid	*Anabaena flos-aquae*[a] Empirical formula	*Anabaena flos-aquae*[a] Mole%	*Microcystis aeruginosa*[b] (mole%)	*Halobacterium halobium*[c] (mole%)
Alanine	22.7	15.9	18.6	14.7
Valine	18.0	12.6	11.6	8.8
Glutamic acid	17.7	12.4	11.6	8.6
Isoleucine	14.4	10.1	7.3	9.1
Leucine	14.3	10.0	11.2	0.9
Serine	14.1	9.9	9.3	8.1
Aspartic acid	8.0	5.6	6.4	11.6
Threonine	7.0	4.9	5.2	6.5
Lysine	6.7	4.7	5.4	4.7
Glycine	6.1	4.3	3.4	3.4
Arginine	6.0	4.2	4.9	5.5
Tyrosine	4.0	2.8	3.3	2.3
Proline	2.0	1.4	trace	4.2
Tryptophan	1.0	0.7	1.5	
Phenylalanine	0.9	0.6	1.4	2.5
Histidine	0	0	trace	2.5
Methionine	0	0	0	0
Cysteine	0	0	0	0
(Amide-N)	7.1	5.0		

[a] Analysis by H. Larsen, P. Falkenberg (Trondheim), B. Buckland and A. E. Walsby (Westfield College London).
[b] Data from Jones and Jost (1.S).
[c] Data from Stoeckenius and Kunau (89). (Table reproduced from B. Buckland, Ph D thesis, Univ. of London, 1971.)

FUNCIONES: Ya que las células tienen una densidad ligeramente más alta que el agua, tienden a hundirse en un medio acuoso, a una velocidad que es función de su tamaño celular. Este efecto puede ser contrarrestado nadando en contra de la fuerza de gravedad; sin embargo, muchos procariotes acuáticos han desarrollado otra forma de contrarrestar el efecto gravitacional debido a que contienen estructuras llenas de gas, las cuales le sirven como **organelos de flotación**, los cuales le permiten a la bacteria acuática regular su posición en un gradiente vertical de agua.

En las algas azul-verdes las vacuolas de gas hacen que las células sean totalmente flotantes, pero esto no sucede con las bacterias púrpuras y verdes, las cuales adoptan una posición fija dentro del gradiente.

BIBLIOGRAFIA

1.- Shively, J.M. 1974. Inclusion Bodies of Prokaryotes. Ann. Rev. Microbiol. 28:167-187.
2.- Stanier, R.J., E.A. Adelberg y J.L. Ingraham. 1976. The Microbial World. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs New Jersey.
3.- Starr, M.P., H. Stolp., H.G.Trüper, A. Balows. H.G.Schlegel. 1981. The Prokaryotes.Volumen I Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg, New York.
4.- Walsby, A.E. 1972. Structure and Function of Gas Vacuoles. Bacteriological Reviews. 36(1):1-32.