

ESTUDIO BIOECOLÓGICO DEL LLULLUCHA, *NOSTOC SP.*

Luciano CRUZ MIRANDA, María E. HOLGADO ROJAS,
Moisés RODRÍGUEZ ÁLVAREZ, María Y. CAZORLA PALOMINO

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes que nuestro país debe afrontar en el futuro inmediato, especialmente en la zona altoandina, es la falta de autoabastecimiento de alimentos frente a una explosión demográfica cada vez mayor.

La acuicultura como fuente productora de alimentos, necesita para su desarrollo contar con conocimientos básicos sobre la especie hidrobiológica a utilizar; es decir, que se necesita desarrollar programas previos de investigación bio-limnológica en dichos cuerpos de agua, para luego estimar el aporte nutricional que la extracción del recurso hídrico representaría para la población.

Las algas han formado parte de la dieta humana desde tiempos muy remotos, encontrándose los primeros registros de algas comestibles en la obra *Materia Médica* de los chinos. Allí se hace mención al consumo del *Nostoc*, *Hydrodictum* y *Laminaria*.

El *Nostoc* es un alga verde-azul que vive en las orillas de lagos, lagunas, lagunillas, charcos, manantiales, ríos, quebradas o canales de los Andes peruanos desde 2,300 m. hasta los 4,500 m. Su denominación deriva del griego *Nostos* que significa retorno, debido a su aparición conjuntamente con la temporada de precipitación pluvial.

JUSTIFICACIÓN

El estudio bioecológico del *Nostoc* en nuestra región toma especial relevancia por ser la única alga de agua dulce entre las

Cyanophytas utilizadas en la alimentación. Además, presenta un alto valor proteico, así como aminoácidos esenciales, vitaminas, sales y minerales capaces de competir con productos alimenticios industriales, significando un importante recurso hidrobiológico que puede ser restituido en la dieta alimenticia del poblador andino. Otro aspecto importante, es que estas algas cumplen la gran misión de fijar el nitrógeno atmosférico, enriqueciendo de esta forma los suelos con nitrato.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo está centrado en el estudio bioecológico del *Nostoc*, in situ, para aprovechar el recurso hidrobiológico con la finalidad de restituirla en la dieta alimentaria. En ese sentido, se han cumplido con las siguientes etapas.

- Identificar los especímenes colectados.
- Describir su hábitat.
- Determinar la biomasa.
- Determinar su dinámica poblacional.

ANTECEDENTES

-Vargas C. (1967) en *Síntesis de la flora de las provincias Canas, Espinar, Chumbivilcas*, cita a la especie *Nostoc commune* colectada a 3950 m.s.n.m. Mientras Prescott (1969), cita al *Nostoc commune* como comestible en Ecuador, conocida con el nombre quichua de *yuyucha*. En tanto que Aldave (1969, 1976, 1988) cita a *Nostoc Commune*, *Nostoc pruniforme*, *Nostoc verrucosum*, también conocidas como *cushuro murmunta* o *crepito*.

Holm-Hansen (1963), destaca la importancia de *Nostoc commune* en la Antártida, como elemento formador de nuevos suelos en las áreas que van quedando libres de hielo. Él encontró en la Isla de Ross un crecimiento extraordinario de esta alga que llega a formar una capa de 12 a 15 cm. de espesor. Los autores utilizan el término de **Turba algal** para señalar estas formaciones gelatinosas que además contienen gran cantidad de clorofíceas, diatomeas, bacterias, protozoos y algunos metazoos.

Lipman (1941) y Camerón (1962-63), realizaron ensayos a través de cultivos de *Nostoc commune* conservados en herbario durante 87-107 años, logrando obtener nuevos individuos y destacando su gran resistencia.

A nivel nacional, en el Perú, el *Nostoc* se presenta preferentemente en la Cordillera de los Andes, en los departamentos de: Ancash, Junín, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Puno, La Libertad, Amazonas, Lima y Arequipa.

BROMATOLOGÍA DEL GÉNERO *NOSTOC*:

Materia seca	1.50 %
Humedad	98.50 %
Proteínas	0.72 %
Grasas	0.30 %
Azúcares	0.13 %
Sales minerales	0.15 %
Sustancias indeterminadas	0.20 %

(Aldave, 1987)

ÁREA DE ESTUDIO

Nuestro estudio se circunscribe a la laguna de Qoricocha, la que geográficamente se encuentra en el distrito de Coya, provincia de

Calca, departamento de Cusco. Está dentro de las coordenadas 13° 25' 45" latitud, latitud Sur y 71° 56' 40", a una altura de 4,067 m. Esta área es accesible por vía carrozable hasta la comunidad de Q'enko y de ésta por vía herradura hasta la laguna. Otra alternativa es el camino desde la comunidad de Coya durante una a dos horas.

Descripción del hábitat

Las algas deben satisfacer sus requerimientos ecológicos para crecer, ya sean anuales o de ciclos estacionales. Es así que el género *Nostoc* en los ambientes lacustres (laguna de Qoricocha) sólo se ubica en la zona litoral y de esta manera siempre se encuentra en la zona eufórica o iluminada, mientras que en las charcas temporales (contiguas a la laguna Qoricocha), se encuentra en toda su magnitud, ya que apenas alcanzan profundidades de hasta 40 cm.

METODOLOGÍA

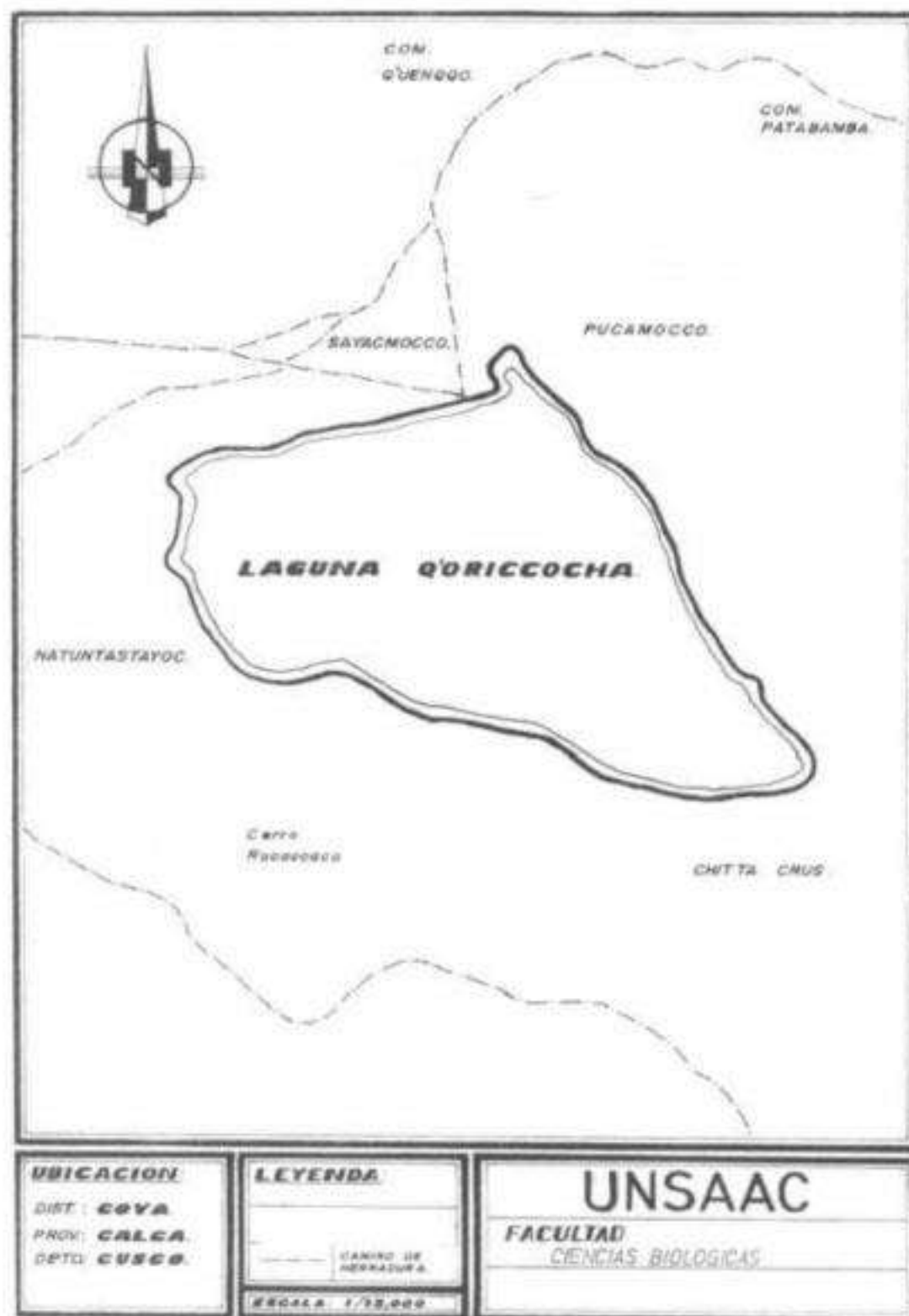
Ubicación de estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo se establecieron en base a observaciones, básicamente en la zona litoral de la laguna de Qoricocha, así como en las charcas contiguas a esta laguna.

Colección de muestras

A. Características físicas y químicas del agua

La colección de muestras de agua se efectuó en forma directa. Para los análisis se utilizaron métodos estándares (APHA, AWWA, WPCF), oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, nitratos, fosfatos; el método del potenciómetro para el PH y el método de la observación directa para la temperatura.



B. Colecta de *Nostoc* sp.

Los especímenes se colectaron con un calcal de una red de 1 mm. de malla, efectuando arrastres por el substrato del cuerpo de agua, los cuales se almacenaron en recipientes apropiados, para la determinación cualitativa, mientras que para la dinámica poblacional se adoptó una muestra por el método del cuadrante, tomando un área mínimo de 30 por 20 cm., el mismo que fue subdividido en parcelas de 10 x 10 cm. para la determinación

de la frecuencia, densidad y cobertura. Los datos biométricos fueron practicados mediante una probeta y una balanza analítica con aproximación de millonésimas.

C. Identificación de la especie

Los especímenes colectados fueron observados a través del microscopio binocular a un aumento de 10X, 40X y 100X, utilizando claves dicotómicas mediante la bibliografía especializada.

RESULTADOS:

DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
Y QUÍMICAS DEL AGUA

PARÁMETRO	LAGUNA DE QORICANCHA
Temperatura ambiente (°C)	10.0
Temperatura agua (°C)	12.6
Oxígeno disuelto (mg / L)	6.5
Alcalinidad Total (mg / L. CaCO ₃)	26.4
Dureza Total (mg / L. CaCO ₃)	0.00
Nitratos (mg / L.)	0.35
Fosfato (mg / L.)	0.01
Ph	7.00

Fuente: Laboratorio de Química Analítica - UNSAAC.

DE LAS ESPECIES

De acuerdo a las características morfológicas de las colonias, así como por el resultado de las observaciones microscópicas, llegamos a determinar las siguientes especies: *Nostoc sphaericum vaucher*, *Nostoc pruniforme* (L.) y *Nostoc commune vauchre*.

Las especies antes indicadas presentan ciclos estacionales o de estructura temporal, toda vez que su desarrollo está limitado a la temporada de lluvias. Así en la presente temporada, las poblaciones de las especies antes citadas no se desarrollaron en forma óptima debido a la escasez de precipitación pluvial, igualmente la temperatura en promedio para estos meses se encuentra por encima de 11 grados centígrados, lo que permite el crecimiento de estas algas azul-verdosas.

En cuanto a los nutrimentos las algas no sólo requieren de carbono, hidrógeno y oxígeno, sino también necesitan de 13 a 15 elementos adicionales para crecer y reproducirse. La mayoría de estos nutrimentos suele encontrarse en cantidades suficientes relativas a las necesidades del alga, sin que sean factores limitantes potenciales para el crecimiento. Sin embargo, las concentraciones de fósforo y nitrógeno, pueden encontrarse en diferentes formas. Así el fósforo puede estar presente en forma inorgánica como ortofosfato, al que se

refiere usualmente como fosfatos, en moléculas orgánicas presentes en el protoplasma de los organismos vivos y muertos y en moléculas orgánicas disueltas, generadas por la descomposición de organismos muertos. A su vez el nitrógeno se encuentra en las aguas lénticas, tanto en forma orgánica (proteínas, aminoácidos y vitaminas); como en forma mineral (nitrata, nitrosa y amoniacal). Es importante señalar que concentraciones marcadamente elevadas de nitrato no siempre generan eutrofización; por consiguiente, una alta concentración de nitratos o nitrógeno puede tener un efecto pequeño si la concentración de fósforo es muy baja, como se observa en la laguna de Qoricocha. En cambio, una concentración baja de nitratos junto a apreciables concentraciones de fosfatos induce a un incremento en la población de algas.

Sinonimia vulgar peruana de la especie:

Cushuro	Todo el país
Cushuro rubio	Cerro de Pasco
Cochayuyo	Sur del país
Crespito	Cajamarca
Llullucha	Cusco y Puno
Macha macha	Huancayo
Murmunta	Sur del país
Ovas de los ríos	Sur del país
Rachapa	Cajamarca

Shugur	La Libertad
Ululuma	Sur del país
Ururupsha	Ancash.

A. Posición sistemática de *Nostoc sphaericum* vaucher:

División	<i>Cyanophyta</i> .
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Orden	<i>Hormogonales</i>
Sub-orden	<i>Heterocystineae</i>
Familia	<i>Nostocaceae</i>
Género:	<i>Nostoc</i>
Especie:	<i>Nostoc sphaericum</i> Vauch.

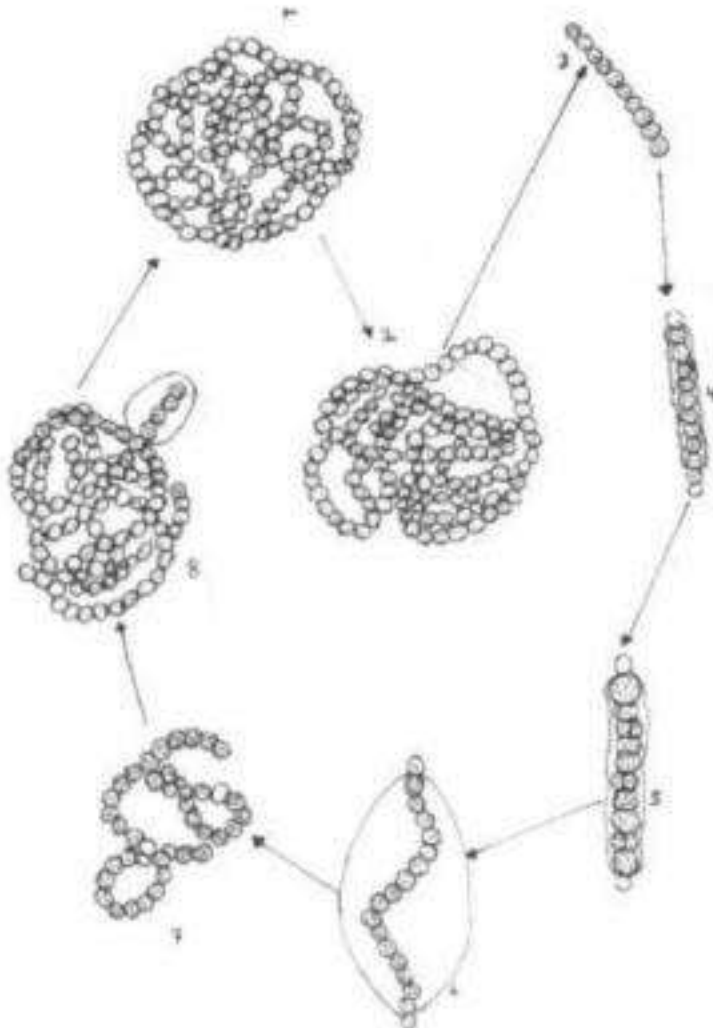
Caracteres generales

Colonia globosa o tubulares, de color verde olivo, cuando es joven. Se vuelven planos y algo membranosos y de color café, cuando son adultos. Tricomas uniseriados; rectos o curvos simples o reunidos en número variable dentro de una vaina común de consistencia gelatinosa; de color verde amarillento, cuando están a la superficie del talo; son hialinas y transparentes

cuando están en la parte interna. Células vegetativas de forma discoidal, heterocisto esférico, intercalares o solitarios. Las colonias bajo condiciones favorables comúnmente tienen de 3 a 4 cm. de diámetro.

CICLO DE VIDA:

1. Colonia madura, los tricomas son indistinguibles.
2. Desarrollo de un poro en la película de la colonia madura. El formado por el poro puede dar lugar a otra colonia o llegar a ser un hormogonio.
3. Hormogonio móvil.
4. Tricoma corto después de cesar el movimiento.
5. Tricoma pluricariado.
6. Desarrollo del tricoma. Las células decrecen en anchura por división longitudinal de las células.
7. Colonia madura.
8. Colonia madura colonias hijas producidas con brote.



B. Posición sistemática de *Nostoc pruniforme* Linneo

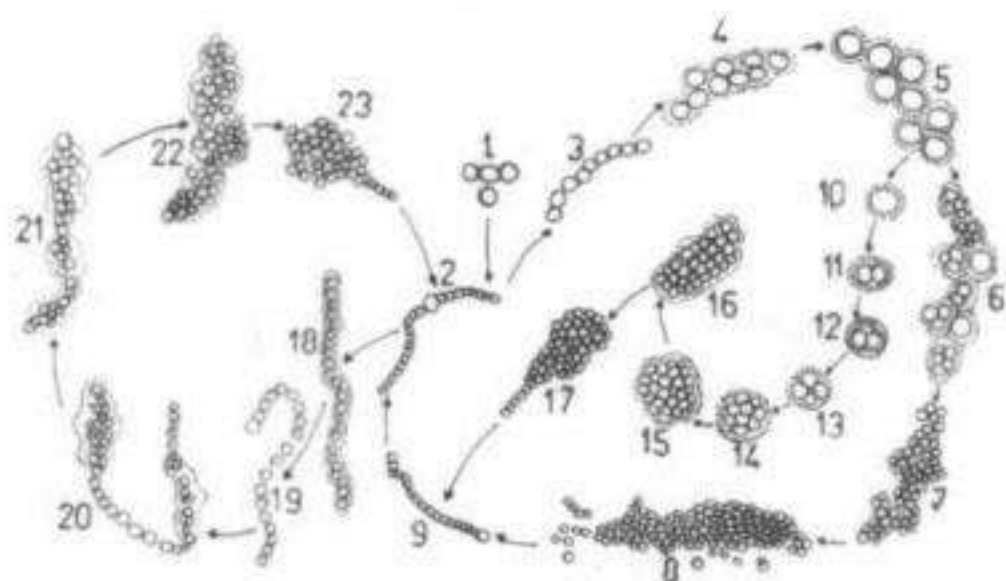
División	Cyanophyta.
Clase	Cyanophyceae
Orden	Hormogonales
Sub-orden	Heterocystineae
Familia	<i>Nostocaceae</i>
Género	<i>Nostoc</i>
Especie	<i>Nostoc pruniforme</i> L.

CARACTERES GENERALES

Son plantas globosas con talo de color verde azulado o verde parduzco, marrón oscuro al desecarse. Forman colonias esféricas, compactas con la superficie del talo muy rugosa o irregularmente lobulado, comúnmente de 2.5 - 4cm, de diámetro, pudiendo llegar hasta 7cm. Tricomas flexibles, rectos espiralados entremezclados embebidos en el mucilago común. Es muy fácil observar que las vainas de los tricomas en la superficie del talo son de color marrón claro, y están protegidas por abundantes esparcimientos transversales mucilaginosos. En cambio en los tricomas de la parte profunda las vainas son hialinas y casi transparentes reduciéndose a una tenue capa mucilaginosa.

CICLO DE VIDA

1. Tricoma corto.
2. Tricoma con células vegetativas y heterocisto.
- 3-5. Diferenciación gradual del tricoma en acinetos.
- 6-7. Dominación de acinetos agrupados irregularmente.
8. Formación de hormogonios (ho) en extremo de la colonia.
9. Liberación del hormogonio.
10. Acineto aislado con doble pared, pared externa irregular.
- 11-17. Germinación del acineto aislado y formación de colonias esféricas u ovoides.
- 18-19. Tricomas con células ovoides y heterocisto terminal.
- 20-22. Formación de colonias irregulares por división sucesiva.
23. Formación de hormogonio en borde de colonia.



C. Posición sistemática de *Nostoc commune vaucher*

División	Cyanophyta.
Clase	Cyanophyceae
Orden	Hormogonales
Sub-orden	Heterocystineae
Familia	<i>Nostocaceae</i>
Género	<i>Nostoc</i>
Especie	<i>Nostoc commune Vaucher</i>

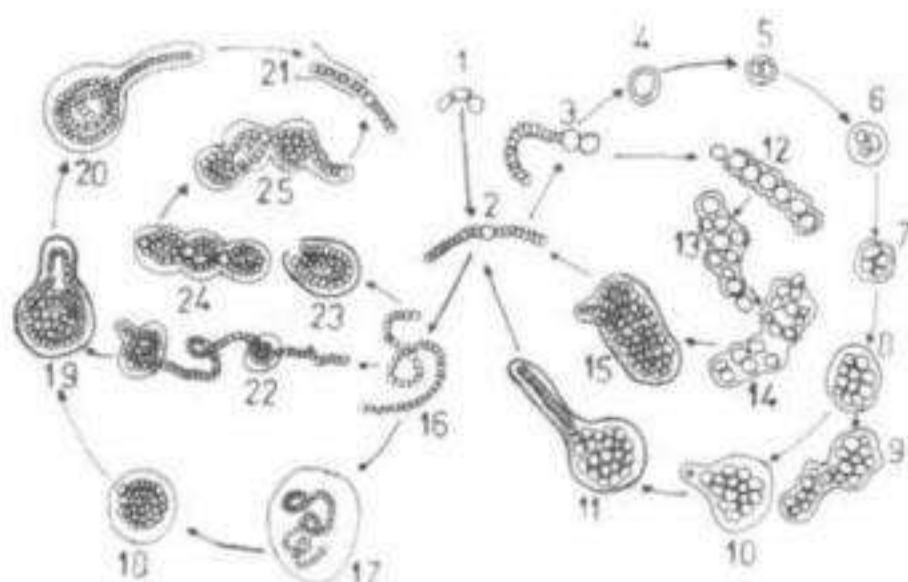
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Son colonias macroscópicas de color verde azulado, verde oliva, verde claro, verde amarillento, verde oscuro, de diversas formas, texturas y dimensiones.

Hay colonias esféricas de borde entero y ondulado, de aspecto lustroso y consistencia gelatinosa hasta 4 cm. de diámetro. Presentan tricomas largos o cortos, ondulados, atenuados en los extremos embebidos en un mucilago común denso, hialino, tienen células esféricas, ovoides, en forma de barril. Los heterocistos pueden encontrarse libre aparentemente vacíos, acinetos ovoides a esféricas. En la etapa de reproducción de las células vegetativas, los tricomas se transforman gradualmente en acinetos que pueden estar distribuidos entre los heterocistos o como estructuras libres por la desintegración de tricomas. Los acinetos maduros presentan un contenido granulado, pared celular gruesa. Germinan aislados o en cadenas.

CICLO DE VIDA:

- 1-2. Tricoma corto con células vegetativas heterocisto.
- 3-4. Diferenciación de algunas células vegetativas en acinetos. Acineto aislado.
- 5-9. Germinación de acinetos aislados y formación de colonias esféricas o irregulares.
- 10, 11, 15. Formación de hormogonios.
- 12-14. Germinación de acinetos en cadena.
- 16-18. Formación de colonias por enrollamiento de tricomas, secreción de mucilago a su alrededor y posterior engrosamiento.
- 19-21. Formación de proliferación elongadas en el borde del mucilago y posterior liberación del hormogonio.
22. Formación de colonias redondeadas en cadenas separadas por células vegetativas.
- 23-25. Formación de colonias redondeadas u ovoides consecutivas a partir del tricoma y posterior engrosamiento del mucilago. Formación de hormogonios en el borde del mucilago.



BIOMETRÍA DE LAS ESPECIES

CUADRO 01
RELACIÓN VOLUMEN / PESO (ml/gr)
Nostoc sphaericum Vauch – PERÍODO DE LLUVIAS

Nº	Volumen (ml)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
1	1.0	1.0651	0.0096
2	1.0	0.9952	0.0049
3	2.0	1.5246	0.0079
4	1.0	0.7834	0.0082
5	1.0	1.0145	0.0085
6	1.0	0.6917	0.0085
7	1.5	1.2271	0.0116
8	1.0	0.7811	0.0079
9	1.0	0.9827	0.0103
10	1.0	0.8958	0.0101
11	1.0	1.2127	0.0119
12	0.5	0.9026	0.0087
13	0.5	0.8102	0.0085
14	1.0	0.7857	0.0038
15	1.0	0.9587	0.0107
16	1.0	0.9168	0.0097
17	1.0	0.9068	0.0096
18	1.0	0.7253	0.0073
19	1.0	1.0509	0.0108
20	1.0	1.0110	0.0102
21	1.0	0.7249	0.0109
22	1.5	1.2800	0.0207
23	1.0	0.6020	0.0199
24	1.0	0.7281	0.0094
25	1.5	1.5169	0.0050
26	1.5	1.4287	0.0217

CUADRO 02

RELACIÓN VOLUMEN / PESO (ml / gr)

Nostoc sphaericum Vauch – PERÍODO DE SECAS

Nº	Volumen (ml)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
1	4.0	3.4787	0.0274
2	2.0	1.2413	0.0004
3	2.0	1.8400	0.0004
4	4.0	1.4142	0.0102
5	1.0	1.2574	0.0038
6	3.0	2.6647	0.0152
7	1.0	1.3447	0.0095
8	1.0	1.3507	0.0063
9	1.0	1.5731	0.0148
10	2.0	2.3431	0.0253
11	1.0	1.7044	0.0084
12	1.0	1.4333	0.0052
13	1.0	1.0822	0.0044
14	2.0	1.6273	0.0145
15	2.0	1.9935	0.0232
16	2.0	1.7676	0.0143
17	1.0	1.3317	0.0078
18	1.0	0.9243	0.0102
19	1.0	0.8353	0.0083
20	2.0	2.0029	0.0150
21	1.5	1.2229	0.0131
22	1.5	0.8600	0.0038
23	1.0	1.2300	0.0104
24	1.0	0.9177	0.0033
25	1.0	0.7559	0.0023

CUADRO 03

RELACIÓN VOLUMEN / PESO (ml / gr)

Nostoc pruniforme L. – PERÍODO DE LLUVIAS

Nº	Volumen (ml)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
1	1.0	1.0566	0.0097
2	1.0	1.0452	0.0079
3	0.5	0.7125	0.0036
4	0.5	0.6527	0.0095
5	1.0	0.6126	0.0216
6	1.0	0.7276	0.0074
7	1.0	0.9126	0.0166
8	0.5	0.8266	0.0125
9	0.5	1.4265	0.0109
10	0.5	1.0545	0.0107
11	1.0	1.5135	0.0256
12	1.0	1.2136	0.0105
13	1.0	1.4525	0.0196
14	1.0	1.0632	0.0185
15	1.0	1.0075	0.0065
16	1.0	1.0456	0.0086
17	1.5	1.2720	0.0206
18	1.0	1.2105	0.0110
19	1.0	1.0362	0.0160
20	1.5	1.5265	0.0056
21	1.5	1.4526	0.0256
22	1.5	1.3225	0.0105
23	1.0	0.9262	0.0200
24	1.0	0.7856	0.0096
25	1.0	0.5189	0.0215

CUADRO 04
RELACIÓN VOLUMEN / PESO (ml / gr)
Nostoc pruniforme L. – PERÍODO DE SECAS

Nº	Volumen (ml)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
1	5.0	4.3725	0.04723
2	3.0	2.6556	0.01624
3	2.0	1.2564	0.01022
4	2.0	1.5273	0.01433
5	1.0	1.0635	0.01044
6	1.0	1.0146	0.00350
7	1.0	1.2125	0.01320
8	1.0	1.2104	0.02460
9	1.0	1.0564	0.00750
10	3.0	2.6645	0.01650
11	2.0	2.3462	0.00450
12	2.0	1.2425	0.02620
13	2.0	1.7666	0.01420
14	4.0	2.9487	0.01520
15	1.5	1.2259	0.00260
16	1.5	1.2228	0.00350
17	1.5	1.3546	0.00240
18	1.5	1.4578	0.00520
19	1.5	1.2546	0.00660
20	4.0	2.9565	0.01820
21	3.0	2.6527	0.01630
22	3.0	2.7285	0.01740
23	2.0	2.2542	0.00560
24	2.0	2.2567	0.01150
25	2.0	2.0028	0.01500

TRATAMIENTO MATEMÁTICO Y ESTADÍSTICO DE LA DINÁMICA POBLACIONAL

ESPECIE	Fr. (%)	Dr. (%)	Cr (%)	VI (%)
<i>Nostoc commune</i> Vauch.	14.30	1.42	00.00	15.72
<i>Nostoc pruniforme</i> L.	42.85	33.95	29.15	105.95
<i>Nostoc sphaericum</i> Vauch.	42.85	64.62	70.85	178.32

Leyenda:

Fr : Frecuencia relativa

Dr.: Densidad relativa

Cr.: Cobertura relativa

VI : Valor de importancia

RELACIÓN VOLUMEN – BIOMASA

ESPECIE	B	r.	Cd (%)
<i>Nostoc sphaericum</i> Vauch	0.123	0.22	4.84
<i>Nostoc pruniforme</i> L.	0.033	0.51	26.01

CONCLUSIONES:

1. El género *Nostoc* para su desarrollo requiere abundante luz, por lo que su hábitat es la zona litoral de los cuerpos de agua lénticos.
2. El género *Nostoc* es por excelencia fijadora de nitrógeno, razón por lo que el agua presenta una alta concentración de nitratos.
3. La especie *Nostoc sphaericum* Vauch, por cada centímetro cúbico, incrementa en 0.123 gr. de biomasa, mientras que el *Nostoc pruniforme* L. incrementa en 0.033 gr. La correlación entre el volumen y la biomasa es positiva en ambas especies.
4. El volumen de los individuos sólo influye en 4.84% en la ganancia de biomasa en *Nostoc sphaericum* Vauch, mientras que en *Nostoc pruniforme* L. en 26.01%, lo que quiere decir que el resto de la biomasa está influenciada por otro factor.
5. Las especies que tienen mayor probabilidad de ser encontradas son:
Nostoc sphaericum Vauch. y *Nostoc pruniforme* L. (42.85%).
6. La densidad para *Nostoc sphaericum* Vauch. es de un organismo por cada 2 cm², mientras que para *Nostoc pruniforme* L. un organismo por cada 3 cm² y para *Nostoc commune* Vauch. un organismo cada 77 cm².
7. El *Nostoc sphaericum* Vauch tiene mayor valor de importancia con un 178.32% y el de menor valor de importancia es *Nostoc commune* Vauch, con sólo 15.72%.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, P. P.

1997 "Algas superficiales del Lago Titicaca" – Puno-Perú. Centro de Investigaciones Pesqueros, Univ. Nac. Federico Villareal, Lima.

ACLETO, O. C.

1968 "Algas de agua dulce". Pub MHN Lima.

ALDAVE, P.A.

1971 "Cuschuro-Algas azul verdes, usados como alimento en la región altoandina", Trujillo.

ALDAVE, P. A.

1986 "Botánica Farmacéutica". Ediciones de la UNT.

ALDAVE, P.A.

1987 "Algas". Trujillo.

ANDREWS, W.

1972 "Fresh Water Ecology". Ed. Printed, Canada.

HUTCHINSONS.

1975 "Introducción to lake biology and Limnoplankton". New York

ODUM E. P.

1995 "Ecología". Ed. Continental, Buenos Aires.

PERALTA V. L.

1968 "Introducción a las algas. Cyaniphyceas del Cusco". Tesis de bachiller. FCBG - UNSAAC, Cusco

RINGUELET, R.

1982 "Ecología Acuática Continental", Buenos Aires.

PRESCOTT, W.

1962 "Algas of the Wester Great Lake", 2da. Ed. Grandbook In. Sc. Dubuque, Iowa.

WETZEL, R.

1998 "Limología", Ed. Omega S.A., Barcelona.

ANEXOS

Nostoc sphaericum vauch.

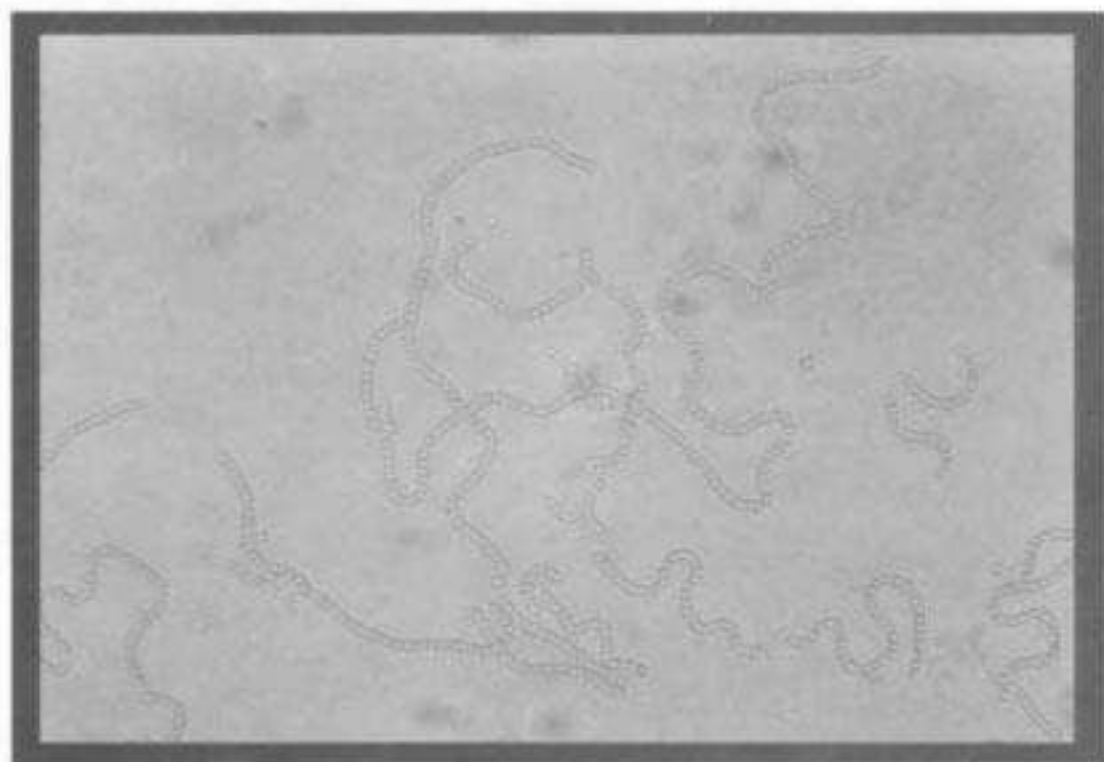


Fig. 1. Colonia joven: Tricomas largos con células de color verde azulado - verde claro, embebidos en un mucilago común hialino.

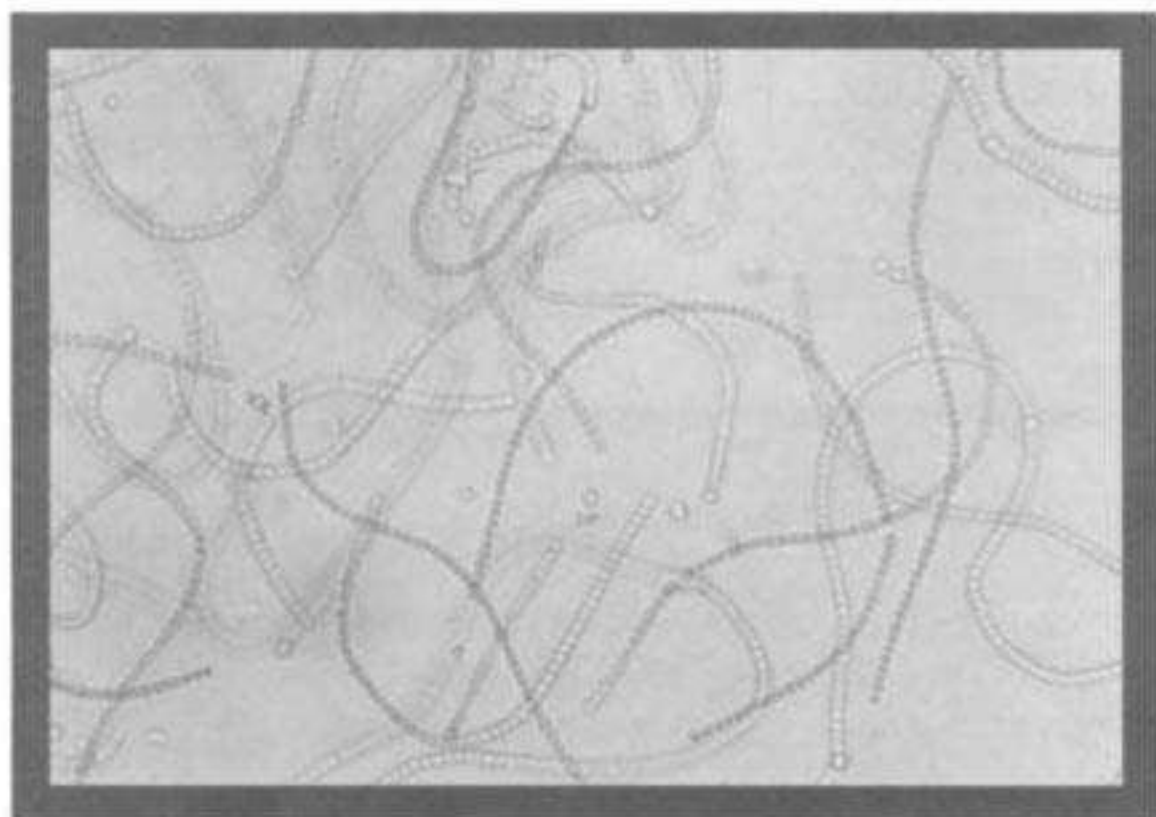
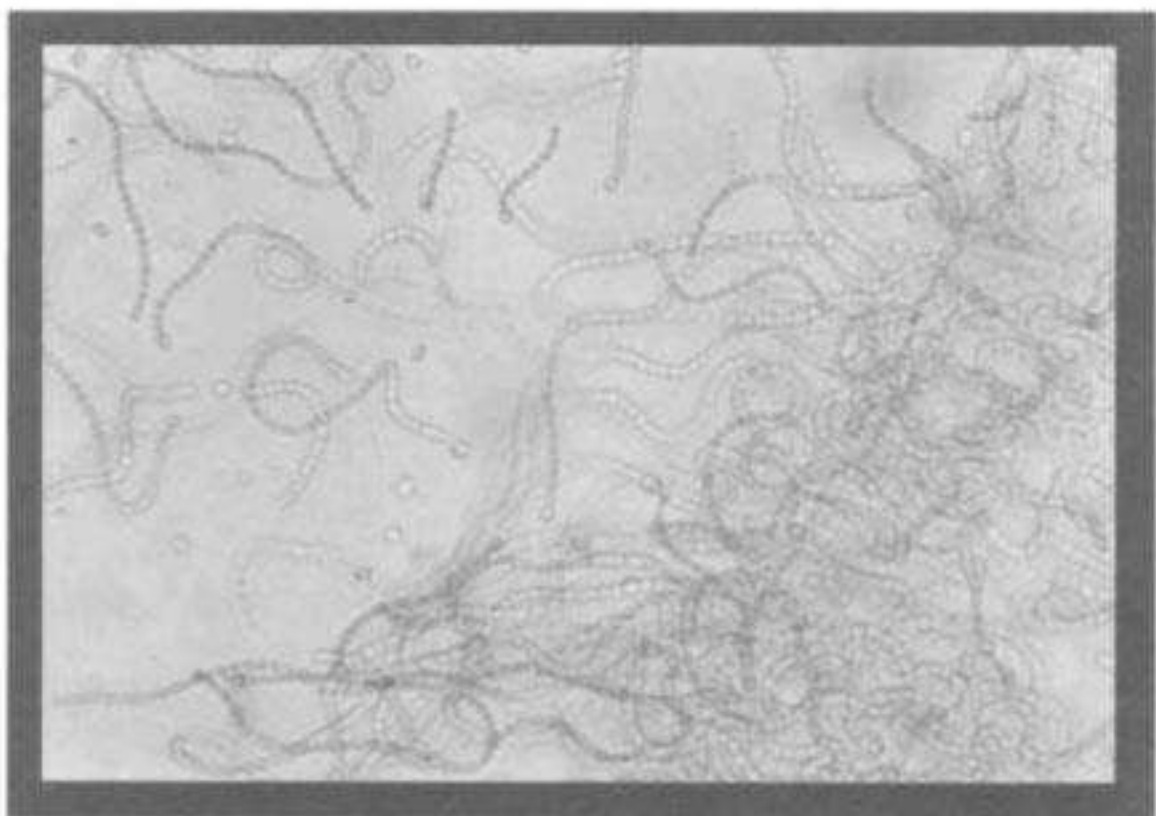


Fig. 2 : Trichomas largos, células esféricas, heterocistos de forma esférica de posición

Intercalar o Terminal



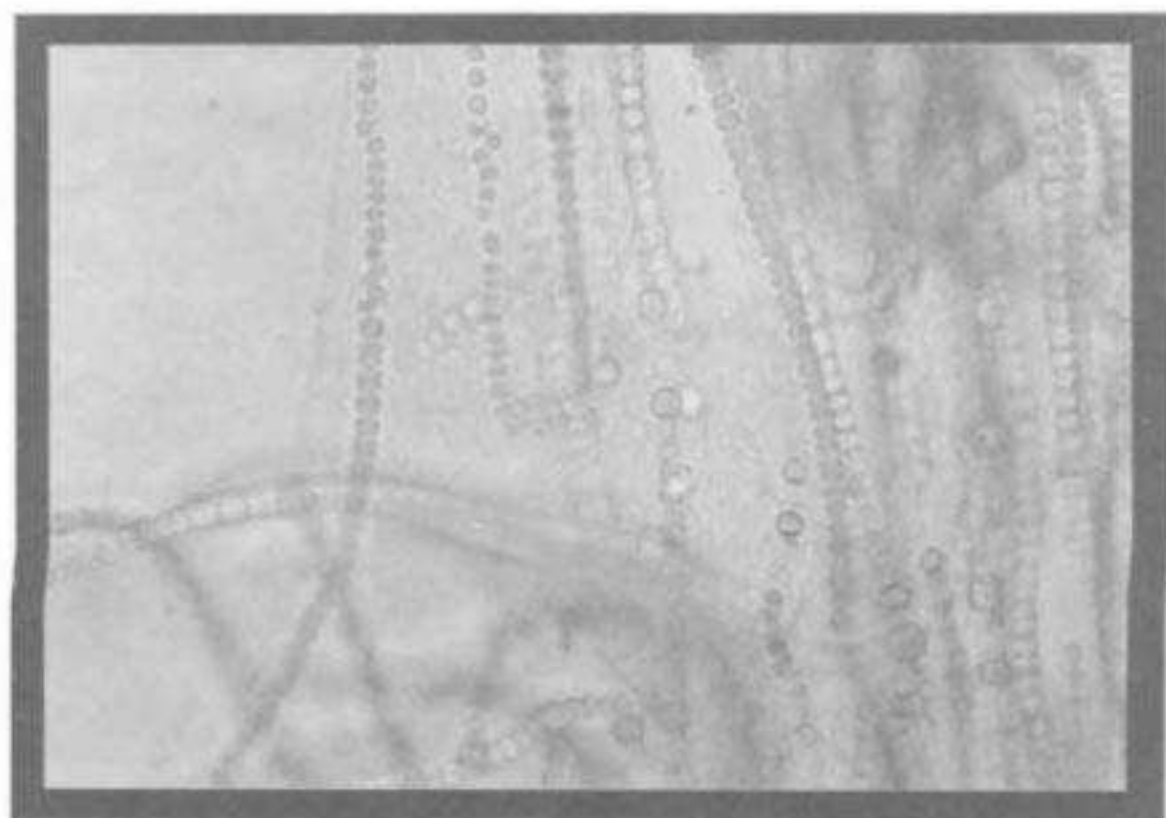
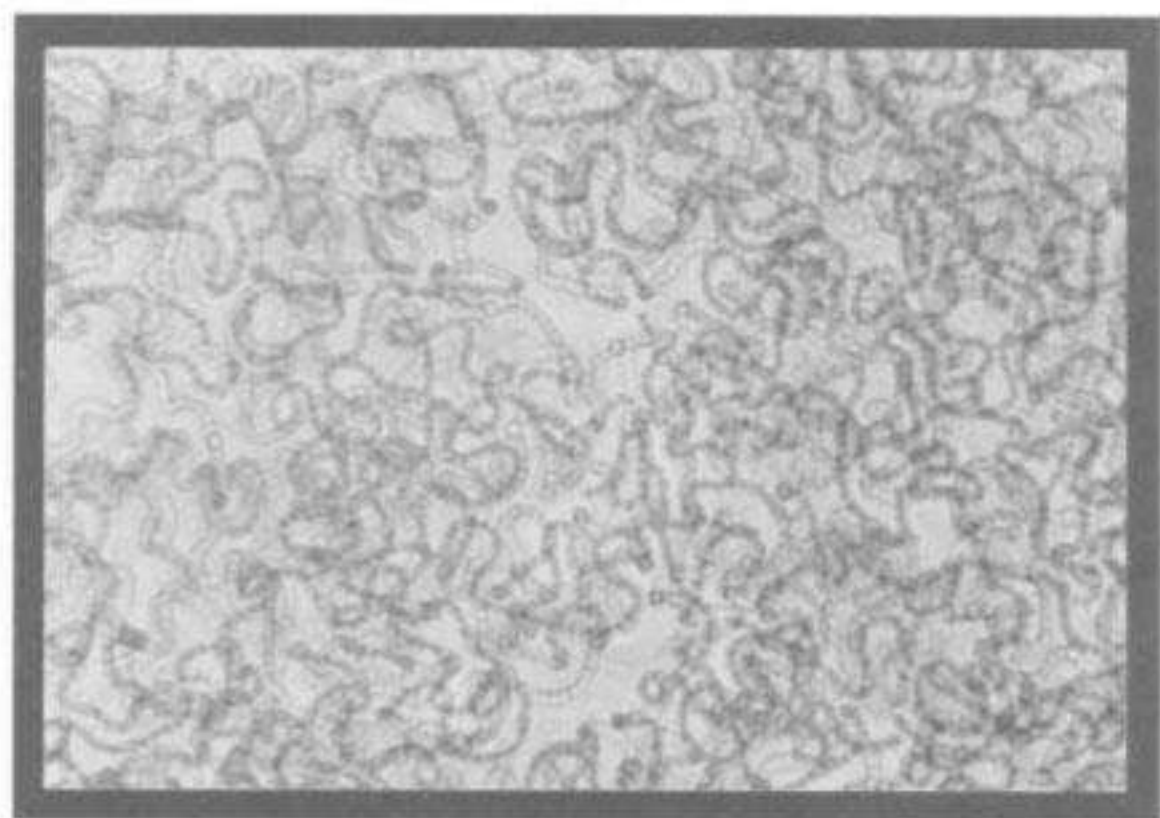


Fig.3-4 Colonia adulta: Tricomas largos, células esféricas ovoides compresas en sus extremos con abundantes heterocistos terminales.

Nostoc pruniforme L.



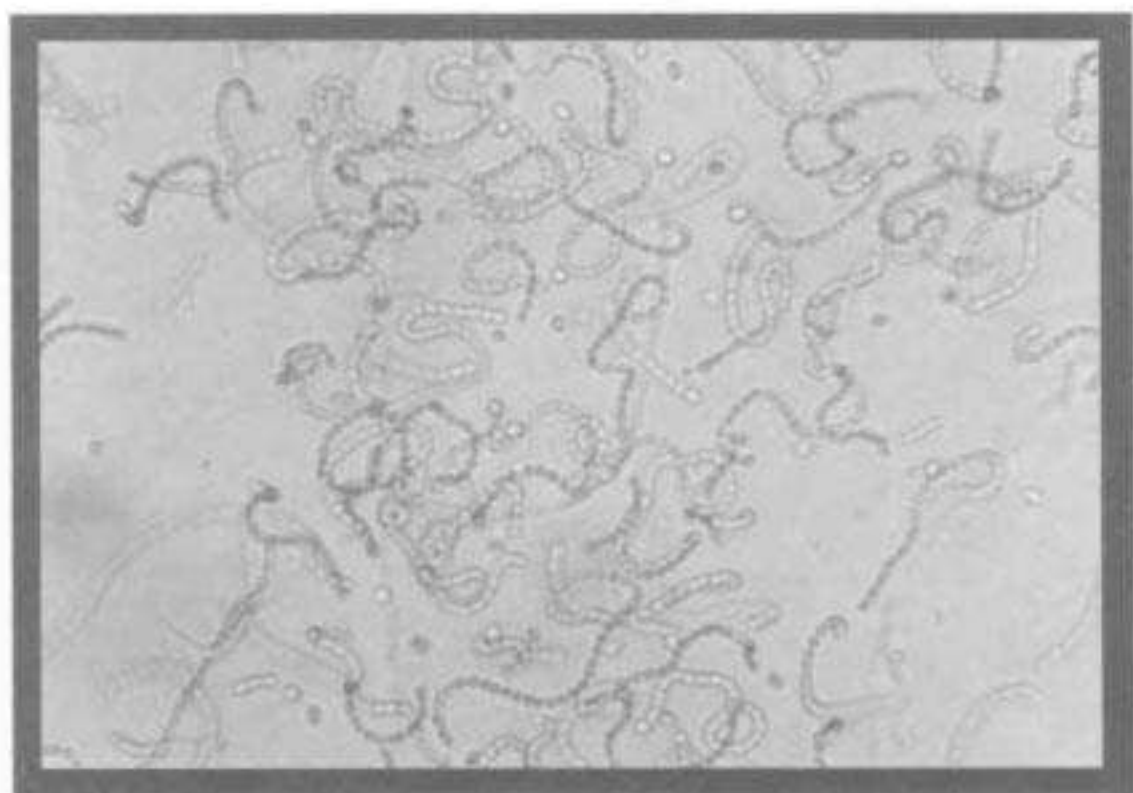
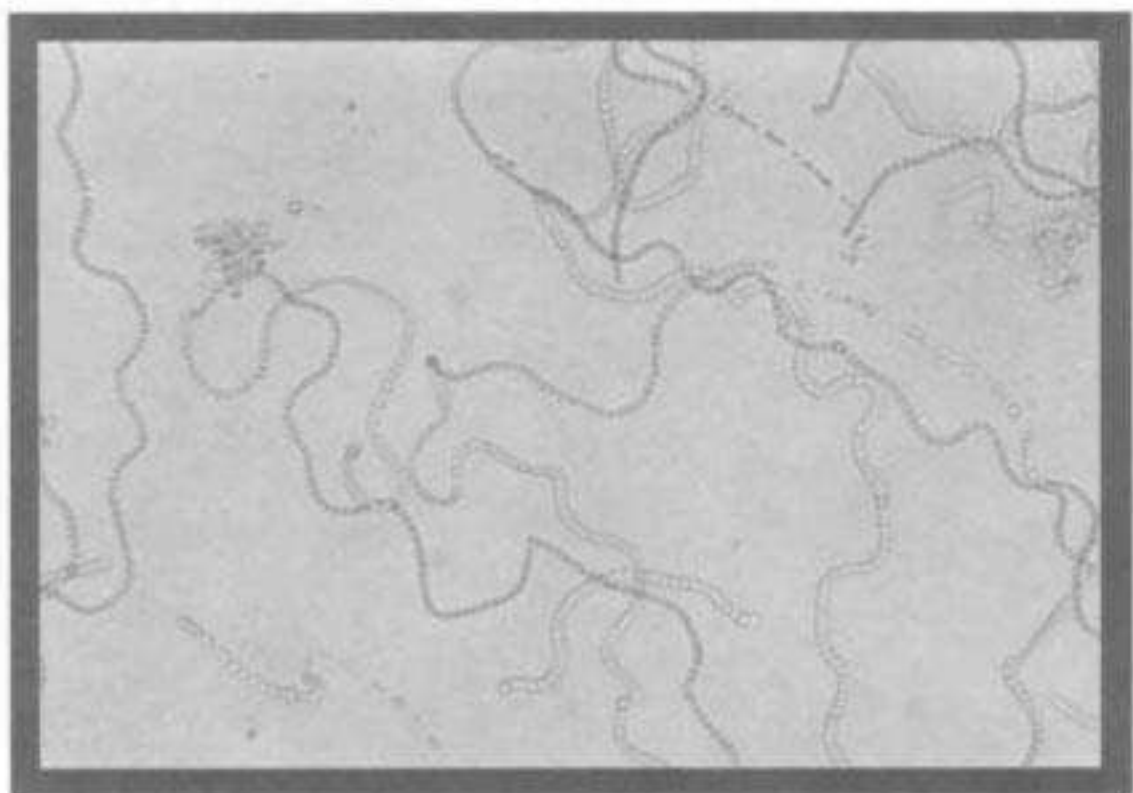


Fig. 5-6. *Trichomas cortos ondulados de color oliva, verde azulado, verde amarillento, con heterocistos intercalares y terminales de formas esféricas y ovoides.*

Nostoc Commune Vauch.



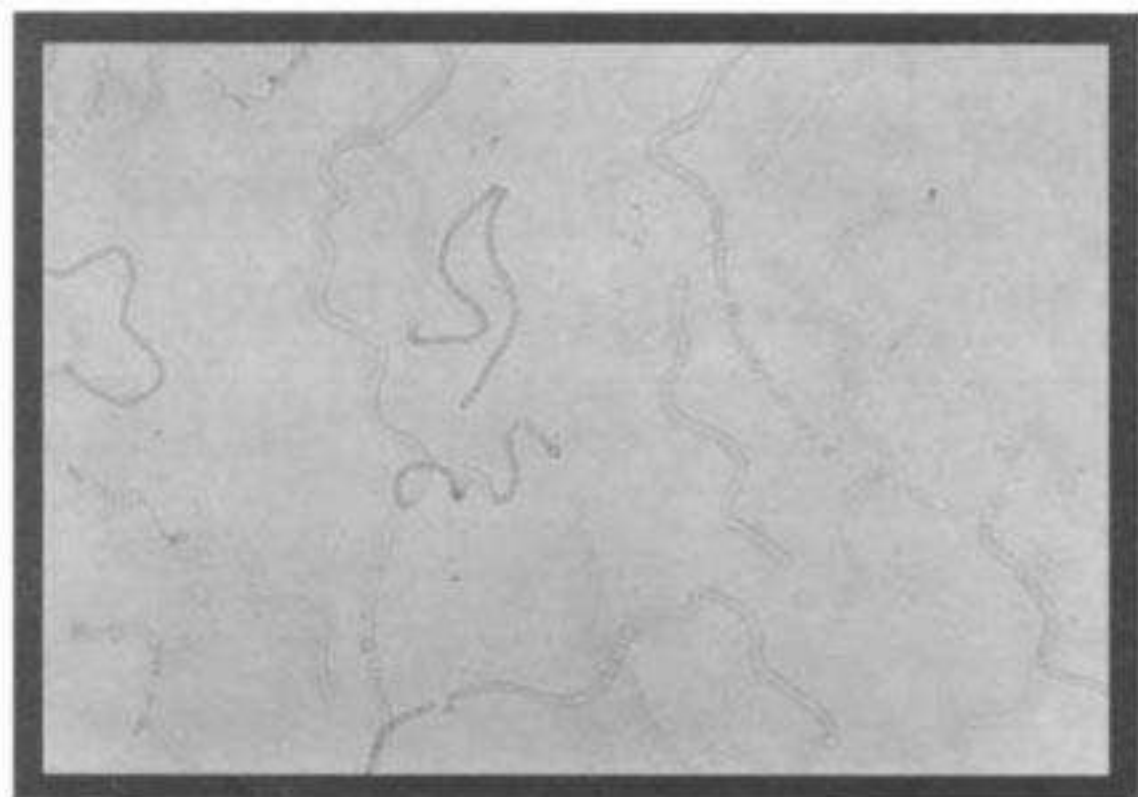


Fig.7-8. Células vegetativas de los tricomas distanciados unas de otras quedando entre ellas heterocistos a manera de nudos a lo largo del tricoma.



*Vaso de Madera utilizado para libaciones con Chicha, de uso cotidiano y Ceremonial
Siglo XVII - Museo Inka de la UNSAAC.*