

RESUMEN

La laguna Patococha está ubicada en la Ecoregión Puna alcanzando temperaturas ambientales mínimas anuales de 3 °C y promedios anuales máximos de 8°C y el régimen de precipitación mensual varía desde menos de mm en la época de estiaje hasta valores cercanos a 180 mm en la época de lluvias. La reducción de la precipitación en la época de estiaje trae consigo la disminución del nivel de la laguna quedando expuestas a la desecación las colonias de cushuro ubicadas en las partes marginales de la laguna. En el presente trabajo de investigación se ha registrado una reducción significativa de la biomasa de la cianobacteria lo que estaría relacionado en parte al afloramiento copioso del helecho del género *Azolla* que reduce la incidencia de la luz a las partes profundas de la laguna. El parámetro físico químico que tuvo una buena correlación con la productividad de *Nostoc commune* en la laguna fue el pH, cuyo valor en todas las evaluaciones realizadas fue superior a siete, correspondiendo a un comportamiento alcalino. La disminución del valor de pH estuvo acompañada de la reducción de la productividad del cushuro; así mismo la alcalinidad de agua se debe a la presencia de bicarbonatos y carbonatos, mas no así a la de hidróxidos. No se ha podido establecer una relación aparente entre la cantidad de oxígeno disuelto y el crecimiento de la cianobacteria. No se ha podido detectar la presencia de nitratos y fosfatos para un nivel crítico de 0,03 mg/L concluyéndose que la poca cantidad existente de estas sales serían rápidamente absorbidas y asimiladas por los organismos fotosintéticos que incluyen a las cianobacterias, *Azolla*, *Myriophyllum* y otras especies de fitoplancton.

I INTRODUCCIÓN

La utilización de las colonias de *Nostoc commune* “cushuro” como alimento por los pobladores de los Andes en nuestro país, constituye una actividad netamente extractiva y hasta la fecha no se conoce un sistema de reproducción asistida en la producción a gran escala de colonias de *Nostoc commune*. El control o manejo del crecimiento de estas cianobacterias en su ambiente natural, requiere del conocimiento de la influencia de los factores ambientales incluyendo los hidrobiológicos en la fisiología del crecimiento y reproducción de *Nostoc commune*. No se cuentan con estudios que relacionen o definan claramente el grado de influencia de la temperatura, presión atmosférica y duración del día en el crecimiento de estas cianobacterias en condiciones naturales; tampoco hay referencias de la influencia de los factores físico químicos de las aguas de las lagunas como: temperatura, pH, dureza, oxígeno disuelto, concentración de nitratos y fosfatos en el crecimiento del “cushuro”. La primera forma de establecer la relación de los factores ambientales con el patrón de crecimiento y épocas de reproducción de *Nostoc commune* en las lagunas altoandinas, es el monitoreo de la variación de los factores en relación al crecimiento y ciclo reproductivo de la cianobacteria en un periodo mínimo de un año. El monitoreo de los factores ambientales en cualquier espacio geográfico es una actividad que demanda tiempo, equipamiento, infraestructura y financiamiento efectivo al momento; siendo probablemente estas las causas del limitado número de estudios que relacionen las características ambientales con el crecimiento de *Nostoc commune* en su medio natural. En la Universidad Nacional del Callao específicamente en la

Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales a pesar de las limitaciones presupuestarias y de equipamiento para la investigación se ha iniciado el desarrollo de una metodología de producción a gran escala de colonias de *Nostoc commune* en su medio natural, para lo cual en primer término se ha determinado la viabilidad del crecimiento in vitro de *Nostoc commune* con el fin de producir inóculo a gran escala; así mismo se ha establecido coordinaciones con otras instituciones públicas como Sistema Nacional de Reservas Naturales Protegidas (SINAMPE), la Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo y Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga a fin de establecer la influencia de los factores ambientales, incluyendo los hidrobiológicos en el crecimiento y reproducción de *Nostoc commune* como base de información para el diseño y construcción de pozas de crecimiento y producción de colonias de esta cianobacteria en los mismos lugares donde desarrollan en forma natural.

II. MARCO TEÓRICO

La cianobacteria del género *Nostoc* es cosmopolita con especies comestible para hombres y animales (Aldave 1989, Elenkin 1931). En relación a su valor alimenticio Aldave en 1985 determinó que el material biológico seco obtenido de la laguna Huascocha en Ancash (Huaraz) contiene 30 % de proteínas y 2 % de lípidos. Posteriormente el 2008 estos valores fueron contrastados por Barboza quien determinó para muestras secas de *Nostoc* de la laguna Patococha en Ancash (Huaraz) 23 % de proteínas y 2 % de lípidos. Así mismo Gonzales (1976) determinó la composición de ácidos grasos de una especie de *Nostoc* encontrando ácido mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico. Núñez (2006) estudió el efecto de la ingestión de *Nostoc sphaericum* "cushuro" en ratas, llegando a determinar que los animales que recibían el suplemento del cushuro perdieron significativamente peso, incrementaron significativamente el volumen de sus excretas e incrementaron moderadamente su consumo de agua. Las cianobacterias en general se encuentran ampliamente distribuidas en ambientes terrestres y acuáticos continentales o marinos, por lo general toleran ambientes extremos y podrían ser los únicos fotótrofos de manantiales de aguas termales y lagos salados (Madigan 1997).

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CIANOBACTERIAS

Tomando como base el sistema de clasificación propuesto por R. H. Whittaker en 1959 las cianobacterias estarían ubicadas taxonómicamente en el Reino Monera y

Phylum M – 7 Cianobacterias (Margulis 1985). Madigan (1997) considera a las cianobacterias fotótrofos oxigénicos algo emparentados con las bacterias Gram positivas, encontrándose en la pared celular de algunas especies peptidoglucano. La organización de las lamelas para la fotosíntesis es compleja y multilaminar. La estructura molecular de las lamelas incluye un solo pigmento fotosintético principal, la clorofila a, y pigmentos biliproteicos accesorios como las ficobilinas (Madigan 1997). La ruta biosintética de las ficobilinas comprende reacciones similares a las que se dan para la síntesis de porfirinas (Hess 1980). Schlegel (1997) señala que algunas cianobacterias poseen vesículas y en especial a las especies planctónicas les permite flotar y permanecer en la zona de máxima iluminación. Comenta además que los heterocistos formados por algunas especies constituyen los centros de fijación de nitrógeno molecular. Los heterocistos son células diferenciadas de pared celular engrosada con grandes cantidades de glucolípidos que disminuyen la difusión de oxígeno al interior de la célula, carecen del fotosistema II necesario para la fotosíntesis oxigénica y poseen un grupo continuo de genes *nif* que se expresan como una unidad sintetizando gran cantidad de nitrogenasa para la fijación de nitrógeno molecular.

Según Madigan (1997) la nutrición de las cianobacterias es sencilla, no requieren vitaminas y utilizan nitrato o amonio como fuente de nitrógeno, además de la capacidad de algunas especies de fijar el nitrógeno molecular. Por lo general son fotótrofos estrictos aunque algunas especies en presencia de luz u oscuridad son capaces de asimilar glucosa u otros azúcares como fuente de carbono y energía. Al parecer no obtienen ATP por oxidación de compuestos orgánicos, pero si por

fosforilación en la fotosíntesis. Algunas cianobacterias desarrollan fotosíntesis anoxigénica usando solamente el fotosistema I, cuando sulfuro en el ambiente.

2.2. FACTORES ABIOTICOS Y CRECIMIENTO

Los microorganismos, entre ellos las cianobacterias según el espacio físico en el cual desarrollan reciben la influencia de factores ambientales determinantes como la temperatura, presión parcial de gases, intensidad luminosa y en particular en ambientes acuáticos el pH, potencial de óxido reducción, gases disueltos y concentración de nutrientes, que facultan o limitan el crecimiento y por ende la producción de biomasa de este grupo de organismos biológicos.

2.2.1. Temperatura

En condiciones naturales los microorganismos presentan variadas adaptaciones a las diferentes condiciones de temperatura de su entorno. La mayoría de las bacterias del suelo o del agua son mesófilas, con tasas máximas de crecimiento se dan entre los 20 y 42 °C. Los termotolerantes como *Methylococcus capsulatus* pueden desarrollar incluso hasta los 50 °C. Las bacterias consideradas termófilas crecen a temperaturas superiores a 40 °C teniendo como límite superior los 70 °C, como es el caso de *Bacillus stearothermophilus* (Schlegel 1997).

Las cianobacterias se encuentran a diferentes rangos de temperatura y muchas son mesófilas con óptimos de crecimiento entre los 20 – 35°C (Waterbury et al., 1986). En ambientes extremos como la Antártica desarrollan especies psicrófilas del género *Chroococcidiopsis* (Seaburg, 1981). Muchas de las cianobacterias que conformaron el consorcio procariota formador de los estromatolitos serían termófilas y en la actualidad existen representantes que podrían mantener estas características en los estromatolitos de la Bahía de Shark en Australia, incluyendo algunos de los siguientes géneros: *Calothrix*, *Rivularia*, *Gloeotrichia*, *Homeothrix*, *Leptolyngbya*; *Plectonema*, *Phormidium*, *Microcoleus* y *Scytonema* (Rodríguez-Martínez et al., 2010).

En la laguna Chinchaycocha de la Reserva Nacional de Junín ubicada a 4 082 m.s.n.m. se informó la existencia de cushuro; la publicación en la Web de Parks Watch indica que la temperatura del agua del lago en los primeros 15 cm de profundidad donde desarrolla *Nostoc* fue de 17 °C. Por otro lado se tiene la información de que una especie de *Nostoc* fue desarrollada bajo condiciones de laboratorio a 30 y 39 °C encontrándose influencia sinérgica del tipo de luz y las temperaturas aplicadas en el crecimiento y producción de pigmentos fotosintéticos (Anderson et al. 1983).

2.2.2. pH

La relación entre el pH y el crecimiento de algunas especies de cianobacterias favorece el mayor crecimiento o establecimiento de los organismos biológicos a

condiciones ligeramente alcalinas como lo observado por Morales el 2002 cuando en *Anabaena* sp. desarrollado in vitro la producción de exopolisacáridos (EPS) se vio favorecido en un rango de pH entre 8 y 10. Así también la cianobacteria *Spirulina* sp. que se cultiva para alimento por su alto contenido proteico, es desarrollado a pH alcalino como condición óptima de crecimiento (Ramírez-Moreno 2006).

En la laguna Conococha ubicada en el Departamento de Ancash cercana a la laguna Patococha se ha registrado también la presencia de cushuro y en la evaluación realizada en el año 1998 en el marco de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de construcción del concentrado de la Compañía Minera Antamina, el pH determinado en el agua de la laguna fue de 9 quedando registrado el desarrollo de estas cianobacterias a estas condiciones alcalinas. Así mismo la publicación de Parks Watch indica para la laguna Chinchaycocha en el Departamento de Junín, donde también se reporta el crecimiento de cushuro, valores de pH del agua ligeramente superiores al valor neutro y con tendencia a disminuir de modo más intenso en la época de estiaje.

2.2.3. Oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno en un sistema tiene un efecto directo en la tendencia de las reacciones químicas o bioquímicas para ser de naturaleza oxidativa o reductiva. En un cuerpo acuoso natural la cantidad de oxígeno disuelto define el potencial de oxidación-reducción. Las capas superficiales lagos y grandes ríos no

eutrofijados a nivel del mar suelen tener contenidos de oxígeno disuelto superiores a 10 mg/L. A medida que se avanza en profundidad la cantidad de oxígeno disuelto disminuye y la actividad metabólica energética de los microorganismos tiende a los procesos reductivos (Grant 1989). Los microorganismos fotosintéticos como las cianobacterias normalmente desarrollan en las capas superficiales de los cuerpos de agua por su necesidad de luz y pueden contribuir en el incremento de los niveles de oxígeno disuelto.

En la laguna Conococha en el EIA del concentrado de la Compañía Minera Antamina en 1999 se registró 3.69 mg/L de oxígeno disuelto un bajo contenido de este gas que resultó debajo de los criterios peruanos para la vida acuática; sin embargo se registró que este medio acuático sostenía una comunidad de peces y algas. Las bajas concentraciones de oxígeno podrían haber estado condicionadas por la alta demanda de oxígeno biológico.

2.2.4. Nutrientes y salinidad

El nitrógeno es el elemento químico más abundante en la atmósfera, pero se encuentra en su forma molecular no utilizable por los organismos biológicos para la síntesis de proteínas. Dado que el nitrógeno conforma la estructura de los aminoácidos y las proteínas constituyen más del 50 % de las membranas plasmáticas y como tal de la biomasa celular, es el elemento limitante más importante en el desarrollo de la vida en nuestro planeta y las formas de

presentación para su asimilación por organismos autotróficos fotosintéticos incluyen al nitrato e ión amonio (Larcher 1980).

Varias especies de cianobacterias al parecer prefieren ambientes acuosos de naturaleza oligotrófica, es decir con baja cantidad de fuentes de nitrógeno y fosfatos. Así se tiene el reporte de la existencia de especies de cianobacterias que alcanzan óptimos de crecimiento y acumulación de biomasa a bajas concentraciones de una fuente de nitrógeno, como lo informado por Fuenmayor el 2009, donde un aislamiento de *Oscillatoria* sp. desarrollado bajo condiciones de laboratorio produjo mayor cantidad de peso seco en la concentración más baja de los tres niveles de NaNO_3 probadas (4, 8 y 12 mM). Esta mayor producción de biomasa estuvo también ligada a su condición osmotolerante ya que la salinidad a la cual desarrolló fue de 70 UPS. Otra cianobacteria en que se demostró eficiencia de productividad a bajas concentraciones de fuente de nitrógeno y buena tolerancia a la salinidad fue en un aislamiento de *Synechococcus* sp. que alcanzó mayor producción de biomasa con 8 mM de NaNO_3 y 100 ‰ de salinidad (Rosales 2005).

2.3. AMBITO DE ESTUDIO

La laguna Patococha se ubica a 74 Km de la ciudad de Huaraz en la provincia de Recuay del departamento de Ancash. Esta laguna pertenece a una microcuenca que se origina en el nevado Pastoruri en el lado sur del área que conforma el Parque Nacional Huascarán, teniéndose como información referencial de su ubicación el

punto georeferenciado: Zona 18L y coordenadas 0246891 y 8905806 N en el sistema Datum PSad56.

La laguna Patococha se encuentra a una altitud de 4 130 m.s.n.m. y su capacidad de almacenamiento de agua está ligada a las variaciones climáticas de los Andes; de modo que alcanza su mayor capacidad en la época de y disminuye por debajo de un metro en su nivel en la época de estiaje. A simple vista el agua es clara durante todo el año y en uno de sus extremos se observa el afloramiento de especies de plantas acuáticas de los géneros *Juncus* y *Scirpus*. Asimismo se ha podido registrar durante el periodo de evaluación la notable expansión superficial de la briofita *Azolla* cubriendo más del 50 % de la superficie de la laguna y otorgándole una coloración rojiza. La especie vegetal acuática sumergida que se ha podido identificar corresponde al género *Myriophyllum* cuya densidad es copiosa en el borde el extremo norte de la laguna. A lo largo de la orilla de la laguna, en los espacios libres de *Azolla* y de poca profundidad desarrollan las colonias esféricas de la cianobacteria *Nostoc commune* cuya densidad fue disminuyendo de modo acelerado, conforme fue incrementándose el desarrollo del helecho *Azolla* en la superficie de la laguna y con la disminución del nivel de la laguna.

La Zona de Vida en la que se encuentra la laguna Patococha según el Mapa Ecológico propuesto por la ONER en 1994 corresponde a tundra pluvial Alpino Tropical (tp – AT) y la fisiografía observada es característica de una puna con vista al nevado Murruraju y la formación vegetal en el entorno inmediato a la laguna es

un pajonal con el desarrollo de gramíneas de los géneros *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*, acompañados de especies de asteráceas de los géneros *Hypochaeris*, *Paranephelius* y *Wemeria*. Otras especies de plantas de porte herbáceo registradas como parte de la cobertura vegetal incluyen a *Oenothera multicaulis*, *Alchemilla pinnata*, *Scirpus rigida* y *Plantago* sp. La cobertura vegetal en algunos tramos del borde de la laguna incluye especies características de bofedales como *Distichia muscoides* que no llega a formar sendos almohadillados sino que desarrolla de modo muy disperso. Se observó también la presencia de gencianáceas como *Gentiana sedifolia* y *Gentianella pesquarosa*.

El nombre de la laguna hace alusión al avistamiento de patos en el pasado, los que incluso ahora aunque en menor número pueden ser observados según el comentarios de los habitantes de la zona y de los guarda parques. Las especies de aves que pudieron ser observadas durante las visitas realizadas incluyen a *Chloephaga melanoptera*, *Anas puna*, *Anas versicolor*, *Fulica ardesiaca* y *Larus serranus*.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. DEFINICIÓN DEL UNIVERSO

El universo está conformado por los factores meteorológicos de temperatura y precipitación en el ámbito de la laguna Patocoha y por las características físico químicas del agua de la laguna, en el marco de un tiempo efectivo de evaluación que fue de doce meses entre octubre de 2009 y setiembre de 2010.

3.2. PARÁMETROS METEOROLOGICOS

La información meteorológica fue obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para el periodo comprendido entre julio de 2009 y setiembre de 2010. Los parámetros meteorológicos considerados influyente en la dinámica ambiental de la laguna y del desarrollo de *Nostoc commune* fueron la temperatura y la precipitación.

Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología se le proporcionó la ubicación georeferenciada de la laguna de Patococha (18L 0246891E, 8905806N) a fin de que identifiquen la estación meteorológica más cercana, la misma que fue la estación ubicada en Recuay.

3.3. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DE LA LAGUNA

Los parámetros físico químicos que fueron evaluados en el agua de la laguna Patococha fueron:

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno disuelto
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
- Nitratos
- Fosfatos
- Turbidez
- Sólidos totales disueltos
- Dureza total

Los parámetros físico químicos del agua como la temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto fueron medidos a nivel de campo en la laguna Patococha, utilizando equipos portátiles como pHmetro, conductímetro y oxímetro marca HANNA del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales.

3.3.1. Turbidez, sólidos totales disueltos y dureza total

El análisis de estos tres parámetros fue realizado en el laboratorio. La muestra correspondiente fue colectada en un frasco de polietileno nuevo de un litro de capacidad. Una vez colectada la muestra fue acondicionada para su envío al Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga donde fueron analizados. El método mediante el cual fueron medidos uno de estos parámetros se indica a continuación:

Parámetro	Método de análisis
Turbidez	Nefelométrico
Sólidos totales disueltos	Gravimétrico
Dureza total	Complexométrico

3.3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La muestra para el análisis de la demanda bioquímica de oxígeno fue colectada en un frasco de vidrio estéril e inmediatamente transportada al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo donde fue analizado según el Protocolo de la APHA Part 5210 B.

3.3.3. Nutrientes

Bajo el término de nutrientes se considera al contenido de nitrógeno y fósforo en el agua de la laguna bajo la forma de nitratos y fosfatos respectivamente. La muestra para ambos parámetros fue colectada en un frasco de polietileno nuevo de un litro de capacidad e inmediatamente conducido al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo donde se realizó el análisis de nitratos totales y de orto-fosfatos mediante un espectrofotómetro. El método exacto mediante el cual fueron medidos cada uno de estos parámetros se indica a continuación.

Parámetro	Método de análisis
Nitratos	Espectrofotométrico Nitrospectral
Orto-fosfatos	Espectrofotométrico Vanadatolibdato

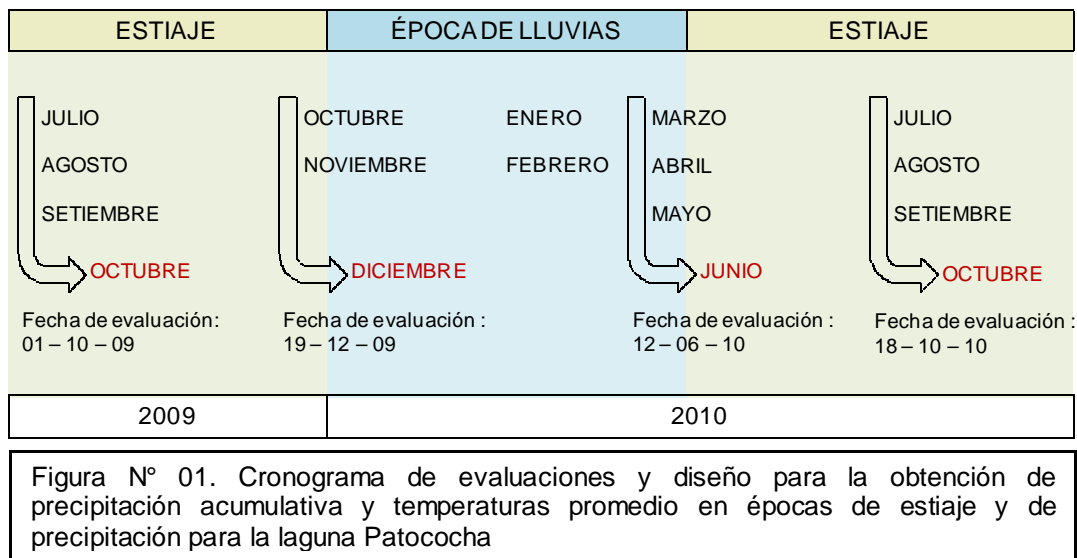
3.4. CRITERIOS PARA EL MUESTREO

El lugar exacto del muestreo temporal de agua para los análisis físico químicos se fijó en el lado Sureste de la laguna en torno al punto georeferenciado como 0246891E – 8905806N. Este lugar se ubica en la orilla de la laguna y fue tomado como el lugar de la evaluaciones por presentar la mayor densidad de colonias esféricas de *Nostoc commune*.

La toma de muestras de agua se realizó a un metro de la orilla, en el estrato superior de la laguna a una profundidad de 15 cm. Bajo estos mismos criterios se realizó la colección de muestras de colonias de *Cuscuta* a fin de determinar la biomasa producida.

3.4.1. Estacionalidad en el muestreo

Dado que no fue posible realizar los muestreos y análisis de los parámetros físico-químicos mensualmente, debido a la limitación de los recursos económicos; se planificó realizar evaluaciones en la época de estiaje y época de lluvias. Se consideró representativo dos evaluaciones por época, los mismos que deberían contemplar el efecto acumulativo de los últimos tres meses antes de la fecha de evaluación. Fue necesario considerar el efecto acumulativo puesto que las precipitaciones incrementan el nivel de los reservorios de agua de modo aditivo y la dilución de sus componentes seguiría esta misma tendencia. Así por ejemplo en el caso de las precipitaciones una evaluación en los primeros días del mes de octubre informaría del efecto de la escasa lluvia en los meses de julio, agosto y setiembre. Según este criterio se realizaron las evaluaciones de acuerdo al cronograma que se presenta en la figura N° 1.



La precipitación acumulativa es un criterio que tiene como objetivo medir el efecto aditivo de este factor ambiental en el crecimiento de *Nostoc commune*, a través de la suma de las precipitaciones mensuales del último trimestre inmediato anterior a las fechas de evaluaciones indicadas en la figura N° 01. Los valores de precipitación acumulativa calculadas a partir de los datos proporcionados por el SENAMHI de la estación meteorológica de Recuay se presentan en la tabla N° 01 como la sumatoria (Σ) de los valores de precipitación de los tres meses precedentes.

Tabla N° 01. Precipitación acumulativa obtenida con la data del SENAMHI de la estación meteorológica de Recuay

Precipitación – Año 2009 (mm)				Precipitación – Año 2010 (mm)			
Julio	0,0	Octubre	146,2	Abril	85,1	Julio	2,0
Agosto	13,8	Noviembre	139,1	Mayo	25,3	Agosto	6,2
Setiembre	14,6	Diciembre	152,9	Junio	8,5	Setiembre	36,1
Σ al 01 Oct.	28,4	Σ al 19 Dic.	438,2	Σ al 12 Jun.	118,9	Σ al 18 Oct.	44,3

Bajo este mismo criterio se realizaron los cálculos para determinar los valores promedio de temperaturas mínima y máxima a partir de la data proporcionada por el SENAMHI de la estación meteorológica de Recuay. Los valores de temperatura se describen a continuación en las tablas N° 02 y 03.

Tabla N° 02. Promedio de temperatura mínima trimestral obtenida con la data del SENAMHI de la estación meteorológica de Recuay

Precipitación – Año 2009 (mm)				Precipitación – Año 2010 (mm)			
Julio	3,5	Octubre	5,1	Abril	6,9	Julio	1,1
Agosto	1,9	Noviembre	5,8	Mayo	4,4	Agosto	0,7
Setiembre	3,4	Diciembre	7,5	Junio	1,4	Setiembre	2,8
? al 01 Oct.	2,9	? al 19 Dic.	6,1	? al 12 Jun.	4,2	? al 18 Oct.	1,5

Tabla N° 03. Promedio de temperatura máxima trimestral obtenida con la data del SENAMHI de la estación meteorológica de Recuay

Precipitación – Año 2009 (mm)				Precipitación – Año 2010 (mm)			
Julio	21,3	Octubre	20,8	Abril	22,0	Julio	22,4
Agosto	22,3	Noviembre	19,6	Mayo	22,2	Agosto	22,7
Setiembre	22,8	Diciembre	18,7	Junio	22,7	Setiembre	22,1
? al 01 Oct.	22,2	? al 19 Dic.	19,7	? al 12 Jun.	22,3	? al 18 Oct.	22,4

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se estableció el grado de influencia de los factores meteorológicos y de las características físico químicas del agua de la laguna cocha en el crecimiento natural de *Nostoc commune* mediante análisis de correlación. Se determinó también el tamaño de colonia de cushuro más abundante el periodo de evaluación, mediante histogramas de frecuencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES METEOROLOGICAS

Las características ambientales del lugar donde se encuentra la laguna Patococha corresponden al de una Puna con temperaturas atmosféricas que tienen promedios anuales mínimos de 3 °C y promedios anuales máximos de 8 °C y el régimen de precipitación muestra una marcada diferencia entre la época de estiaje donde la precipitación puede reducirse a menos de 5 mm mensuales entre los meses de abril a setiembre, respecto a la época de lluvias donde la precipitación puede alcanzar los 180 mm mensuales entre los meses de octubre a marzo.

Los factores meteorológicos precipitación y temperatura ambiental, considerados en el presente estudio no tienen un efecto directo sobre el material celular de las colonias de *Nostoc commune*, sin embargo si pueden modificar de forma significativa las características físico químicas del agua de la laguna donde crecen estos microorganismos; pudiendo establecerse relaciones causa – efecto que son motivo de esta investigación.

4.1.1. Precipitación y crecimiento de *Nostoc commune*

La información meteorológica proporcionada por el SENAMHI corresponde a la estación meteorológica de Recuay y los datos básicos se exponen en la tabla

N° 01-An de la sección de anexos. El perfil general de la precipitación y su correspondiente variación estacional se muestra en la figura N° 01-An de la sección de anexos.

Los datos de precipitación acumulativa calculados en la sección de métodos fueron utilizados para elaborar la figura N° 02 donde representan de modo comparativo los trazos correspondientes a la precipitación y crecimiento de *Nostoc commune* en la laguna Patococha.

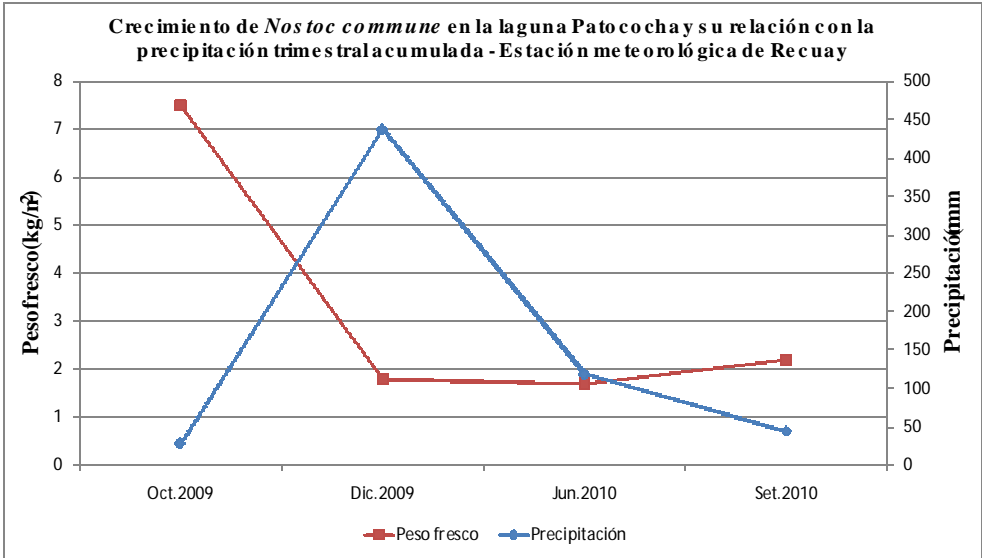


Figura N° 02. Comparativo de la precipitación y el crecimiento de cushuro

Observando el emplazamiento de la curva de precipitación ascendente en la época lluviosa y coincidente con una brusca depleción de la curva correspondiente al crecimiento de *Nostoc commune* se puede considerar un efecto negativo, el mismo que podría estar relacionado con la dilución de nutrientes al incrementar el volumen del agua en la laguna, así mismo se produciría también mayor

dispersión de las colonias de esta cianobacteria, encontrándose menor número de colonias por unidad de área.

Al realizar el análisis de correlación entre los datos de ambas variables se obtuvo un valor para el coeficiente de 0,5 lo que nos indica estadísticamente estas variables no están relacionadas o no existiría una clara relación causa – efecto.

La reducción de la precipitación en la época de estiaje trae consigo la disminución del nivel de la laguna y si esto ocurre de modo acelerado, queda expuesta la orilla de la laguna y las colonias de *Nostoc commune* a la desecación, contribuyendo a la disminución de su biomasa en la laguna. Este efecto es acrecentado por la coincidente actividad de cosecha o recolección de las plantas de cushuro por parte de los campesinos con fines de alimentación. Este factor de incertidumbre produjo en este trabajo de investigación el incremento del error experimental que no pudo ser controlado por ser la laguna un ambiente natural expuesto.

La reducción drástica de la biomasa de la cianobacteria estudiada desde el inicio de la disminución de precipitación en el año 2010 se explicaría también en función del afloramiento copioso del helecho del género *Azolla* que ha llegado a cubrir gran parte de la superficie de la laguna, incluyendo las orillas, reduciendo el ingreso de la luz hasta la superficie sumergida de la laguna, de modo que interfiere con la fotosíntesis de los organismos fotosintéticos del fondo de la laguna, como es el caso del cushuro. Es importante también señalar que el éxito propagativo de *Azolla* está condicionada al establecimiento de una simbiosis

mutualista con otra cianobacteria del género *Anabaena* que resultaría en un competidor de *Nostoc*.

4.1.2. Temperatura ambiental y crecimiento de *Nostoc commune*

El perfil general de temperatura ambiental mínima y máxima mensual y su correspondiente variación estacional se muestra en la figura N° 02-An de la sección de anexos y en esta misma sección se informa de los datos básicos de temperatura proporcionados por el SENAMHI en la tabla N° 02-An.

A continuación se presenta la figura N° 03 que compara el crecimiento de la cianobacteria y la temperatura atmosférica.

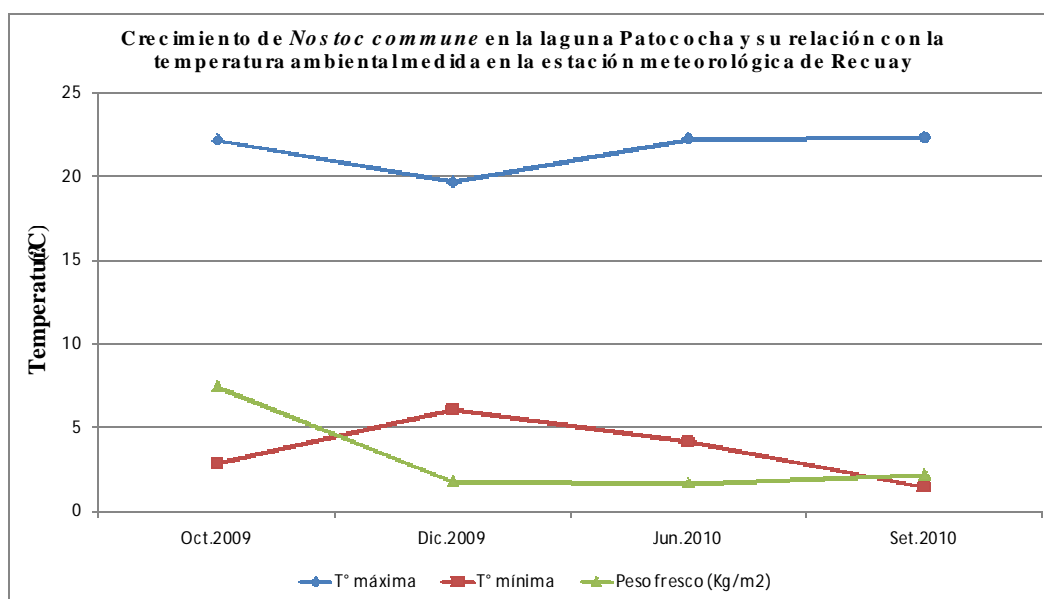


Figura N° 03. Comparativo de la temperatura ambiental y el crecimiento de cushuro

Los valores promedios de temperatura mínima y máxima trimestrales calculados en la sección de métodos fueron utilizados para elaborar la figura N° 03 donde se representan de modo comparativo los trazos correspondientes a las temperaturas mínima y máxima ambiental y el crecimiento de *Nostoc commune* en la laguna Patococha.

En la figura es posible observar que la distancia entre temperatura mínima y máxima en la época de lluvias es del orden de 14 unidades y en la época de estiaje se amplía hasta un orden de 21 unidades. Estas fuertes variaciones serían transferidas también al estrato superior del agua de la laguna donde desarrolla el cushuro, el que según el trazo de su crecimiento parece tener mejor respuesta de crecimiento en la época de estiaje. Un factor que podría actuar de forma concomitante en la reducción del crecimiento de *Nostoc* en la época de lluvias es el aumento de la viabilidad de otros microorganismos autotróficos fotosintéticos o heterótrofos adaptados a un rango de variación menor de la temperatura, ejerciendo una mayor presión de competencia, por lo que se registraría un declive en el crecimiento de la cianobacteria en la época de lluvias.

Al realizar los correspondientes análisis de correlación entre los datos de temperatura ambiental y crecimiento de *Nostoc commune* se obtuvieron valores del coeficiente de correlación entre 0,3 y 0,5 llevándonos a la conclusión en términos estadísticos de que no existe una relación causa-efecto entre la temperatura ambiental y el crecimiento de esta cianobacteria.

4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

Los valores obtenidos en los cuatro eventos de evaluación de los parámetros: temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica, dureza total, sólidos totales disueltos (STD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), oxígeno disuelto (OD), nitratos y fosfatos se presentan en la tabla N° 04 incluyendo las unidades de sus medidas.

Tabla N° 04. Valores de los parámetros físico químicos del agua de la laguna Patococha en el periodo 2009 – 2010.

Parámetros	Meses de evaluación			
	Oct.2009	Dic.2009	Jun.2010	Oct.2010
Temperatura (°C)	15,00	13,20	16,30	15,90
pH	10,2	8,56	7,41	8,33
Turbidez (NTU)	4,52	4,81	3,06	10,21
Conductividad (µS/cm)	148,20	136,70	192,70	146,00
Dureza Total (mg/L)	98,70	84,74	104,00	85,86
STD (mg/L)	93,00	51,00	171,00	105,00
DBO ₅ (mg/L)	3,00	4,00	4,00	5,00
OD (mg/L)	4,87	4,69	4,02	5,57
Nitratos (mg/L)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Fosfatos (mg/L)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03

En las mismas fechas en que se evaluaron los parámetros físico químicos del agua de la laguna se determinó también la producción de bio asa de cianobacterias por unidad de superficie (m²); los valores obtenidos se incluyen en

la tabla N° 05 en la que se presenta la biomasa en términos de peso fresco, es decir biomasa con su respectivo contenido de agua.

Tabla N° 05. Productividad de *Nostoc commune* como peso fresco por metro cuadrado en la laguna Patococha entre los años 2009 y 2010.

Parámetros	Meses de evaluación			
	Oct.2009	Dic.2009	Jun.2010	Oct.2010
Peso fresco (Kg/m ²)	7,50	1,80	1,70	2,20

4.2.1. pH del agua y crecimiento de *Nostoc commune*

Los valores de pH obtenidos en los muestreos estacionales de la laguna se encuentran representados en la figura N° 04 donde también se tiene la curva que representa la variación estacional del crecimiento de *Nostoc commune*.

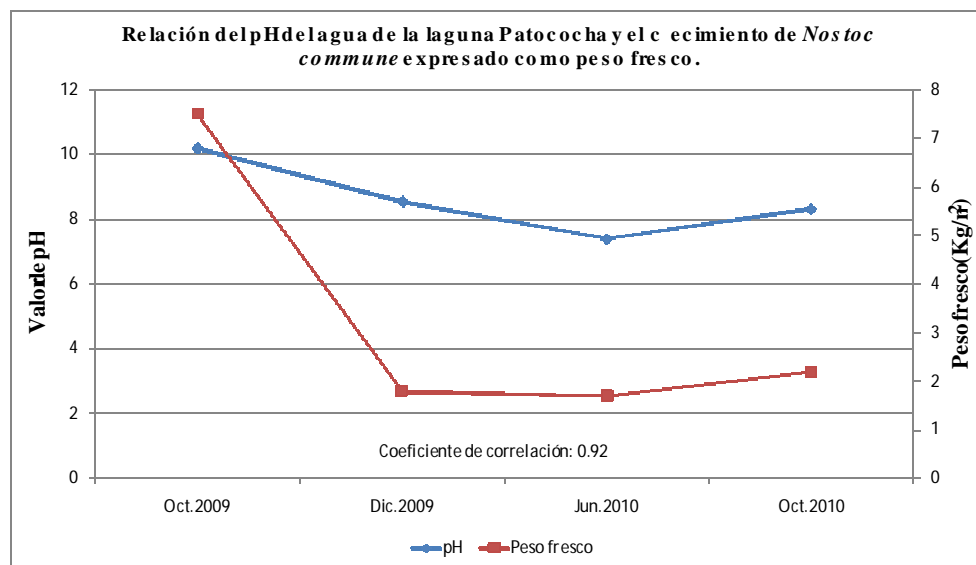


Figura N° 04. Comparativo del pH del agua y el crecimiento de cushuro

Al comparar el trazo de las curvas de ambos parámetros se puede observar una alta correspondencia. Un hallazgo importante de este proceso de evaluación de las variaciones de los parámetros físico químicos en el agua de la laguna Patococha donde crece en forma natural *Nostoc commune*, es que en cualquier época del año el valor del pH fue siempre alcalino disminuyendo en la época de lluvias probablemente por efecto de la dilución y persistiendo su disminución hasta la época de estiaje mientras la actividad metabólica microbiana probablemente es fuertemente oxidativa con la producción de ácidos orgánicos, así como la acidificación por incremento de la concentración de anhídrido carbónico de origen metabólico. Se tiene información que corrobora el hallazgo del afloramiento del cushuro en aguas de tendencia alcalina, como los reportes donde se señala la existencia de esta cianobacteria en las lagunas Conococha y Chinchaycocha con reacción alcalina con valores de pH entre 8 y 9 (Parks Watch, EIA Antamina).

El carácter ligeramente alcalino del agua estaría en alguna forma ligado a la presencia de carbonatos y bicarbonatos como se pudo determinar mediante los análisis químicos realizados. Así se tiene que en la evaluación correspondiente al mes de diciembre de 2009 cuando el pH fue de 8,56 la alcalinidad total fue de 65,02 mg/L CaCO₃ y la alcalinidad fenolftaleínica igual a 6,12 mg/L CaCO₃ que ocurriría cuando solamente los bicarbonatos están presentes en adición a los carbonatos, excluyendo a los hidróxidos. En la evaluación de junio de 2010 cuando el pH fue de 7,41 la alcalinidad total fue de 76,76 mg/L CaCO₃ y la

alcalinidad fenolftaleínica igual a 0,0 mg/L CaCO₃ por lo tanto no hay hidróxidos ni carbonatos, toda la alcalinidad es por los bicarbonatos.

4.2.2. Temperatura del agua y crecimiento de *Nostoc commune*

El muestreo del agua de la laguna y la medición de los parámetros físico químicos fue realizado en los cuatro momentos de evaluación alrededor de las 10:00 horas del día, por lo que no existe mucha variación en los datos, puesto que la incidencia de la radiación es aproximadamente la misma en épocas de lluvia o de estiaje. El trazo de los valores de temperatura del agua y el crecimiento de *Nostoc commune* se presentan en la figura N° 05.

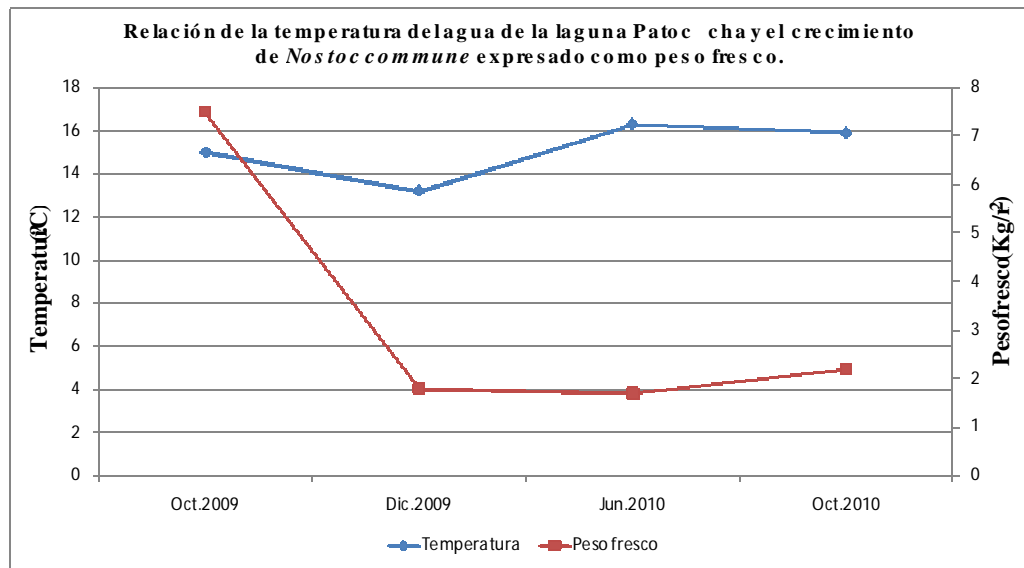


Figura N° 05. Comparativo de la temperatura del agua y el crecimiento de cushuro

De acuerdo con el análisis de correlación realizado para los datos de ambos parámetros no se establece relación causa – efecto entre la temperatura del agua

y el crecimiento de *Nostoc commune*. En este caso es importante considerar que la temperatura del agua varía notablemente con la incidencia de la radiación solar, de modo que para tener una data que ayude a determinar mejor la influencia de la temperatura en el crecimiento del cushuro es mejor tener varias medidas de la temperatura durante el día. A pesar de esto se tiene información de la influencia de la temperatura en la producción de metabolitos secundarios bajo condiciones de laboratorio; así Anderson en 1983 reportó la influencia sinérgica de la luz y temperaturas entre 30 y 39 °C en la producción de pigmentos fotosintéticos de una especie de *Nostoc*. Otros cuerpos de agua de los Andes como la laguna Chinchaycocha donde también crece *Nostoc commune* han presentado temperaturas medias de 17 °C en el estrato superior de la laguna, valor que está muy cerca a los hallados para la laguna Patococha (Par Watch).

4.2.3. Oxígeno disuelto y crecimiento de *Nostoc commune*

Los valores de oxígeno disuelto en el agua determinado en cada momento de la evaluación estacional y los datos de crecimiento de *Nostoc commune* se encuentran representados en la figura N° 06 y en función de sus trazos se puede apreciar una ligera correspondencia en el sentido que a disminución del oxígeno disuelto se relaciona con la disminución del crecimiento.

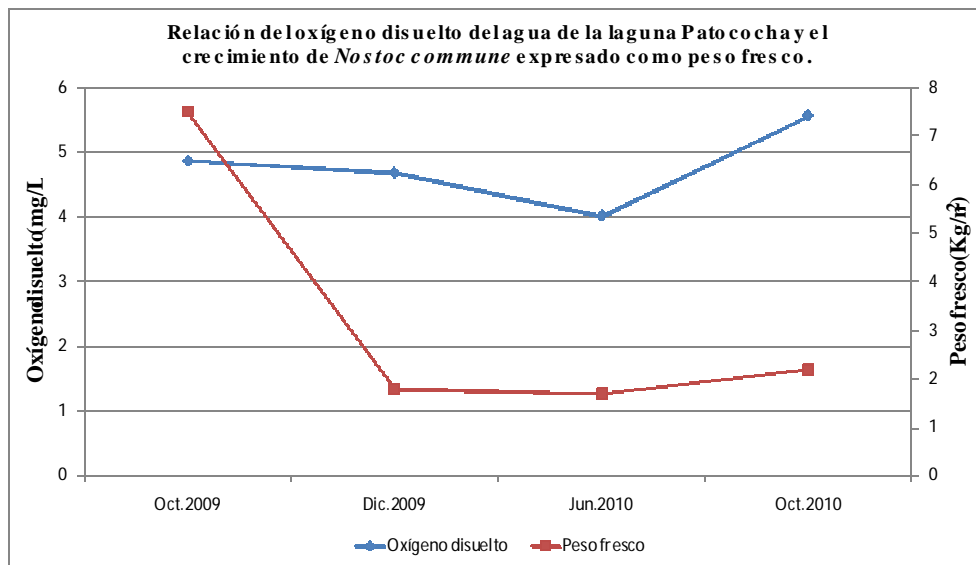


Figura N° 06. Comparativo del oxígeno disuelto y el crecimiento de cushuro

A pesar de la ligera correspondencia de las curvas de los parámetros al realizar el análisis de correlación se obtiene para el coeficiente un valor menor a 0,5 lo que indicaría al menos en términos estadísticos que no existe correspondencia aparente entre los niveles del oxígeno disuelto en el agua y el crecimiento de la cianobacteria. Es importante considerar al respecto que, a la altitud (> 4 000 m.s.n.m.) en que se encuentra la laguna Patococho, la presión atmosférica es menor de 500 mmHg y la presión parcial de oxígeno es baja; por lo tanto existiría menor cantidad de oxígeno disuelto en comparación a espacios geográficos de menor altura.

De modo general en todas las evaluaciones realizadas en el presente estudio en la laguna Patococho el nivel de oxígeno disuelto en el agua es bajo, más aun si se considera la copiosa existencia de organismos autotróficos fotosintéticos

productores de oxígeno molecular como los helechos del género *Azolla* y macrofitas del género *Myriophyllum*. La baja cantidad de oxígeno disuelto podría ser consecuencia de la fuerte demanda que ejercen los organismos zooplanctónicos que son abundantes en estas aguas y por la temperatura que en el momento de su registro fue superior a los 13 °C en las evaluaciones. Una situación similar ocurre en la laguna Conococha según lo señalado en el EIA del concentrado de la Compañía Minera Antamina que en 1999 registró 3,69 mg/L de oxígeno disuelto para este cuerpo de agua, observándose al mismo tiempo una desarrollada comunidad de peces y algas. Las bajas concentraciones de oxígeno podrían haber estado condicionadas por la alta demanda de oxígeno biológico.

4.2.4. Nutrientes y crecimiento de *Nostoc commune*

En la evaluación realizada para determinar la cantidad de nitratos y fosfatos en el agua, los resultados obtenidos muestran que estos son rápidamente absorbidos y asimilados por los microorganismos fitoplanctónicos entre los que se encuentran las cianobacterias, así como por las macrofitas fotosintéticas, de modo que no pudo detectarse su presencia incluso con métodos analíticos de alto grado resolutivo como la espectrofotometría. Estos resultados obtenidos para los nitratos y fosfatos, así como los bajos valores de conductividad eléctrica y sólidos suspendidos que se obtuvieron, permiten confirmar el carácter oligotrófico de esta laguna altoandina, cuya recarga hídrica en buena parte es de origen glaciar como el de otras lagunas de los Andes. En la laguna Tranca Grande localizada en el departamento de Junín donde se realiza piscicultura, el agua es de naturaleza

oligotrófica,; sin embargo se ha registrado buena diversidad fitoplanctónica pese al bajo contenido de nutrientes (Mariano, 2001). Soto el 2002 determinó para algunos lagos en el Sur de Chile valores de N total que no excedieron los 20 mmol L-1 y concentraciones de P total que no superaron los 0,8 mmol L-1 lo que sugiere considerar al N un elemento clave en la regulación del crecimiento a través de la producción de clorofila “a” (Chla).

4.2.5. Conductividad eléctrica y crecimiento de *Nostoc commune*

Los valores de conductividad eléctrica medidos en el agua de la laguna Patococha en los cuatro momentos de evaluación estacional fueron representados en forma comparativa con los datos de crecimiento de *Nostoc commune*, observándose por sus trazos respectivos mostrados en la figura N° 07 que no siguen una tendencia relacionada.

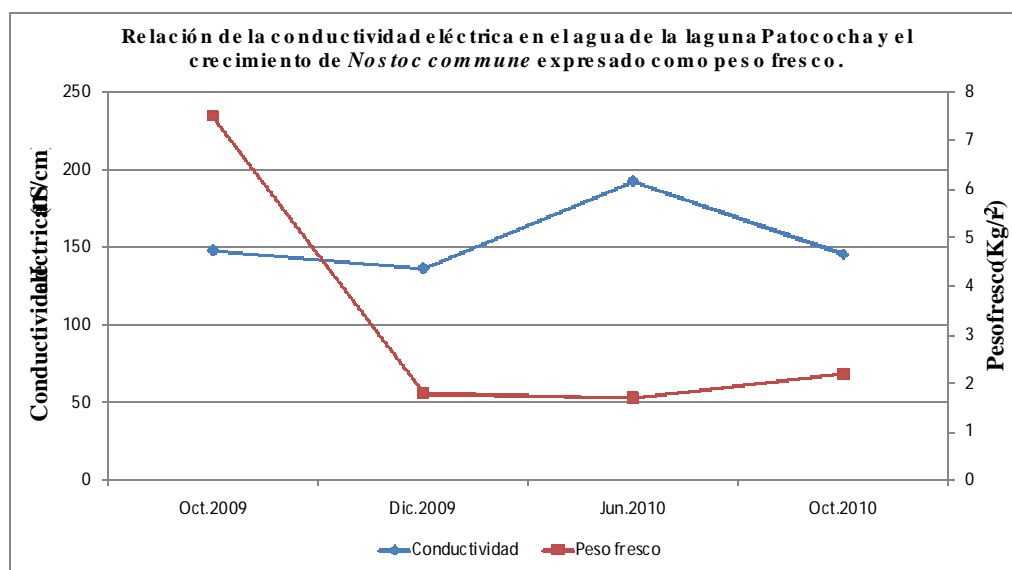


Figura N° 07. Comparativo de conductividad eléctrica y el crecimiento de cushuro

La conductividad eléctrica es un parámetro indicativo de la cantidad de sales disueltas en una masa acuosa y en el agua de la laguna Patococha los valores obtenidos en todos los casos fueron superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pero nunca superiores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que es posible considerar al agua de la laguna como ligeramente dura. El efecto de la conductividad eléctrica sobre el crecimiento de un organismo biológico tendría una interpretación indirecta, ya que de su valor deducimos la probable diversidad y cantidad de minerales que pueden estar disponibles para los sistemas bióticos. Sin embargo al realizar el análisis de correlación con el fin de determinar si existe una relación entre los datos de ambos parámetros, el resultado obtenido descarta esta probabilidad, ya que obtuvo como valor para el índice de correlación menor a 0,5.

Se tiene información que otras especies de cianobacterias tienen comportamiento halotolerante y logran desarrollar de forma abundante en aguas con elevada salinidad y altos valores de conductividad eléctrica, como es el caso de especies marinas o de cuerpos lenticos salados (Fuenmayor 2009).

4.2.6. Dureza y sólidos disueltos y crecimiento de *Nostoc commune*

La dureza total y los sólidos totales disueltos determinados en cada momento de la evaluación de la laguna están representados en la figura N° 08 conjuntamente con el crecimiento de *Nostoc commune*, con el fin de determinar una probable relación causa – efecto.

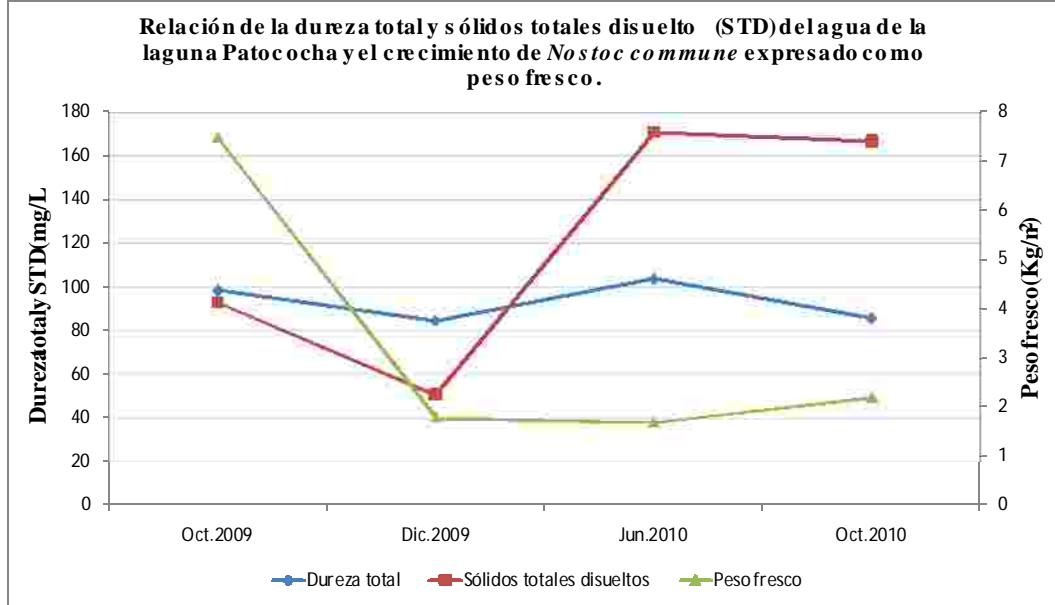


Figura N° 08. Comparativo de la dureza total y sólidos totales disueltos y el crecimiento de cushuro

Como ha ocurrido con otros parámetros evaluados el trazo de la dureza total y la de los sólidos totales disueltos no tienen correspondencia con el trazo del crecimiento de *Nostoc commune*, lo que se corrobora mediante el análisis de correlación. Sin embargo si es posible observar una buena correlación entre los datos de dureza total y sólidos totales disueltos. En particular por los valores medidos para la dureza total en las cuatro evaluaciones realizadas el agua de la laguna sería ligeramente dura siendo en todos los casos los carbonatos de calcio la proporción mayoritaria; así por ejemplo en la determinación de octubre de 2010 la dureza total medida fue 85,86 mg/L, del cual la dureza cálcica fue 58,12 mg/L CaCO_3 y la dureza magnésica fue 27,73 mg/L CaCO_3 . La presencia de carbonatos y bicarbonatos producto de la solubilización del anhídrido carbónico en agua

constituirían el principal sistema amortiguador del pH alcalino característico de esta laguna altoandina.

4.2.7. Turbidez y DBO₅ y crecimiento de *Nostoc commune*

Los datos correspondientes a la turbidez y a la demanda bioquímica de oxígeno del agua de la laguna Patococha se muestran representados en forma de curvas, conjuntamente con los datos de crecimiento de *Nostoc commune* en la figura N° 09 a fin de establecer la influencia de estos dos parámetros físico químicos del agua en el crecimiento de la cianobacteria.

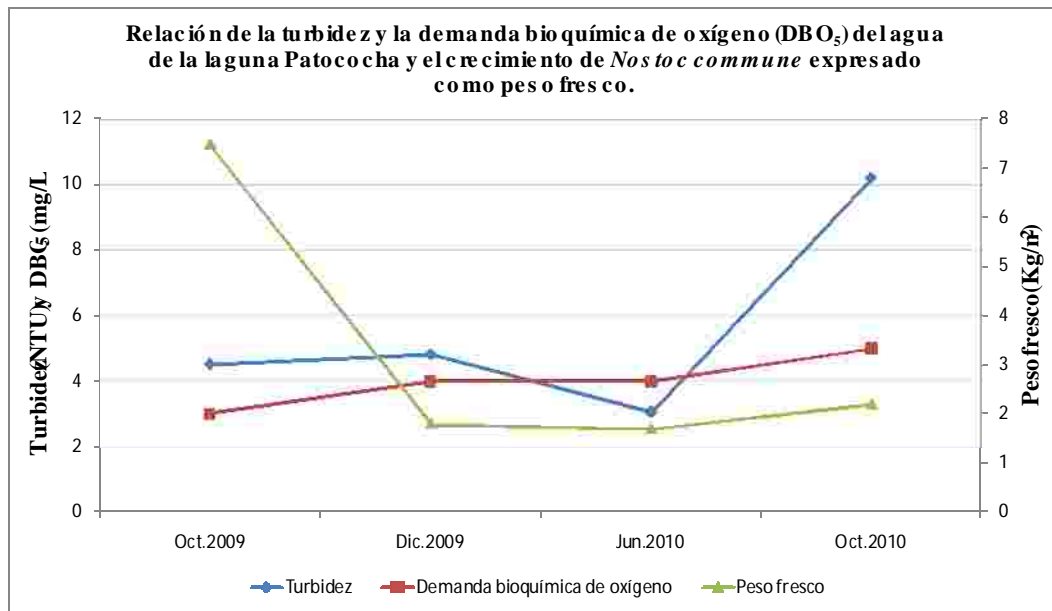


Figura N° 09. Comparativo de la turbidez y DBO₅ y el crecimiento de cushuro

Los valores obtenidos para el parámetro turbidez son bastante bajos, permitiendo calificar a esta agua como clara o transparente con escasa cantidad de sólidos

inorgánicos u orgánicos suspendidos. En este caso no hay evidencias de una interferencia en la transmisión de la luz incluso a capas más profundas del agua de la laguna. Las colonias de *Nostoc* desarrollan sobre el suelo del fondo de la laguna pero a nivel de las orillas donde la columna de agua no sobrepasa los 30 cm de profundidad y al no haber turbidez el acceso a la luz es prácticamente del 100 %.

En relación a la demanda bioquímica de oxígeno los valores medidos son también bastante bajos indicando que la presencia de materia orgánica metabolizable es baja y si correlacionamos con la escasa cantidad de nitratos y fosfatos que estuvieron por debajo de los límites de detección espe métrica, se podría decir que este cuerpo de agua es de naturaleza oligotrófica.

A pesar de que estos parámetros al menos de modo teórico tendrían relación con el crecimiento de los organismos biológicos, en este caso en particular no ha podido establecerse una correlación gráfica al comparar el trazo de sus curvas y tampoco mediante procedimientos estadísticos.

En la sección de Apéndice se presentan figuras combinadas de los diferentes parámetros físico químicos del agua de la laguna Patococha en relación al crecimiento de *Nostoc commune* en la laguna y expresado como peso fresco acumulado bajo la forma de polímeros que conforman la estructura o membrana que circunda las colonias esféricas de esta cianobacteria (ver figuras 01-Ap, 02-Ap y 03-Ap). Es posible comparar la tendencia de los trazos de los parámetros físico

químicos entre si y llegar a determinar correspondencias en el comportamiento como ocurre en el caso de la conductividad eléctrica, total y sólidos totales disueltos en la figura 02-Ap.

4.3. CRECIMIENTO DE CUSHURO EN LA LAGUNA PATOCOCHA

Las colonias esféricas de *Nostoc commune* desarrollan sumergidas en el agua de la laguna, pero únicamente en la zona marginal hasta una profundidad aproximada de 20 cm. Como medida fundamental del crecimiento se ha considerado la cantidad de materia fresca producida en cada periodo de evaluación, la misma que estuvo representada por el peso fresco por unidad área; sin embargo otro parámetro referencial de la dinámica de crecimiento que fue medido es la distribución del tamaño de las colonias. Los datos obtenidos fueron empleados para representar una figura con los histogramas de frecuencia de los diámetros de las colonias colectadas en tres eventos de muestreo. La figura N° 10 permite comparar la distribución de frecuencias porcentuales, que en todos los casos el diámetro más frecuente es de 10 mm tanto en época de estiaje como en la época de lluvias.

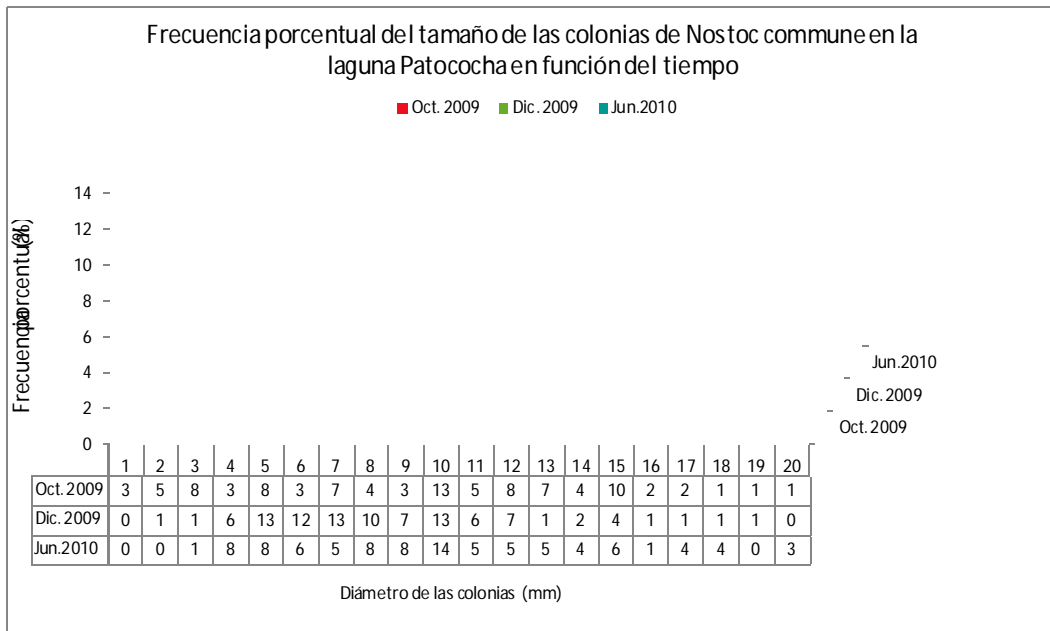


Figura N° 10. Histogramas de frecuencia %l de diámetro de colonias de cushuro

Se observa que en la época lluviosa la frecuencia de los diámetros entre 5 y 10 mm alcanza a ser aproximadamente 13 % de modo que esta podría corresponder al periodo del año en el cual las colonias van incrementando su masa, en tanto que en la época de estiaje se produciría el incremento en número.

V. CONCLUSIONES

- La precipitación y temperatura atmosférica no interactúan de modo directo con el material celular de las colonias de *Nostoc commune*, sin embargo sí modifican de modo significativo las características físico químicas del agua de la laguna donde crecen estos microorganismos.
- El efecto indirecto de la precipitación sobre el crecimiento de *Nostoc commune* es realizado a través de la modificación del nivel hídrico de la laguna, produciéndose la dilución de compuestos portadores de bioelementos y oligoelementos, así como la dilución de hidrogeniones e hidroxilos alterándose el pH óptimo requerido. La drástica reducción del crecimiento de esta cianobacteria en la época de lluvias es el argumento más importante para sostener esta conclusión.
- El efecto de la temperatura atmosférica en el crecimiento de *Nostoc commune* en la laguna Patococha es también indirecto, puesto que no incide directamente en el material biológico. Sin embargo la temperatura atmosférica está fuertemente ligada a la dinámica de transferencia de calor con los cuerpos acuosos que sí llegan a establecer contacto físico con el material biológico de los recursos hidrobiológicos. El régimen de temperatura atmosférica en donde se presenta una mayor separación entre

temperatura mínima y máxima está relacionada con la reducción del crecimiento de esta cianobacteria.

- Se ha determinado que existe una marcada influencia del pH del agua de la laguna Patococha en el crecimiento de *Nostoc commune*. La relación se ha llegado a definir como una correlación positiva, determinando que el pH óptimo para el crecimiento de esta cianobacteria es ligeramente alcalino (entre 8 y 9) de modo que la disminución en el valor del pH tiene como consecuencia la reducción del crecimiento en términos de peso fresco de biomasa.
- El agua es un compuesto con alto calor específico de modo que su temperatura varía cuando se ha producido la transferencia de grandes cantidades de energía. La medida de la temperatura del agua en un solo momento del día en la laguna Patococha, no ha proporcionado información suficiente para establecer relaciones causa – efecto con el crecimiento de *Nostoc commune*. Sin embargo el valor promedio de temperatura en el estrato superficial de las lagunas altoandinas suele estar entre 12 y 22 °C influenciado de hecho por la temperatura atmosférica y el movimiento de las masas de aire.

- La cantidad de oxígeno disuelto en el agua de la laguna Patococha es una variable que depende de más un factor abiótico y biótico. La presión parcial de oxígeno atmosférico por efecto de la altura es menor que al nivel del mar, lo que trae como consecuencia la disminución del oxígeno disuelto en agua. La actividad metabólica de organismos planctónicos heterotróficos contribuirían en la reducción de este gas en el agua; tanto que los organismos autotróficos podrían aportar a favor de su producción en agua. No se ha podido establecer una clara influencia del oxígeno disuelto sobre el crecimiento de *Nostoc commune* en la laguna Patococha.
- Los niveles de nitratos y fosfatos en las evaluaciones realizadas en el agua de la laguna Patococha fueron bajos, al punto que no pudieron ser detectados por métodos espectrofotométricos. Al ser el ecosistema de la laguna Patococha complejo y constituido por una amplia diversidad de organismos productores y consumidores es más probable que estos compuestos sean rápidamente consumidos por toda la red trófica.
- En el caso de otros parámetros físico químicos como la conductividad eléctrica, dureza total, sólidos totales disueltos, turbidez y la demanda bioquímica de oxígeno no se llegó a establecer una relación causa – efecto, es decir no se ha logrado determinar de forma clara la influencia de estos parámetros físico químicos en el crecimiento nativo de *Nostoc commune*.

Sin embargo en el caso de la conductividad eléctrica, dureza total y sólidos totales disueltos se observó una estrecha correlación positiva entre ellos. La dureza total medida califica al agua de la laguna como ligeramente dura y estaría relacionada con el equilibrio del pH del agua laguna.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDAVE, P. Algas andino peruanas como recurso hidrobiológico alimentario. Boletín de Lima, 1985 Vol. 37: 66 – 72.
2. BRACK, ANTONIO. Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú. Cuzco: Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas. 1ra. Edición. 1999.
3. COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto consideración de alineamientos para el Concentraducto Huarmey – Addendum N° 3 Volumen II. Preparado por: Knight Piésold Consultores S.A. Project L3409.
4. ENDERLIN, C. & MEEKS, J. Pure culture and reconstitution of the Anthoceros – Nostoc symbiotic association. Annual Meeting Bacteriology Department of Bacteriology University of California, 1983 Paper number 95616.
5. FUENMAYOR G., JONTE L., ROSALES-LOAIZA N. Y MORALES E. Efecto de la salinidad y la concentración de nutrientes sobre el crecimiento y composición bioquímica de la cianobacteria autóctona *Oscillatoria* sp.MOF-06. Scientific Journal from the Experimental Faculty of Sciences, at the Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. Ciencia. 2009. Vol. N° 17(1): 50-57.

6. GARCIA, C., ROMAN, C., VANEGAS, J. & ARCILA, D. Fisicoquímico y Biológico Comparado en dos quebradas de Alta Montaña Neotropical. Revista de Investigaciones Universidad de Quindío Colombia. 2007. Vol. N° 17: 57- 80.
7. GONZALES, L. Determinación de ácidos grasos en una nueva especies de alga del género *Nostoc*. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México, 1976.
8. GRANT W. Y LONG P. 1989. Microbiología Ambiental. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. 222 p.
9. INRENA Estudio Nacional de la Biodiversidad Biológica. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales – Dirección General de Áreas Naturales Protegidas y Fauna Silvestre del Ministerio de Agricultura. 1997.
10. L K ANDERSON, M C RAYNER, R M SWEET AND F A EISERLING. Regulation of *Nostoc* sp. phycobilisome structure by light and temperature. J. Bacteriol. 1983. Vol N° 155(3): 1407-1416.
11. LARCHER, W. 1980. Ecofisiología Vegetal. Ediciones Omega S.A. Barcelona-España. 282 p.
12. MADIGAN, MICHAEL., MARTINKO, JHON. y PARKER, JACK. Brock Biología de los Microorganismos. Madrid: Prentice Hall International (UK) Ltd. 8va. Edición. 1998.
13. MARGULIS, LYNN. y SCHWARTZ, KARLENE. Los Cinco Reinos. Barcelona: Editorial Labor S.A. 1ra. Edición. 1985.
14. MARIANO, MAURO. Composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Tranca Grande (Junín, Perú). Rev. per. biol. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. 2001. Vol. N° 8: 2

15. MORALES, E., RODRÍGUEZ, M., GARCÍA, D., LORETO, C. Y MARCO, E. Crecimiento, producción de pigmentos y exopolisacáridos de la cianobacteria *Anabaena* sp. PCC 7120 en función del pH y CO₂. Interciencia. 2002. Vol. N° 27(7): 373 – 378.
16. NÚÑEZ, J. & MENDOZA, A. Fatty acid composition and nutritional effect in rats of cushuro (*Nostoc sphaericum* vaucher). Pharmacology on line, 2006 Vol. N° 3: 676 – 682.
17. ONERN Los Recursos Naturales del Perú. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales de la República del Perú. 1985.
18. PARKS WATCH. Reserva Nacional de Junín. ParksWatch. Centro de Conservación Tropical. Copyright © 2004.
19. RAMÍREZ-MORENO L. Y OLIVERA-RAMÍREZ R. Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.). Interciencia. 2006. Vol. N° 31(9).
20. RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ M., MENÉNDEZ S., MORENO-EIRIS E., CALONGE A., PEREJÓN A. Y REITNER J. Estromatolitos: las rocas construidas por microorganismos. Reduca (Geología). Serie Paleontología 2. 2010. Vol. N° 5: 1-25.
21. ROSALES N., ORTEGA J., MORA R. Y MORALES E. Influencia de la salinidad sobre crecimiento y composición bioquímica de la cianobacteria *Synechococcus* sp. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Ciencias Marinas. 2005. Vol. N° 31(2):349 – 355.
22. SCHERER, S., CHEN, T. & BOGER, D. A New UV-A/B Protecting Pigment in the Terrestrial Cyanobacterium *Nostoc commune*. Plant Physiology, 1988 Vol. N° 88: 1055 –1057.
23. SEABURG, K.; PARKER, B., WHARTON, A. & SIMMONS, G. Temperature-growth responses of algal isolates from Antarctic oases. J. Phycol. 1981. Vol ° 17:353-360

24. SOTO, DORIS. Patrones oligotróficos en lagos del sur de Chile: relevancia de los nutrientes y de la profundidad de mezcla. Revista Chilena de Historia Natural. 2002. Vol. N° 75: 377-393
25. WATERBURY, J.; WATSON, S.; VALOIS, F. & FRANKS, D. Biochemical and ecological characterization of marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus*. In: T. Plant and W.K. W. Li (Ed), Photosynthetic picoplankton. Can. Bull. Fish. aquat. Sci. 1986. Vol N° 214:71-120