



Citación: Conde *et al.* (2022). Contribución al conocimiento de las diatomeas del perifiton en el río Qochoq, Calca, Cusco, Peru. Q'EUÑA 13(1): 14-24.

<https://doi.org/10.51343/rq.v13i1.1018>

Recibido: Febrero 14, 2022

Aceptado: Junio 15, 2022

Publicado: Julio 12, 2022

Copyright: © 2022 Conde *et al.* Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

M. E. Holgado-Rojas

encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe

sadyzuñiga25@gmail.com

ORCID 0000-0001-9780-5304

choquehuancacchyuly@gmail.com

ORCID 0000-0002-9538-4187

jorge.vargas@unsaac.edu.pe

ORCID 0000-0002-2509-2269

aliciacubal@gmail.com

ORCID 0000-0002-4983-1134

ptapia@iniagem.gob.pe

ORCID 0000-0002-07808-4468

encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe

ORCID 0000-0002-2285-8679

Contribución al conocimiento de las diatomeas del perifiton en el río Qochoq, Calca, Cusco, Peru

Contribution to the knowledge of periphytic diatoms from the river Qochoq, Calca, Cusco, Peru

Sadit Neftali Conde Zuñiga¹, Yuly Yeny Choquehuanca Capatinta¹, Jorge Rogelio Vargas Febres^{1,3}, Alicia Cuba Villena^{1,3}, Pedro M. Tapia², María E Holgado-Rojas^{1,3*}

¹ *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. de la Cultura 733 Cusco, Perú.*

² *Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña*

³ *Sociedad Botánica del Cusco Av. de la Cultura 733 Cusco, Perú.*

Resumen

Se determinó cualitativa y cuantitativamente las diatomeas más recurrentes en un transecto ubicado en la zona urbana del distrito de Calca, Cusco. La evaluación se realizó durante la estación seca, en el mes de agosto del año 2021, con la finalidad de conocer la diversidad y densidad de diatomeas presentes en el río Qochoq. Se eligieron tres puntos de muestreo a lo largo del río colectándose las muestras de perifiton en sustratos naturales (piedras) de acuerdo al protocolo de Kelly *et al.*, (1998; 2002). La limpieza del carbonato y la materia orgánica se realizó en laboratorio utilizando H₂O₂ (30%) y HCl (15%) para luego obtener muestras semipermanentes (Vargas & Salazar, 2008). La cuantificación se realizó utilizando la cámara de Sedgwick Rafter. Se registraron 19 familias, 27 géneros y 62 especies predominando el género *Navicula* con 3 233 880 org. /m³ seguido de *Encyonema* con 1 455 480 org. /m³, siendo *Discostella*, el menos numeroso con 14 040 org. /m³. Se observaron formas teratológicas en *Ulnaria ulna*, *Encyonema mesiana*, *Hannaea arcus* y *Achnanthes coarctata* las mismas que se dan como un efecto accidental de las tensiones ambientales, tanto físicas como químicas; tipos de estrés; contaminación orgánica, metales pesados como hierro, zinc y manganeso que podrían estar presentes en las aguas de los baños termales de Machacancha que son afluentes del río Qochoq. Se reporta como nuevos registros para la provincia de Calca región cusco a los géneros *Discostella* y *Stephanodiscus*

Palabras clave: Diatomeas, diversidad, Qochoq, teratológicos.

Abstract

Diatoms present in lotic waters were determined both qualitatively and quantitatively in a transect located in the urban area of the district of Calca, Cusco. This evaluation was carried out in the dry season, during the month of August 2021, in order to assess the diversity and density of diatoms present in the river Qochoq. Three sampling points were chosen along the river, collecting the periphyton samples according to the protocol of Kelly *et al.*, (1998; 2002). The cleaning of carbonate and organic matter in the samples were done in the laboratory using H₂O₂ (30%) and HCl (15%), then semi-permanent slides were made (Vargas & Salazar, 2008). Quantification was performed using a Sedgwick Rafter chamber, reporting here 19 families, 27 genera and 62 species,

predominantly the genus *Navicula* with 3 233 880 org. /m³ followed by *Encyonema* with 1 455 480 org. /m³, and *Discostella* being the least abundant with 14 040 org. /m³. Teratological forms were observed in the species *Ulnaria ulna*, *Encyonema mesiana*, *Hannaea arcus* and *Achnanthes coarctata* which either they occur naturally or by environmental stress (physical and chemical). The type of stress may be due to a high load of organic contamination, elevated concentrations of heavy metals such as iron, zinc and manganese as a byproduct of thermal waters from Machacancha which are tributaries of the river Qochoq. The genus *Discostella* and *Stephanodiscus* is reported as a new record for the Calca province, Cusco region.

Keywords: Diatoms, diversity, Qochoq, teratological

Introducción

Las diatomeas, son algas unicelulares microscópicas, con una pared celular ornamentada compuesta por sílice amorfa, cuya complejidad ultraestructural, las hace únicas entre los microorganismos. Ellos forman el principal componente de comunidades bentónicas, como el perifiton de ambientes dulceacuícolas. Wetzel (1983) define al perifiton como la compleja comunidad de microbiota (bacterias, hongos, algas, protozoos, microzoobentos) y detritos orgánicos e inorgánicos, formando una biopelícula, adheridos a un sustrato (natural o artificial) sumergido en ambientes lénticos o lóticos.

En el Perú, como en otros países, los ríos recorren extensas zonas altoandinas hasta llegar a la costa arrastrando sedimentos característicos de la cuenca, además de aquellos procedentes de efluentes de aguas residuales de alcantarillado, industrias y disoluciones de agroquímicos provenientes de zonas agrícolas. Todos estos procesos condicionan un sistema altamente heterogéneo, con un marcado gradiente de iones (aniones, cationes), nutrientes y contaminantes que se manifiestan en una variación química del agua en intervalos cortos de tiempo y de escalas espaciales (Rivera, 2004), lo cual requiere del desarrollo de metodologías adecuadas para su evaluación. En la actualidad, se realizan análisis fisicoquímicos que emplean equipos rutinarios y/o sofisticados, los cuales pueden detectar incluso trazas de componentes orgánicos e inorgánicos, pero cuyos resultados solo reflejan la condición del momento de la toma de muestra. Las microalgas sirven como indicadores de cambios ambientales de muchos ecosistemas acuáticos debido a su elevada sensibilidad a un amplio rango de contaminantes. Sus ciclos de vida son cortos y las hacen indicadoras adecuadas para evaluar impactos a corto plazo y, además, la colecta es relativamente sencilla (Calizaya-Anco, 2013).

Existen dos importantes conceptos a favor de una evaluación biológica; primero, los organismos tienen una respuesta integradora con respecto a su medioambiente y a las fluctuaciones en la calidad del agua, los cuales no son detectados por análisis químicos intermitentes; y segundo, supervisar la evolución de estas especies permite evaluar si el ecosistema acuático mantiene condiciones saludables que conserven la diversidad de las comunidades de organismos (Della Bell, *et al* 2007). Las diatomeas son las microalgas más numerosas del fitobentos y fitoplancton que debido a sus características biológicas y ecológicas reflejan adecuadamente el estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos (Cox, 1991). Así también proporcionan información valiosa de la condición del ecosistema acuático; al igual que otros bioindicadores (macroinvertebrados y peces), ellos permiten realizar una adecuada y confiable línea base como referencia (McCormick, 1994). Además, presentan una distribución geográfica muy amplia y disponen de gran capacidad para colonizar ambientes bajo condiciones extremas y limitantes para otros organismos, desde aguas termales hasta hielos marinos (Round *et al.*, 1990); en ambientes ácidos o alcalinos, dulceacuícolas o hipersalinos (Seckbach & Kociolek, 2011), oligotróficos (pobres de nutrientes) o muy eutrofizados (elevada abundancia de nutrientes y materia orgánica), además de que también pueden encontrarse como endosimbiontes de otros microorganismos como dinoflagelados y foraminíferos (Kociolek & Hamsher, 2016). Asimismo, son muy sensibles a las variaciones químicas del agua (López & Altamirano, 2011).

Por lo general presentan dos formas o tipos de vida, planctónicas que habitan en la columna de agua y bentónicas que viven en los fondos acuáticos es decir en el sedimento (Okolodko & Huerta, 2018). Al respecto, Alvial *et al.* (2008) analizaron la estructura comunitaria de diatomeas depositadas en los sedimentos superficiales de ocho lagos andinos chilenos encontrando un total de 99 taxas de diatomeas, distribuidos en 48 géneros, 74 fueron identificados a nivel de especies siendo todos ellos cosmopolitas a excepción de *Eunotia andinofrequens*, *Gomphonema punae*, *Pinnularia araucanensis* y *Pinnularia acidicola* descritos solo para el hemisferio sur, en este estudio abundaron *Achnantheidium exiguum*, *A. minutissimum*, *Encyonema minutum*, *Pinnularia acidicola*, *Planothidium lanceolatum*, *Asterionella formosa*, *Aulacoseira distans*, *A. granulata*, *Cyclotella stelligera* y *Rhopalodia gibba*. Por su parte Piccardo (2020) evalúa el estado trófico y calidad del agua de arroyos tributarios de la cuenca del Río Negro, Uruguay reportando

A. minutissimum, *Encyonema sprechmannii*, *Cymbella cymbiformis*, *Staurosira construens* var. *Venter* y *Adlafia bryophila* así como a especies con preferencias de altas concentraciones de nutrientes como *Nitzschia semirobusta*, *N. palea*, *N. amphibia*, *Planothidium frequentissimum*, *Sellaphora nigri* y *Amphora pediculus* asociadas a la mala calidad de agua.

Entre los trabajos realizados en nuestro país, podemos citar a Alarcón & Peláez (2015), quienes determinaron la calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú), en cinco estaciones de muestreo durante dos temporadas, seca (mayo) y húmeda (noviembre), determinando 9 órdenes, 14 familias y 62 especies, destacando Naviculales y Cymbellales siendo las especies más importantes *Ulnaria ulna*, *P. frequentissimum*, *Karayevia oblongella*, *A. minutissimum*, *A. saprophilum*, *A. straubianum*, *Cocconeis pseudolineata*, *C. lineata*, *Navicula antonii*, *N. cryptocephala*, *E. minutum*, *Reimeria sinuata*, *R. uniseriata*, *G. parvulum*, *G. saprophilum*, *Grunowia solgensis*, *Nitzschia palea* var. *debilis*; mientras que, especies como: *Frustulia vulgaris*, *Gyrosigma scalproide*, *Cymbella excisa* var. *procera*, *G. capitatum*, *G. truncatum* y *Surirella angusta* fueron las menos frecuentes, reportando además a los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Navícula* asociadas con ecosistemas contaminados.

Así mismo, Gonzáles, (2018) evalúa la calidad del agua del río Mancos en el departamento de Ancash, Perú, para uso agrícola, determinando *N. cryptocephala*, *N. palea*, *N. obtusa*, *N. linearis* y *G. parvulum* como las más abundantes y a *C. placentula* la menos representativa, menciona además que las especies de *G. parvulum*, *Hannea arcus*, *N. cryptocephala*, *Rhoicosphenia curvata*, *N. palea*, *S. ulna* son las más tolerantes a la contaminación, mientras que *C. placentula* es la especie más sensible.

En el ámbito provincial, Vargas & Salazar, (2008) realizaron el estudio de diatomeas bentónicas en dos lagunas altoandinas de la región Cusco, Perú (Huacarpay y Mantamay), mediante muestreos por estaciones utilizando el equipo de extracción de pistón (piston coring). Ellos reportaron para la laguna de Huacarpay un total de 9 familias, 14 géneros y 20 especies y en la laguna de Mantamay 7 familias, 20 géneros y 29 especies.

Si bien se vienen realizando este tipo de estudios en diferentes ámbitos, podríamos decir que aún son limitados los estudios realizados en Sudamérica, sobre todo en ambientes altoandinos, donde la falta de publicaciones y difusión oportunas de los resultados podrían llevarnos a

resultados erróneos, así en uno de los trabajos de Rumrich *et al.*, en el 2000 propusieron como especies nuevas a taxones que ya habían sido válidamente publicados. Tal es el caso de especies descritas por Patrick (1966) como *Navicula salinicola* var. *boliviana* o *Navicula atacamana* que fueron renombradas como *Navicula altiplanensis* y *Navicula* (nov.) spec. cf. *accedens*, respectivamente o el caso de *Nitzschia chungara* Rumrich *et al.* (2000) especie ya publicada por Maidana & Herbst (1989) como *N. halloyi*. Es por ello por lo que resulta imprescindible realizar este tipo de estudios florísticos que permitan la difusión y conocimiento de la diversidad de estas microalgas que ocurren en ambientes lóticos y que se ven afectados principalmente por las actividades antrópicas de la región. Por lo tanto, en la presente investigación se reporta por primera vez, de forma cualitativa y cuantitativa, las diatomeas perifíticas del río Qochoq, Calca, Cusco.

Material y Métodos

Área de estudio

El río Qochoq del transecto piste unión Vilcanota se localiza en el distrito y Provincia de Calca, en las coordenadas geográficas Latitud Sur: 13° 19' 0" Longitud Oeste: 71° 57' 14", siendo uno de los tributarios del río sagrado, Willkamayu entre los 2 900-5 800 msnm en la cordillera oriental.

Ubicación de los puntos de muestreo

El muestreo se realizó en un transecto lineal de 2Km seleccionando los puntos de muestreo en los tramos superior, medio e inferior del río (Tabla 1, Figura 1)

Tabla 1: Ubicación de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN DE MUESTREO		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD	UBICACIÓN
PTOQ 01	1(MD)	13°18'33.13" S	71°57'01.46" O	2 980 msnm	Centro poblado Piste
	2(MI)	13°18'34.85" S	71°57'01.39" O		
PTOQ 02	1(MD)	13°19'04.21" S	71°57'20.21" O	2 943 msnm	Zona urbana
	2(MI)	13°19'03.87" S	71°57'20.25" O		
PTOQ 03	1(MD)	13°19'30.72" S	71°57'33.09" O	2 923 msnm	Unión con el Willkamayu
	2(MI)	13°19'30.95" S	71°57'32.91" O		

MD = margen derecha
MI = margen izquierda
PTOQ = Punto Qochoq

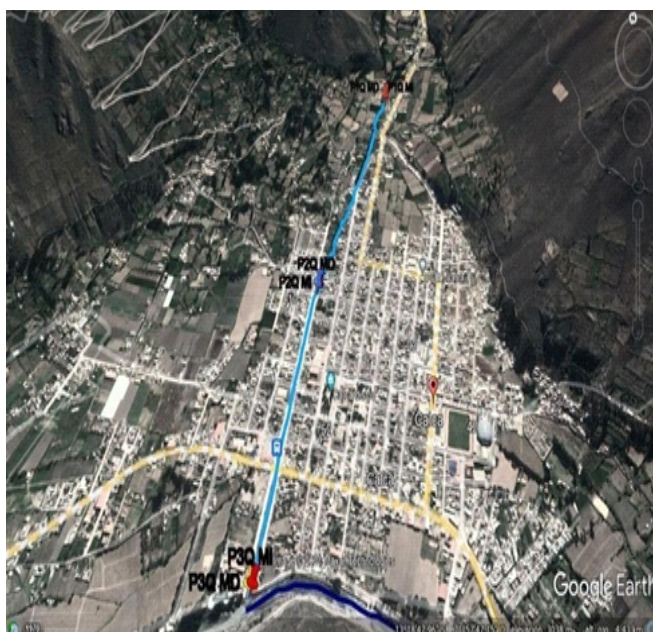


Figura 1: Puntos de muestreo río Qochoq del transecto piste unión Vilcanota

Metodología

Se seleccionaron gravas de 10 a 20 cm de diámetro sumergidas en el agua del río, a una profundidad de 10 y 30 cm influenciada por una corriente laminar, en lugares con presencia de luz solar y cuya superficie presente un biofilm de tono café oscuro o marrón característico de la colonización de estas algas en el sustrato (figura 2). La remoción de las algas se realizó cepillando la superficie de la grava, utilizando una bandeja para facilitar la colecta de la muestra; simultáneamente se fue agregando agua destilada con una pipeta, con la finalidad de facilitar el desprendimiento de la muestra (Kelly *et al.*, 1998; 2002). Las muestras fueron transferidas a envases de 250 ml, previa adición de 1 ml de formaldehído al 4%, se etiquetaron con las coordenadas del punto de muestreo para su posterior traslado a los laboratorios del Centro de investigación y Producción de hongos alimenticios y medicinales, (CIPHAM) de la Escuela de Biología de la UNSAAC (Lobo *et al.*, 2016).

En el laboratorio, se procedió a la limpieza de la materia orgánica por oxidación utilizando H₂O₂ (30%) y HCl (15%), mientras que para el montaje semipermanente de las muestras se utilizó una dilución de tecnopor en xilol, los mismos que reemplazaron al Naphrax (Vargas & Salazar, 2008) (Figura 3).

La determinación de taxones se hizo a la jerarquía taxonómica más baja posible, utilizando un microscopio de luz transmitida Leika, a una magnificación final de 400x o

1000x (Vargas & Salazar, 2008), se utilizaron entre las referencias bibliográficas los trabajos de Bourrelly (1968); Germain (1981), Krammer *et al* (1986, 1988); Lange-Bertalot (2001) y Aboal *et al.* (2003). La cuantificación se realizó a nivel de género utilizando una cámara de Sedgwick- Rafter de 1 ml de capacidad, haciendo uso del objetivo de 10x. El cálculo del conteo se realizó mediante la siguiente fórmula: (Rosas & Núñez, 2015, Vargas & Salazar, 2008):

$$F = \frac{1}{\left(\frac{Aa}{At}\right) \times \left(\frac{Va}{Vs}\right) \times (Vf)}$$

Donde:

- F: Factor de corrección
- Aa: Área analizada
- At: Área total de la cámara
- Va: Volumen analizado
- Vs: Volumen estandarizado
- Vf: Volumen filtrado



Figura 2: colecta de muestras gravas sumergidas a 10-30 cm de profundidad



Figura 3: Reacción química del sedimento con H₂O₂ al 30%

Resultados

A nivel cualitativo, se logró identificar 62 especies pertenecientes a 27 géneros y 19 familias, siendo las más representativas las Naviculaceae, Cymbellaceae, Tabellariaceae y Gomphonemataceae.

Tabla 2: Especies y familias de diatomeas presentes en los tres puntos de muestreo del Río Qochoq.

N°	Especie	Familia
1	<i>Achnanthes coarctata</i>	Achnanthaceae
2	<i>Achnanthidium</i> sp	Achnanthaceae
3	<i>Aulacoseira granulata</i>	Aulacoseiraceae
4	<i>Nitzschia palea</i>	Bacillariaceae
5	<i>Nitzschia recta</i>	Bacillariaceae
6	<i>Nitzschia</i> sp	Bacillariaceae
7	<i>Cocconeis pediculus</i>	Cocconeidaceae
8	<i>Cocconeis placentula</i>	Cocconeidaceae
9	<i>Cymbella cymbiformis</i>	Cymbellaceae
10	<i>Cymbella neocistula</i>	Cymbellaceae
11	<i>Cymbella</i> sp	Cymbellaceae
12	<i>Cymbella turgidula</i>	Cymbellaceae
13	<i>Encyonema angustata</i>	Cymbellaceae
14	<i>Encyonema mesiana</i>	Cymbellaceae
15	<i>Encyonema</i> sp	Cymbellaceae
16	<i>Encyonema</i> sp 1	Cymbellaceae
17	<i>Encyonopsis criptocephala</i>	Cymbellaceae
18	<i>Diploneis smithii</i>	Diploneidaceae
19	<i>Eunotia tenella</i>	Eunotiaceae
20	<i>Fragilaria apuccina</i>	Fragilariaceae
21	<i>Hannaea arcus</i>	Fragilariaceae
22	<i>Synedra</i>	Fragilariaceae
23	<i>Tabellaria flocculosa</i>	Fragilariaceae
24	<i>Ulnaria goulardii</i>	Ulnariaceae
25	<i>Ulnaria ulna</i>	Ulnariaceae
26	<i>Gomphonema acuminatum</i>	Gomphonemataceae
27	<i>Gomphonema affine</i>	Gomphonemataceae

28	<i>Gomphonema anglicum</i>	Gomphonemataceae
29	<i>Gomphonema capitatum</i>	Gomphonemataceae
30	<i>Gomphonema parvulum</i>	Gomphonemataceae
31	<i>Gomphonema</i> sp	Gomphonemataceae
32	<i>Gomphonema subclavatum</i>	Gomphonemataceae
33	<i>Placoneis</i> sp	Gomphonemataceae
34	<i>Reimeria uniseriata</i>	Gomphonemataceae
35	<i>Navicula angusta</i>	Naviculaceae
36	<i>Navicula aquaedurae</i>	Naviculaceae
37	<i>Navicula capitatoradiata</i>	Naviculaceae
38	<i>Navicula criptotenella</i>	Naviculaceae
39	<i>Navicula eichhorniaephila</i>	Naviculaceae
40	<i>Navicula radiosa</i>	Naviculaceae
41	<i>Navicula</i> sp	Naviculaceae
42	<i>Navicula</i> sp2	Naviculaceae
43	<i>Navicula symmetrica</i>	Naviculaceae
44	<i>Navicula tripunctata</i>	Naviculaceae
45	<i>Pinnularia latevittata</i>	Pinnulariaceae
46	<i>Pinnularia</i> sp	Pinnulariaceae
47	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	Rhoicospheniaceae
48	<i>Epithemia argus</i>	Rhopalodiaceae
49	<i>Epithemia sores</i>	Rhopalodiaceae
50	<i>Craticula</i> sp	Stauroneidaceae
51	<i>Craticula</i> sp2	Stauroneidaceae
52	<i>Stausosirella leptopus</i>	Stausosiraceae
53	<i>Stausosirella leptostaurom</i>	Stausosiraceae
54	<i>Discostella</i> sp	Stephanodiscaceae
55	<i>Stephanodiscus</i> sp	Stephanodiscaceae
56	<i>Surirella angusta</i>	Surirellaceae
57	<i>Surirella brebissonii</i>	Surirellaceae
58	<i>Diatoma elongatum</i>	Tabellariaceae
59	<i>Diatoma moniliformis</i>	Tabellariaceae
60	<i>Diatoma</i> sp	Tabellariaceae
61	<i>Diatoma</i> sp1	Tabellariaceae
62	<i>Diatoma vulgaris</i>	Tabellariaceae



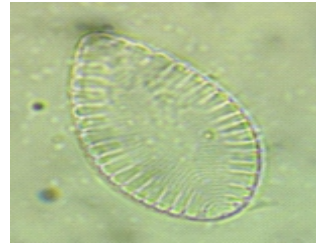
Cocconeis placentula



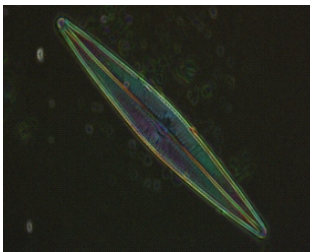
Gomphonema acuminatum



Diploneis smithii



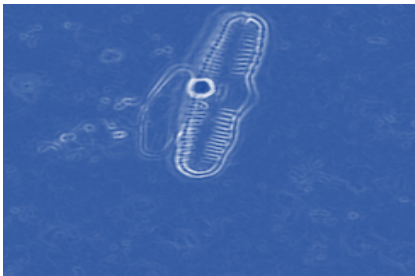
Surirella brebissonii



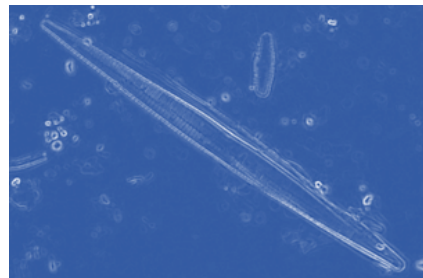
Navicula radiosa



Hannaea arcus



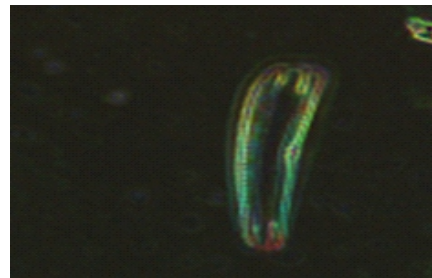
Reimeria uniseriata



Ulnaria ulna



fragilaria capuccina



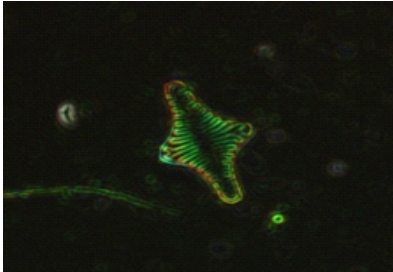
Rhoicosphenia abbreviata



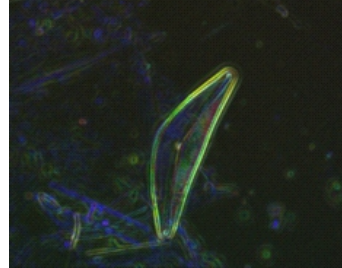
Fragilaria goulardii



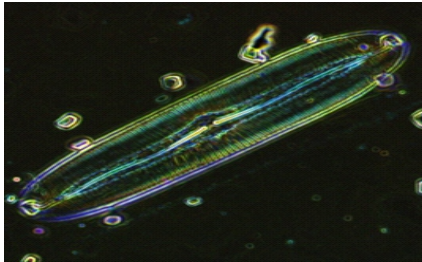
Epithemia sorex



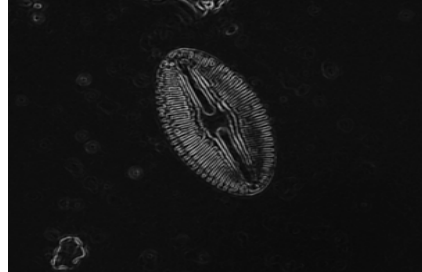
Staurocyrella leptopus



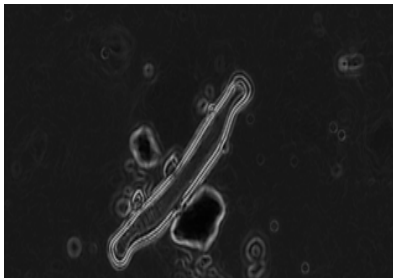
Cymbella neocistula



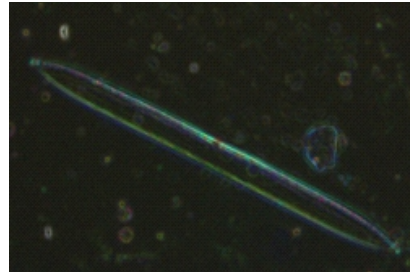
Pinnularia latevittata



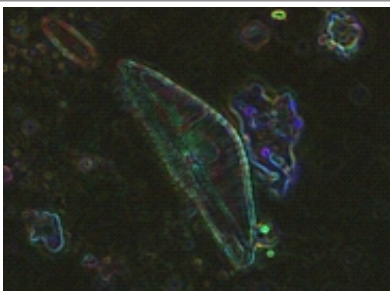
Diploneis smithii



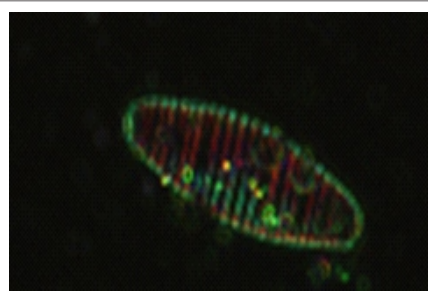
Eunotia tenella



Nitzschia recta



Encyonema mesiana



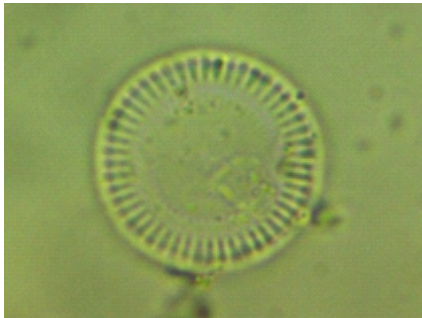
Diatoma vulgaris



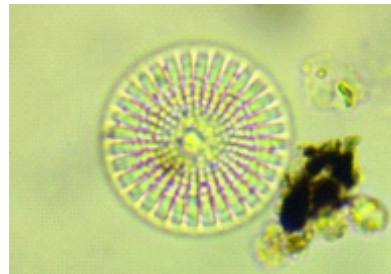
Cocconeis pediculus



Navícula capitatoradiata



Discostella sp



Stephanodiscus sp

DIATOMEAS CON DEFORMACIONES TERATOLÓGICAS



Ulnaria ulna



Encyonema mesiana



Achnanthes coarctata



Hannaea arcus

Los resultados de los cálculos cuantitativos a nivel genérico, en los tres puntos de muestreo el taxón *Navicula* fue el más numeroso con 1 563 120 org./m³ (primer punto), 1 029 600 org./m³ (punto dos) y 641 160 org./m³ (punto tres), siendo los menos abundantes *Synedra* con 14 040 org./m³ (punto uno), *Encyonopsis* con 18 720 Org./m³ (punto dos) y *Dyscotella* con 14 040 org./m³ (punto tres) (Figura 4). También se registra una especie del género *Stephanodiscus* que son habituales de lagos y lagunas, probablemente esta especie pudo ser arrastrado por las corrientes de aguas provenientes de la laguna Sontoqocha y otras lagunas ubicada aguas arriba del río Qochoq.

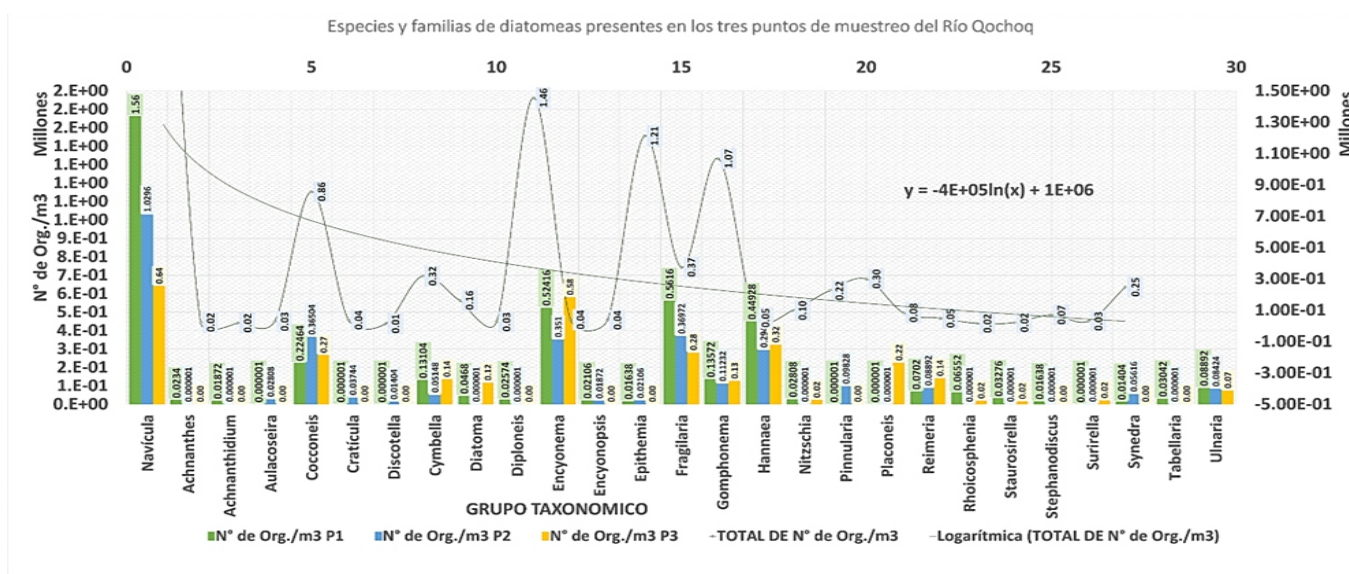


Figura 4: Análisis cuantitativo de diatomeas en los 3 puntos de muestreo del Río Qochoq.

Discusiones

Alarcón & Peláez (2015) realizan la evaluación de la calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú) considerando el tramo Huasmin y Sorochuco donde también determinaron 62 especies en dos periodos de muestreo (estación seca y lluvias), mientras que en la presente investigación se evaluó solo en la estación seca lo que demuestra la gran diversidad de diatomeas (S=62) presentes en el río Qochoq, determinándose para ambos estudios los órdenes Naviculales y Cymbellales como los más abundantes. Es interesante el registro de las especies *Gomphonema parvulum* y *Nitzschia palea*, indicadoras de aguas con alta carga orgánica aunque aquellas fueron colectadas en el punto de muestreo Q 02 donde existen terrenos agrícolas con altas concentraciones de nitratos y fosfatos. Nuestros resultados también son semejantes a lo reportado por Gonzáles (2018) en el río Mancos, Ancash quien menciona a los taxones *G. parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *Rhoicosphenia curvata*, *N. palea*, *Synedra ulna*, como las especies más tolerantes a la contaminación; igualmente menciona *Cocconeis placentula* como la especie más sensible y a la diatomea *Hannaea arcus* como indicadora de buena calidad de agua

Como en el presente estudio no se determinó la abundancia relativa o la densidad de las especies de diatomeas, no podemos hacer inferencias directas como lo señalado por Gonzales (2018). Siendo *Navicula* el género más abundante en los tres estudios, se infiere la distribución regional de esta especie. Es importante señalar que también se encontraron especies con deformaciones teratológicas como *Hannaea arcus*, *Encyonema mesiana*, y *Ulnaria ulna* que evidencian la presencia de ciertos metales pesados como hierro, zinc y manganeso que podrían estar presentes en las aguas de los baños termales de Machacancha que son afluentes del río Qochoq, los mismos que están ubicados kilómetros arriba del primer punto de muestreo lo que explicaría estas deformaciones; aunque no se descarta que estén presente otros estresores ambientales como baja velocidad de corriente y flujo, condiciones de sequía, intensidad de la luz, aumento en la temperatura, baja calidad del agua o contaminación por herbicidas (Falasco, 2009).

Conclusiones

En el río Qochoq (trayecto piste unión Vilcanota) se determinó 19 familias, 27 géneros y 62 especies destacando la familia Naviculaceae con 10 especies siendo las más

importantes *N. capitatoradiata*, *N. angusta*, *N. aquaedurae*, *N. capitatoradiata*, *N. cryptotenella*, *N. eichhorniaephila*, *N. radiosa*. El género *Navicula* presenta el registro más abundante en los tres puntos de muestreo, seguido de *Encyonema*, mientras que *Discostella* es el género menos numeroso. Se reportan como nuevos registros para la provincia de Calca, región Cusco a los géneros *Discostella* y *Stephanodiscus*.

Agradecimientos

A los pobladores del distrito de Calca por las facilidades brindadas en la toma de muestras, al CIPHAM de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias por facilitarnos los materiales y equipos para la identificación de las especies.

Literatura citada

- Alarcón, N., y Peláez, F. (2015). Calidad del agua del Río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): Determinación mediante uso de diatomeas, 2012. *Rebiol*, 34(2)
- Aboal, M., Alvarez-Cobelas, M., Cambra J. (2003). Floristic list of the non marine diatoms (Bacillariophyceae) of Iberian Peninsula, Balearic Islands and Canary Islands. Update taxonomy and bibliography. En: *Diatom Monographs*. A. Witkowski (ed.). Vol. 4
- Alcaldía de Montebello. (2012). Plan de Gestión del Riesgo de Desastres Montebello.
- Alvial, I. E., Cruces, F. J., Araneda, A. E., Grosjean, M., y Urrutia, R. E. (2008). Estructura Comunitaria de Diatomeas Presentes en los Sedimentos Superficiales de Ocho Lagos Andinos de Chile Central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 81(1),
- Bourrelly, P. (1968). Les Algues d'eau douce. Initiation a la systematique, II: Les Algues jaunes et brunes, Chrysophycees, Phaeophycees, Xanthophycees et Diatomées. París.
- Cox E. (1991) What in the basis for using diatoms as monitors of river quality? En: Whitton BA, Rott E, Friedrich G, editors. Use of algae for monitoring rivers. Innsbruck: Institut für Botanik, Universität Innsbruck
- Climate-Data.ORG. (2020). Clima Huaraz: Temperatura, Climograma y Tabla climática. Climate-Data.Org. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/calca-44942/>
- Della Bell V, Puccinelli C, Marcheggiani S, Mancini L (2007). Benthic diatom communities and their relationship to water chemistry in wetlands of central Italy. *Ann Limnol-Int J Lim*. 43(2)
- H. Ettl, J. Gartner, H. Heynig y D. Mollenhauer (eds.).
- Field, C.B., M.J. Behrenfeld, J. T. Randerson y P. Falkowski. (1998). Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*
- Germain, H. (1981). Flore des diatomees. París. Societ e Nouvelle des Editions Boub ee.
- INDECI, (2009). Estudio: Mapa de Peligros de la Ciudad de Calca. Informe Final
- Kociolek y Hamscher, (2016). Diatoms: by, with and as endosymbionts. En: *Algal and Cyanobacteria Symbioses*. Grube, M., Seckbach, J. y Muggia L. (Eds.). World Scientific Publishing Europe. Ltd. London. U. K.
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. (1986). Bacillariophyceae 1 Teil: Naviculaceae. En: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*
- Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. (1988). Bacillariophyceae 2 Teil Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. En: *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. H. Ettl, J. Gartner, H. Heynig y D. Mollenhauer (eds.).
- Lobo, E. A., Heinrich, C. G., Schuch, M., Dupont, A., Costa, A. B. Da, Wetzel, C. E., y Ector, L. (2016). Índice Trófico de Qualidade da Agua Guia ilustrado para Sistemas Lóticos Subtropicais e temperados Brasileiros.
- López-Fuerte, F. O. y M. C, Altamirano-Cerecedo. (2011). Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur: Universidad Autónoma de Baja California Sur. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ032. México.
- Maidana, N. I. y N. Herbst. (1989). Diatomeas (Bacillariophyceae) de la laguna nostra (Costumbres Calchaquies), Provincia de Tucumán, Rep Argentina. *Darwiniana* 29
- McCormick PV, Cairns J Jr. (1994) Algae as indicators of environmental change. *J Appl Phycol*.
- Okolodkov, Y. B., y Alicia Huerta-Quintanilla, D. (2018). Diatomeas Bentónicas Marinas. *Ciencia y Nanociencia*. www.revistamcyn.mx
- Patrick, R. y C.W Reimer. (1966). The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). Vol. 1. Acad. Nat. Sci. Philadelphia Monogr.
- Patrick, R. y C.W Reimer. (1975). The diatoms of the United States (exclusive of Alaska and Hawaii). Vol.2. Acad. Nat. Sci. of Philadelphia Monogr.
- Rivera-Rondón CA, Díaz-Quirós, C. (2004) Grandes taxones de fitobentos y su relación con la hidrología, física y química de pequeños ríos andinos. *Universitas Scientiarum*. 9(1)
- Rosas, J., y Núñez, G. J. (2015). Estructura Temporal y Espacial de las Comunidades Planctónicas de la Laguna de Piuray Chinchero-Cusco.
- Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 1990. The diatoms; biology and morphology of the genera. Cambridge. Great Britain.
- Rumrich U., Lange-Bertalot, H. y Rumrich, M., (2000). *Iconographia Diatolmologica*. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Tierra del Fuego.
- Seckbach, J. y P. Kociolek. (2011). Cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology. *The diatom world*. Springer Science y Business Media. Dordrecht. Holanda.
- Vargas, J., y Salazar, F. (2008). "Diatomeas Bentónicas en dos Lagunas Altoandinas del Cusco."