



# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

*FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES*

*MAESTRÍA EN GESTION AMBIENTAL (MGA)*

## **DEFENSA DE TESIS:**

**“CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS  
EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN  
LA PROVINCIA DE NAPO, ECUADOR”**

**AUTOR**

Lic. JAVIER SALAZAR LECARO

**DIRECTOR**

PhD. PABLO CASTILLEJO

**FECHA**

02 FEBRERO 2018

## Objetivo general

- ▶ Identificar especies abundantes de diatomeas epilíticas asociadas al grado de eutrofización del río Quijos, provincia Napo.

## Objetivos específicos

1. Determinar y analizar indicadores fisicoquímicos relacionados con los niveles de eutrofización del río Quijos, para así, obtener el índice ICA-UNISC en cada punto de muestreo.
2. Identificar especies abundantes de diatomeas epilíticas presentes en el río Quijos.
3. Establecer el Índice Trófico de Calidad del Agua (ITCA) de los sitios de muestreo del río Quijos.
4. Colaborar con el herbario de diatomeas epilíticas de la UISEK.

# Sitios de muestreo

(alejamiento)

**Figura #1.** Nacimiento del río Quijos, Provincia Napo, Ecuador.

Recorrido por cordillera oriental de los Andes en línea roja; puntos azules son los sitios de muestreo PQ1 y PQ2. Elaborado en Google Earth por autor.





# Sitios de muestreo (acercamiento)

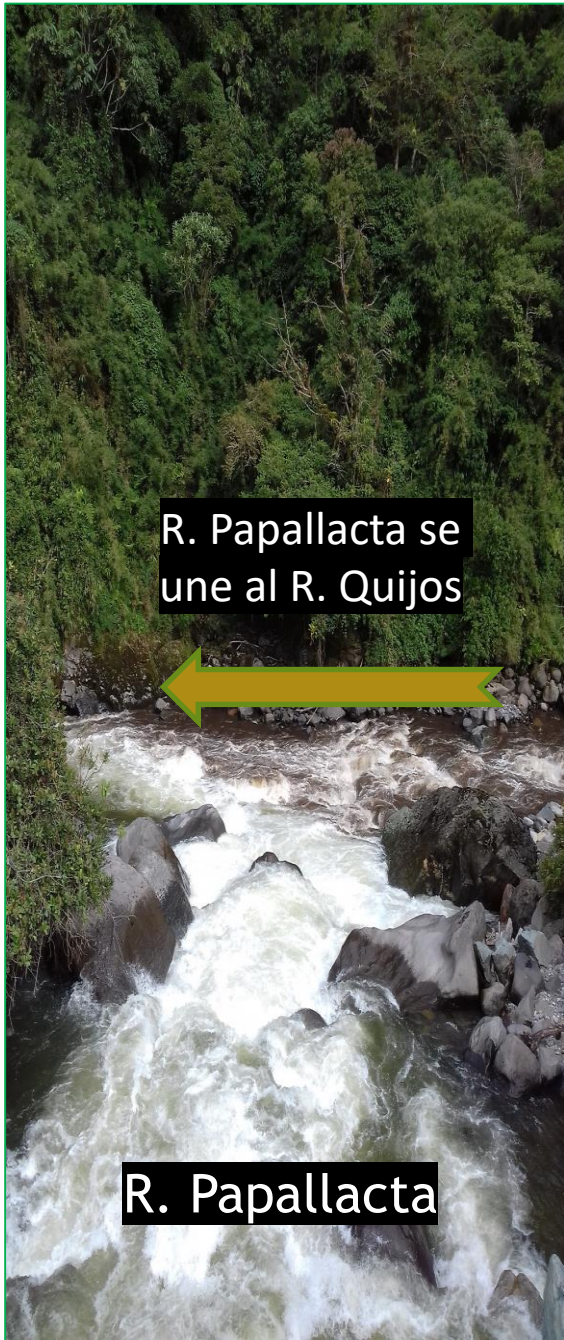
**Figura #2.** Acercamiento sitios de muestreo PQ1 y PQ2. Elaborado en Google Earth por autor.







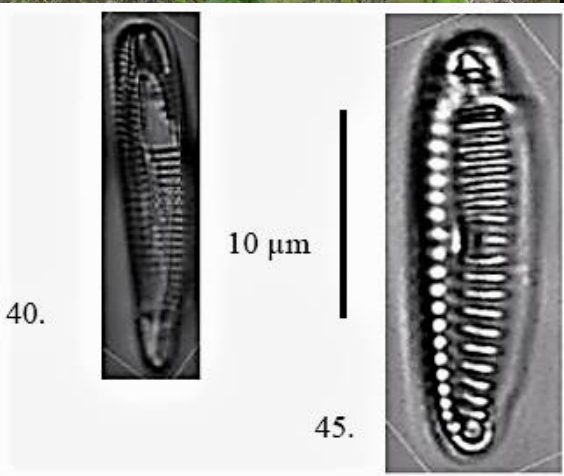
# Sitios de muestreo



## Toma de muestra



## Toma de muestra





## HIPÓTESIS

El sitio PQ1 debería tener un Índice Trófico de Calidad de Agua (ITCA) menor al calculado para el sitio PQ2, ya que, no hay poblaciones, cultivos y/o asentamientos desde que nace el río Quijos hasta el sitio PQ1, mientras que, el sitio PQ2 se encuentra después de que el río Papallacta se le une al río Quijos y, que es donde el Papallacta pasa a tomar el nombre del Quijos.

# 1. INTRODUCCIÓN

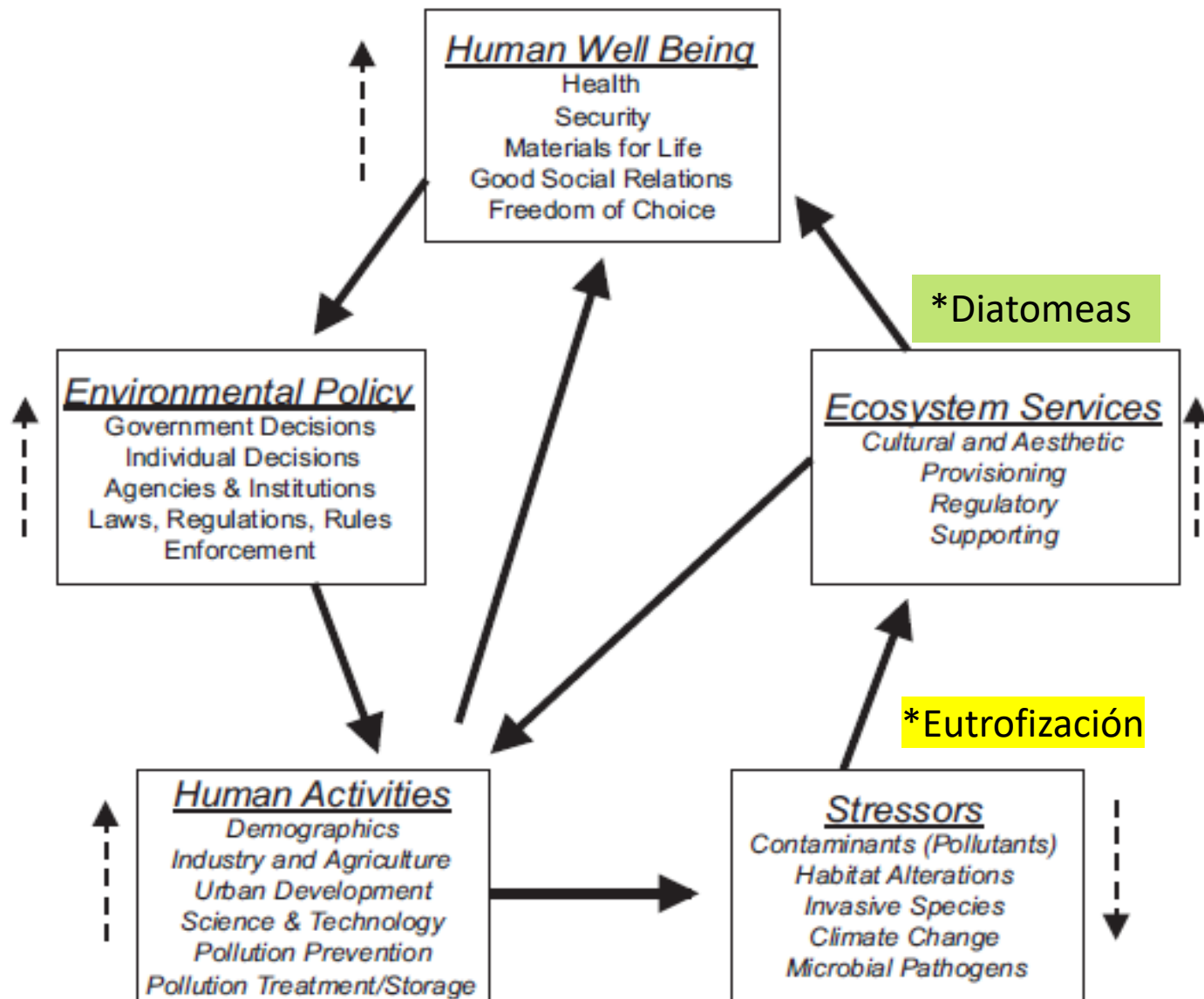
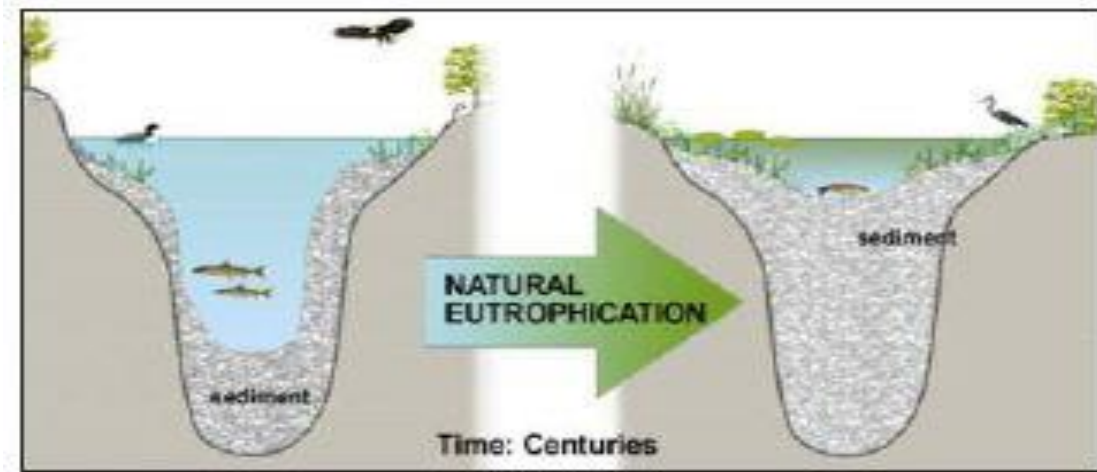


FIG. 2. A conceptual model coupling human and natural systems (CHANS) by linking ecosystem goods and services (EGS) to human well-being and economic activities to stressors. EGS are linked to human well-being directly and indirectly via economic activities within the human activities element. The model includes negative feedbacks on ecosystem services from human activities in the form of stressors. The model also includes feedbacks on the economic activities that produce stressors by individual and institutional decisions about products to buy and regulations to support. The vertical dashed arrows indicate that management goals are high or low levels of conditions within a CHANS element, such that if stressors are managed at low levels by good environmental policies, we can have high levels human activities in watersheds, EGS, and human well-being. From Stevenson (2011).



EUTROFIZACIÓN NATURAL (tiempo: siglos)



EUTROFIZACIÓN CULTURAL (tiempo: décadas)



Figures 1 & 2: The process of eutrophication can be both natural and human-induced. Natural eutrophication, where the basin gradually fills in from nutrient and sediment inputs, occurs over long time periods—on the order of centuries. Human-induced, or cultural eutrophication, occurs on a much shorter time scale (decades) as a result of human disturbance and nutrient inputs.

Source: RMB Environmental Laboratories. *Eutrophication*. 2009.

## Eutrofización cultural: generalidades



[http://c.tribune.com.pk/2011/07/206224-fertiliser\\_urea\\_farming\\_agriculturePHOTOSTOCK-1310246446-683-640x480.jpg](http://c.tribune.com.pk/2011/07/206224-fertiliser_urea_farming_agriculturePHOTOSTOCK-1310246446-683-640x480.jpg)



<https://i.ytimg.com/vi/Ny9tpnAy3sY/hqdefault.jpg>



<http://www.aquadynamics.ch/wp-content/themes/wp-creare/images/paper-pulp-large.jpg>



**ESTRESORES:**  
(fuentes puntuales  
o difusas)



[https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial\\_estuaries/media/supp\\_est09b.html](https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_estuaries/media/supp_est09b.html)



## Eutrofización cultural

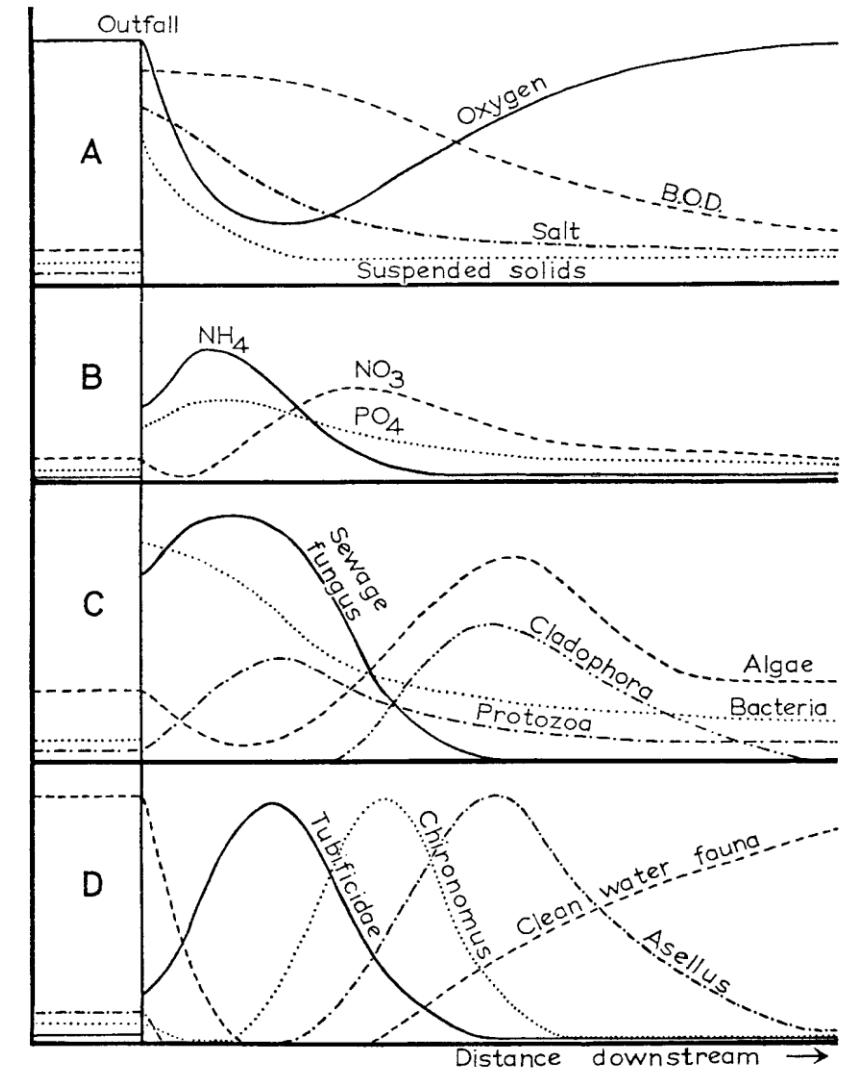
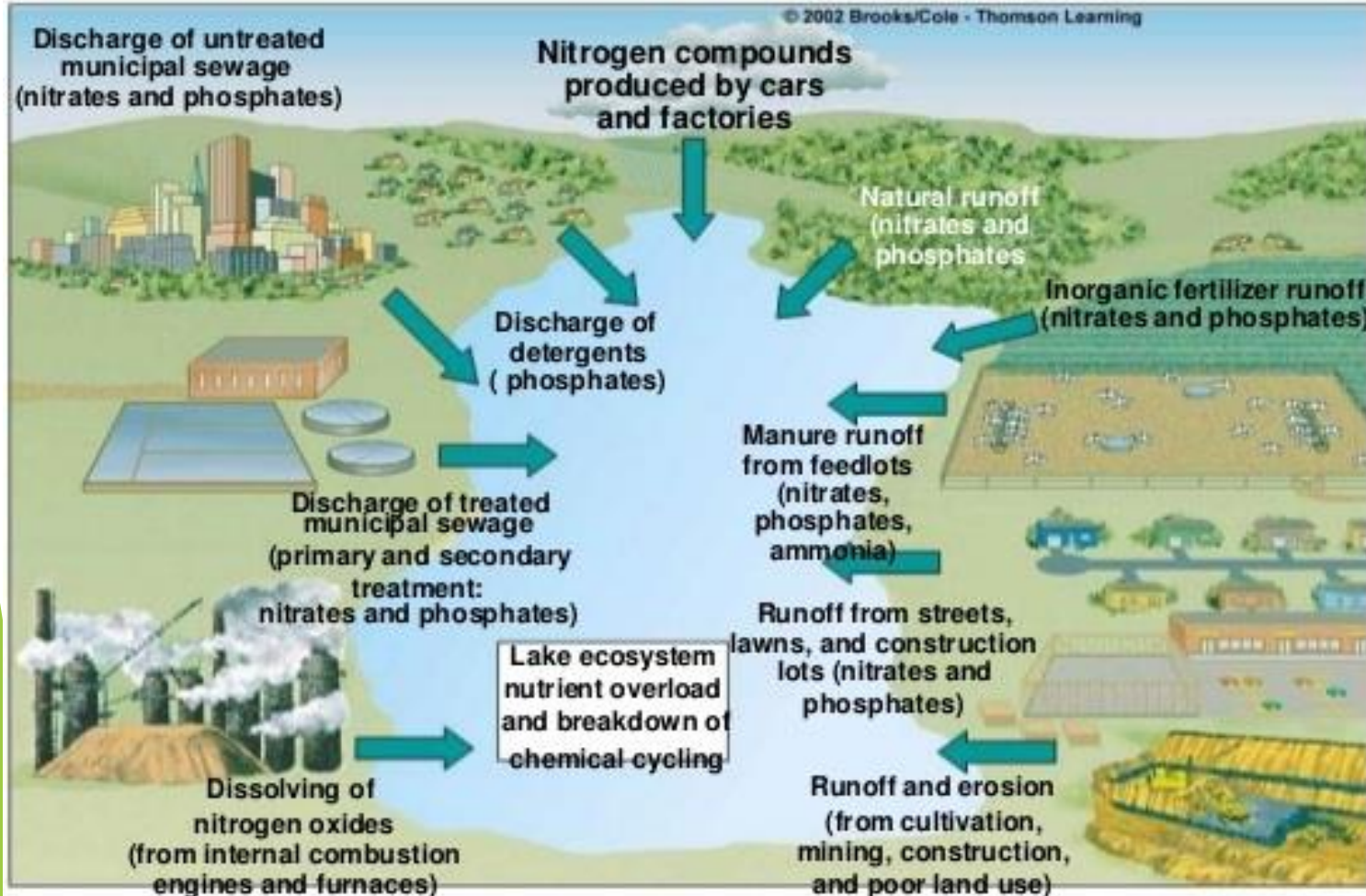




FIG. 16. Diagrammatic presentation of the effects of an organic effluent on a river and the changes as one passes downstream from the outfall. A & B physical and chemical changes, C Changes in micro-organisms, D Changes in larger animals.

(Hynes, 1960)



## Necesidad de evaluación y monitorear de sistemas acuáticos

- ▶ La eutrofización cultural compromete, grave y vertiginosamente, al equilibrio natural de los sistemas biológicos (desde seres vivos hasta ecosistemas).
- ▶ Calidad del agua de sistemas lóticos o lénticos  necesarias evaluaciones y monitoreos periódicos  usando índices de calidad de agua bióticos (bioindicadores y su reacción ante factores ambientales), y/o, índices abióticos (datos físico-químicos); o combinación de ambos.





**ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS**



**TOMA DE DECISIONES ADECUADAS Y OBJETIVAS**

## 2. MARCO TEÓRICO

### Evaluación de la calidad del agua del río Quijos, Napo

- ▶ Determinación del Índice Trófico de Calidad del Agua ITCA o TWQI (Lobo et al., 2015; índice biótico).
- ▶ Índice de Calidad del Agua ICA-UNISC (“Universidade de Santa Cruz do Sul” Brasil; índice abiótico).
- ▶ Bioindicador ITCA  diatomeas epilíticas  rápida adaptación espacial y temporal a: cambios ambientales, contaminación orgánica y eutrofización y, tolerancia amplia desde condiciones oligotróficas hasta eutróficas).



Toma de muestras de diatomeas epilíticas

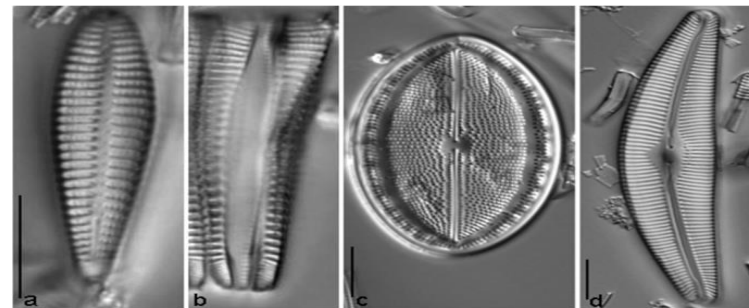
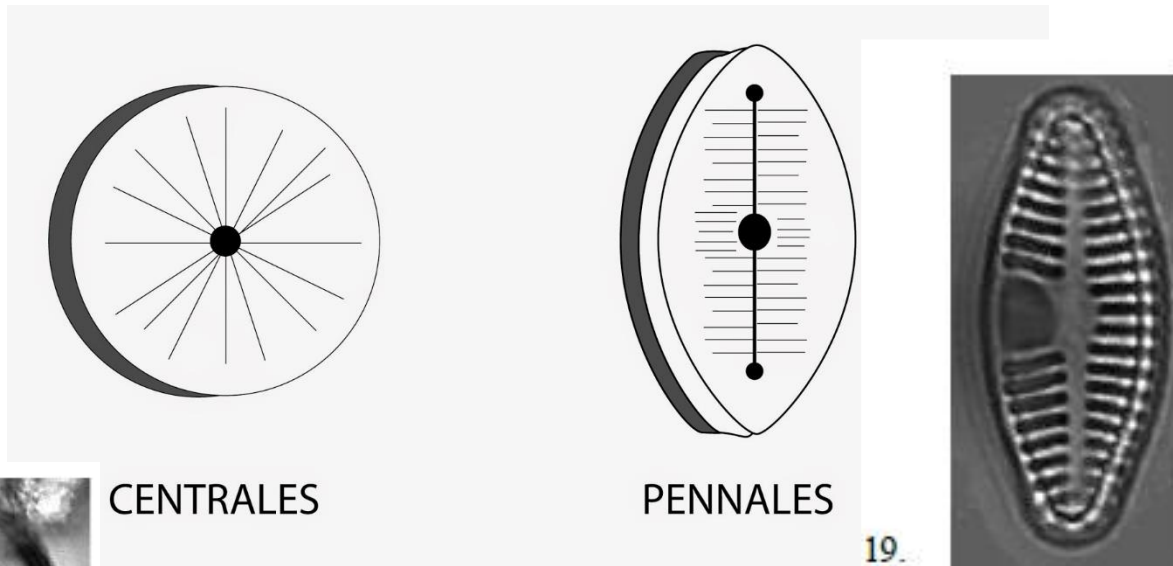


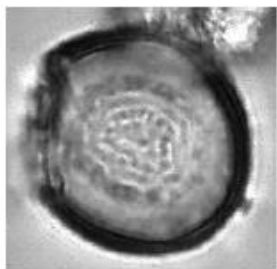
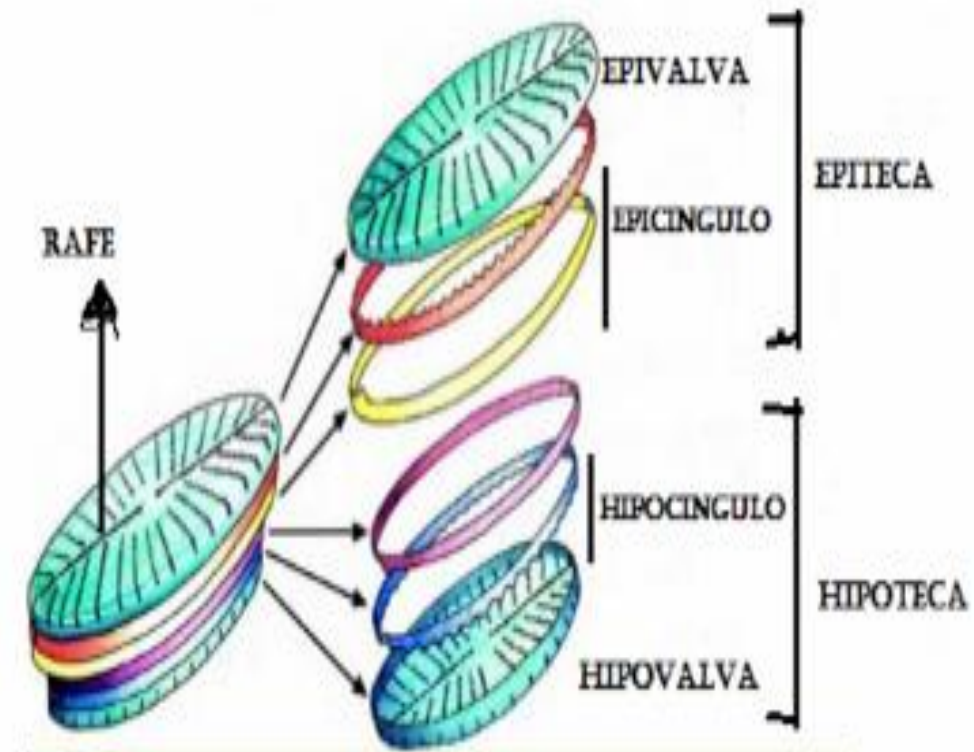
Fig. ( **A** , **b** ) Pennate diatom *Rhoicosphenia* : ( **a** ) Valve view. ( **b** ) Girdle view. ( **c** ) Monoraphid raphe system in *Cocconeis*. ( **d** ) Asymmetric bivaletic system of *Cymbella*. (Burkhardt & Gruber, 2016)  
Scale bars = 10  $\mu$ m

# Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])

Microalgas unicelulares (solitarias o en colonias), fotosintéticas; productores primarios dominantes en sistemas acuáticos (Rimet *et al.*, 2016:2)



*Planothidium robustis* cf



*Melosira astriade* cf.



# Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])

**EUKARYOTA** (Dominio) > **CHROMALVEOLATA** (Supergrupo; Adl et al., 2005) > **HETEROKONTAE**

(Reino o infrareino, Cavalier-Smith 1986; o Stramenopiles, Patterson, 1989) > **BACILLARIOPHYTA** (Phyllum, Haeckel, 1878)

## Clasificación

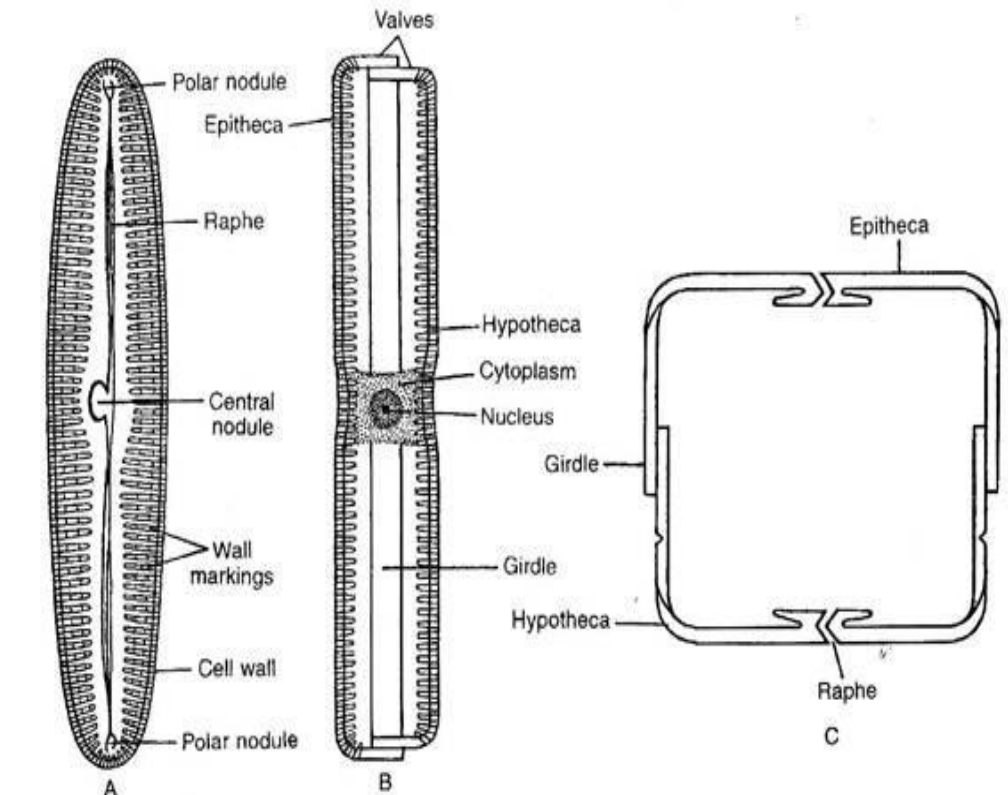
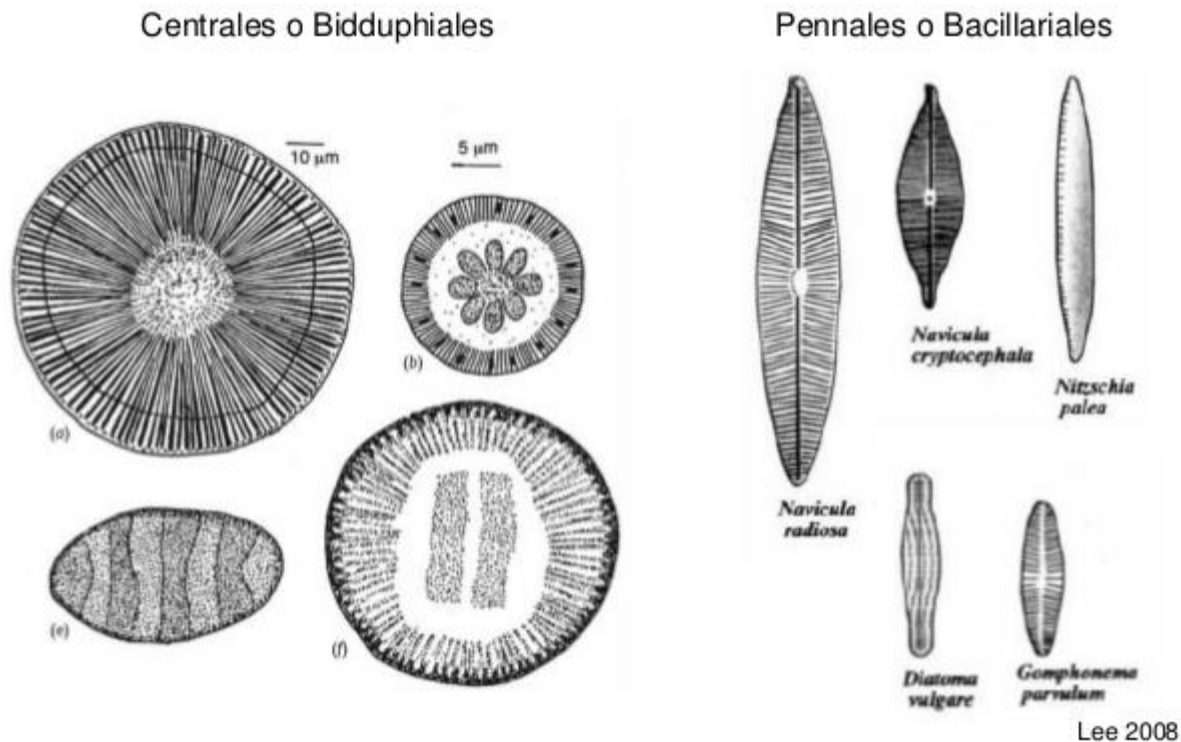
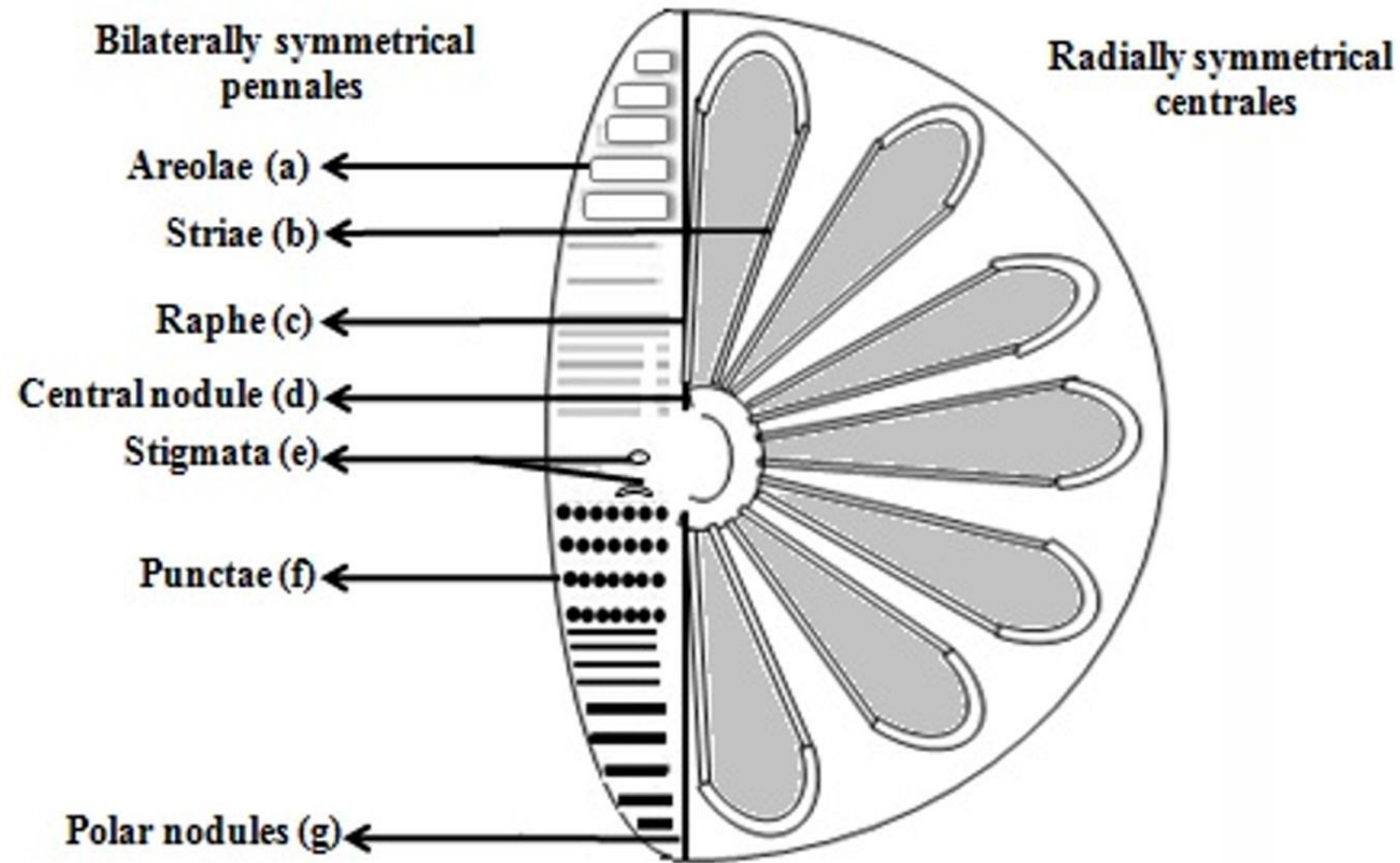


Fig. 3.101 : Cell structure of *Pinnularia viridis* (Pennales) : A. Frustule in valve view, B. Frustule in girdle view, and C. Frustule in transverse section

## Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])



**FIGURE 1.** The intricate structures of the diatom. Diatom encompasses (a). Areolae (hexagonal or polygonal boxlike perforation with a sieve present on the surface of diatom, b). Striae (pores, punctae, spots or dots in a line on the surface, c). Raphe (slit in the valves, d). Central nodule (thickening of wall at the midpoint of raphe, e). Stigmata (holes through valve surface which looks rounded externally but with a slit like internal, f). Punctae (spots or small perforations on the surface, g). Polar nodules (thickening of wall at the distal ends of the raphe) diagram modified from [Taylor et al. \(2007\)](#).

# Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])

“Resumen de los principales eventos evolutivos en la evolución de las diatomeas usando a las auxoesporas como la característica definidora que marca los principales nodos en evolución de las diatomeas (Medlin, 2016b).”

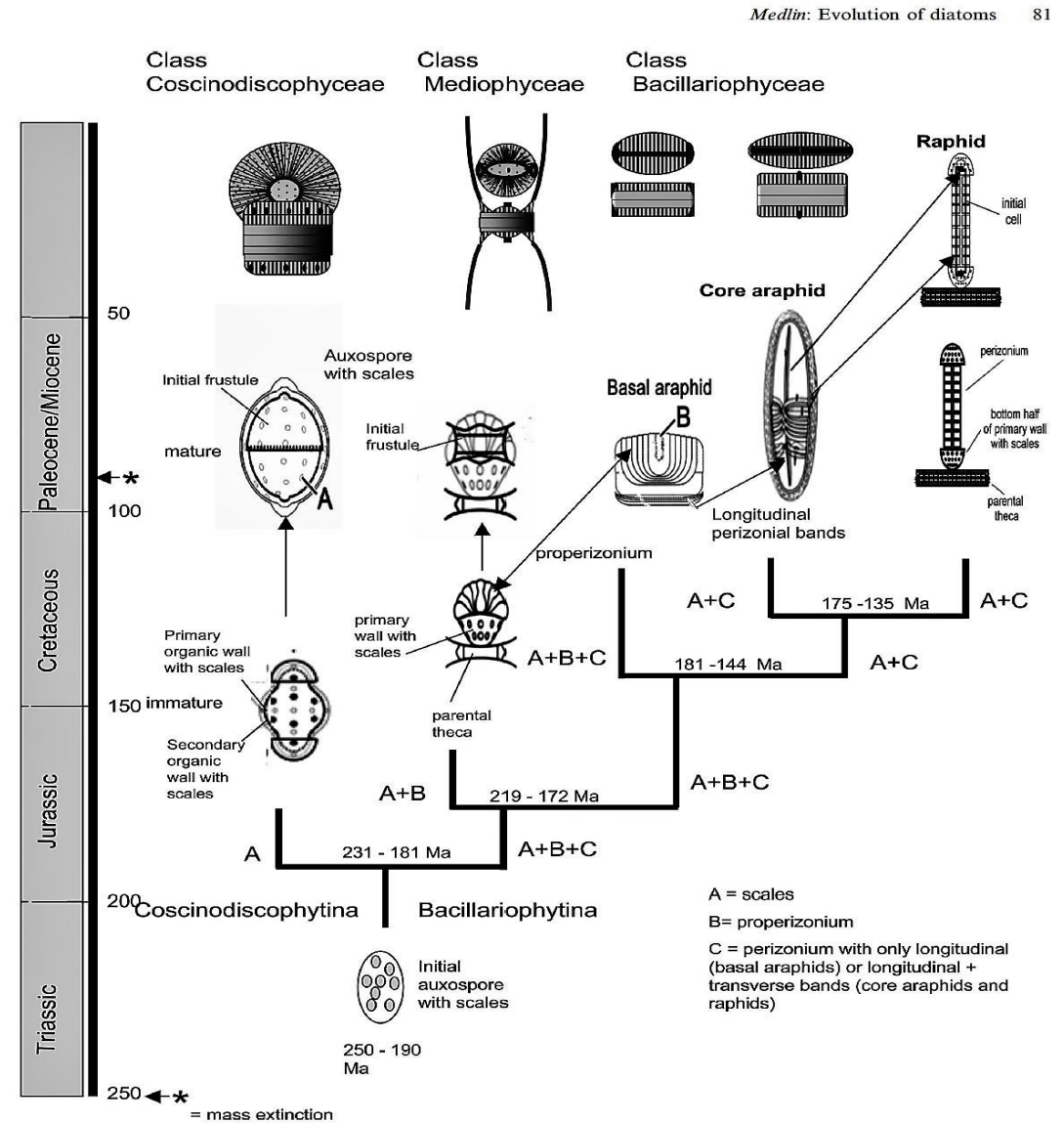


Fig. 1. Summary of the major evolutionary events in diatom evolution using auxospore as the defining character marking the major nodes in diatom evolution. A relative time scale for these divergences is placed to the left of this figure based on the latest molecular clock produced by Medlin (2016b).



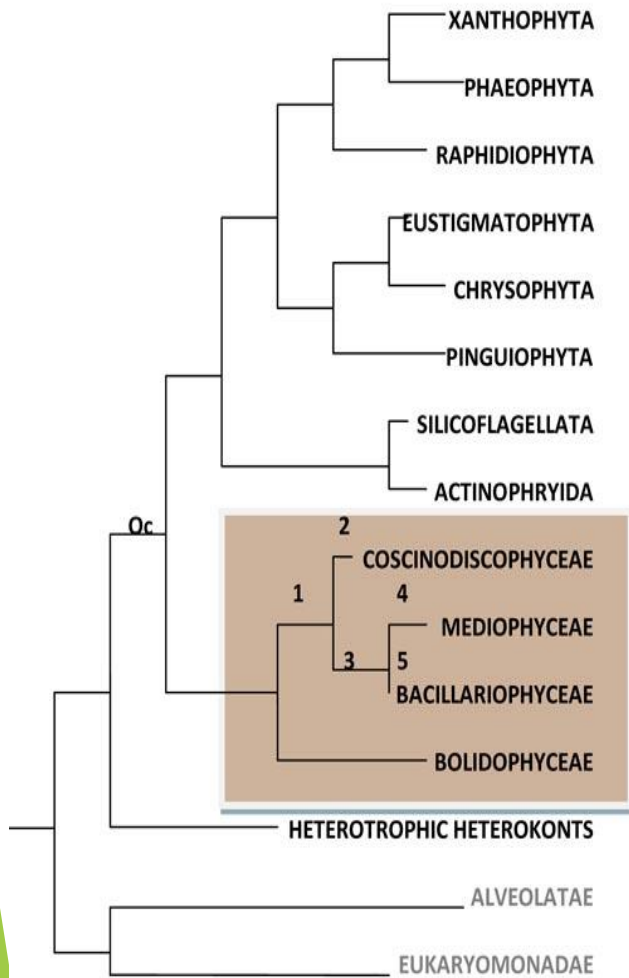
# Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])

*Medlin*: Evolution of diatoms 85

**Table 1.** Summary of the history of the classification systems of the diatoms as detailed in Williams (2007). Molecular works with no classification system or recommendations are not included. See Williams for details of these studies as compared to Medlin & Kaczmarska (2004).

Reference	Taxonomy of the Diatoms	Taxa
Agardh (1823–1828)	All algae in one order	Nine genera
Agardh (1830–1832)	Three families based on frustule shape and colony formation	Cymbelleae, Styllarieae and Fragilarieae (all pennates)
Kützing (1844a,b)	Three tribes based on frustule shape and colony formation and $\pm$ opening (stomach)	Astomaticae, Stomaticae in two of the tribes
Meneghini (1846, 1853)	Revised Kützing’s classification at the genus level	Disciformes, Appendiculatae in the third tribe
W. Smith (1853, 1856)	Two tribes (four subtribes, five subtribes) based on colony formation	
H.L. Smith (1872)	Three tribes	Raphidiaee, Pseudo-raphidiaee, Cryptoraphidiaee = Raphid, araphid, Centric
Merezhkowsky (1901a,b, 1902, 1902–1903)	Two groups	Mobilés & Immobilées each subdivided into two groups: (Raphideae + Carinatae; Bacilloideae + Anaraphideae
Merezhkowsky (1903a,b)	Two groups, with ancestral taxa in each group leading to more advanced taxa	Anaraphideae renamed to Centrales, added Archaideae to the Mobilés
Schütt (1896)	Three groups	Centrics, araphids, raphids
Karsten (1928)	Three groups	Centrics, araphids, raphids
Peragallo & Peragallo (1897–1908)	Three groups: anaraphids, pseudoraphids, and raphids	23 families
Forti (1926)	11 evolutionary maps of genera	
Simonsen (1979)	Two orders, evolutionary map shows centric not monophyletic	Centrics and pennates 23 families
Round <i>et al.</i> (1990)	Three classes	Centric, araphid, raphid
Medlin & Kaczmarska (2004)	Three classes	Radial centric, bipolar centric and pennate

# Diatomea (Dumortier 1821 [= Bacillariophyta Haeckel, 1878])



A cladogram of the **Bacillariophyta** (taxa in the shaded box; diplontic life cycle, 6 protein phylogeny, frustule) and its sister groups (taxa in bold) after the analyses of Medlin and Kaczmarek (2004). The clades in the shaded box are numbered according to the following:

- 1. DIATOMEA**
- 2. CÉNTRICAS RADIALES**
- 3. BACILLARIOPHYTINA**
- 4. MEDIOPHYCEAE**
- 5. BACILLARIOPHYCEAE**

<http://comenius.susqu.edu/biol/202/chromalveolata/heterokontae/bacillariophyta/>

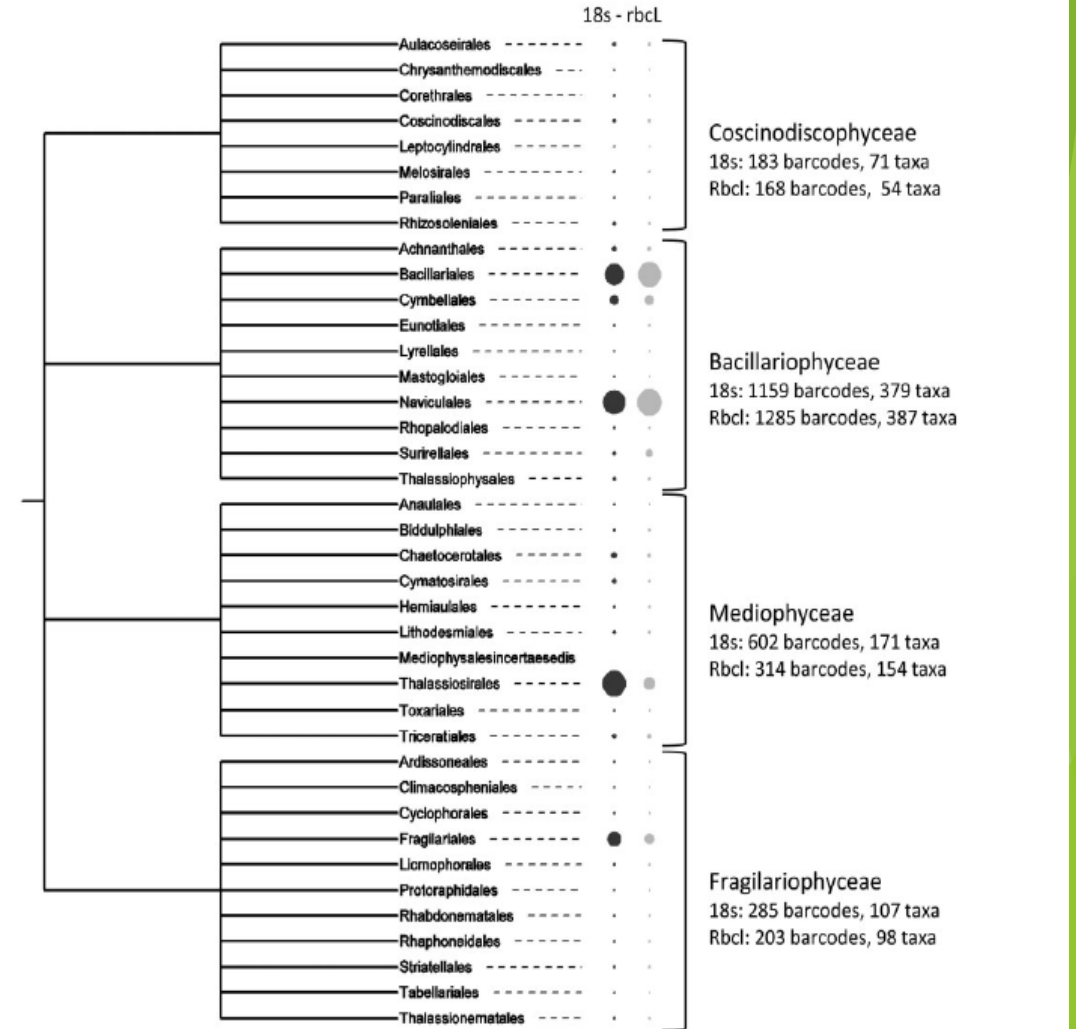
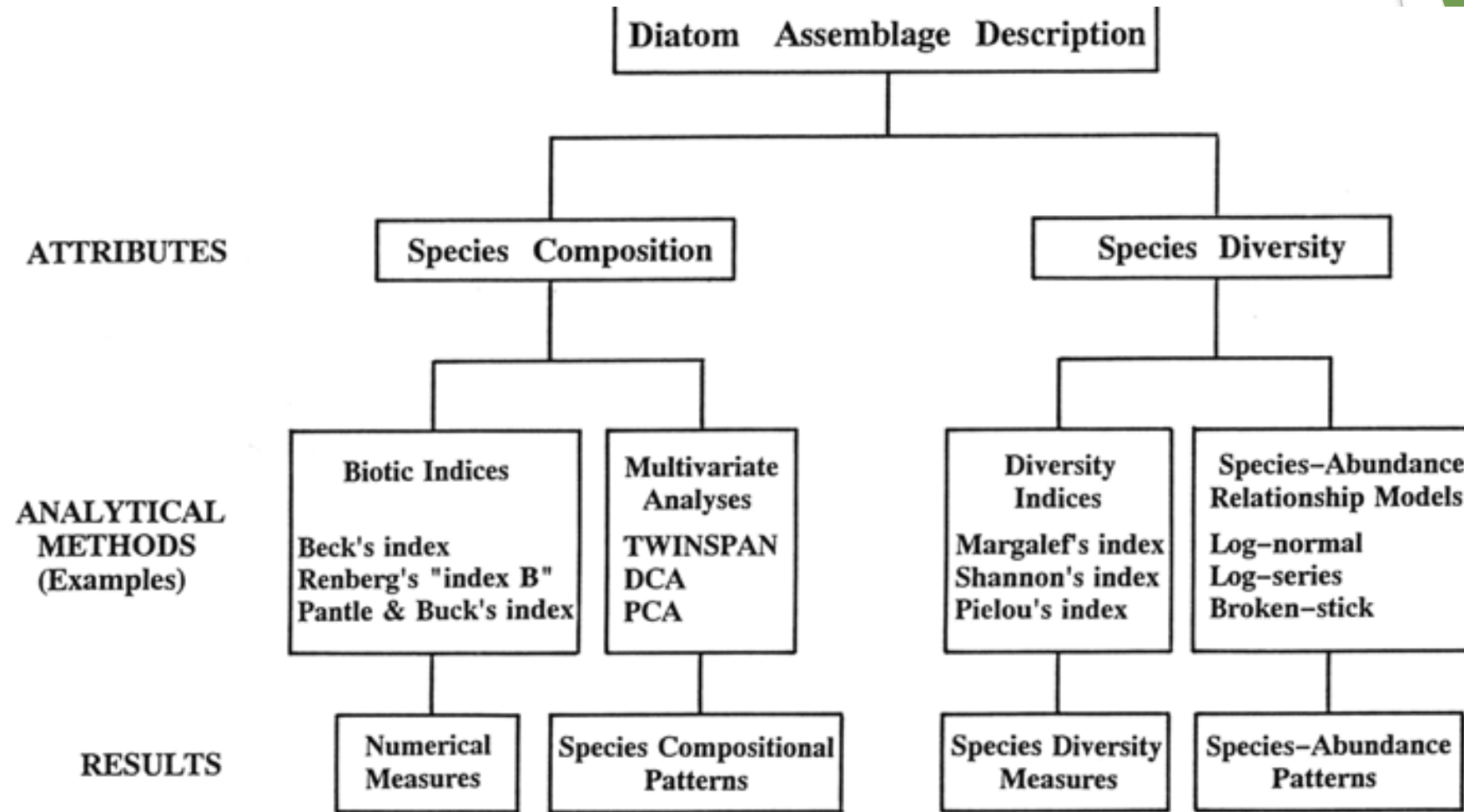


Figure 6. Number of barcodes (18S and rbcL) in the R-System:diatom for the different diatom classes and orders (update of September 2015). Large circles correspond to high number of barcodes. Tree created with itol.embl.de.

Database URL: <http://www.rsyst.inra.fr/>

## Diatomeas como indicadores biológicos de contaminación de ríos: ensamblajes



Esquema para describir ensamblajes de diatomeas (Lobo et al. 1995 )



# METODOLOGÍA

## Recolección de muestras: sitio PQ1 y sitio PQ2

Recolección muestras (inicio de abril a inicio de julio 2017):

-- Total 12 muestras bióticas *in situ* (6 por sitio)



**ITCA**

-- Total 6 muestras de agua de río por sitio (10 parámetros):

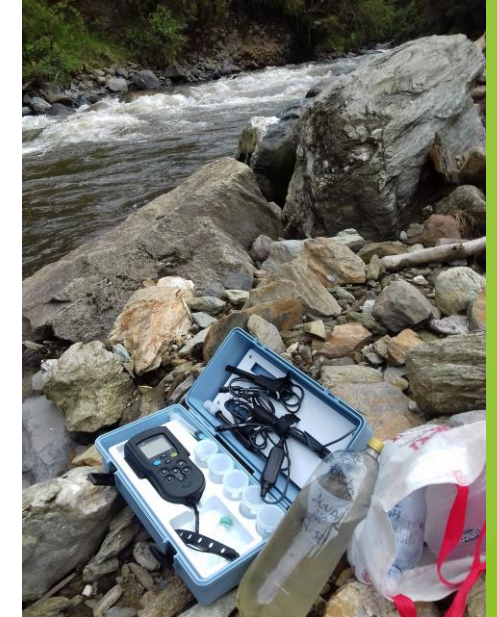
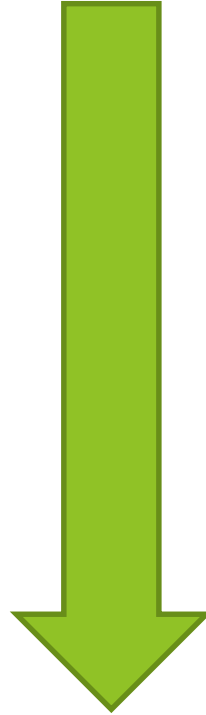
T°, pH, OD, Conductividad (*in situ*); Turbidez, DBO5, Nitratos, Fosfatos, Coliformes, y SDT (tratamiento *ex situ*).



**ICA-UNISC**

**ITCA**

**Recolección** de muestras *in situ* de diatomeas epilíticas y 4 datos F-Q (T°, pH, OD, y Conductividad). El **tratamiento** de muestras bióticas *ex situ* (en la UISEK).



“Protocolo oficial del procedimiento adaptado de Kelly et al. (M. G. Kelly, 2001; E. A. Lobo et al., 2015) y de Kobayasi & Mayama, (1982; no se encontró referencia en PDF)

# Tratamiento de las muestras de recolectadas en PQ1 y PQ2

“Protocolo oficial del procedimiento adaptado de Kelly et al. (M. G. Kelly, 2001; E. A. Lobo et al., 2015) y de Kobayasi & Mayama, (1982).

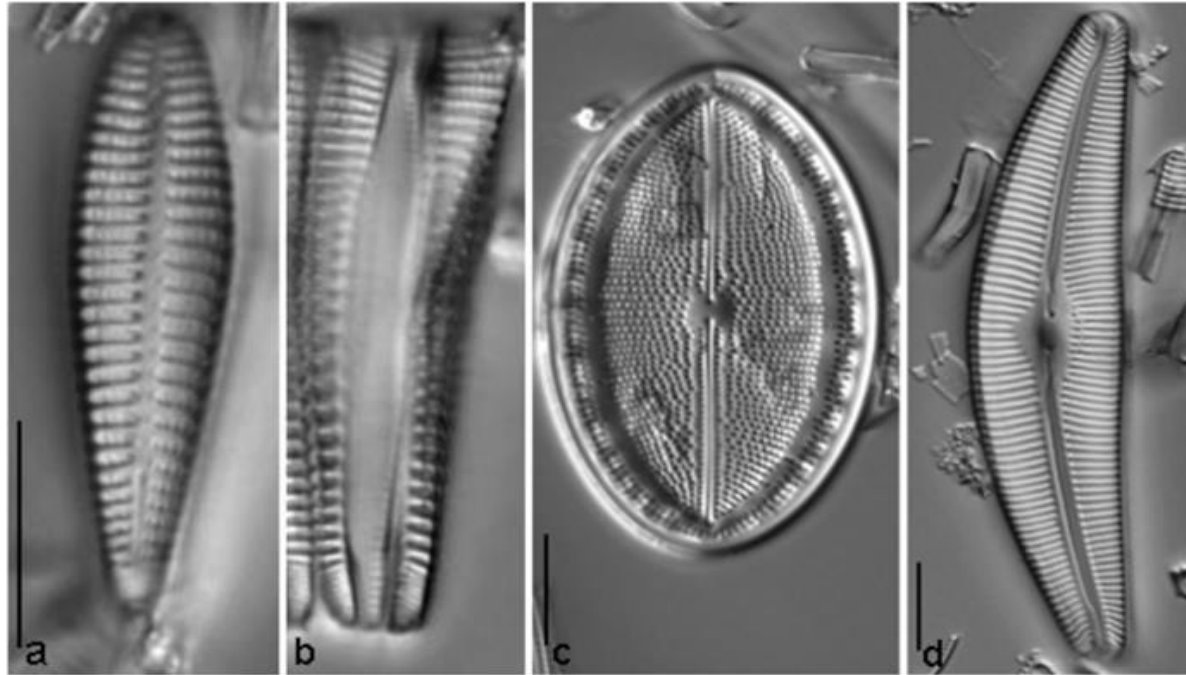


Fotos de procesos de S. Chamorro; fotos diatomeas de autor.





## Conteo de diatomeas en placas permanentes PQ1 y PQ2



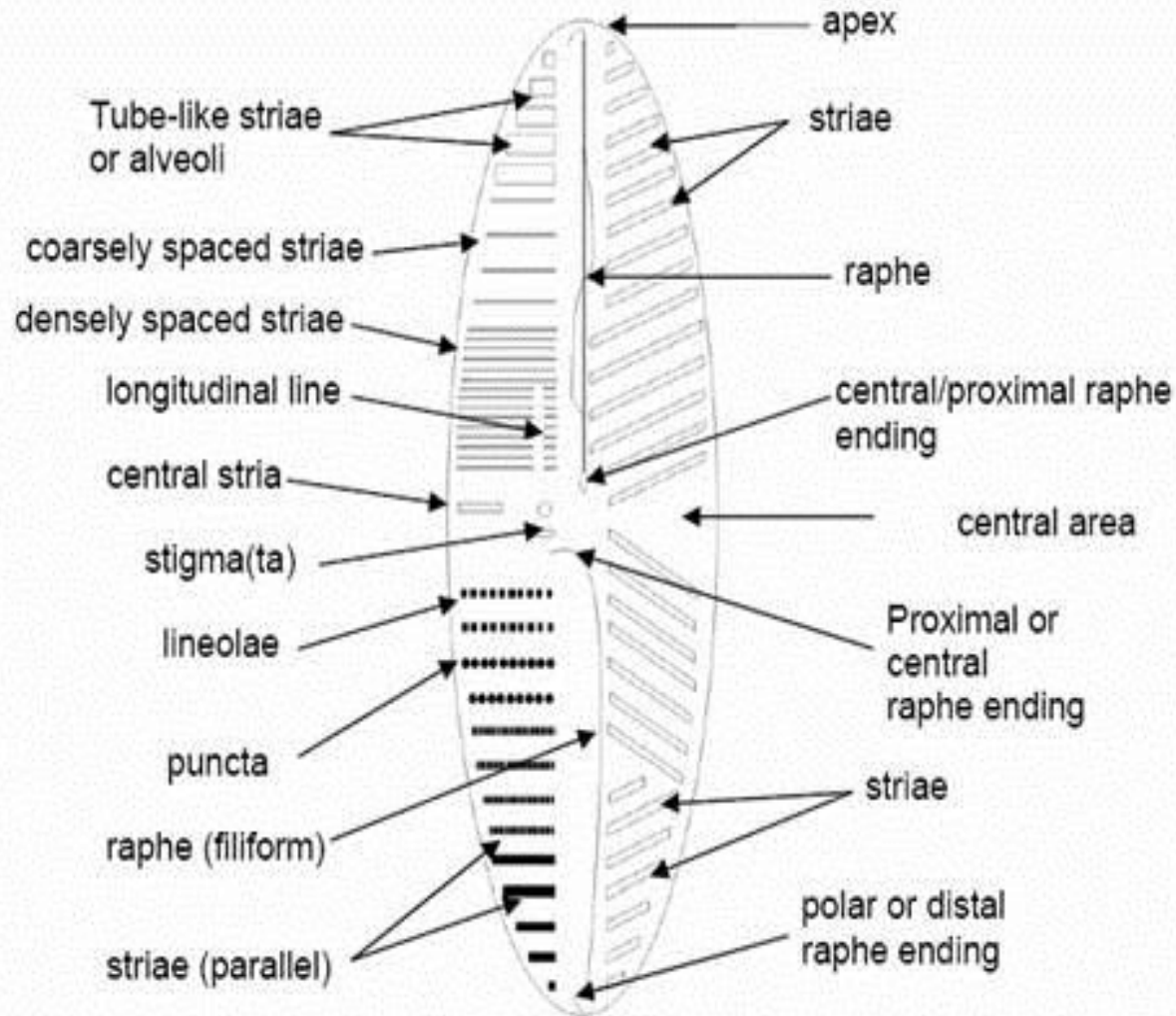
**Fig. ( A , b )** Pennate diatom *Rhoicosphenia* : ( a ) Valve view. ( b ) Girdle view (pleural). ( c ) Monoraphid raphe system in *Cocconeis*. ( d ) Asymmetrical biraphid system in *Cymbella* . Scale bars = 10  $\mu\text{m}$  (Burlinga y Kociolek, 2016)

Lobo et al. (2015): ideal conteo de 600 valvas por sitio y por muestreo.

\*Dares (2004); Karthick et al. (2010): señalan mínimo 300 por sitio y por muestreo.

\* Usado por el presente estudio debido a la escasa presencia de individuos.

## Identificación de diatomeas contadas en cada sitio

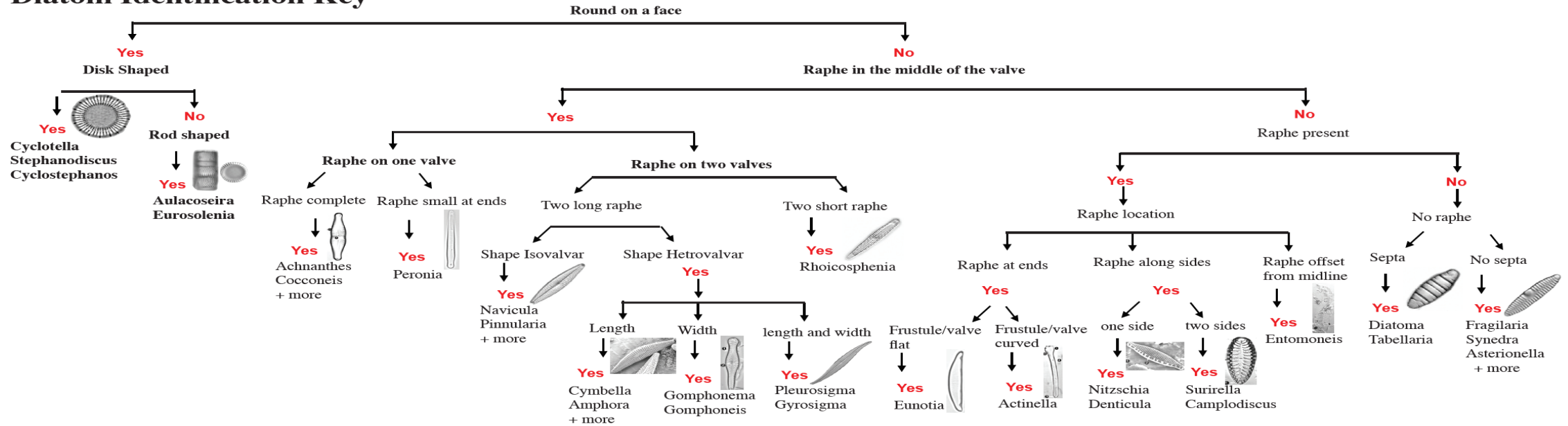


**Referencias taxonómicas usadas: Gell, Sonneman, Reidi, Illman, & Sincock, 1999; E. Lobo et al., 2014; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007; Spaulding, Lubinski, y Potapova, 2010).**

**Taxónomos expertos de la Universidad de Santa Cruz (Brasil) do Sul apoyarán con la identificación y/o confirmación de las especies de diatomeas encontradas en los dos sitios.**

# Identificación de diatomeas contadas en cada sitio

## Diatom Identification Key

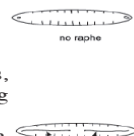


### Glossary

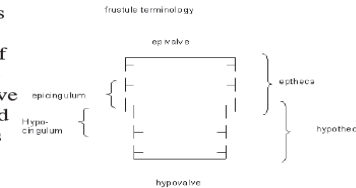
Valve: Diatom cells include an outer, siliceous cell wall which is composed of two parts, or valves. Many of the features used to classify diatoms are based on the morphology of the valves. Each valve has a face and a mantle.



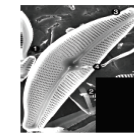
Raphe: A slit through the valve face of monoraphid and diraphid diatoms, usually situated along the apical axis. This is the structure which enables a diatom cell to move over substrates. Araphe is without araphe.



Frustule: Siliceous portion of diatom cell, a consisting of two valves, an epivalve and hypovalve and their associated cingulum elements



Hetrovalvar: Frustules in which one valve differs in morphology from the other. Used most to refer to the monoraphid diatoms, where one valve possesses a raphe and the other possesses a pseudoraphe.

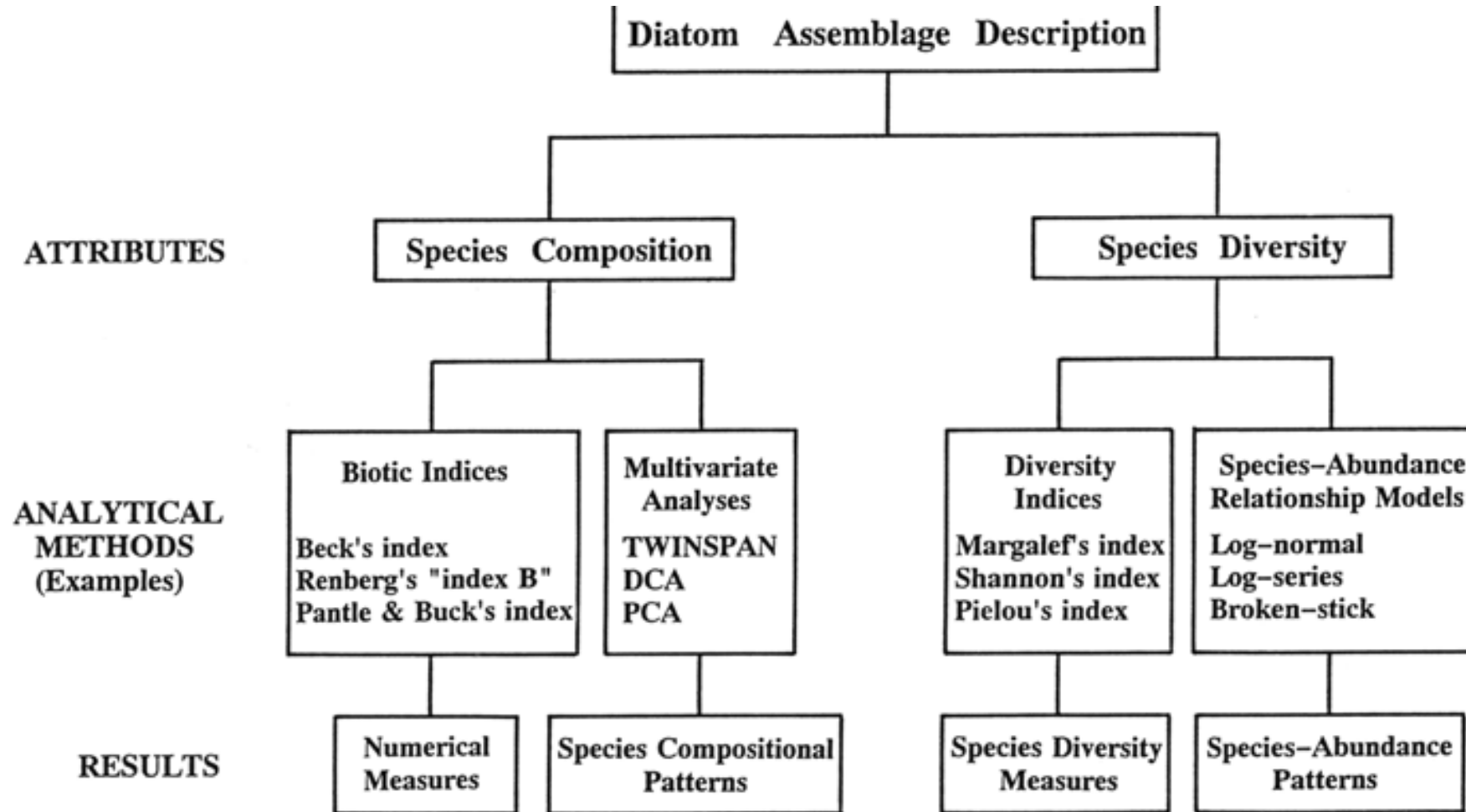


Isovalvar: Frustules in which both valves bear an equal and fully formed raphe.





## ITCA O TWQI



Esquema para describir ensamblajes de diatomeas (Lobo et al. 1995 )

## Índice trófico de Calidad de Agua o ITCA y Análisis Multivariados

**Fórmula 1. Abundancia de especies (AE)** = 
$$\frac{\text{número de especies}}{\text{número total de individuos}}$$

1. Especies abundantes “..... # de individuos sobrepasa el valor promedio (media) del total de # de individuos en una muestra. Lobo y Leighton (E. Lobo & Leighton, 1986)
2. Variables biológicas y variables ambientales (9) estandarizadas: ( $\ln(x+1)$ )
3. Análisis Conglomerado (AC); (Ward, 1963)\*
4. Análisis de correspondencia Canónico (CCA)
5. Software “Past versión 2013” (E. A. Lobo et al., 2015).

**Fórmula #2. Cálculo del Índice Trófico de Calidad de Aguas adaptado de Pantle y Buck 1955** (E. A. Lobo et al., 2015) :

$$ITCA = \frac{\sum (vt \cdot h)}{\sum h}$$

Table 3 Relationship between the Trophic Water Quality Index (TWQI) and the water quality

TWQI	Pollution levels
1.0–1.5	Oligotrophic (negligible pollution)
1.5–2.5	$\beta$ -mesotrophic (moderate pollution)
2.5–3.5	$\alpha$ -Mesotrophic (strong pollution)
3.5–4.0	Eutrophic (excessive pollution)

Donde:

vt= valor trófico de especies

h= abundancia relativa de especies

## Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ) y microbiológicos de las aguas y determinación del ICA-UNICS.

### Parámetros NSF:

1. **Turbidez** (FTU, determinado con el instrumento HANNA Instruments (MI 93703 “Microprocessor”).
2. **DBO5** (Klein, 2015).
3. **Nitratos** y 4. **Fosfatos** se usaron los métodos HACH (Company, 2003; HACH, 2014, 2016, HACH Company, 2003, 2013),
5. **Coliformes fecales** (cálculo NPM)
6. **SDT** (método de filtrado SDT).
7. **pH**
8. **OD**
9. **Temperatura**



### IQA - ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

SOFTWARE IQAData (Posselt, Costa, Lobo, 2015)



POSSELT, E. L., COSTA, A. B., LOBO, E. A. *Software IQAData 2015*. INPI nº BR 512015000890-0. Disponível em: <http://www.unisc.br/ppgspi>. 2015.



(Posselt, E.;Costa, A.Lobo, 2015).



## ICA-UNISC: calibración de pesos para variables que indiquen procesos de eutrofización

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Variáveis	Peso actual (w <sub>i</sub> )	Peso calibrado (Moretto et al., 2012)
Coliformes fecales	0,16	0,23
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11	0,08
Fosfato total	0,10	0,16
Nitrato	0,10	0,07
Oxígeno disuelto	0,17	0,20
pH	0,11	0,05
Sólidos totales disueltos	0,07	0,06
Turbidez	0,08	0,12
Temperatura	0,10	0,03

Variáveis	Resultados	Unidades	q	COMITESINOS	FEPAM	NSF
Coliformes termotolerantes	1.400,00	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	18,4	1,64	1,64	1,59
DBO <sub>5</sub>	2,30	mg L <sup>-1</sup> , O <sub>2</sub>	74,9	1,61	1,61	1,61
Fosfato total	2,67	mg L <sup>-1</sup> , PO <sub>4</sub> -P	19,2	1,38	1,38	1,34
Nitratos	0,10	mg L <sup>-1</sup> , NO <sub>3</sub>	96,2	1,65	-	1,58
Nitrogênio amoniacal	0,50	mg L <sup>-1</sup> , NH <sub>3</sub> -N	93,3	-	1,65	-
Oxigênio dissolvido	5,50	mg L <sup>-1</sup> , O <sub>2</sub>	-	-	-	-
pH	7,50	-	95,2	1,81	1,81	1,65
Sólidos totales disueltos	146,00	mg L <sup>-1</sup>	81,6	1,49	1,49	1,36
Temperatura	15,00	° C	93,0	-	-	1,57
Temperatura (sitio de referência)	15,00	° C	-	-	-	-
Turbidez	3,10	uT	90,3	1,50	1,50	1,43
Saturação de OD	97,0	%	94,2	2,37	2,37	2,17
<b>IQA:</b>				<b>57,7</b>	<b>57,5</b>	<b>59,6</b>

## ICA-UNISC: rangos que determinan el estado de la calidad del agua según su índice de eutrofización

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

< 25	<i>Muito Ruim</i>
26 - 50	<i>Ruim</i>
51 - 70	<i>Regular</i>
71 - 90	<i>Boa</i>
91 - 100	<i>Excelente</i>

“CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE DIATOMEAS EPILÍTICAS ASOCIADAS AL GRADO DE EUTROFIZACIÓN DEL RÍO QUIJOS, EN LA PROVINCIA DE NAPO, ECUADOR”

**Tabla #2.** Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ1. Confirmar identificación. Las filas en color verde representan las especies abundantes (11).

#	Nombre científico	Individuos por especie y por mes					Spp. Abundantes >11 ind.	Media
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo		
1	<i>Ulnaria</i> sp.	2	0	0	0	2		11.11
2	<i>Luticola simplex</i> (?)	4	3	2	7	16	16	
3	<i>Gomphonema</i> sp.1	3	2	1	1	7		
4	<i>Semiorbis</i> sp.	2	1	0	0	3		
5	<i>Actinella</i> sp.	1	2	2	0	5		
6	<i>Luticola falknerorum</i>	1	3	6	9	19	19	
7	<i>Aulacoseira granulata</i> (?)	0	2	2	1	5		
8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	2	3	12	24	41	41	
9	<i>Gomphonema</i> sp.2	1	2	3	3	9		
10	<i>Navicula lohmannii</i>	3	4	13	23	43	43	
11	<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	0	2	1	4		
12	<i>Geissleria</i> sp.	0	0	2	4	6		
13	<i>Cymbella</i> sp.1	0	0	0	1	1		
14	<i>Bachysira</i> sp.	0	2	5	9	16	16	
15	<i>Cymbella</i> sp.2 (?)	0	0	0	3	3		
16	<i>Cocconeis lineata</i> (?)	0	0	1	4	5		
17	<i>Pinnularia hameli</i>	1	1	2	12	16	16	
18	<i>Terpsinoë musica</i> (?)	0	0	0	6	6		
19	<i>Planothidium robustis</i>	1	2	2	8	13	13	
20	<i>Encyonema</i> sp.1	0	0	1	4	5		
21	<i>Planothidium lanceolate</i>	1	1	2	8	12	12	
22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	6	10	16	16	
23	<i>Cymbella</i> sp.3	0	0	2	4	6		
24	<i>Nitzschia brevissima</i>	0	1	6	7	14	14	
25	<i>Navicula lanceolata</i>	0	1	1	5	7		
26	<i>Luticola falknerorum</i>	0	0	0	3	3		
27	<i>Hanea arcus</i> (?)	0	1	3	13	17	17	
Total de individuos en PQ1 por mes		23	31	76	170		223	
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ1					300			

# RESULTADOS

**Tabla #3.** Taxa recolectada e identificada del río Quijos. en el Punto PQ2. Confirmar identificación. Las filas en color verde representan las especies abundantes (7).

N.E	Nombre científico	Individuos por especie y por mes					Spp. Abundantes ≥13	Media
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo		
28	<i>Gomphonema</i> sp. cf <i>parallelistriatum</i>	2	0	1	2	5		13.04
29	<i>Nitzschia serrata</i>	0	1	5	5	11		
30	<i>Gomphonema</i> sp.3	0	1	2	4	7		
31	<i>Bachysira neoexillis</i>	0	1	2	4	7		
32	<i>Eunotia convexa</i>	0	3	2	1	6		
33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	0	9	21	25	55	55	
34	<i>Orthoseira</i> sp. (diámetro)	1	3	5	6	15	15	
35	<i>Melosira astriade</i>	3	5	7	6	21	21	
36	<i>Navicula lohmannii</i>	4	7	11	13	35	35	
37	<i>Navicula</i> sp.	1	2	5	9	17	17	
38	<i>Amphora</i> sp.	0	0	2	1	3		
39	<i>Nupella wellner</i>	0	0	3	4	7		
40	<i>Rhoicosphenia</i> sp.1	0	0	4	3	7		
41	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	2	4	6		
42	<i>Cymbella</i> sp.4	0	0	6	3	9		
43	<i>Hanea arcus</i>	0	0	5	11	16	16	
44	<i>Hanea</i> sp.1	0	0	0	7	7		
45	<i>Rhoicosphenia</i> sp.2	0	0	0	5	5		
46	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	0	0	0	5	5		
47	<i>Gomphonema</i> sp.4	0	0	0	40	40	40	
48	<i>Cymbella</i> sp.5	0	0	0	3	3		
49	<i>Rhoicosphenia</i> sp.2	0	0	0	2	2		
50	<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	11	11		
Total de individuos en PQ2 por fecha		11	32	83	174		199	
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ2					300			



## Especies abundantes en PQ1 y PQ2

**Tabla #4.** Taxa abundantes en sitio PQ1 según la media total. Once taxa abundantes de veintisiete encontrados en PQ1.

No.	Número en ficha	Taxa (abundantes)	Individuos por taxa y por mes					Spp. Abundantes >11 media
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo	
1	2	<i>Luticola simplex</i> (?)	4	3	2	7	16	11.11
2	6	<i>Luticola falknerorum</i> (similar)	1	3	6	9	19	
3	8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	2	3	12	24	41	
4	10	<i>Navicula lohmannii</i>	3	4	13	23	43	
5	14	<i>Bachysira</i> sp.	0	2	5	9	16	
6	17	<i>Pinnularia</i> cf. <i>hamelii</i>	1	1	2	12	16	
7	19	<i>Planothidium robustus</i>	1	2	2	8	13	
8	21	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	1	1	2	8	12	
9	22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	0	0	6	10	16	
10	24	<i>Nitzschia brevissima</i>	0	1	6	7	14	
11	27	<i>Hannea arcus</i> (?)	0	1	3	13	17	
Total de individuos en PQ1 por fecha			13	21	59	130	223	223
TOTAL INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ1							300	

**Tabla #5.** Taxa abundantes en sitio PQ2 según la media total. Siete taxa abundantes de vientes encontrados en PQ2.

No	Número en ficha	Taxa (confirmar)	Individuos por taxa y por mes					Spp. Abundantes >13.04 media
			Abril	Mayo	Junio	Julio	Conteo	
1	33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	0	9	21	25	55	13.04
2	34	<i>Orthoseira</i> sp. (diámetro)	1	3	5	6	15	
3	35	<i>Melosira astriade</i>	3	5	7	6	21	
4	36	<i>Navicula lohmannii</i>	4	7	11	13	35	
5	37	<i>Navicula</i> sp.	1	2	5	9	17	
6	43	<i>Hannea arcus</i>	0	0	5	11	16	
7	47	<i>Gomphonema</i> sp.4	0	0	0	40	40	
Total de individuos en PQ2 por fecha			9	26	54	110	199	
TOTAL, INDIVIDUOS CONTADOS EN PQ2							300	

Tres especies abundantes están presentes en ambos sitios: *Reimeria sinuata*, *Navicula lohmannii*, y *Hannea arcus*; por lo que, el total de taxa abundantes sería de 15, los cuales, se usan en los análisis multivariados y posteriormente determinar el ITCA de cada sitio.

## ITCA para sitios PQ1 y PQ2

### ITCA PPQ1 : 3.23; $\alpha$ -mesotrófico

**Tabla #9.** Valor ITCA para sitio PQ1. Además de los valores tróficos (vt) de los taxa de diatomeas abundantes según su tolerancia a la eutrofización. En base, a los resultados del CCA (Gráfico #2) se obtuvo el vt de la mayoría de taxa, ya que no se encontró en la literatura consultada. Para una minoría de taxa se obtuvo el vt en tablas de estudios previos (E. A. Lobo et al., 2015; E. Lobo et al., 2014; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007)

RÍO QUIJOS; ITCA. SITIO PQ1.					
No.	Número en ficha	Especies abundantes	h	vt	h*vt
1	2	<i>Luticola simplex</i> (?)	16	4	64
2	6	<i>Luticola falknerorum</i> (similar)	19	1	19
3	8	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	41	4	164
4	10	<i>Navicula lohmannii</i>	43	1	43
5	14	<i>Bachysira</i> sp.	16	4	64
6	17	<i>Pinnularia</i> cf. <i>hamelii</i>	16	4	64
7	19	<i>Planothidium robustus</i>	13	4	52
8	21	<i>Planothidium lanceolate</i> (?)	12	2	24
9	22	<i>Navicula subrhynchocephala</i>	16	4	64
10	24	<i>Nitzschia brevissima</i>	14	4	56
11	27	<i>Hannea arcus</i> (?)	17	1	17
	<b>TOTAL</b>		<b>223</b>		<b>631</b>
		<b>ITCA</b>		<b>2.8</b>	

### ITCA PQ2: 3.23; $\alpha$ -mesotrófico

**Tabla #10.** Valor ITCA para el sitio PQ2. además de los valores tróficos (vt) de los taxa de diatomeas abundantes según su tolerancia a la eutrofización. En base, a los resultados del CCA (Gráfico #2) se obtuvo el vt de la mayoría de taxa, ya que no se encontró en la literatura consultada. Para una minoría de taxa se obtuvo el vt en tablas de estudios previos

RÍO QUIJOS; ITCA. SITIO PQ2.					
No.	Número en ficha	Especies abundantes	h	vt	h*vt
1	33	<i>Reimeria sinuata</i> (?)	55	4	220
2	34	<i>Orthoseira</i> sp. (diámetro)	15	4	60
3	35	<i>Melosira astriade</i>	21	4	84
4	36	<i>Navicula lohmannii</i>	35	1	35
5	37	<i>Navicula</i> sp.	17	4	68
6	43	<i>Hannea arcus</i>	16	1	16
7	47	<i>Gomphonema</i> sp.4	40	4	160
	<b>TOTAL</b>		<b>199</b>		<b>643</b>
		<b>ITCA</b>		<b>3.23</b>	

## ICA-UNISC

**Tabla # 6 A:** valores ICA-UNISC de los sitios, PQ1 y PQ2, en cada fecha de muestreo en julio 2017. Seis recolectas por sitio; los datos se procesaron en el programa Past 2013 E.; Costa, A.Lobo, 2015). **B:** tabla de calificación y valoración IQA-NSF (Oram, 2014).

**A.** Valores ICA-UNISC sitios PQ1 y PQ2 por fechas.

Puntos	Valor de IQA	Calificación
PQ1. 1/6	52.22	Regular
PQ1. 2/6	62.68	Regular
PQ1. 3/6	49.89	Malo
PQ1. 4/6	65.6	Regular
PQ1. 5/6	30.12	Malo
PQ1. 6/6	35.12	Malo
PQ2. 1/6	44.56	Malo
PQ2. 2/6	32.12	Malo
PQ2. 3/6	48.97	Malo
PQ2. 4/6	45.74	Malo
PQ2. 5/6	47.27	Malo
PQ2. 6/6	34.24	Malo

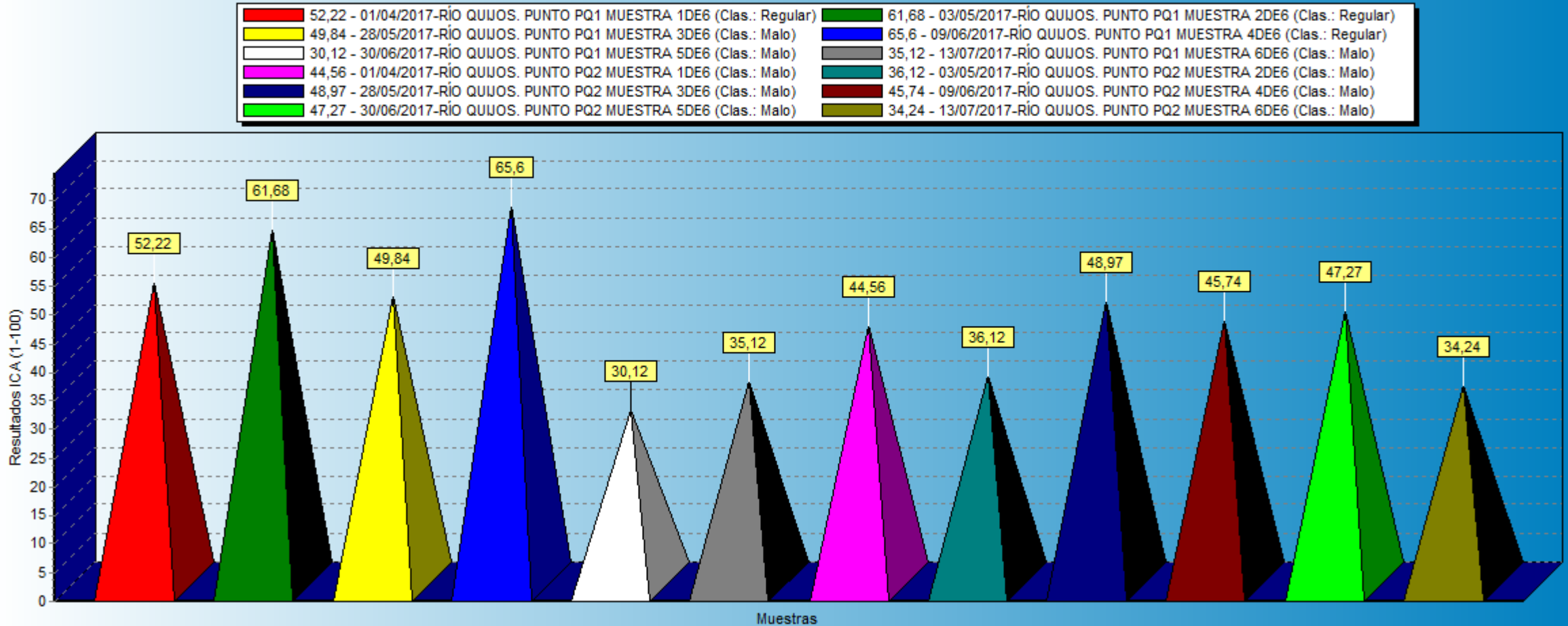
**B.** Calificación según IQA-NSF

Calificación	Valor de ICA
Muy malo	0 - 25
Malo	26 - 50
Regular	51 - 70
Bueno	71 - 90
Excelente	91 - 100

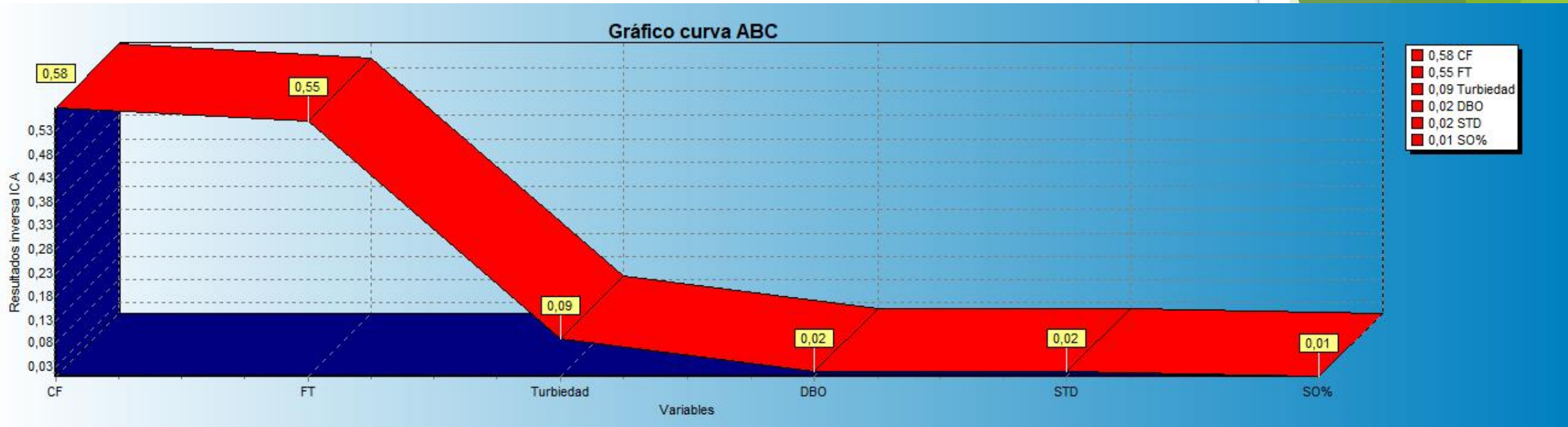


# ICA-UNISC. Software IQAdata 2015

Análisis gráfico de los resultados de las muestras



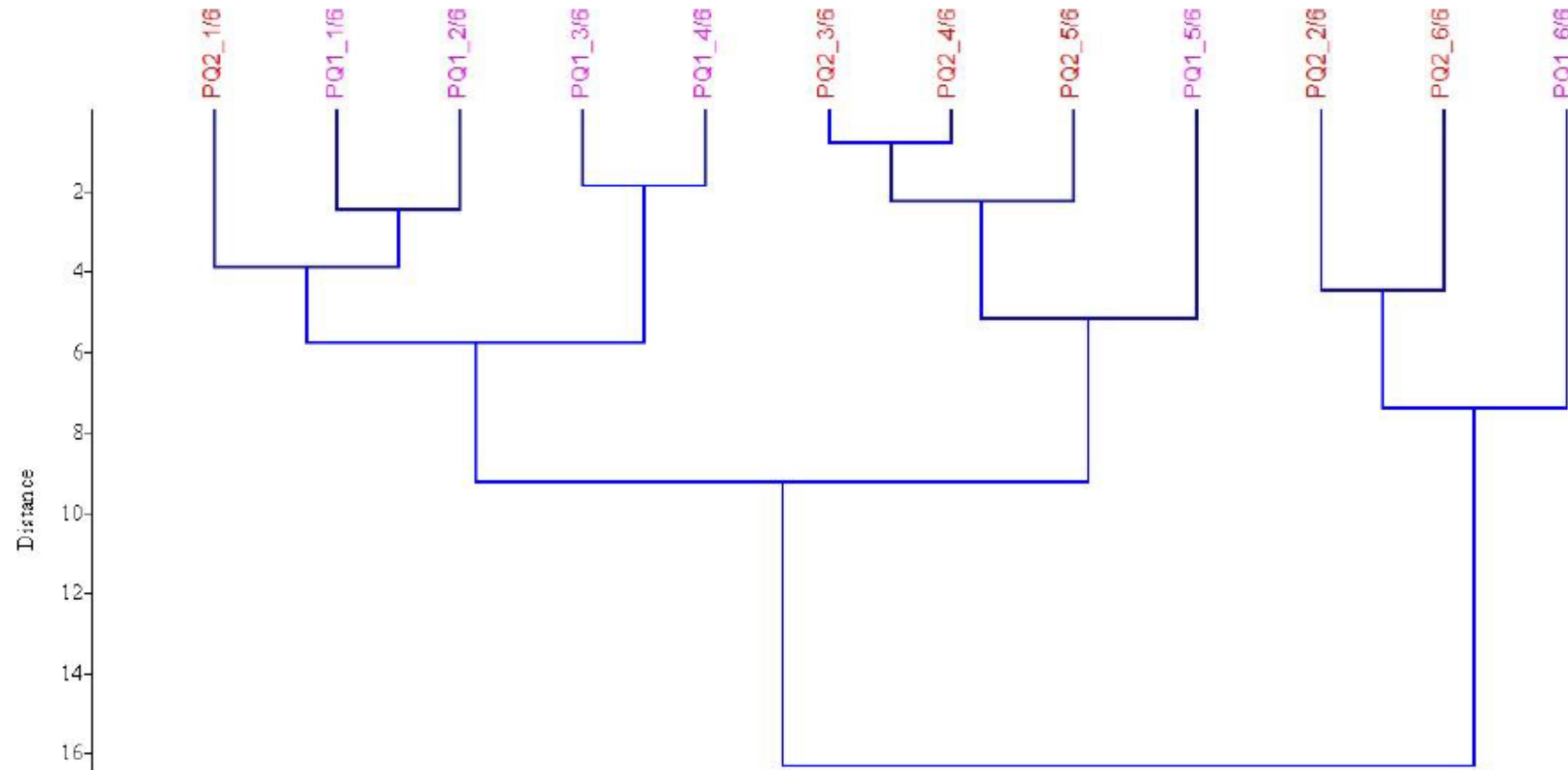
## ICA-UNISC. Software IQAdata 2015



Curva ABC PQ1

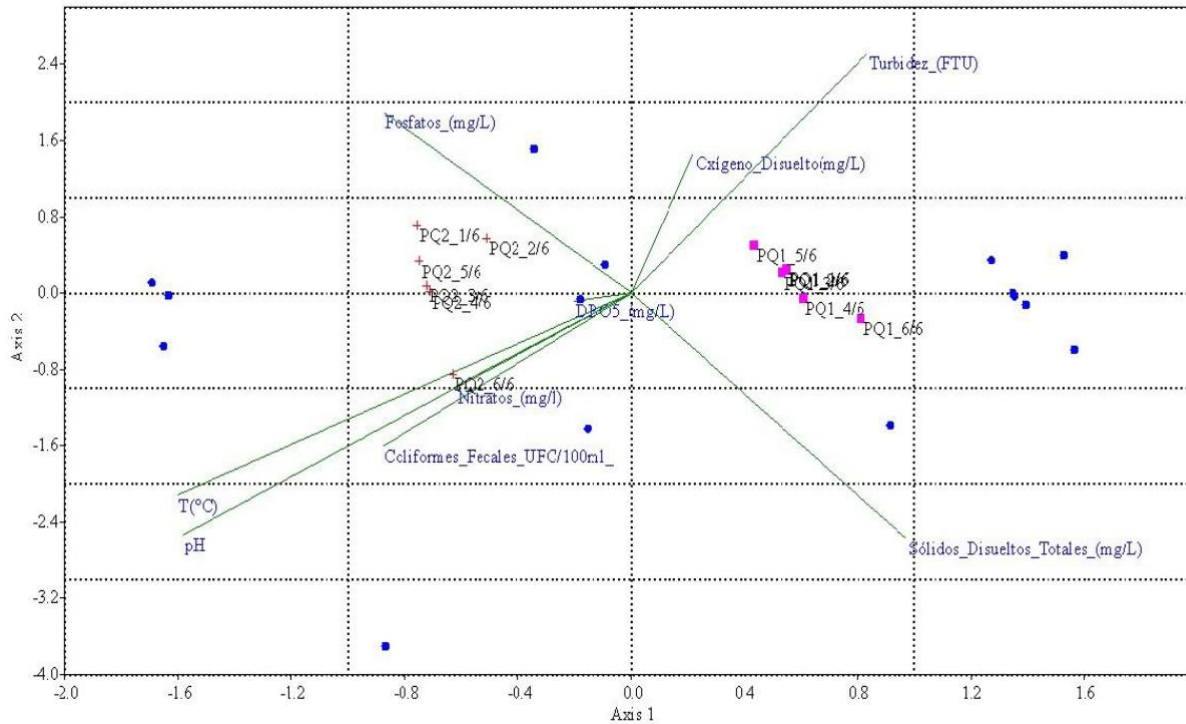
## Análisis Conglomerado

**Figura #3.** Análisis de conglomerado. Conglomerado de dos sitios de muestreo, con restricción en base a la abundancia relativa de diatomeas epilíticas presentes en cada sitio de muestreo, PQ1 y PQ2; entre abril y julio se realizaron seis salidas de muestreo. Se observa tres grupos principales





## Análisis de Correspondencia Canónica



**Figura #4.** Análisis de correspondencia canónica (CCA).

Dispersión basada en el CCA de muestras de Diatomeas y su abundancia relativa en dos sitios de muestreo; correlacionadas con nueve variables ambientales: Fosfatos, nitratos, turbidez, oxígeno disuelto, DBO5, temperatura del agua, pH, Coliformes fecales, y sólidos disueltos totales. Los puntos azules representan la dispersión de las especies, los cuadrados rosados el sitio de muestreo PQ1, y las cruces rojas el sitio de muestreo PQ2; se realizaron seis muestreos por sitio. Adicionalmente se muestran los “eigenvalgues” y el test de permutación del CCA

Axis	Eigenval	p
1	0.6291	0.4851
2	0.2024	0.7327
3	0.143	0.7822
4	0.09778	0.8713
5	0.07065	0.9703
6	0.06932	0.3366
7	0.05268	0.3168
8	0.04278	0.1188
9	2.054E-08	0.6832

Trace: 1.308  
Trace p: 0.604

Axis	Eigenvalue	%
1	0.6291	48.11
2	0.20243	15.48
3	0.14296	10.93
4	0.097776	7.477
5	0.070655	5.403
6	0.069325	5.301
7	0.05268	4.028
8	0.04278	3.271
9	2.0537E-08	1.57E-06

# IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES ([link](#))

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ([link](#))