

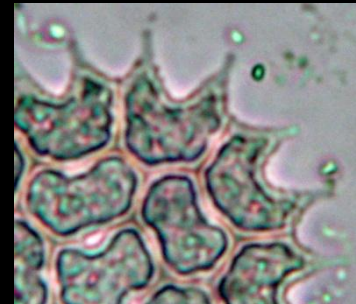
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
UNIDAD DE LIMNOLOGÍA Y RECURSOS ACUÁTICOS

Misión: investigación y formación

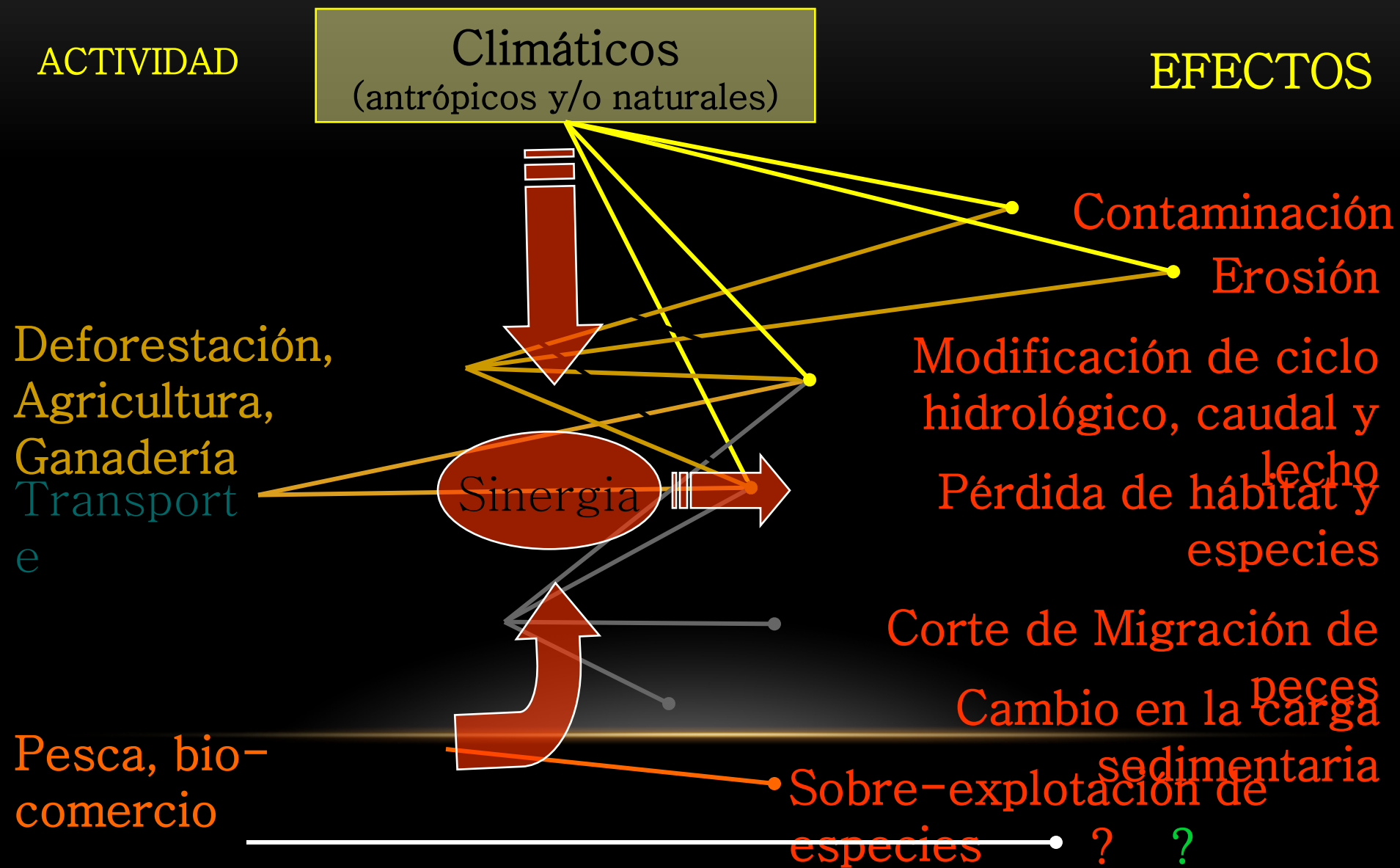
EL ESCENARIO: SISTEMAS ACUÁTICOS DE BOLIVIA

MEGADIVERSIDAD

Ejm: 700 spp. peces
4000 spp. (?) algas



LA PROBLEMÁTICA: USOS ANTRÓPICOS Y EFECTOS ECOLÓGICOS = PERTURBACIÓN



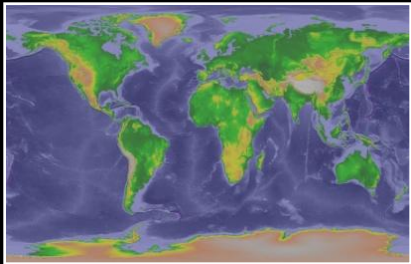
LINEAS DE ACCIÓN

1. Conservación y restauración de sistemas acuáticos
2. Calidad ambiental y salud
3. Gestión de recursos hidrobiológicos

1. Conservación y restauración

Objetivo estratégico 1:

Patrones de diversidad acuática
y factores de control a diversas escalas



Modelos de predicción de la diversidad

Herramientas de evaluación de impactos

1. Conservación y restauración

Objetivo estratégico 2:

**Modelización de procesos
ecológicos en sistemas acuáticos**



Modelos de predicción de los efectos antropogénicos

Herramientas de conservación y restauración

1. Conservación y restauración

Modelo ecológico para
la gestión de lagunas
interurbanas



Modelo predictivo
del cambio climático
en lagunas andinas

2. Calidad ambiental y salud

Objetivo estratégico 1:

*Herramientas de evaluación y monitoreo
de la calidad ecológica sistemas acuáticos*

**Sistemas de bioindicación (ejm: bioíndices para ríos
andinos basados en macroinvertebrados, especies de
algas bioindicadoras)**



2. Calidad ambiental y salud

b) Sistemas de biomarcación

*Ejm: marcadores del estrés
ambiental por pesticidas
en ríos del Chapare*



c) Estudios de bioacumulación y biomagnificación

Ejm: mercurio en ambientes acuáticos de la cuenca Iténez

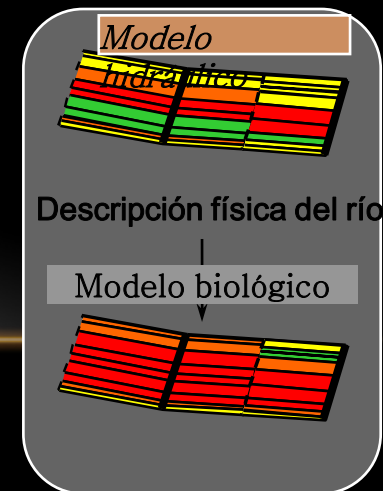


2. Calidad ambiental y salud

Objetivo estratégico 2:

Desarrollo de herramientas de prevención y mitigación de impactos antropogénicos en sistemas acuáticos

**Infraestructuras
hidráulicas y
caudales
ecológicos en ríos
andinos**



3. Gestión de recursos hidrobiológicos

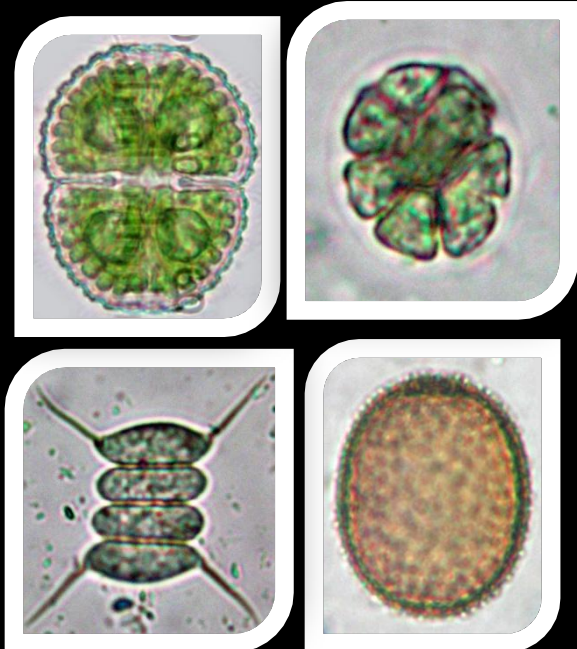
Objetivo estratégico 1:

Proveer las bases biológicas y ecológicas requeridas para la conservación y manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos

Ejm: rasgos de vida y genética de poblaciones en peces amazónicos de importancia económica



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA: BIOINDICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE ALGAS



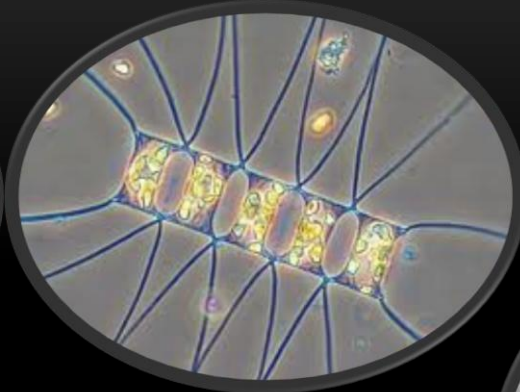
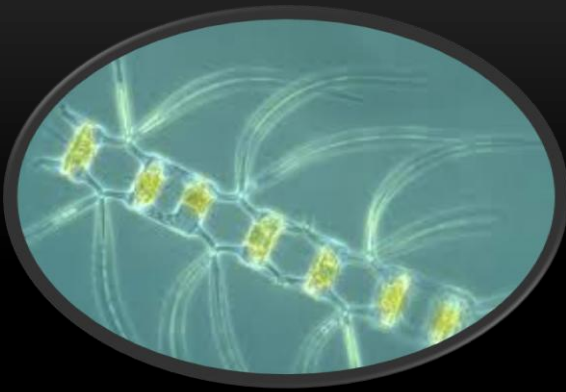
1. INTRODUCCIÓN



2. ANTECEDENTES: IMPORTANCIA

- ❖ **Productores primarios por excelencia**
 - ❖ **Eliminan 40-45% O_2 fotosintético a la atmósfera**
 - ❖ **Fijan CO_2 , principal gas de efecto invernadero**
- ❖ **Bioindicadores por excelencia: Calidad ambiental, monitoreo (modelización, índices)**
 - ❖ **Gran sensibilidad frente a la alteración de parámetros fisicoquímicos.**
 - ❖ **Muestreo, preparación y preservación son relativamente simples**
 - ❖ **Solamente se requiere de una pequeña cantidad de muestra para tener una noción de la composición.**
 - ❖ **Las placas permanentes no se deterioran fácilmente en el tiempo**

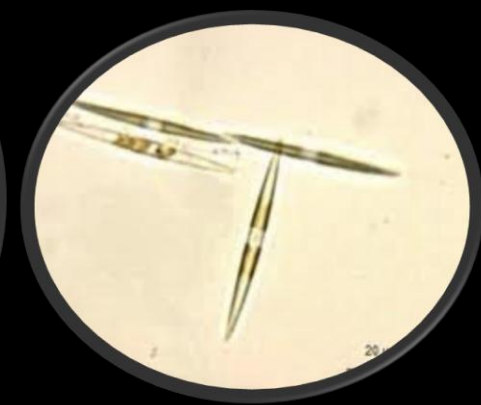
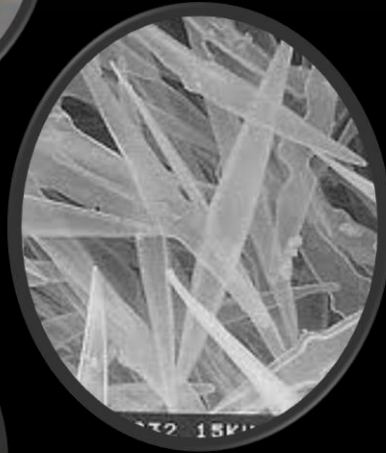
Aspectos negativos de las algas



Chaetoceros



Didymosphenia geminata



Pseudo-nitzschia multiseries



Ac. domoico

Estudios de monitoreo

- **Europa:** Schoeman 1979, Gasse et al. 1995, Lowe & Pan 1996, John 1998, Kelly et al. 1998, Prygiel et al. 1999, Loez & Topalian 1999, Chessman et al. 1999, Rothfritz et al. 1997.
 - **España:** Tomás & Sabater 1985, Sabater et al. 1987, 1996, 2003, Leira & Sabater 2002, Cambra et al. 2003, Gomà et al. 2004, 2005, Blanco et al. 2005a y b, Ortiz et al. 2005 y en Portugal Almeida & Gil 1998, 2000, 2001 y Nunes et al. 2003.
- **Centroamérica,** Costa Rica trabajos como el de Silva-Benavides 1996 a, b y Michels-Estrada 2003
- **Sudamérica:**
 - **Brasil:** Lobo & Torgan 1988, Rosa et al. 1988, Lobo et al. 1995a, 1995b, Lobo & Callegaro 2000, Lobo et al. 1995 a, b y 2004 a,b,c Lobo et al. 2006, Hermany et al. 2006, Tundisi 2006, Schneck et al. 2007, Salomoni & Torgan 2008, Bere & Tundisi 2010.
 - **Argentina:** Gómez y Licursi 2001 y en Perú Forturbel 2005.

3. MÉTODOS

Toma de muestras



Ubicación de los puntos y fechas de muestreo en el río Rocha

Punto	Fechas	Localidad	Coordenadas	Altura
R11	15/08/08	Maylanco I	66°03.161'W- 17°23.728'S	2685 msnm
R12	10/10/08	Maylanco II		
R13	03/12/08	Maylanco III		
R21	15/08/08	Castillo I	66°07.274'W- 17°23.257'S	2643 msnm
R22	10/10/08	Castillo II		
R23	03/12/08	Castillo III		
R31	15/08/08	Huayna Kapac I	66°10.130'W- 17°24.123'S	2568 msnm
R32	10/10/08	Huayna Kapac II		
R33	03/12/08	Huayna Kapac III		
R41	15/08/08	Puente Killman I	66°10.443'W- 17°24.536'S	2583 msnm
R42	10/10/08	Puente Killman II		
R43	03/12/08	Puente Killman III		
R51	15/08/08	Puente el Calvariol	66°16.956'W -17°25.191'S	2550 msnm
R52	10/10/08	Puente el Calvarioll		
R53	03/12/08	Puente el Calvariolll		
R61	15/08/08	Vinto I	66°18.922'W -17°24.457'S	2541 msnm
R62	10/10/08	Vinto II		
R63	03/12/08	Vinto III		
R71	15/08/08	Thiu Rancho I	66°19.072'W - 17°26.020'S	2547 msnm
R72	10/10/08	Thiu Rancho II		
R73	03/12/08	Thiu Rancho III		
R81	15/08/08	Parotani I	66°20.206'W - 17°34.010'S	2538 msnm
R82	10/10/08	Parotani II		
R83	03/12/08	Parotani III		
R91	15/08/08	Capinota I	66°14.976'W - 17°41.984'S	2527 msnm
R92	10/10/08	Capinota II		
R93	03/12/08	Capinota III		

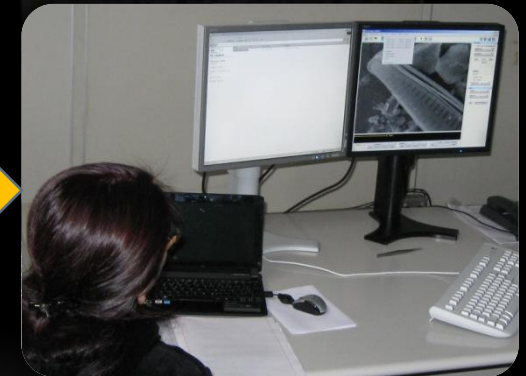
PROCESAMIENTO DE MUESTRAS: MICROSCOPIA ÓPTICA Y MICROSCOPIA ELECTRÓNICA



PROCESAMIENTO DE MUESTRAS: MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)



Preparación de muestras



Procesamiento

Identificación, conteos y organización de bases de datos

Microsoft Excel - BASE DE DATOS GENERAL - YUNGAS_3_NOVIEMBRE_2009

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

Microsoft Excel - base de datos general (ubicación, fsc, qmc, etc)

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

AT507

1 Tax

R19

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
	No. Muestreo	Fecha de Colecta	País	Departamento	Provincia	Localidad	Lugar	Altitud	UTM	Coordenadas	phmetro	pH	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	OTROS DATOS IN	Turbiedad	Sólidos Totales	Sólidos Suspendedos	Sólidos Disueltos	Alcalinidad Total	Alcalinidad bicarbonatos	Alcalinidad carbonatos
476 Nitz	1	04/Aug/2007	Bolivia	Cochabamba	Carrasco	Sehuencas	Campamento	2200	-8064442	17°29'48"	6.8	6	31.4	12	12								
477 Nitz	2	04/Aug/2007	Bolivia	Cochabamba	Carrasco	Sehuencas	Stream 1	2400			6.9	6	31.6	10.2	10								
478 Nitz	3	04/Aug/2007	Bolivia	Cochabamba	Carrasco	Sehuencas	Stream 2	2450			6.1	6	20	10.1	10								
479 Nitz	4	04/Aug/2007	Bolivia	Cochabamba	Carrasco	Sehuencas	Rio Sehuencas	2600			6.7	6	23	10.7	10								
480 Nitz	5	04/Aug/2007	Bolivia	Cochabamba	Carrasco	Sehuencas	Stream 3	2650			6.56	6	20.7	8.6	9								
481 Nitz	6	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Stream 4	2480	-8027040	17°50'24"	7.04	6	90.7	9.1	9								
482 Nitz	7	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Pool by Stream	2480	-8027040	17°50'24"	6.2	6	299	10	10								
483 Nitz	8	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Stream 5	2530	-8026736	17°50'36"	15.2	6	48.2	15.2	15								
484 Nitz	9	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Channel of sid	2530	-8026736	17°50'36"	6.4	6	110.1	18	18								
485 Nitz	10	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Lake 1	2980	-8027308	17°50'16"	7.2	6	15.2	14.8	16								
486 Nitz	11	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Stream 6	2800	-8026648	17°50'3	6.2	6	14.2	14.1	14								
487 Nitz	12	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Lake 2	2805	-8027137	17°50'26"	7.08	6	96.5	16	16								
488 Nitz	13	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Stream 7, 1/2	2870	-8030952	17°48'16"	7.2	6	92	6.6	6								
489 Nitz	14	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Stream 8	2650	-8033918	17°46'3	6.9	6	42.8	12	12								
490 Nitz	15	05/Aug/2007	Bolivia	Santa Cruz	Manuel María Caballero	Siberia	Rio 3	2100	-8039772	17°43'24"	6.54	6	312	15.8	16								
491 Nitz	16	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Incachaca	Stream 9	1952	-8095471	17°12'31"	6.73		23.7	14	14								
492 Nitz	17	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Incachaca	Stream 10	s/s			6.92		39.6	12.7	13								
493 Nitz	18	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Incachaca	Stream 11	1953	-8092659	17°14'06"	6.97		29.6	12.9	12								
494 Nitz	19	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Incachaca	Pool by Stream	1953	-8092659	17°14'06"	7.23		29.4	12.5	12								
495 Nitz	20	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Incachaca	Stream 12	2100	-8092574	17°14'0	7.02		43.3	14.7	15								
496 Nitz	21	01/Sep/2007	Bolivia	Cochabamba	Chapare	Km 80																	

Ready

Ready

Hojas: / Hoja2 / Hoja3 /

star start

Gmail - Inbox - e...

F:\Text and oth...

F:\Eduardo\Diad...

Diatomeas de Bo...

DEVELOPING A ...

Poster SAID EA...

Microsoft Excel - ...

6:14 PM

Análisis de riqueza e índice de diversidad

Calidad de muestreo y estimador de riqueza

$$S_{\text{Chao1}} = S_{\text{obs}} + \frac{n_1^2}{2n_2}$$

$$S_{\text{ACE}} = r_{\text{abund}} + \frac{r_{\text{rara}}}{C_{\text{rara}}} + \frac{f_1}{C_{\text{rara}}} \gamma^2$$

Índices de diversidad y de equitatividad

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

$$J' = \frac{H'}{H'_{\text{max}}}$$

Análisis estadísticos multivariados:

análisis de componentes
principales (PCA)

análisis de correspondencia
canónica (CCA)

Evaluación del nivel trófico según la concentración de ortofosfatos (PO_4^{-3}) mg/l.

Parámetro	Ultra oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Meso eutrófico	Eutrófico	Hiper eutrófico
EPA	-	<10	10-20	-	>20	-
Lee, Jones & Rast	80	8-12	12-28	-	28-40	>40
Gómex & Licursi	5	5-10	10-50	-	>50-100	>100
Lampert & Sommer	5	5-10	10-30	-	30-100	>100
Propuesta	< 3	3- 10	10-70	70-100	>100	-

Fuente: Readecuado de Trujillo 2009.

$$(VT) = A_{ij} * B_{ij} * 100$$

Test de Monte Carlo (1000 permutaciones; $p \leq 0.05$).
(McCune & Mefford, 2006)

- **Análisis de las especies indicadoras y valor indicativo**

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS TAXONÓMICO GENERAL

Figura 3. Riqueza de especies de diatomeas del río Rocha

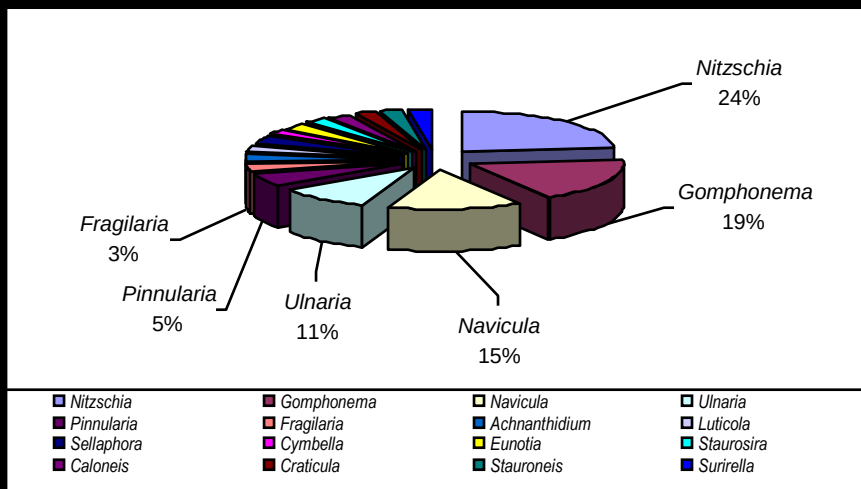
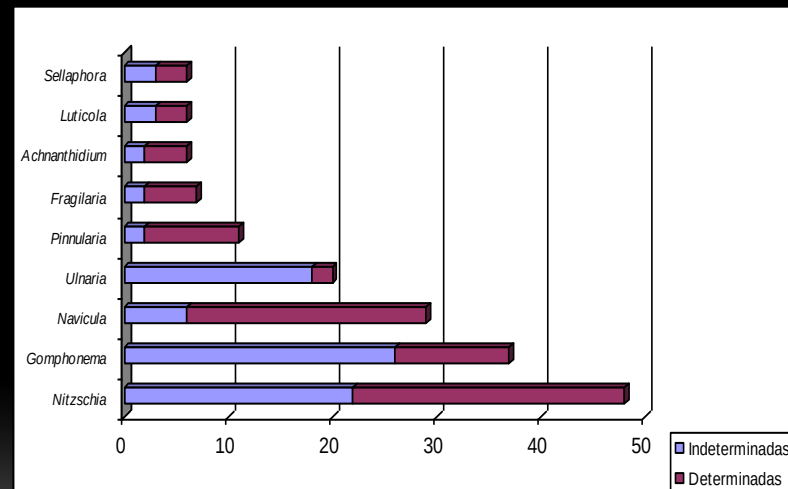
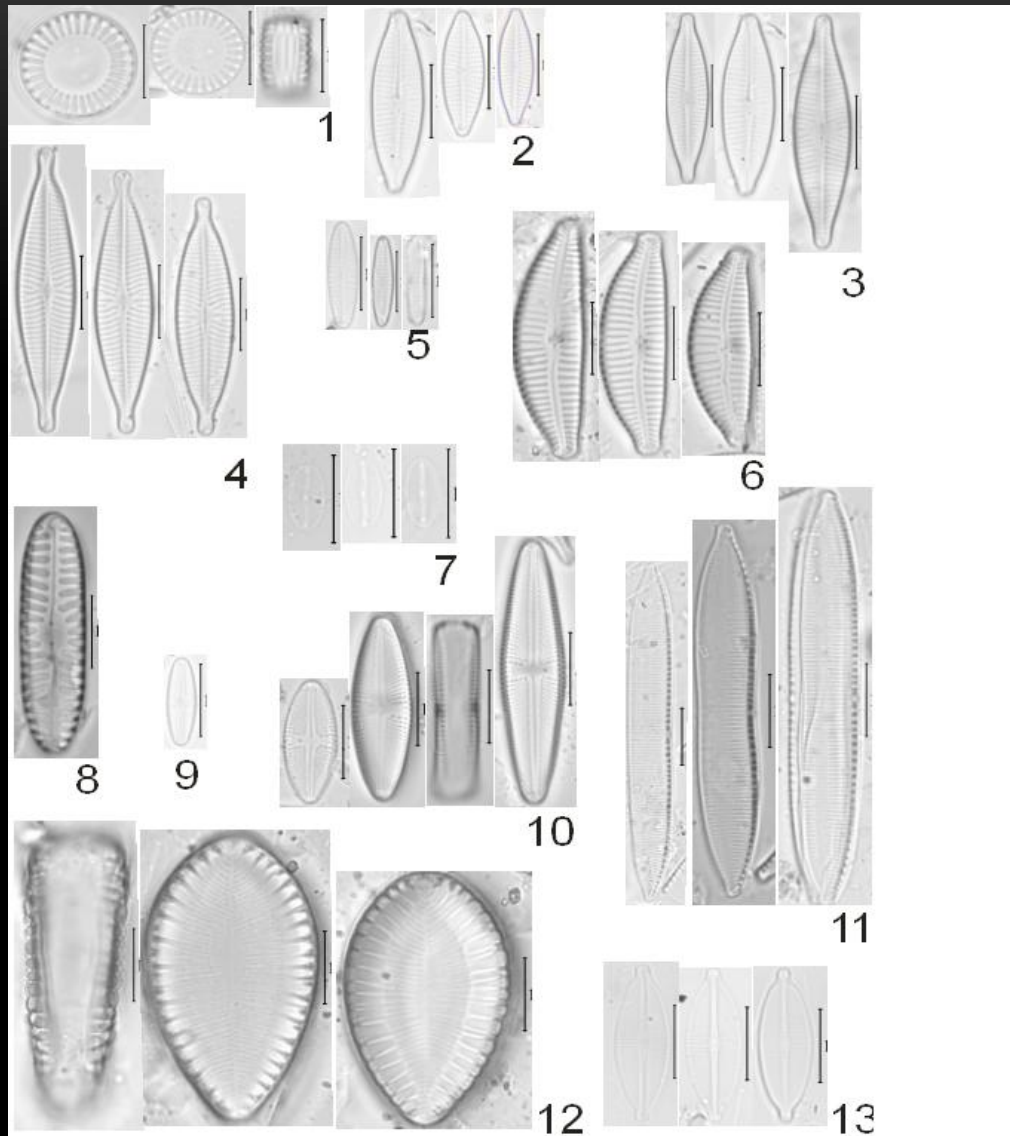


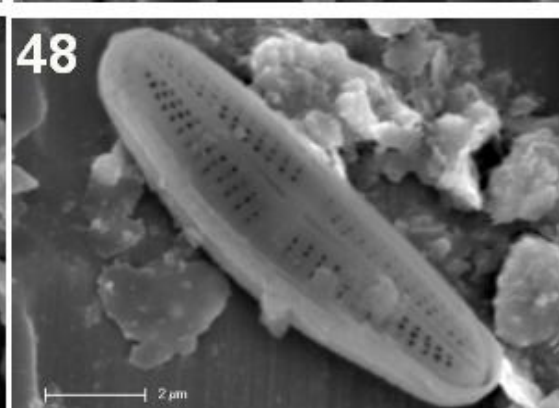
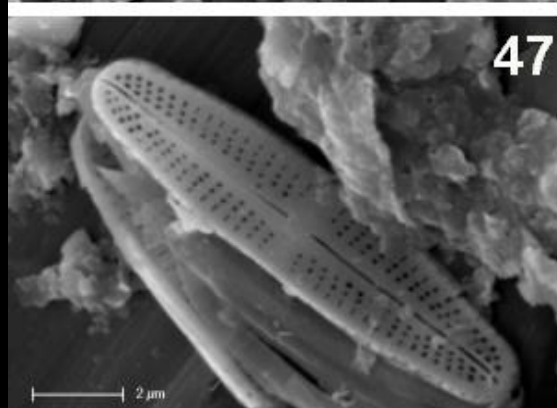
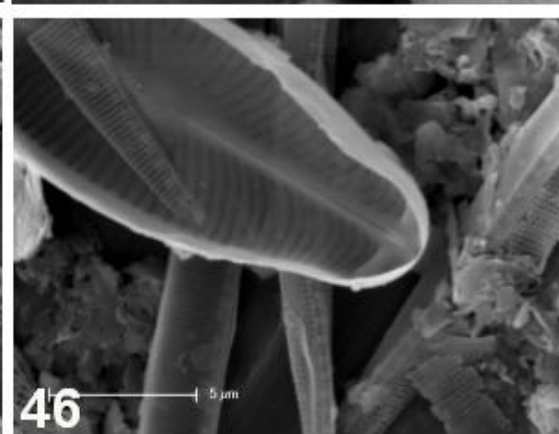
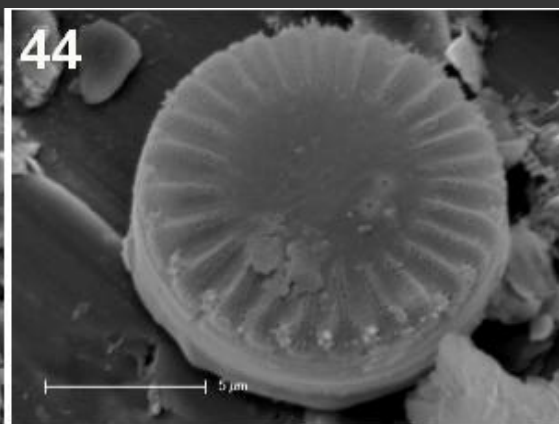
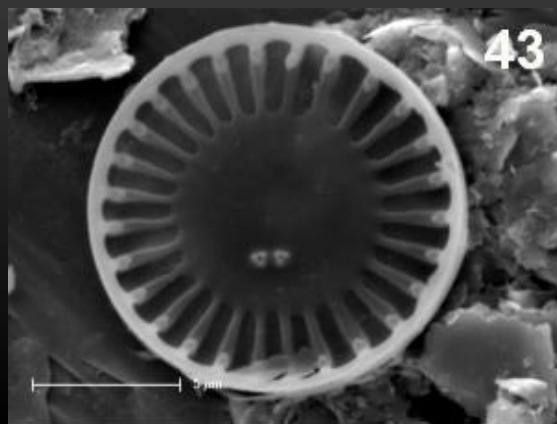
Figura 4. Número de especies de diatomeas indeterminadas y determinadas





Microscopía óptica de las especies abundantes y dominantes del río Rocha (del 1 al 13)

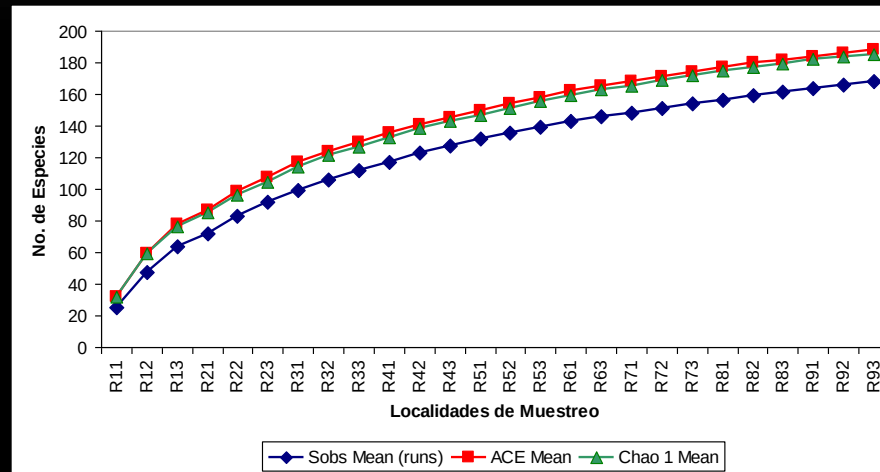
1. *Cyclotella meneghiniana* Kützing.
2. *Navicula veneta* Kützing.
3. *Navicula* sp1. ROCHA.
4. *Navicula arkona* Lange-Bertalot et Witkowski.
5. *Navicula salinicola* Hustedt.
6. *Cymbella excisa* Kützing.
7. *Fistulifera pelliculosa*.
8. *Pinnularia borealis* var. *islandica* Krammer.
9. *Eolimna* sp. 2 ROCHA.
10. *Luticola goeppertiana*.
11. *Tryblionella hungarica* (Grunow) Mann
12. *Surirella ovalis* Brébisson.
13. *Craticola accomoda*. Escala 10μ.



Microscopía electrónica de barrido de las especies abundantes y dominantes del río Rocha (del 43 al 48). MEB: 43. *Cyclotella meneghiniana*, valva vista interna. 44. *Cyclotella meneghiniana*, valva vista externa. 45. *Nitzschia umbonata*, vista general externa. 46. *Sellaphora* sp. 2 ROCHA, detalle del ápice vista interna. 47. y 48. *Achnanthidium minutissimum*, vista general externa.

Análisis de riqueza y diversidad basados en datos cuantitativos

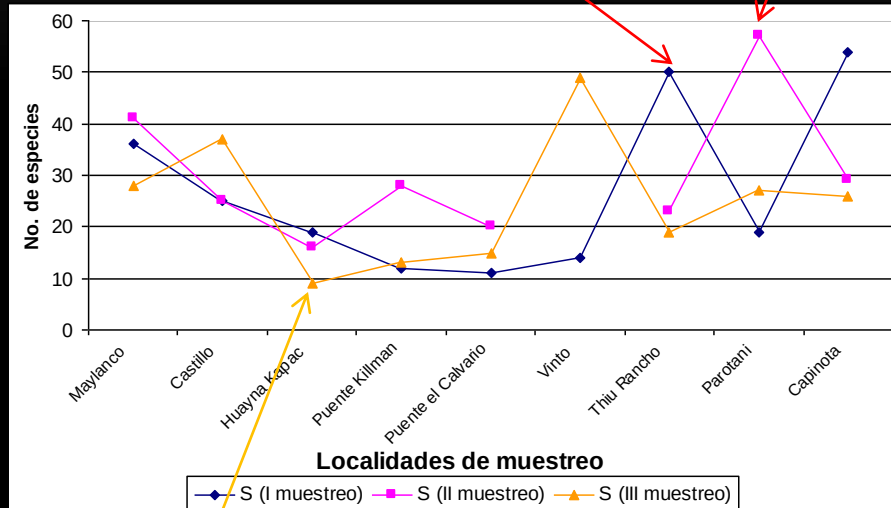
Estimador Chao 1 y ACE para los puntos de muestreo del Río Rocha



Más del 85% de las spp. , confiabilidad $R = 0.99$

Análisis de riqueza y diversidad basados en datos cuantitativos

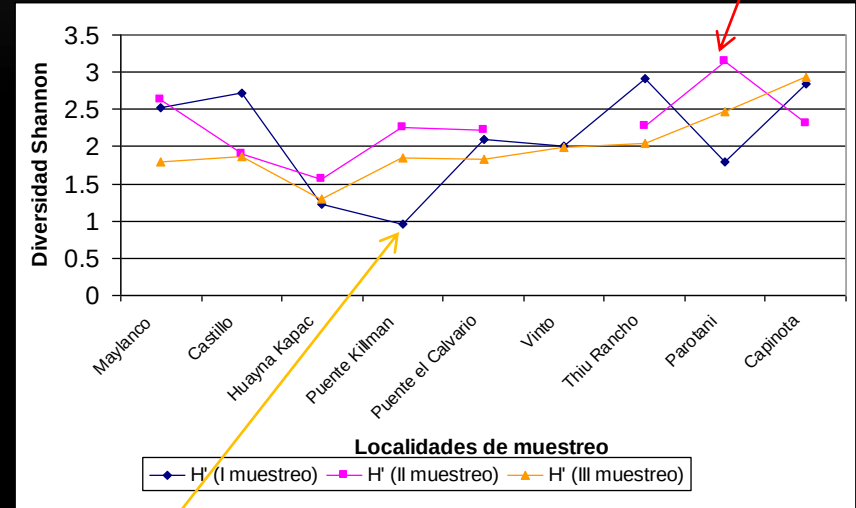
Parotani II (57 especies)
Capinota I (54 especies)



Huayna Kapac III (9 especies),

Riqueza de especies (a)

Parotani II ($H' = 3.15$)

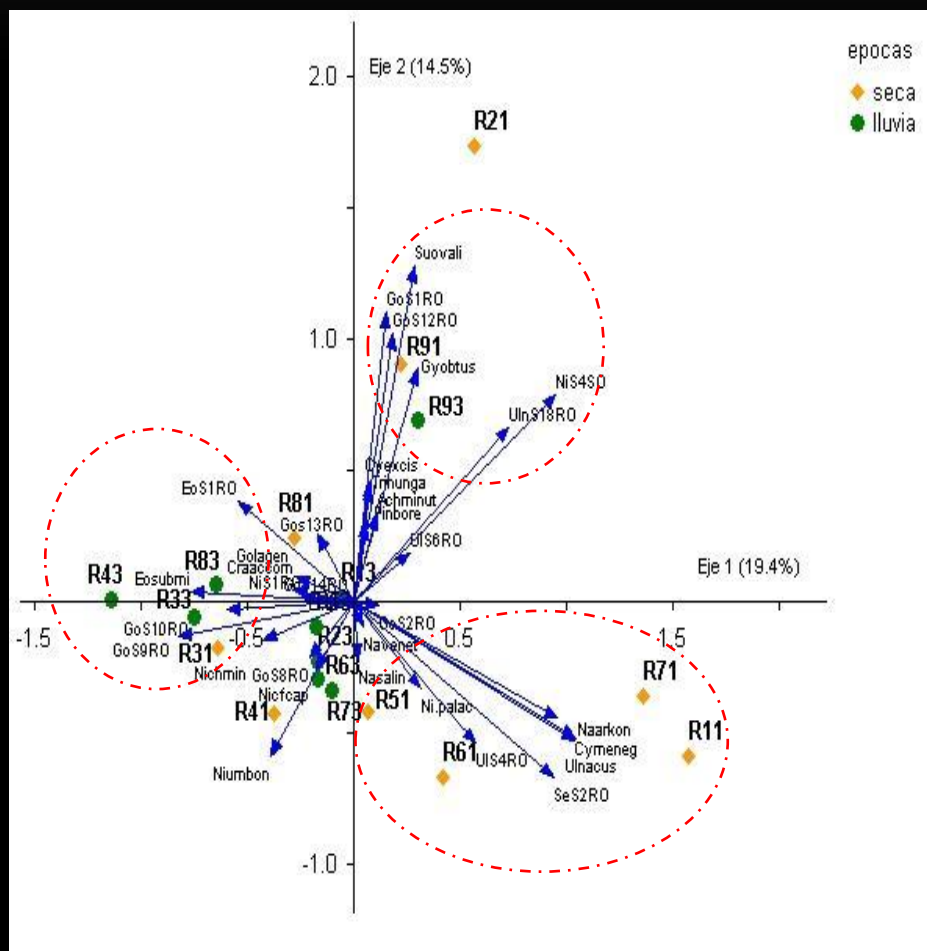


Killman I ($H' = 0.96$)

Diversidad de Shannon-Wiener (b)

Análisis de componentes principales (PCA)

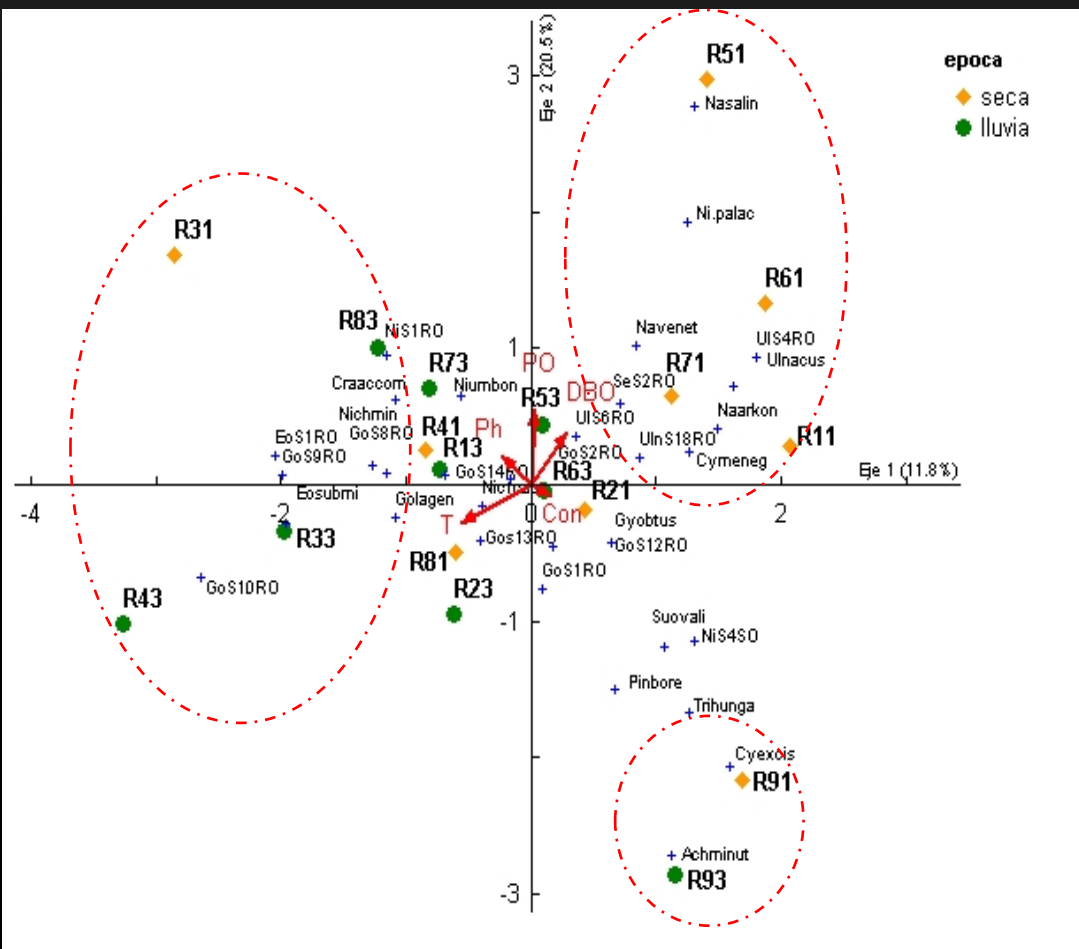
Análisis de componentes principales (PCA) de 33 especies en 9 puntos de muestreo de las épocas seca y lluviosa del río Rocha.



Correlación de las especies con los componentes principales 1 y 2

Variables	Eje 1	Eje 2	Variables	Eje 1	Eje 2
Niumbon	-0.266	-0.348	NiS4SO	0.660	0.473
Eosubmi	-0.600	0.023	Suovali	0.207	0.807
Nicfcap	-0.154	-0.191	Golagen	-0.259	0.075
Nichmin	-0.396	-0.118	Nasalin	0.022	-0.185
Ulnacus	0.806	-0.355	UIS4RO	0.502	-0.404
GoS9RO	-0.676	-0.094	Navenet	0.040	-0.081
Gos13RO	-0.158	0.210	Naarkon	0.780	-0.311
Cyexcis	0.075	0.387	EoS1RO	-0.400	0.240
GoS14RO	-0.023	0.012	Achminut	0.112	0.288
GoS12RO	0.143	0.697	Craaccomm	-0.278	0.036
SeS2RO	0.696	-0.426	GoS2RO	0.117	-0.014
Cymeneg	0.832	-0.362	Pinbore	0.053	0.219
UIS6RO	0.232	0.141	NiS1RO	-0.239	0.021
GoS10RO	-0.534	-0.023	UlnS18RO	0.578	0.451
GoS1RO	0.122	0.763	Gyobtus	0.299	0.759
Nipalac	0.290	-0.260	Trihunga	0.070	0.379
GoS8RO	-0.199	-0.180			

Análisis de CCA de nueve puntos de muestreo del río Rocha, épocas seca y lluviosa



Análisis de correspondencia canónica (CCA) a partir de las especies abundantes y de las variables ambientales

	Eje 1	Eje 2
Autovalor (λ) (Eigenvalue)	0.606	0.445
%varianza explicada (especies)	11.8	8.7
% varianza acumulada (especies)	11.8	20.5
% varianza acumulada (especie- ambiente)	34.8	60.3
Correlación de Pearson (especie-ambiente)	0.973	0.935
Test de Monte Carlo Autovalores Correlación (especie-ambiente)	0.002 0.049	0.002 0.049

Correlaciones “intra-set” de las variables abióticas con los ejes del CCA

	Coeficiente de correlación Intraset	
	Eje 1	Eje 2
T (temperatura)	-0.892	-0.382
Ph	-0.381	0.289
Con (conductividad)	0.258	-0.123
DBO ₅	0.455	0.521
PO ₄ (ortofosfatos)	0.045	0.747

Análisis de las especies indicadoras

Síntesis de las especies bioindicadoras de diatomeas del río Rocha

Grupo	Puntos de muestreo	Condición trófica	Especies	VI (%)	p
1	Maylanco R11, R51, R61 y R73	meso-eutrófico	* <i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal * <i>Sellaphora</i> sp. 2 ROCHA	99.5 93.7	0.0070 0.0030
2	R31, R33, R43 y R83.	mesotrófico	* <i>Gomphonema</i> sp. 9 ROCHA * <i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser, Lange-Bertalot et Metzeltin	93.0 92.2	0.0150 0.0210
3	R91 y R93	oligotrófico	* <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki * <i>Nitzschia</i> sp. 4 SORATA * <i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivan) Boyer	99.6 73.8 70.0	0.0390 0.0390 0.0580



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓNiiiiii**