

# ANEXO 5



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

---

**ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS  
COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS**

---

## ANÁLISIS DE PERMUTACIÓN PERMANOVA

Tabla 1. Análisis por permutación PERMANOVA para los macroinvertebrados bentónicos en la zona de la microcuenca del Chacote y microcuenca Coyllorcocha

Groups	T	P(perm)	perms	P(MC)
Río Chacote (SW-10), Quebrada sin nombre (QSN-02)	3,044	0,097	7	0,008
Río Chacote (SW-10), Río Chacote (RCha-01)	1,345	0,186	10	0,193
Río Chacote (SW-10), Río Chacote (SW-20)	0,304	1	8	0,9339
Río Chacote (SW-10), Quebrada Para Para (SW-02)	1,731	0,092	10	0,086
Río Chacote (SW-10), Bofedal (QBPar1)	3,019	0,101	10	0,013
Río Chacote (SW-10), Bofedal (BOF-1)	3,238	0,101	10	0,01
Río Chacote (SW-10), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	3,144	0,093	7	0,004
Río Chacote (sw-10), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	1,978	0,109	10	0,028
Río Chacote (SW-10), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	2,706	0,106	7	0,008
Río Chacote (SW-10), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	1,114	0,213	7	0,331
Quebrada sin nombre (QSN-02), Río Chacote (RCha-01)	4,242	0,105	10	0,004
Quebrada sin nombre (QSN-02), Río Chacote (SW-20)	2,100	0,12	10	0,053
Quebrada sin nombre (QSN-02), Quebrada Para Para (SW-02)	3,369	0,116	10	0,006
Quebrada sin nombre (QSN-02), Bofedal (QBPar1)	4,289	0,116	10	0,003
Quebrada sin nombre (QSN-02), Bofedal (BOF-1)	2,719	0,103	10	0,03
Quebrada sin nombre (QSN-02), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	4,152	0,106	10	0,003
Quebrada sin nombre (QSN-02), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	3,036	0,1	10	0,01
Quebrada sin nombre (QSN-02), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	2,765	0,093	10	0,02
Quebrada sin nombre (QSN-02), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	3,149	0,082	10	0,01
Río Chacote (RCha-01), Río Chacote (SW-20)	1,045	0,52	10	0,383
Río Chacote (RCha-01), Quebrada Para Para (SW-02)	1,629	0,198	10	0,107
Río Chacote (RCha-01), Bofedal (QBPar1)	4,447	0,104	10	0,004
Río Chacote (RCha-01), Bofedal (BOF-1)	4,455	0,093	10	0,003
Río Chacote (RCha-01), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	4,668	0,095	10	0,002
Río Chacote (RCha-01), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	2,039	0,102	10	0,039
Río Chacote (RCha-01), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	3,416	0,105	10	0,007
Río Chacote (RCha-01), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	1,268	0,182	10	0,244
Río Chacote (SW-20), Quebrada Para Para (SW-02)	1,528	0,221	10	0,147
Río Chacote (SW-20), Bofedal (QBPar1)	2,077	0,108	10	0,05
Río Chacote (SW-20), Bofedal (BOF-1)	2,204	0,112	10	0,039
Río Chacote (SW-20), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	2,191	0,104	10	0,049
Río Chacote (SW-20), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	1,389	0,43	10	0,182
Río Chacote (SW-20), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	1,886	0,105	10	0,076
Río Chacote (SW-20), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	0,842	0,601	10	0,509
Quebrada Para Para (SW-02), Bofedal (QBPar1)	3,365	0,096	10	0,005
Quebrada Para Para (SW-02), Bofedal (BOF-1)	3,254	0,112	10	0,005
Quebrada Para Para (SW-02), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	3,481	0,094	10	0,006
Quebrada Para Para (SW-02), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	2,246	0,09	10	0,026
Quebrada Para Para (SW-02), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	2,974	0,102	10	0,006
Quebrada Para Para (SW-02), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	1,603	0,119	10	0,087
Bofedal (QBPar1), Bofedal (BOF-1)	4,689	0,091	10	0,002

Groups	T	P(perm)	perms	P(MC)
Bofedal (QBPar1), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	4,328	0,124	10	0,003
Bofedal (QBPar1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	2,587	0,109	10	0,017
Bofedal (QBPar1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	2,569	0,107	10	0,013
Bofedal (QBPar1), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	3,315	0,103	10	0,005
Bofedal (BOF-1), Quebrada Yanacocha (QYan-1)	4,452	0,097	10	0,003
Bofedal (BOF-1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	3,522	0,104	10	0,006
Bofedal (BOF-1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	3,335	0,114	10	0,019
Bofedal (BOF-1), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	3,539	0,107	10	0,006
Quebrada Yanacocha (QYan-1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01)	3,545	0,1	10	0,007
Quebrada Yanacocha (QYan-1), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	3,492	0,11	10	0,007
Quebrada Yanacocha (QYan-1), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	3,701	0,101	10	0,004
Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01), Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04)	1,389	0,313	10	0,208
Quebrada Coyllorcocha (QCoy-01), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	1,677	0,11	10	0,082
Quebrada Coyllorcocha (QCoy-04), Quebrada Coyllorcocha (SW-04)	2,693	0,108	10	0,014

Tabla 2. Análisis por permutación PERMANOVA para los macroinvertebrados bentónicos en la zona de la Laguna Coyllorcocha

Groups	t	P(perm)	perms	P(MC)
Laguna Coyllorcocha (LCoy-01), Laguna Coyllorcocha (LCoy-02)	0,828	0,913	6	0,557
Laguna Coyllorcocha (LCoy-01), Laguna Coyllorcocha (LCoy-03)	2,007	0,114	7	0,04
Laguna Coyllorcocha (LCoy-01), Laguna Coyllorcocha (LCoy-04)	2,555	0,105	3	0,02
Laguna Coyllorcocha (LCoy-01), Laguna Coyllorcocha (LCoy-06)	2,555	0,088	3	0,021
Laguna Coyllorcocha (LCoy-01), Laguna Coyllorcocha (LCoy-07)	1,389	0,21	7	0,05
Laguna Coyllorcocha (LCoy-02), Laguna Coyllorcocha (LCoy-03)	1,068	0,542	10	0,397
Laguna Coyllorcocha (LCoy-02), Laguna Coyllorcocha (LCoy-04)	2,769	0,098	4	0,02
Laguna Coyllorcocha (LCoy-02), Laguna Coyllorcocha (LCoy-06)	2,769	0,11	4	0,009
Laguna Coyllorcocha (LCoy-02), Laguna Coyllorcocha (LCoy-07)	1,322	0,202	10	0,2172
Laguna Coyllorcocha (LCoy-03), Laguna Coyllorcocha (LCoy-04)	3,712	0,108	4	0,008
Laguna Coyllorcocha (LCoy-03), Laguna Coyllorcocha (LCoy-06)	3,712	0,11	4	0,012
Laguna Coyllorcocha (LCoy-03), Laguna Coyllorcocha (LCoy-07)	1,599	0,2	10	0,135
Laguna Coyllorcocha (LCoy-04), Laguna Coyllorcocha (LCoy-06)	Denominator is 0			
Laguna Coyllorcocha (LCoy-04), Laguna Coyllorcocha (LCoy-07)	3,097	0,089	4	0,014
Laguna Coyllorcocha (LCoy-06), Laguna Coyllorcocha (LCoy-07)	3,097	0,084	4	0,01

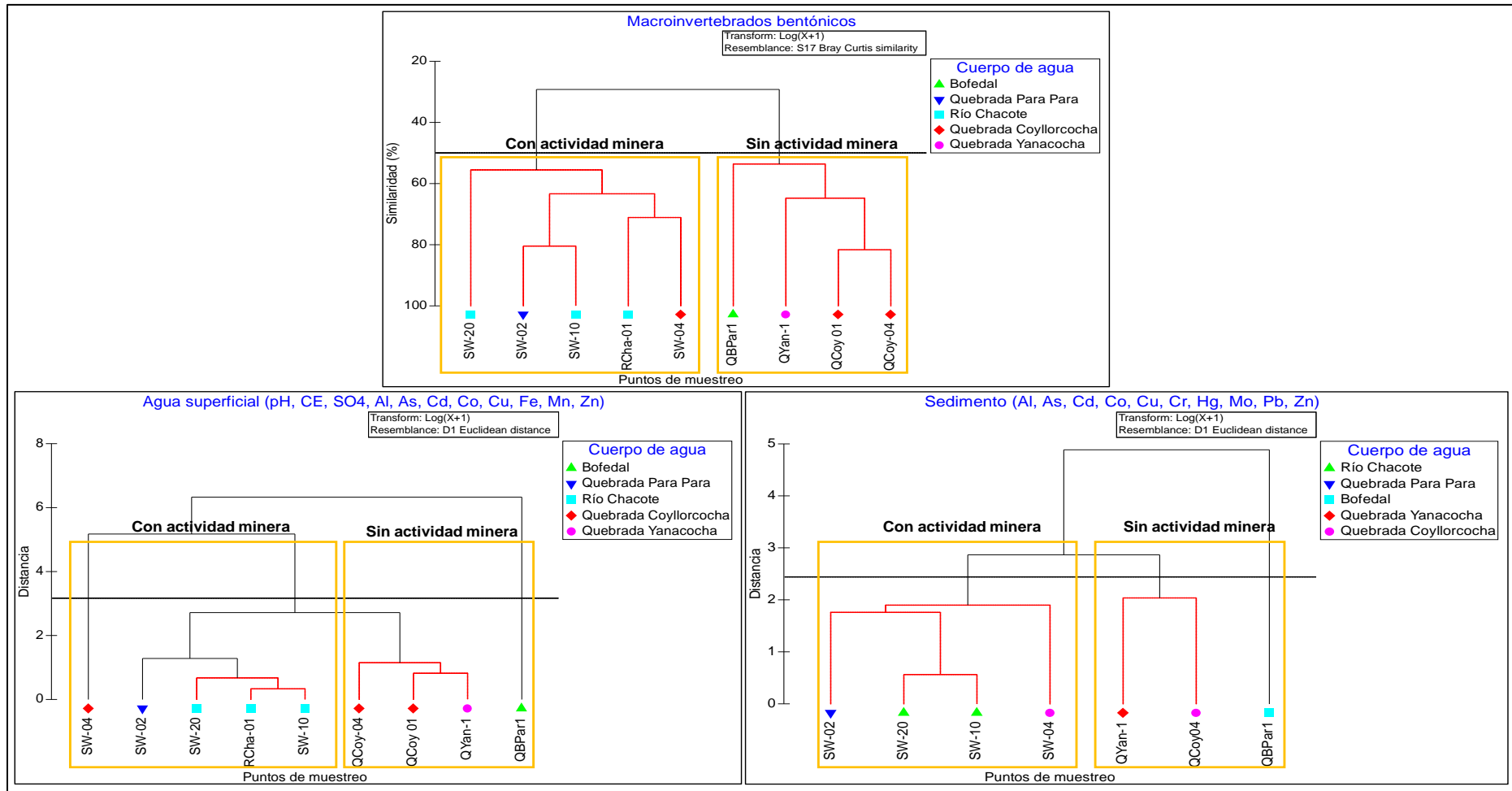


Figura 1. **Análisis Cluster** de la dinámica de macroinvertebrados bentónicos, agua superficial y sedimentos

## **Análisis BEST**

### **Biota (macroinvertebrados bentónicos) and/or Environment matching (Agua superficial)**

#### *Data worksheet*

Name: Data57

Data type: Environmental

Sample selection: All

Variable selection: All

#### *Resemblance worksheet*

Name: Resem31

Data type: Similarity

Selection: All

#### *Parameters*

Rank correlation method: Spearman

Method: BIOENV

Maximum number of variables: 5

Resemblance:

Analyse between: Samples

Resemblance measure: D1 Euclidean distance

### **Variables de agua superficial propuestas para la explicación de la dinámica de macroinvertebrados bentónicos:**

- 1 pH
- 2 CE
- 3 SO4
- 4 Al
- 5 As
- 6 Cd
- 7 Co
- 8 Cu
- 9 Fe
- 10 Mn
- 11 Zn

#### *Global Test*

Sample statistic (Rho): 0.587

Significance level of sample statistic: 4%

Number of permutations: 99 (Random sample)

Number of permuted statistics greater than or equal to Rho: 3

### **Best results: Variables del agua superficial que tienen más correlación que explican la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos**

No.Vars	Corr.	Selections
1	0.587	9
2	0.587	6;9
2	0.587	7;9
2	0.583	1;9
3	0.583	1;6;9
3	0.583	1;7;9
3	0.582	6;7;9
4	0.571	1;6;7;9
3	0.570	1;9;10
4	0.570	1;6;9;10

## **Análisis BEST**

### **Biota (macroinvertebrados bentónicos) and/or Environment matching (sedimentos)**

Data worksheet

Name: Data45

Data type: Other

Sample selection: All

Variable selection: All

Resemblance worksheet

Name: Resem24

Data type: Distance

Selection: All

Parameters

Rank correlation method: Spearman

Method: BIOENV

Maximum number of variables: 5

Resemblance:

Analyse between: Samples

Resemblance measure: D1 Euclidean distance

### **Variables de sedimentos propuestos para la explicación de la dinámica de macroinvertebrados bentónicos:**

1 Al

2 As

3 Cd

4 Co

5 Cu

6 Cr

7 Hg

8 Mo

9 Pb

10 Zn

Global Test

Sample statistic (Rho): 0.975

Significance level of sample statistic: 1%

Number of permutations: 99 (Random sample)

Number of permuted statistics greater than or equal to Rho: 0

### **Best results: Variables del sedimento que tienen más correlación que explican la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos**

No.Vars	Corr.	Selections
5	0.975	1;2;4;5;8
5	0.975	1;2;5;9;10
5	0.973	1;4;5;8;10
5	0.973	2;4;5;8;10
3	0.971	2;4;5
4	0.971	2-5
4	0.971	2;4-6
5	0.971	1-5
5	0.971	1;2;4-6
5	0.971	2-6

## Análisis Distance based linear models (DistLM) del agua superficial para explicar la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos

### Resemblance worksheet

Name: Resem31  
 Data type: Similarity  
 Selection: All  
 Transform: Log(X+1)  
 Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

### Predictor variables worksheet

Name: Data57  
 Data type: Environmental  
 Sample selection: All  
 Variable selection: All  
 Transform: Log(X+1)

Selection criterion: AICc  
 Selection procedure: Step-wise

### VARIABLES

1	pH	Include
2	CE	Include
3	SO4	Include
4	Al	Exclude
5	As	Exclude
6	Cd	Exclude
7	Co	Exclude
8	Cu	Exclude
9	Fe	Include
10	Mn	Exclude
11	Zn	Exclude

Total SS(trace): 14072

### START SOLUTION

AICc	R <sup>2</sup>	RSS	No.Vars	Selections
83.007	0.76893	3251.6	4	1-3;9

### SEQUENTIAL TESTS

Variable	AICc	SS(trace)	Pseudo-F	P	Prop.	Cumul.	res.df
----------	------	-----------	----------	---	-------	--------	--------

### Best solution

AICc	R <sup>2</sup>	RSS	No.Vars	Selections
83.007	0.76893	3251.6	4	1-3;9

### Percentage of variation explained by individual axes

Axis	% explained variation out of fitted model		% explained variation out of total variation	
	Individual	Cumulative	Individual	Cumulative
1	<b>75.53</b>	75.53	58.08	58.08
2	<b>17.84</b>	93.37	13.72	71.8
3	4.88	98.25	3.75	75.55
4	1.75	100	1.35	76.89

### dbRDA coordinate scores

Sample	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA3	dbRDA4
QBPar1	32.807	-31.636	10.706	1.2352
SW-02	-34.372	-8.825	-2.4744	-6.6004
SW-20	-10.096	0.69381	-2.1574	2.9321
RCha-01	-32.538	-0.68972	1.1563	-2.217
SW-10	-27.375	-5.002	-4.0916	2.7046
QCoy 01	33.983	22.298	8.9086	-6.7784
QCoy-04	40.158	6.8018	-7.4114	5.5871
SW-04	-26.125	16.789	8.6212	6.1147
QYan-1	23.559	-0.42978	-13.257	-2.978

### Relationships between dbRDA coordinate axes and orthonormal X variables (multiple partial correlations)

Variable	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA3	dbRDA4
pH	0.320	0.465	0.825	-0.012
CE	0.108	0.347	-0.224	0.904
SO4	-0.288	0.813	-0.352	-0.364
Fe	-0.896	-0.053	0.381	0.222

### Weights

#### (Coefficients for linear combinations of X's in the formation of dbRDA coordinates)

Variable	dbRDA1	dbRDA2	dbRDA3	dbRDA4
pH	<b>305.28</b>	272.99	190.22	5.7423
CE	<b>175.2</b>	36.174	2.3411	50.61
SO4	-19.252	<b>38.24</b>	18.382	-20.746
Fe	<b>-62.467</b>	-13.63	6.8396	-10.287

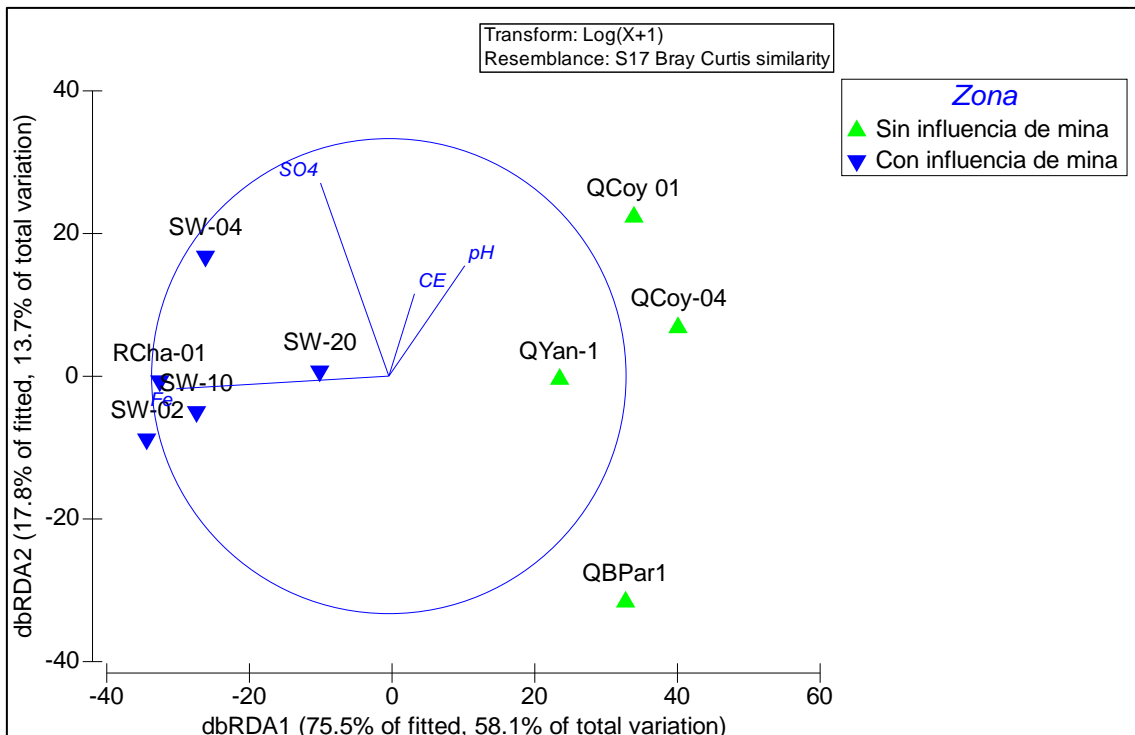


Figura 2. Dinámica espacial de análisis de redundancia a partir del análisis distLM de las variables de agua superficial que explican la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos.

## Análisis Distance based linear models (DistLM) del sedimento para explicar la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos

Resemblance worksheet

Name: Resem23

Data type: Similarity

Selection: All

Transform: Square root

Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

Predictor variables worksheet

Name: Data48

Data type: Other

Sample selection: All

Variable selection: All

Transform: Log(X+1)

Selection criterion: AICc

Selection procedure: Step-wise

### VARIABLES

1 As Exclude

2 Cu Include

3 Cr Exclude

4 Mo Include

Total SS (trace): 13496

### START SOLUTION

AICc	R <sup>2</sup>	RSS	No.Vars	Selections
59.19	0.66997	4454.1	2	2;4

### SEQUENTIAL TESTS

Variable	AICc	SS (trace)	Pseudo-F	P	Prop.	Cumul.	res.df
----------	------	------------	----------	---	-------	--------	--------

### Best solution

AICc	R <sup>2</sup>	RSS	No.Vars	Selections
59.19	0.66997	4454.1	2	2;4

### Percentage of variation explained by individual axes

Axis	% explained variation out of fitted model		% explained variation out of total variation	
	Individual	Cumulative	Individual	Cumulative
1	<b>88.62</b>	88.62	59.37	59.37
2	<b>11.38</b>	100	7.63	67

### dbRDA coordinate scores

Sample	dbRDA1	dbRDA2
SW-20	30.001	-12.279
SW-10	39.785	-9.6031
SW-02	6.9053	5.2867
QBPar1	-42.742	2.3803
QYan-1	-32.512	-16.026
QCoy04	-36.755	10.731
SW-04	35.317	19.51

### Relationships between dbRDA coordinate axes and orthonormal X variables (multiple partial correlations)

Variable	dbRDA1	dbRDA2
Cu	0.509	-0.861
Mo	0.861	0.509

### Weights

(Coefficients for linear combinations of X's in the formation of dbRDA coordinates)

Variable	dbRDA1	dbRDA2
Cu	2.8381	<b>-34.586</b>
Mo	<b>30.186</b>	25.86

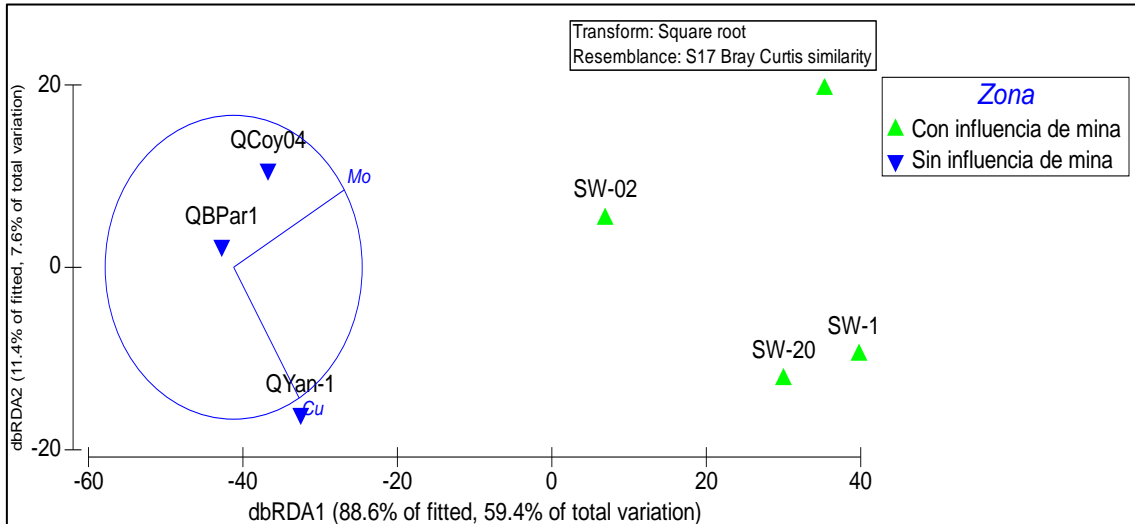


Figura 3. Dinámica espacial de análisis de redundancia a partir del análisis distLM de las variables de sedimentos que explican la dinámica de los macroinvertebrados bentónicos.

### Análisis de regresión lineal multivariado

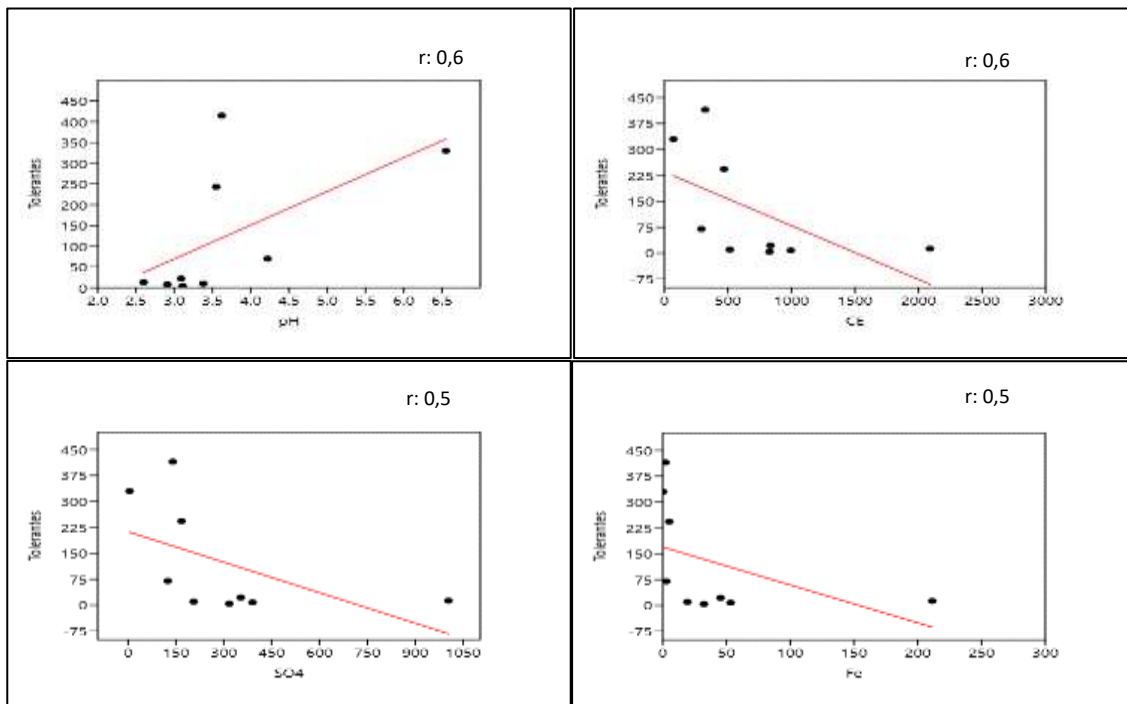


Figura 4. Regresión lineal de los macroinvertebrados bentónicos tolerantes vs las variables de agua superficial.

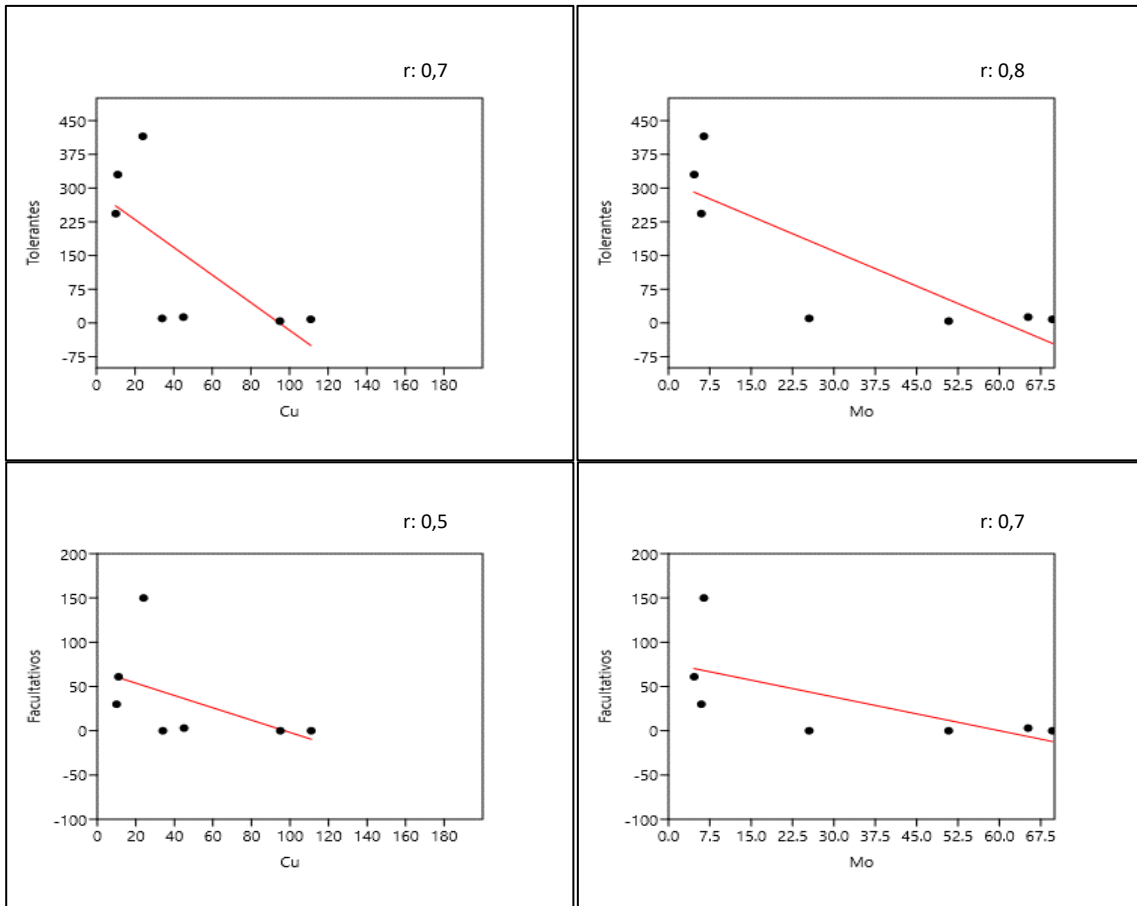


Figura 5. Regresión lineal de los macroinvertebrados bentónicos tolerantes y facultativos vs las variables de sedimentos.