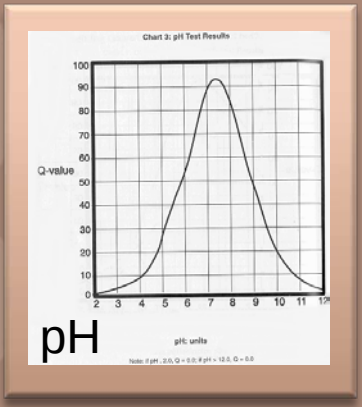
Francisco Javier Bayo Bernal
Calidad de Aguas
Grado en Ingeniería Civil
Universidad Politécnica de Cartagena

TEMA 2.
ÍNDICES DE CALIDAD DE LAS AGUAS

1. Water Quality Index
2. ISCA
3. Índice de Calidad General
4. Índices biológicos

NSF

1. Water Quality Index



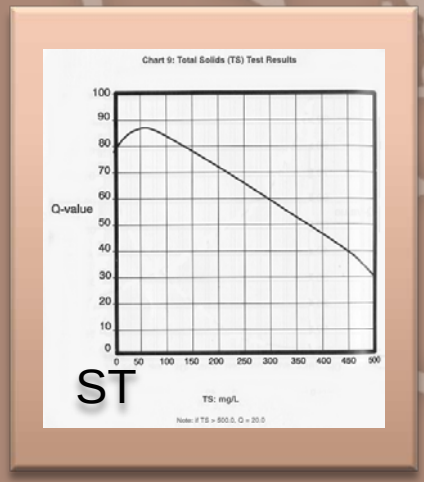
NSF WQI (1970)

National Sanitation Foundation – 142 científicos – 9 parámetros de calidad – [0-100] – Para cada parámetro: *Factor ponderal y Q-value*

FACTORES PONDERALES

Oxígeno disuelto (%)	0,17
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	0,16
pH	0,11
DBO_5 (mg/L)	0,11
Variación de la temperatura (ºC)	0,10
Fosfatos (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totales (mg/L)	0,07

$$WQI = \frac{\sum (Q - value * \ factor \ \ ponderal)}{\sum \ factores \ \ ponderales}$$



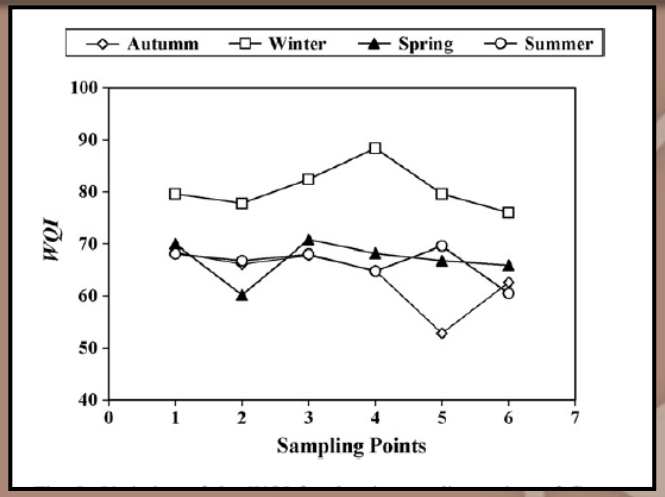
IMÁGENES TOMADAS DE:
http://www.water-research.net/watrqualindex/index.htm. 02/11/2011

NSF

1. Water Quality Index

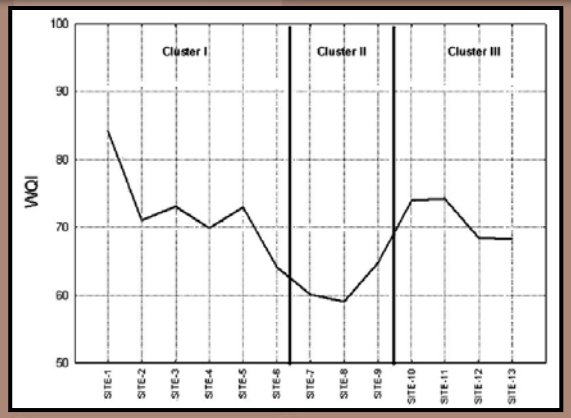
- 91-100 ➔ EXCELENTE
- 71-90 ➔ BUENA
- 51-70 ➔ MEDIA
- 26-50 ➔ MALA
- 0-25 ➔ MUY MALA

USO DEL ÍNDICE WQI EN ESPAÑA



IMÁGENES TOMADAS DE:
Sánchez *et al.* (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators 7: 315-328.

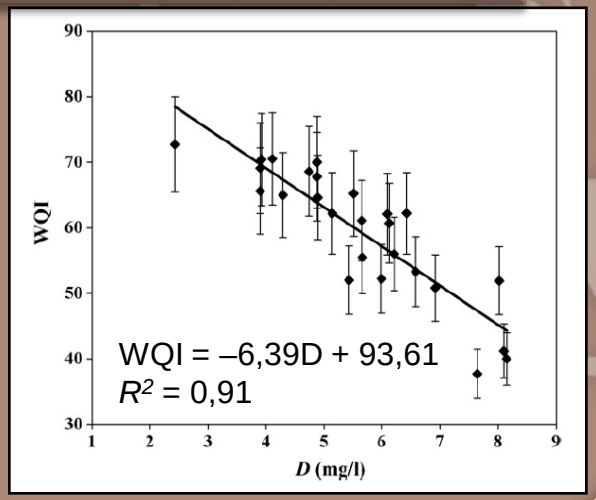
Provencher and Lamontagne (1977)



Buena correlación entre WQI y déficit en O_2 disuelto

IMAGEN TOMADA DE:
Bouza-Deaño *et al*. (2008). Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). Journal of Hidrology 361: 227-239.

Pesce and Wunderlin (2000)



P&W

1. Water Quality Index

Pesce and Wunderlin (2000)

Pesce and Wunderlin (2000). Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. Water Research 34: 2915-2926.

3 parámetros de calidad → Oxígeno disuelto (mg/L), Conductividad (μS/cm), Turbidez (UNT) – [0-100]

$$WQI = \frac{1}{3} \cdot \sum (OD + C + T)$$

OXÍGENO DISUELTO (mg/L) *[OD]*	CONDUCTIVIDAD (μS/cm) *[C]*	TURBIDEZ (UNT) *[T]*
OD ≤ 1 → ***OD*** = 0	Cond > 12000 → ***C*** = 0	Turb > 100 → ***T*** = 0
1 < OD ≤ 2 → ***OD*** = 10	8000 ≤ Cond ≤ 12000 → ***C*** = 10	80 ≤ Turb ≤ 100 → ***T*** = 10
2 < OD ≤ 3 → ***OD*** = 20	5000 ≤ Cond < 8000 → ***C*** = 20	60 ≤ Turb < 80 → ***T*** = 20
3 < OD ≤ 3,5 → ***OD*** = 30	3000 ≤ Cond < 5000 → ***C*** = 30	40 ≤ Turb < 60 → ***T*** = 30
3,5 < OD ≤ 4 → ***OD*** = 40	2500 ≤ Cond < 3000 → ***C*** = 40	30 ≤ Turb < 40 → ***T*** = 40
4 < OD ≤ 5 → ***OD*** = 50	2000 ≤ Cond < 2500 → ***C*** = 50	25 ≤ Turb < 30 → ***T*** = 50
5 < OD ≤ 6 → ***OD*** = 60	1500 ≤ Cond < 2000 → ***C*** = 60	20 ≤ Turb < 25 → ***T*** = 60
6 < OD ≤ 6,5 → ***OD*** = 70	1250 ≤ Cond < 1500 → ***C*** = 70	15 ≤ Turb < 20 → ***T*** = 70
6,5 < OD ≤ 7 → ***OD*** = 80	1000 ≤ Cond < 1250 → ***C*** = 80	10 ≤ Turb < 15 → ***T***= 80
7 < OD ≤ 7,5 → ***OD*** = 90	750 ≤ Cond < 1000 → ***C*** = 90	5 ≤ Turb < 10 → ***T*** = 90
OD ≥ 7,5 → ***OD*** = 100	Cond < 750 → ***C*** = 100	Turb < 5 → ***T*** = 100

Liou

1. Water Quality Index

LIOU WQI (2004)

Liou *et al.* (2004). A generalized water quality index for Taiwan. Environmental Monitoring Assessment 96: 35-52.

4 parámetros de calidad → Oxígeno disuelto (mg/L), DBO_5 (mg/L), Sólidos en suspensión (mg/L), Nitrógeno amoniacal (mg/L) – [< 2 - > 6]

$$WQI = \frac{1}{4} \cdot \sum (OD + DBO + SS + N - NH_3)$$

OXÍGENO DISUELTO (mg/L) *[OD]*

OD > 6,5 → ***OD*** = 1
4,5 ≤ OD ≤ 6,5 → ***OD*** = 3
2 ≤ OD < 4,5 → ***OD*** = 6
OD < 2 → ***OD*** = 10

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/L) *[SS]*

SS < 20 → ***SS*** = 1
20 ≤ SS < 50 → ***SS*** = 3
50 ≤ SS ≤ 100 → ***SS***= 6
SS > 100 → ***SS*** = 10

DBO_5 (mg/L) *[DBO]*

DBO_5 < 3 → ***DBO*** = 1
3 ≤ DBO_5 < 5 → ***DBO*** = 3
5 ≤ DBO_5 ≤ 15 → ***DBO***= 6
DBO_5 > 15 → ***DBO*** = 10

NITRÓGENO AMONIACAL (mg/L) *[$N\text{-}NH_3$]*

NA < 0,5 → ***$N\text{-}NH_3$*** = 1
0,5 ≤ NA < 1 → ***$N\text{-}NH_3$*** = 3
1 ≤ NA ≤ 3 → ***$N\text{-}NH_3$*** = 6
NA > 3 → ***$N\text{-}NH_3$*** = 10

WQI < 2
BUENA

2 ≤ WQI < 3
LIGERAMENTE CONTAMINADA

3 ≤ WQI ≤ 6
MODERADAMENTE CONTAMINADA

WQI > 6
MUY CONTAMINADA

2. ISCA

ISCA (1982)

$$ISCA = T(A + B + C + D)$$

Índice Simplificado de la Calidad del Agua – Ramón Queralt – 5 parámetros de calidad – [0-100]

Temperatura del agua del río (ºC)	*T*
Carbono orgánico total (mg/L)	*A*
Sólidos en suspensión (mg/L)	*B*
Oxígeno disuelto (mg/L)	*C*
Conductividad (μS/cm)	*D*

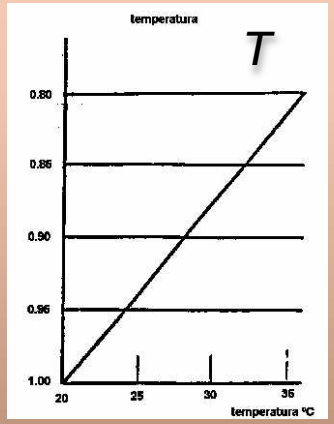


IMAGEN TOMADA DE: http://www.euetii.upc.es/ . 02/11/2011

TEMPERATURA DEL AGUA DEL RÍO (ºC) *[T]*

$T \leq 20 \rightarrow \boldsymbol{T} = 1$

$20 < \boldsymbol{T} \leq 36 \rightarrow T = 1 - (T - 20) \cdot 0{,}0125$

$T > 36 \rightarrow \boldsymbol{T} = 0{,}8$

CARBONO ORGÁNICO TOTAL TOC (mg/L) *[A]*

$TOC \leq 5 \rightarrow \boldsymbol{A} = 30 - TOC$

$12 \geq TOC > 5 \rightarrow \boldsymbol{A} = 21 - (0{,}35 \cdot TOC)$

$TOC > 12 \rightarrow \boldsymbol{A} = 0$

2. ISCA

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/L) *[B]*

SS ≤ 100 → ***B*** = 25 – (0,15·SS)

100 < SS < 250 → ***B*** = 17 – (0,07·SS)

SS > 250 → ***B*** = 0

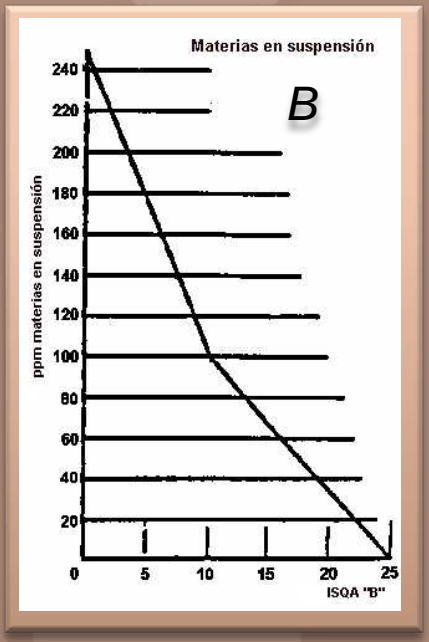


IMAGEN TOMADA DE:
http://www.euetii.upc.es/ . 02/11/2011

OXÍGENO DISUELTO (mg/L) *[C]*

OD < 10 → ***C*** = 2,5·OD

OD ≥ 10 → ***C*** = 25

CONDUCTIVIDAD (mg/L) *[D]*

Conductividad < 200 → ***D*** = 20

Conductividad ≤ 4.000 → ***D*** = (3,6 – log C)·15,4

Conductividad > 4.000 → ***D*** = 0

INCONVENIENTES DEL ÍNDICE

- No incluye nutrientes (N – P)
- No incluye sustancias tóxicas
- Aumento natural de SS

3. Índice de Calidad General

ICG (Mingo Magro, 1981)

23 PARÁMETROS ➔ 9 **BÁSICOS** + 14 **COMPLEMENTARIOS**

CONCENTRACIÓN SIGNIFICATIVA CUALQUIERA QUE SEA SU VALOR

SÓLO AFECTAN A CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE UNA DETERMINADA CONCENTACIÓN

Asignación de pesos para ponderar su importancia relativa (1-4)

PARÁMETROS BÁSICOS

CT – Conductividad – DBO_5 – DQO – Fosfatos – SS_T – NO_3^- – OD – pH

PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS

Detergentes – Ca^{2+} – Mg^{2+} – Na^+ – Cl^- – $SO_4^=$ – Cd – Cr(VI) – Hg – Cu – Pb – Zn – CN^- – Fenoles

[0-100]

Cálculo

3. Índice de Calidad General

- ✓ Indicadores de <u>contaminación física</u> → SS_T y pH.
- ✓ Indicadores de <u>contaminación orgánica</u> → OD, DQO, DBO_5, CT, Fosfatos, Detergentes.
- ✓ Indicadores de <u>contaminación inorgánica</u> → Conductividad, Nitratos, Calcio, Magnesio, Sodio, Cloruros, Sulfatos.
- ✓ Indicadores de <u>contaminación tóxica</u> → Cd, Cr(VI), Hg, Cu, Pb, Zn, CN^-, Fenoles.

CÁLCULO

$$ICG = \sum [F_1(K_j) \cdot F_2(K_j)] = \sum (Q_j \cdot P_j)$$

- ❖ 90-100 ➔ EXCELENTE
- ❖ 80-90 ➔ BUENA
- ❖ 70-80 ➔ INTERMEDIA
- ❖ 60-70 ➔ ADMISIBLE
- ❖ < 60 ➔ INADMISIBLE

$F_1(K_j)$ ➔ Transformación del valor analítico de cada parámetro en valor adimensional

[NIVEL DE CALIDAD (Q_j)]

$F_2(K_j)$ ➔ Peso relativo de cada parámetro en el global del índice

[PESO PONDERAL (P_j)]

COEFICIENTES DE PONDERACIÓN

(1) SS_T OD pH Conductividad DBO_5 CT Detergentes CN^- Fenoles Cd Cr(VI) Hg; (2) Cloruros Sulfatos Cu Pb Zn; (3) DQO Fosfatos Nitratos Calcio; (4) Magnesio Sodio

IBMWP

4. Índices biológicos

IBMWP (Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega, 1988)

Basado en la clasificación de los organismos según su tolerancia a la contaminación, asignándoles una puntuación a cada uno de ellos

Procede de BMWP (Biological Monitoring Working Party) (Hellawell, 1978)

Recomendado por la Asociación Española de Limnología (1991)

ÍNDICE BIÓTICO

I (a) ➔ Aguas muy limpias > 150

I (b) ➔ Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible 101-120

II ➔ Son evidentes algunos efectos de contaminación 61-100

III ➔ Aguas contaminadas 36-60

IV ➔ Aguas muy contaminadas 16-35

V ➔ Aguas fuertemente contaminadas < 15

Taxones identificados a nivel de familia

IBMWP

4. Índices biológicos

IMAGEN TOMADA DE:
http://www.pesca-fly.com.ar/plecopteros.htm.
16/04/2012

IMAGEN TOMADA DE:
http://midiariodepesca.blogspot.com.es/.
02/11/2011

Estado de ninfa y adulto de Plecóptero (mosca de las piedras). Calidad 10

Table 2
Densities of invertebrate taxa (mean ± SD individuals/m^2) for each treatment group at 0, 1, and 2 weeks of exposure to wastewater effluent.

	Week 0	Week 1				Week 2			
	River control	Control	5% Effluent	15% Effluent	30% Effluent	Control	5% Effluent	15% Effluent	30% Effluent
Oligochaeta									
Oligochaeta spp.	5468 ± 2858	3664 ± 1924	5012 ± 1660	22,717 ± 4461	28,030 ± 7905	9967 ± 2519	10,348 ± 3895	11,703 ± 3894	2156 ± 1733
Mollusca									
Ancylidae	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 7	5 ± 9	0 ± 0	27 ± 47	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Hydrobiidae	7 ± 16	0 ± 0	2 ± 3	4 ± 4	11 ± 14	2 ± 4	2 ± 3	10 ± 12	2 ± 3
Ephemeroptera									
Baetidae	266 ± 200	34 ± 48	21 ± 9	37 ± 12	14 ± 12	146 ± 54	56 ± 11	17 ± 11	0 ± 0
Caenidae	7 ± 15	4 ± 4	7 ± 8	4 ± 7	0 ± 0	8 ± 4	2 ± 3	4 ± 7	0 ± 0
Coleoptera									
Elmidae	94 ± 86	29 ± 5	5 ± 5	22 ± 24	36 ± 17	32 ± 13	55 ± 51	7 ± 9	0 ± 0
Heteroptera									
Aphelocheiridae	7 ± 16	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Trichoptera									
Brachycentridae	9 ± 20	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Hydropsychidae[a]	70 ± 68 (0 ± 0)	5 ± 10 (0 ± 0)	20 ± 7 (0 ± 0)	11 ± 5 (0 ± 0)	14 ± 8 (2 ± 3)	9 ± 8 (0 ± 0)	10 ± 3 (0 ± 0)	4 ± 7 (0 ± 0)	3 ± 6 (0 ± 0)
Hydroptilidae[a]	464 ± 187 (0 ± 0)	99 ± 45 (2 ± 3)	62 ± 62 (2 ± 4)	113 ± 143 (0 ± 0)	97 ± 4 (2 ± 3)	96 ± 55 (8 ± 9)	118 ± 49 (6 ± 7)	52 ± 51 (41 ± 40)	37 ± 38 (21 ± 23)
Philopotamidae	0 ± 0	0 ± 0	2 ± 4	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 6	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Polycentropodidae	50 ± 93	2 ± 4	0 ± 0	5 ± 9	2 ± 3	2 ± 3	2 ± 3	0 ± 0	0 ± 0
Psychomyiidae	1114 ± 688	605 ± 290	633 ± 147	400 ± 121	40 ± 52	470 ± 244	157 ± 29	6 ± 10	0 ± 0
Rhyacophilidae[a]	143 ± 143 (0 ± 0)	14 ± 6 (4 ± 3)	6 ± 1 (13 ± 12)	13 ± 3 (17 ± 18)	16 ± 11 (33 ± 52)	13 ± 11 (0 ± 0)	2 ± 3 (10 ± 9)	2 ± 3 (4 ± 6)	2 ± 3 (2 ± 3)
Diptera									
Ceratopogonidae	0 ± 0	3 ± 5	7 ± 8	0 ± 0	6 ± 10	17 ± 29	10 ± 4	4 ± 3	4 ± 3
Chironomidae	12,320 ± 6101	6387 ± 1974	8429 ± 2791	6743 ± 570	4263 ± 1711	33,181 ± 2339	24,041 ± 2732	19,994 ± 7213	3968 ± 1823
Empididae	62 ± 41	42 ± 16	81 ± 23	68 ± 32	55 ± 13	63 ± 20	137 ± 97	52 ± 76	2 ± 3
Limoniidae	1526 ± 1805	394 ± 271	435 ± 313	332 ± 126	239 ± 129	392 ± 187	341 ± 87	84 ± 75	16 ± 15
Psychodidae	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6 ± 11	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6 ± 10	14 ± 16
Simuliidae	0 ± 0	15 ± 17	6 ± 5	2 ± 3	0 ± 0	141 ± 197	51 ± 50	2 ± 4	2 ± 3

[a] Density of pupae in parenthesis.

IMAGEN TOMADA DE:
Grantham *et al*. (2012). A mesocosm approach for detecting stream invertebrate community responses to treated wastewater effluent. Environmental Pollution 160: 95-102.

4. Índices biológicos

USO DEL ÍNDICE IBMWP EN ESPAÑA

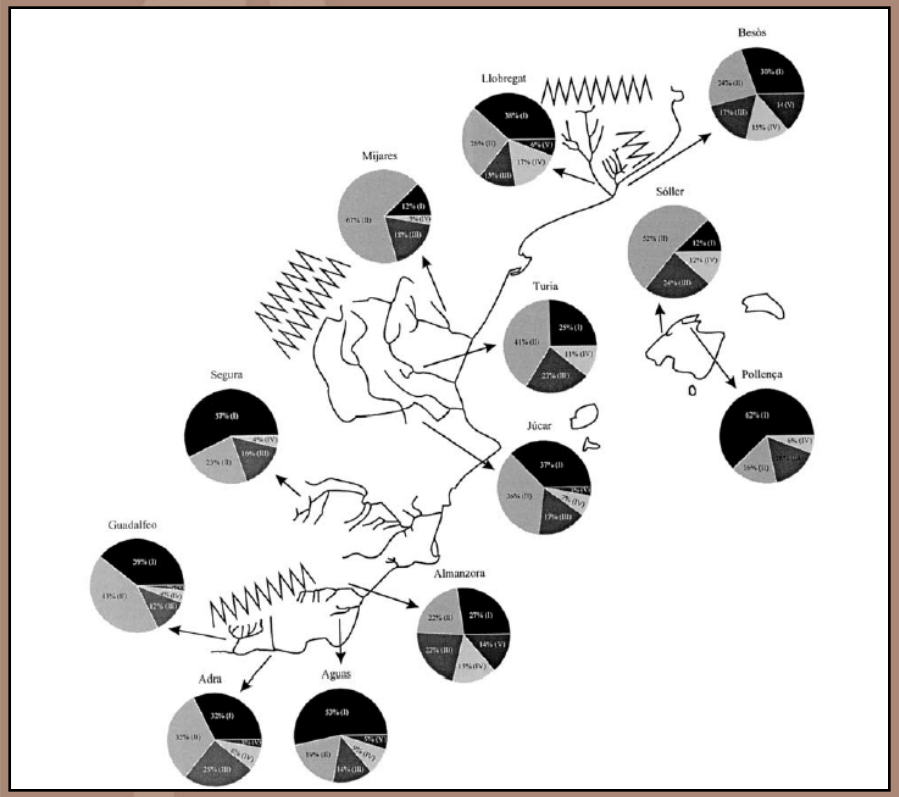
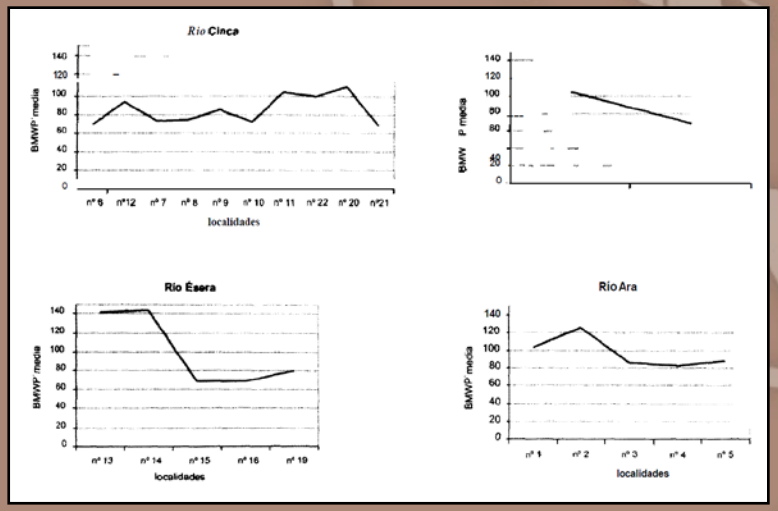


IMAGEN TOMADA DE:
Alba-Tercedor *et al*. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). Limnetica 21: 175-185.

% / rango BMWP'	I	II	III
Diptera	31.0	30.8	64.2
Ephemeroptera	29.3	38.4	19.1
Plecoptera	9.7	8.3	4.8
Coleoptera	6.0	2.4	0.2
Acari	5.4	3.8	0.3
Heteroptera	4.8	1.4	0.0
Oligochaeta	4.6	9.5	10.8
Tricoptera	3.9	4.6	0.5
Gasteropoda	3.8	0.5	0.0
Tricladida	1.6	0.0	0.0
Nematoda	0.0	0.0	0.1
Amphipoda	0.0	0.3	0.0
Decapoda	0.0	0.1	0.0
Odonata	0.0	0.1	0.0
	100.0	100.0	100.0

IMÁGENES TOMADAS DE:
Gil Quilez *et al.* (2001). Calidad biológica (BMWP') de las aguas del río Cinca (Huesca). Limnetica 20: 107-113.



4. Índices biológicos

USO DEL ÍNDICE IBMWP EN ESPAÑA

Tabla 1. Correlaciones entre los diferentes parámetros físico-químicos y el índice IBMWP. Nota: La letra "T" antes del nombre de la variable significa que ésta ha sido transformada para asemejarla a una distribución Normal: T-IBMWP ($X = \log_{10}(X+3)$); T-QBR ($X = X^{1/2}$); T-Nitratos ($X = \log_{10}(X + 0.3)$); T-Sulfatos ($X = \log_{10}(X+0.8)$); T-Cloruros ($X = \log_{10}(X+0.6)$); T-Caudal ($X = \log_{10}(X)$); T-Oxígeno ($X = X^{1/2}$); T-Tª del agua ($X = \log_{10}(X+5)$); T-Conductividad ($X = \log_{10}(X+5)$); T-Altitud ($X = \log_{10}(X+5)$) (* $p<0.05$; ** $p<0.025$; $p<0.001$). *Correlation coefficients between the physico-chemical variables and the IBMWP index. Note: The letter "T" before the name of the variable means it has been transformed to fulfil the normality requirement: T-IBMWP ($X = \log_{10}(X+3)$); T-QBR ($X = X^{1/2}$); T-Nitrates ($X = \log_{10}(X + 0.3)$); T-Sulphates ($X = \log_{10}(X+0.8)$); T-Chloride ($X = \log_{10}(X+0.6)$); T-Discharge ($X = \log_{10}(X)$); T-Oxygen ($X = X^{1/2}$); T-Tª of water ($X = \log_{10}(X+5)$); T-Conductivity ($X = \log_{10}(X+5)$); T-Altitude ($X = \log_{10}(X+5)$) (* $p<0.05$; ** $p<0.025$; $p<0.001$).*

	T-IBMWP
IHF	0.4620***
T-QBR	0.7048***
SS	-0.0713
Amonio	-0.5020***
Nitritos	-0.1584*
T-Nitratos	-0.0815
Fosfatos	-0.3225***
T-Sulfatos	-0.4214***
T-Cloruros	-0.6301***
T-Caudal	-0.1161
T-Oxígeno	0.0944
pH	-0.1673*
T-Tª del agua	-0.2425**
T-Conductividad	-0.5310***
T-Altitud	0.6540***

Variable Dependiente: T-IBMWP
Múltiple R: 0.7932
Múltiple R^2: 0.6292
R^2 Ajustada: 0.6224
$F(3, 165) = 93.33$; $p<0.00001$
Intercepción: 0.0772

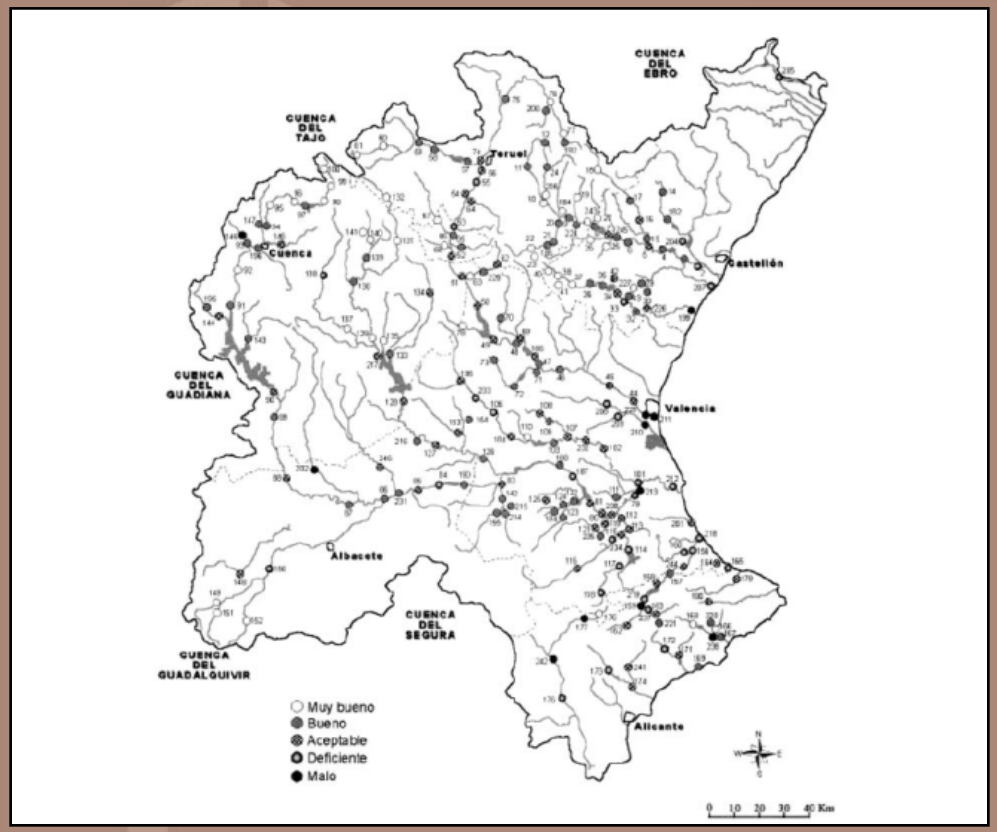
	Variable	Beta	S.E.	B S.E. de B	t (165)	p =
T-QBR	0.3424	0.0730	0.3025	0.0645	4.6921	0.000006
Amonio	-0.3223	0.0507	-0.2967	0.0467	-6.3534	0.000000
T-Altitud	0.3457	0.0697	0.3511	0.0708	4.9574	0.000002

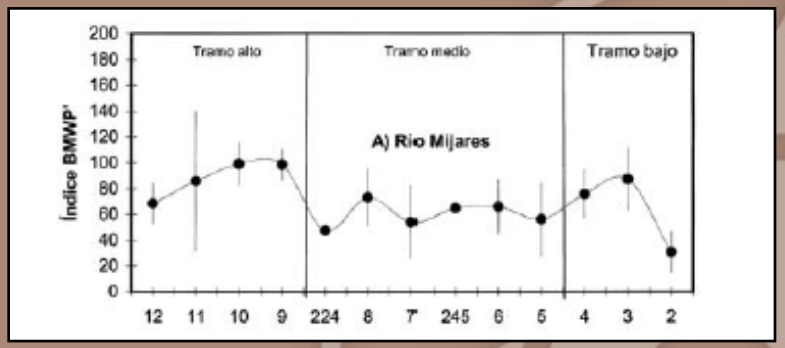
IMÁGENES TOMADAS DE:
Alba-Tercedor *et al*. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). Limnetica 21: 175-185.

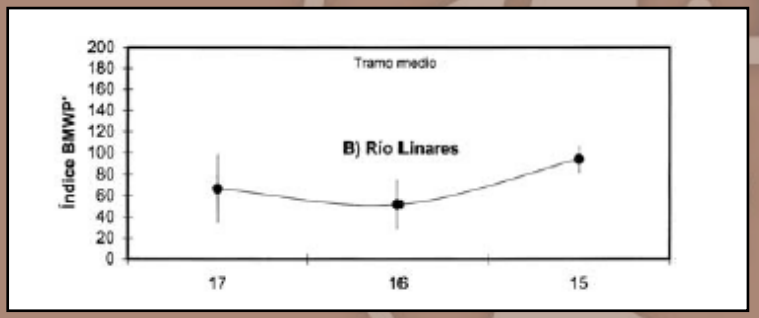
IBMWP

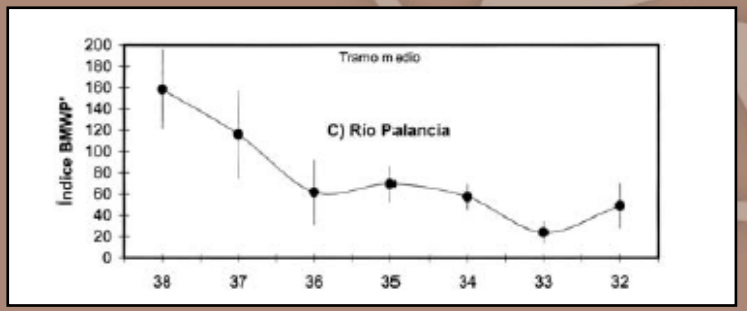
4. Índices biológicos

USO DEL ÍNDICE IBMWP EN ESPAÑA









IMÁGENES TOMADAS DE:
Martínez Mas *et al*. (2004). Estudio del estado ecológico de la cuenca hidrográfica del Júcar (España) mediante el índice BMWP'. Limnetica 23: 331-346.

S&W

4. Índices biológicos

ÍNDICE DE SHANNON Y WEAVER (1949)

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD ➔ Evaluación de la riqueza de especies en una comunidad biológica mediante análisis matemático

$$H' = -\sum_{i=1}^{m} P_i \log_2 P_i \qquad P_i = {}^{n_i}\!/_{N}$$

n_i = Densidad de géneros (especies)
N = Número total de organismos muestreados
m = Número de géneros (especies)

$$H' = -1{,}44 \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln\left(\frac{n_i}{N}\right)$$

Table 2
Number of "safe" samples per ecological status found with each particular indicator.

Ecol. status	BQI	Shannon H'	BENTIX	AMBI
Bad	80	64	0	0
Poor	79	183	130	50
Moderate	55	212	316	87
Good	69	501	394	684
High	430	50	170	81
Total	713	1010	1010	902

IMAGEN TOMADA DE:
Dimitriou *et al*. (2012). Meta-analysis of a large data set with Water Framework Directive indicators and calibration of a Benthic Quality Index at the family level. Ecological Indicators 20: 101-107.

4. Índices biológicos

MICROORGANISMOS INDICADORES

Microorganismos patógenos de procedencia entérica en agua → Difíciles de determinar (medios de crecimiento más sofisticados y en menor número)

Indicadores de contaminación fecal del agua ➔ Coliformes totales – Coliformes fecales – Estreptococos fecales – *Escherichia coli*

VENTAJAS FRENTE A PATÓGENOS

- Habitan tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente → Índice de contaminación fecal del agua
- Microorganismos indicadores → Sobreviven períodos relativamente largos en aguas naturales, pero no se reproducen
- Aún en individuos enfermos en fase aguda → Poca eliminación de patógenos en heces
- Cultivo de microorganismos indicadores → Relativamente fácil

4. Índices biológicos

MICROORGANISMOS INDICADORES

DETERMINACIÓN POR FILTRACIÓN EN MEMBRANA

IMÁGENES TOMADAS DE:

Ayala Bernal, P. (2007). *Estudio del tratamiento con radiación ultravioleta de aguas residuales depuradas para su reutilización*. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena. 217 págs.

4. Índices biológicos

MICROORGANISMOS INDICADORES

DETERMINACIÓN POR FILTRACIÓN EN MEMBRANA

RANGOS ACEPTABLES PARA RECUENTO:

- ✓ CT → Entre 20-80 colonias.
- ✓ CF y SF → Entre 20 y 60 colonias.

Caso 1: Varias muestras en rango aceptable → Media aritmética (UFC A/100 ml)

Caso 2: Distintas concentraciones en rango aceptable → Media aritmética (UFC C/100 ml)

Caso 3: Todos los recuentos por debajo del rango → Suma ponderada (UFC B/100 ml)

Caso 4: Sólo una colonia en la membrana de mayor volumen de filtración → (UFC/100 ml k_1)

Caso 5: Todos los recuentos por encima del límite aceptable de colonias → Suma ponderada (UFC B/100 ml)

SOME ENGLISH TERMS TO BE FAMILIAR WITH

- ✓ Carbono orgánico total → Total organic carbon
- ✓ Coliformes fecales → Fecal coliforms
- ✓ Coliformes totales → Total coliforms
- ✓ Conductividad → Conductivity
- ✓ Directiva Marco del Agua → Water Framework Directive
- ✓ Factores ponderales → Weights
- ✓ Índice de biodiversidad → Biological diversity index
- ✓ Microorganismo indicador → Indicator bacteria
- ✓ Nitrógeno amoniacal → Ammonia nitrogen
- ✓ Redes de muestreo → Sampling networks
- ✓ Temperatura → Temperature
- ✓ Turbidez → Turbidity

One step beyond!

CCME-WATER QUALITY INDEX

NSF-WATER QUALITY INDEX

STREAM ASSESSMENT IN NEW YORK STATE

THE STREAM QUALITY INDEX

WATER QUALITY RESEARCH AT CSU

SAMPLING SURFACE WATERS

IMAGEN TOMADA DE: www.gifmania.com.es

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor. J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal-Abarca, M.R., Vivas, S., Zamora-Muñoz, C. (2002). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* 21: 175-185.
- Alba-Tercedor, J., Sánchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56.
- Bouza-Deaño, R., Ternero-Rodríguez, M., Fernández-Espinosa, A.J. (2008). Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). *Journal of Hidrology* 361: 227-239.
- Dimitriou, P.D., Apostolaki, E.T., Papageorgiou, N., Reizopoulou, S., Simboura, N., Arvanitidis, C., Karakassis, I. (2012). Meta-analysis of a large data set with Water Framework Directive indicators and calibration of a Benthic Quality Index at the family level. *Ecological Indicators* 20: 101-107.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DOCE L327).
- Gil Quilez, M.J., Palau, A., Fernández Manzanal, C. (2001). Calidad biológica (BMWP') de las aguas del río Cinca (Huesca). *Limnetica* 20: 107-113.
- Grantham, T.E., Cañedo-Argüelles, M., Perrée, I., Rieradevall, M., Prat, N. (2012). A mesocosm approach for detecting stream invertebrate community responses to treated wastewater effluent. *Environmental Pollution* 160: 95-102.
- Lin, S. (2001). *Water and Wastewater Calculations Manual*. McGraw-Hill: New York.
- Liou, S.M., Lo, S.L., Wang, S.H. (2004). A generalized water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring Assessment* 96: 35-52.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Martínez Mas, J.F., Correcher, E., Piñón, A., Martínez Muro, M.A., Pujante, A.M. (2004). Estudio del estado ecológico de los ríos de la cuenca hidrográfica del Júcar (España) mediante el índice BMWP'. *Limnetica* 23: 331-346.
- Mingo Magro, J. (1981). *La Vigilancia de la Contaminación Fluvial.* Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPU): Madrid.
- Pesce, S.F., Wunderlin, D.A. (2000). Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research* 34: 2915-2926.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M.F., Vicente, J., Rubio, A., García, M.G., Travieso, L., Borja, R. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators* 7: 315-328.
- Shannon, C.E., Weaver, N. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbanna Univ. of Illinois Press.