Índice de Calidad del Agua

María Soledad Novillo Bustos

ICA

- El Índice de Calidad del Agua indica el grado de contaminación del agua.
- Está expresado como porcentaje del agua pura.
- El agua altamente contaminada tendrá un ICA ≈ 0 %, en tanto que el agua en excelentes condiciones el valor del ICA ≈ 100%.

Importancia relativa

Parámetro	Peso (W_i)	Parámetro	Peso (W_i)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5.0	Nitrógeno en nitratos (NO_3^{-1})	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales (PO_4^{-3})	2.0	Cloruros (Cl^{-1})	0.5
Grasas y aceites	2.0	Sólidos disueltos	0.5
Nitrógeno amoniacal (NH_3)	2.0	Turbiedad	0.5

Fórmula del ICA

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

donde el subíndice *i* identifica a cada uno de los 18 parámetros antes presentados, por lo que *i* = 1, 2, …, 18, y *n* = 18.

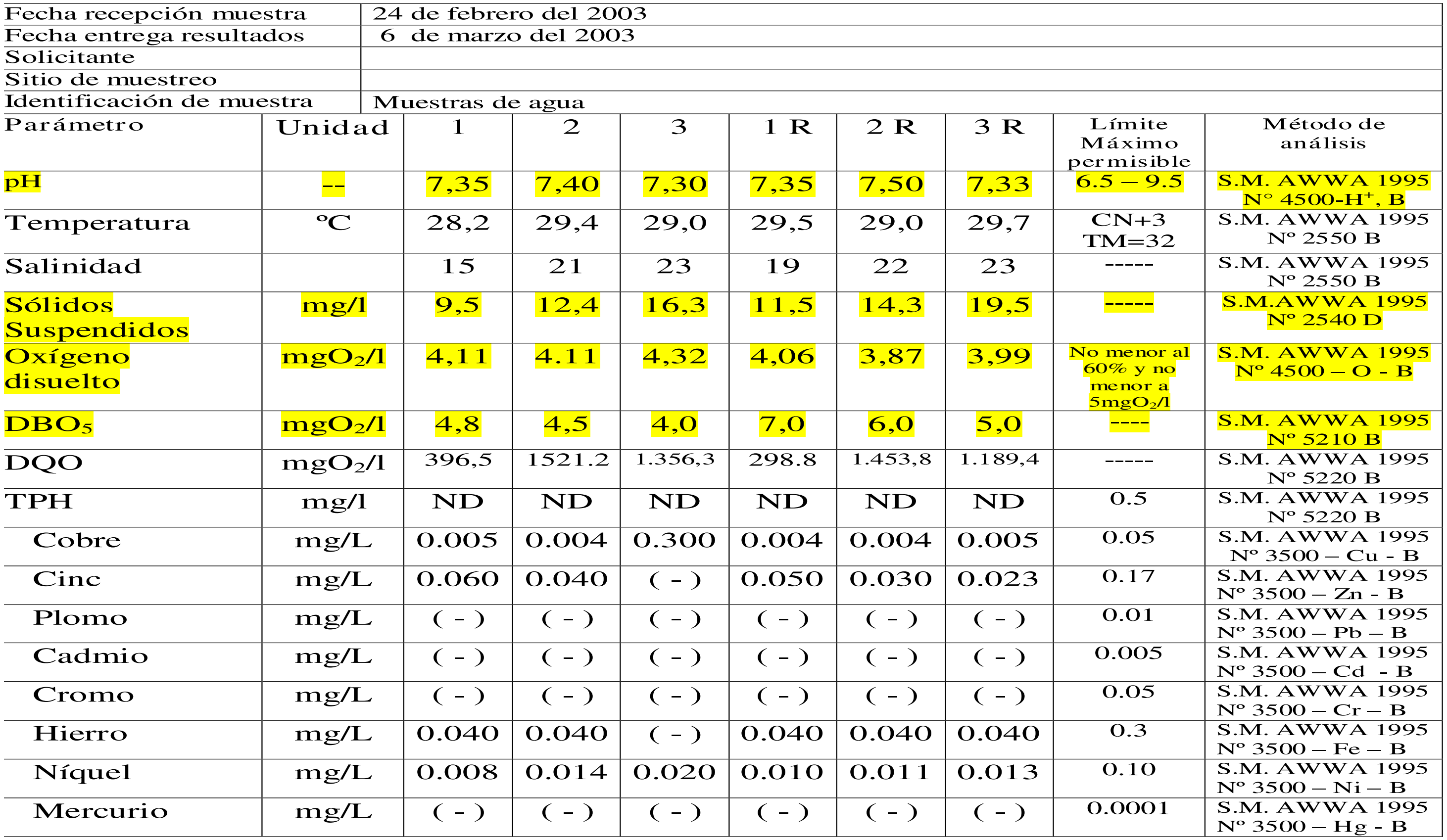
Fuente: Semarnap, Comisión Nacional del Agua, 1999.

Parámetro	Clasificación	Parámetro	Clasificación
pH	Material iónico	Nitrógeno de nitratos	Nutrientes
Color	Material suspendido	Nitrógeno amoniacal	Nutrientes
Turbiedad	Material suspendido	Fosfatos totales	Nutrientes
Grasas y Aceites	Material suspendido	Cloruros	Material iónico
Sólidos Suspendidos	Material suspendido	Oxígeno Disuelto	Materia orgánica
Sólidos Disueltos	Material iónico	DBO	Materia orgánica
Conductividad Eléctrica	Material iónico	Coliformes Totales	Bacteriológico
Alcalinidad	Material iónico	Coliformes Fecales	Bacteriológico
Dureza Total	Material iónico	SAAM	Nutrientes

Resultados del Laboratorio

Fecha recepción muestra	24 de febrero del 2003
Fecha entrega resultados	6 de marzo del 2003
Solicitante	
Sitio de muestreo	
Identificación de muestra	Muestras de agua

Parámetro	Unidad	1	2	3	1 R	2 R	3 R	Límite Máximo permisible	Método de análisis
pH	--	7,35	7,40	7,30	7,35	7,50	7,33	6.5 – 9.5	S.M. AWWA 1995 N° 4500-H$^+$, B
Temperatura	ºC	28,2	29,4	29,0	29,5	29,0	29,7	CN+3 TM=32	S.M. AWWA 1995 Nº 2550 B
Salinidad		15	21	23	19	22	23	-----	S.M. AWWA 1995 Nº 2550 B
Sólidos Suspendidos	mg/l	9,5	12,4	16,3	11,5	14,3	19,5	-----	S.M.AWWA 1995 Nº 2540 D
Oxígeno disuelto	mgO$_2$/l	4,11	4.11	4,32	4,06	3,87	3,99	No menor al 60% y no menor a 5mgO$_2$/l	S.M. AWWA 1995 Nº 4500 – O - B
DBO$_5$	mgO$_2$/l	4,8	4,5	4,0	7,0	6,0	5,0	----	S.M. AWWA 1995 Nº 5210 B
DQO	mgO$_2$/l	396,5	1521.2	1.356,3	298.8	1.453,8	1.189,4	-----	S.M. AWWA 1995 Nº 5220 B
TPH	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	S.M. AWWA 1995 Nº 5220 B
Cobre	mg/L	0.005	0.004	0.300	0.004	0.004	0.005	0.05	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cu - B
Cinc	mg/L	0.060	0.040	(-)	0.050	0.030	0.023	0.17	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Zn - B
Plomo	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.01	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Pb – B
Cadmio	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.005	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cd - B
Cromo	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.05	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cr – B
Hierro	mg/L	0.040	0.040	(-)	0.040	0.040	0.040	0.3	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Fe – B
Níquel	mg/L	0.008	0.014	0.020	0.010	0.011	0.013	0.10	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Ni – B
Mercurio	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.0001	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Hg - B



Fecha recepción muestra	24 de febrero del 2003
Fecha entrega resultados	6 de marzo del 2003
Solicitante	
Sitio de muestreo	
Identificación de muestra	Muestras de agua

Parámetro	Unidad	1	2	3	1 R	2 R	3 R	Límite Máximo permisible	Método de análisis
pH	--	7,35	7,40	7,30	7,35	7,50	7,33	6.5 – 9.5	S.M. AWWA 1995 N° 4500-H$^+$, B
Temperatura	ºC	28,2	29,4	29,0	29,5	29,0	29,7	CN+3 TM=32	S.M. AWWA 1995 Nº 2550 B
Salinidad		15	21	23	19	22	23	-----	S.M. AWWA 1995 Nº 2550 B
Sólidos Suspendidos	mg/l	9,5	12,4	16,3	11,5	14,3	19,5	-----	S.M.AWWA 1995 Nº 2540 D
Oxígeno disuelto	mgO$_2$/l	4,11	4.11	4,32	4,06	3,87	3,99	No menor al 60% y no menor a 5mgO$_2$/l	S.M. AWWA 1995 Nº 4500 – O - B
DBO$_5$	mgO$_2$/l	4,8	4,5	4,0	7,0	6,0	5,0	----	S.M. AWWA 1995 Nº 5210 B
DQO	mgO$_2$/l	396,5	1521.2	1.356,3	298.8	1.453,8	1.189,4	-----	S.M. AWWA 1995 Nº 5220 B
TPH	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	S.M. AWWA 1995 Nº 5220 B
Cobre	mg/L	0.005	0.004	0.300	0.004	0.004	0.005	0.05	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cu - B
Cinc	mg/L	0.060	0.040	(-)	0.050	0.030	0.023	0.17	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Zn - B
Plomo	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.01	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Pb – B
Cadmio	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.005	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cd - B
Cromo	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.05	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Cr – B
Hierro	mg/L	0.040	0.040	(-)	0.040	0.040	0.040	0.3	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Fe – B
Níquel	mg/L	0.008	0.014	0.020	0.010	0.011	0.013	0.10	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Ni – B
Mercurio	mg/L	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.0001	S.M. AWWA 1995 Nº 3500 – Hg - B

Parámetro	***Unidad***	***1***	***2***	***3***	***1 R***	***2 R***	***3 R***	***Límite Máximo permisible***	***Método de análisis***
pH	--	7,35	7,4	7,3	7,35	7,5	7,33	6.5 – 9.5	S.M. AWWA 1995 N° 4500-H^+, B
Sólidos Suspendidos	mg/l	9,5	12,4	16,3	11,5	14,3	19,5	-----	S.M.AWWA 1995 Nº 2540 D
DBO_5	mgO_2/l	4,8	4,5	4	7	6	5	----	S.M. AWWA 1995 N° 5210 B
DQO	mgO_2/l	396,5	1521.2	1.356,30	298.8	1.453,80	1.189,40	-----	S.M. AWWA 1995 N° 5220 B

El cálculo del ICA se realiza aplicando la ecuación

$$\mathrm{ICA} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

ICA = índice de calidad del agua global
I_i = índice de calidad para el parámetro i
W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i
n = Número total de parámetros

Parámetro	Clasificación
pH	Material iónico
Color	Material suspendido
Turbiedad	Material suspendido
Grasas y Aceites	Material suspendido
Sólidos Suspendidos	Material suspendido
Sólidos Disueltos	Material iónico
Conductividad Eléctrica	Material iónico
Alcalinidad	Material iónico
Dureza Total	Material iónico
Nitrógeno de nitratos	Nutrientes
Nitrógeno amoniacal	Nutrientes
Fosfatos totales	Nutrientes
Cloruros	Material iónico
Oxígeno Disuelto	Materia orgánica
DBO	Materia orgánica
Coliformes Totales	Bacteriológico
Coliformes Fecales	Bacteriológico
SAAM	Nutrientes

Ecuaciones

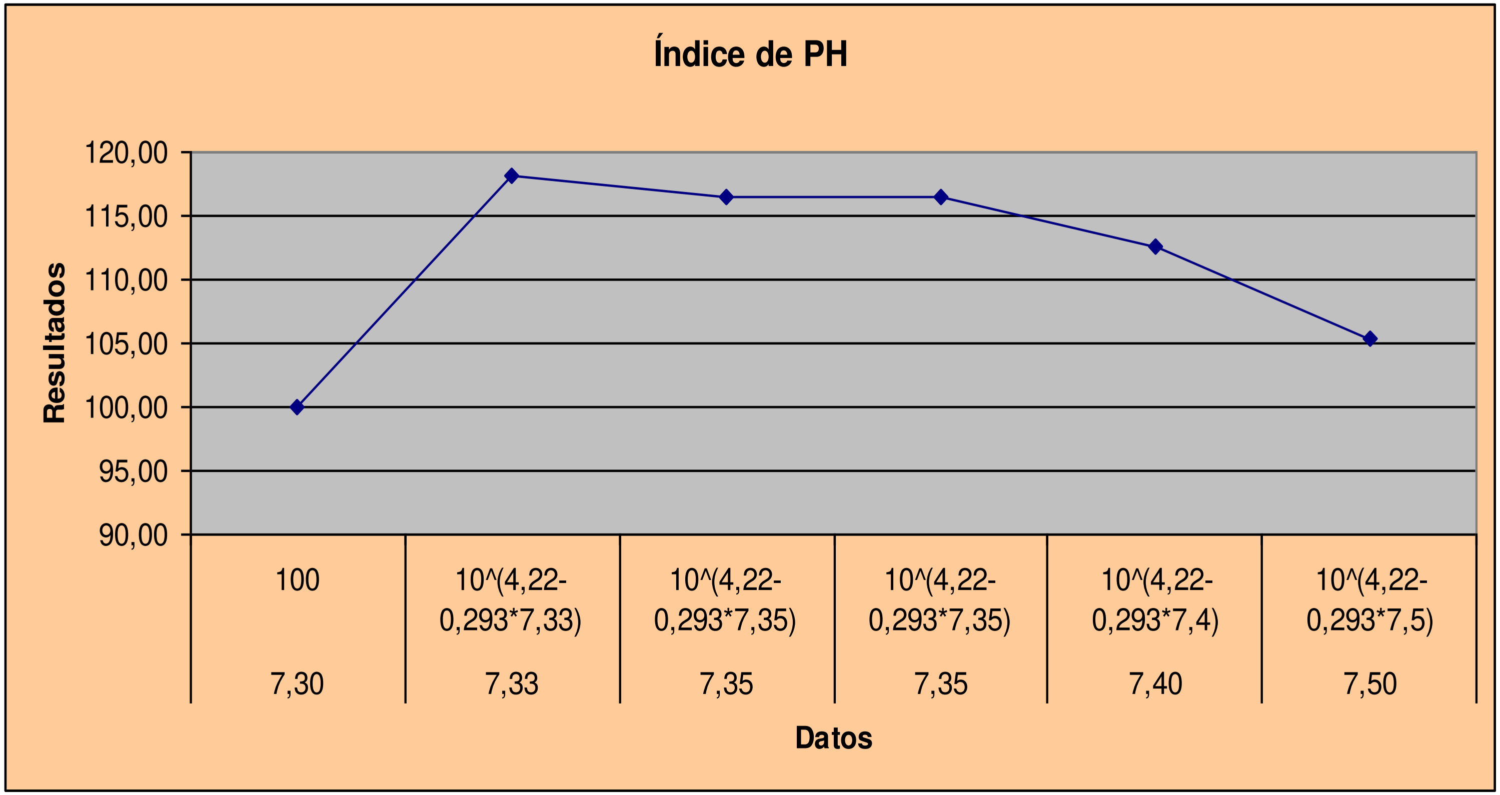
- Potencial de Hidrógeno

$I_{pH} = 10^{0.2335\,pH + 0.44}$ Si el pH es menor que 6.7 ....(2a)

$I_{pH} = 100$ Si el pH está entre 6.7 y 7.3 ....(2b)

$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293\,pH}$ Si el pH es mayor que 7.3 ....(2c)

Datos	***Fórmula Aplicable***	***ICA***
7,30	100	100,00
7,35	10^(4,22-0,293*7,35)	116,53
7,40	10^(4,22-0,293*7,4)	112,67
7,50	10^(4,22-0,293*7,5)	105,32
7,33	10^(4,22-0,293*7,33)	118,12
7,35	10^(4,22-0,293*7,35)	116,53


Índice de PH
Resultados
120,00
115,00
110,00
105,00
100,00
95,00
90,00
100
7,30
10^(4,22-0,293*7,33)
7,33
10^(4,22-0,293*7,35)
7,35
10^(4,22-0,293*7,35)
7,35
10^(4,22-0,293*7,4)
7,40
10^(4,22-0,293*7,5)
7,50
Datos

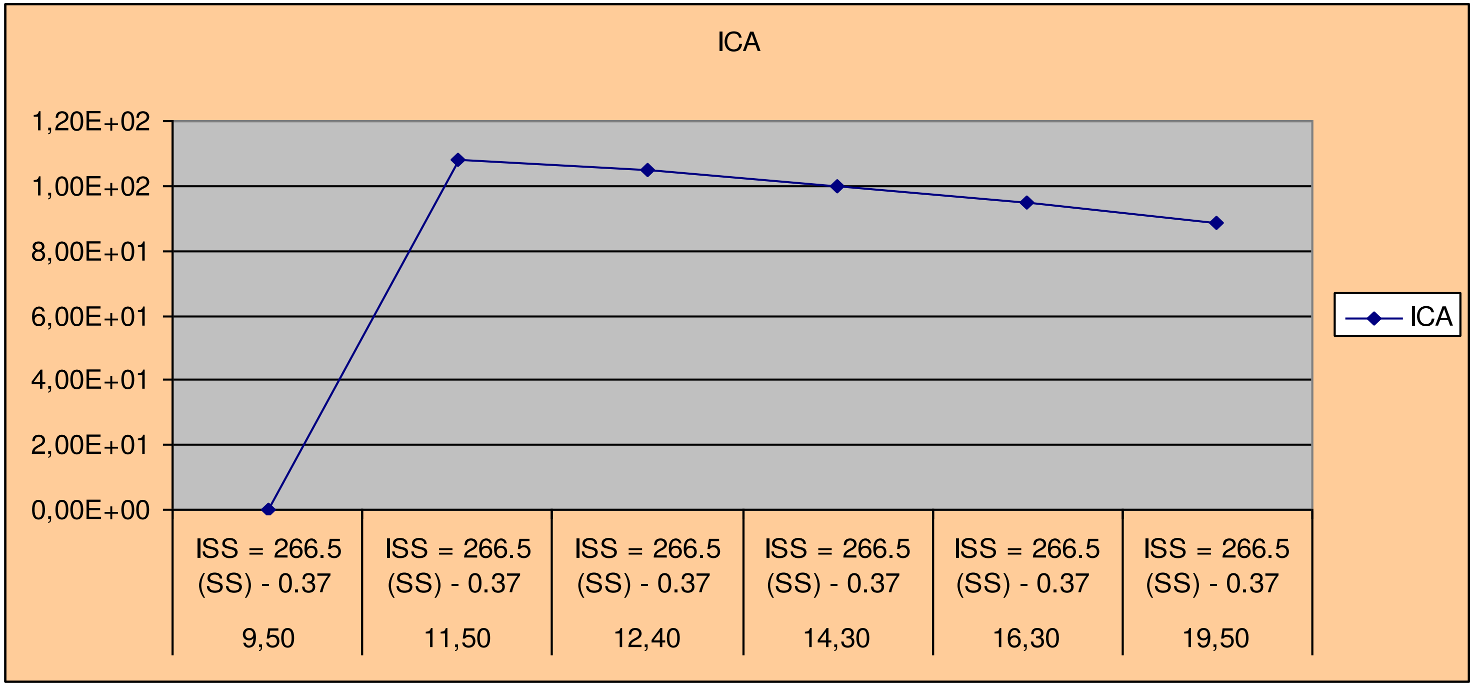
Ecuaciones

- Sólidos Suspendidos

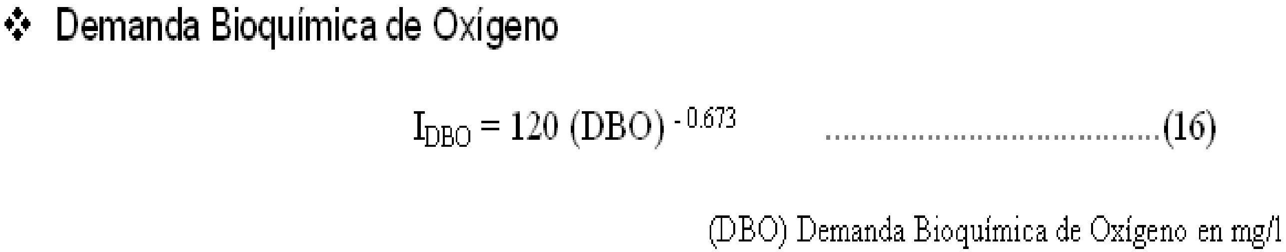
$$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

(SS) Sólidos Suspendidos en mg/l

Datos	***Fórmula Aplicable***	***ICA***
9,50	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	1,78E-34
12,40	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	1,05E+02
16,30	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	9,49E+01
11,50	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	1,08E+02
14,30	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	9,96E+01
19,50	$I_{SS} = 266.5\ (SS)^{-0.37}$	8,88E+01


ICA
1,20E+02
1,00E+02
8,00E+01
6,00E+01
4,00E+01
2,00E+01
0,00E+00
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
9,50
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
11,50
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
12,40
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
14,30
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
16,30
ISS = 266.5 (SS) - 0.37
19,50
ICA

Ecuaciones

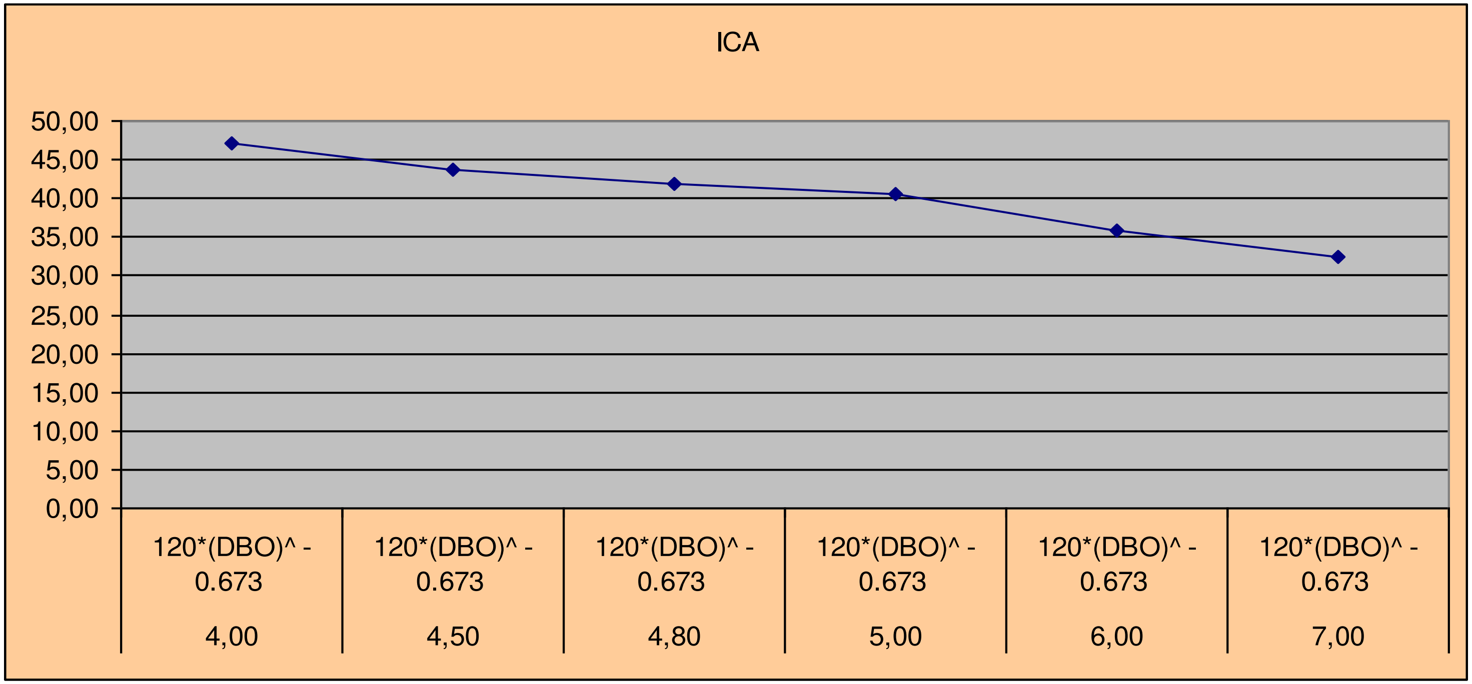


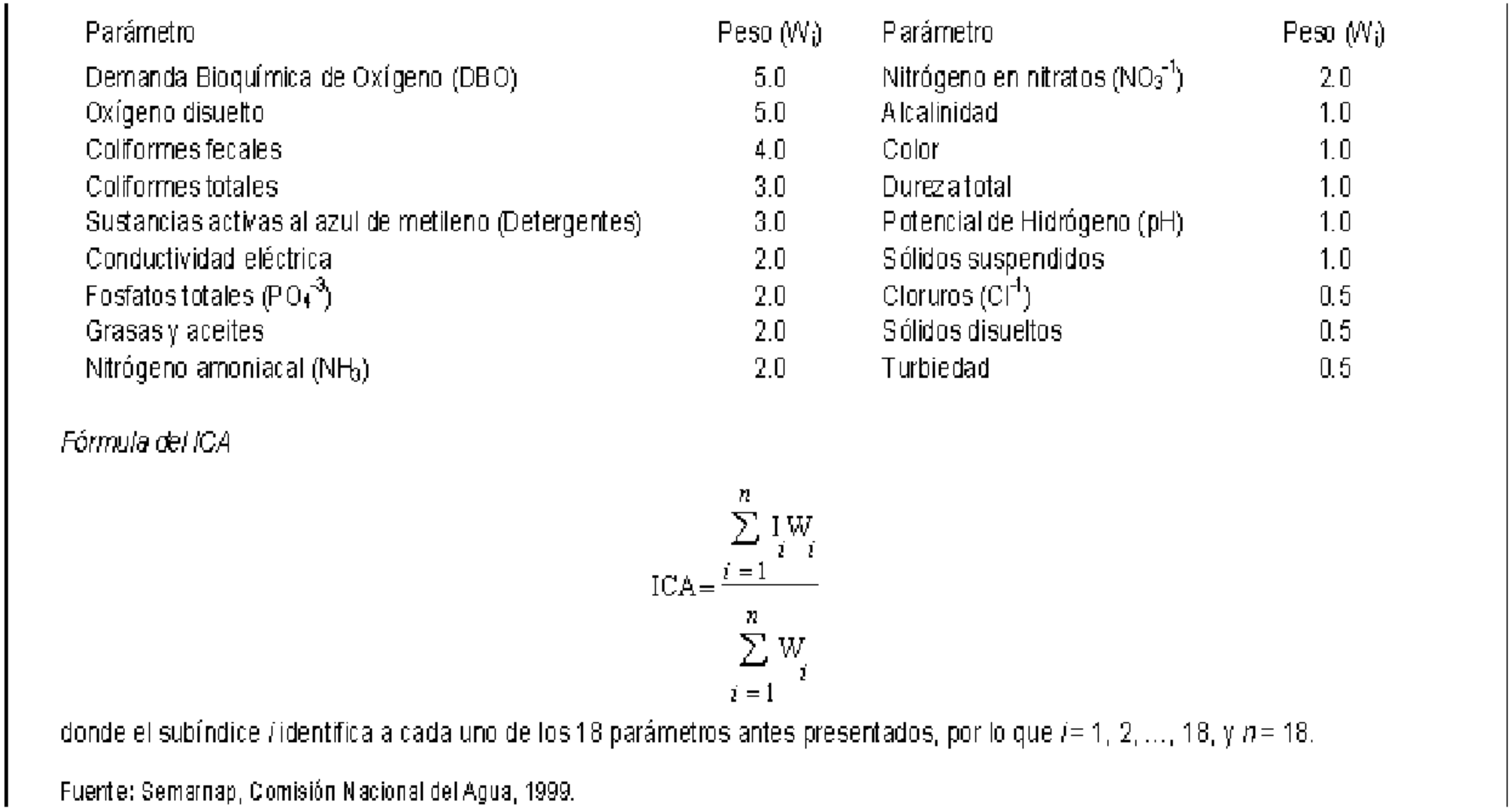
- Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$I_{DBO} = 120\ (DBO)^{-0.673} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(16)$$

(DBO) Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/l

Datos	***Fórmula Aplicable***	***ICA***
4,00	120*(DBO)^ - 0.673	47,21
4,50	120*(DBO)^ - 0.673	43,61
4,80	120*(DBO)^ - 0.673	41,75
5,00	120*(DBO)^ - 0.673	40,62
6,00	120*(DBO)^ - 0.673	35,93
7,00	120*(DBO)^ - 0.673	32,39


ICA
50,00
45,00
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
120*(DBO)^ - 0.673
4,00
120*(DBO)^ - 0.673
4,50
120*(DBO)^ - 0.673
4,80
120*(DBO)^ - 0.673
5,00
120*(DBO)^ - 0.673
6,00
120*(DBO)^ - 0.673
7,00



Parámetro	Peso (W_i)	Parámetro	Peso (W_i)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	5.0	Nitrógeno en nitratos (NO_3^{-1})	2.0
Oxígeno disuelto	5.0	Alcalinidad	1.0
Coliformes fecales	4.0	Color	1.0
Coliformes totales	3.0	Dureza total	1.0
Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes)	3.0	Potencial de Hidrógeno (pH)	1.0
Conductividad eléctrica	2.0	Sólidos suspendidos	1.0
Fosfatos totales (PO_4^{-3})	2.0	Cloruros (Cl^{-1})	0.5
Grasas y aceites	2.0	Sólidos disueltos	0.5
Nitrógeno amoniacal (NH_3)	2.0	Turbiedad	0.5

Fórmula del ICA

$$\mathrm{ICA} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{I}_i \mathrm{W}_i}{\sum_{i=1}^{n} \mathrm{W}_i}$$

donde el subíndice *i* identifica a cada uno de los 18 parámetros antes presentados, por lo que *i* = 1, 2, ..., 18, y *n* = 18.

Fuente: Semarnap, Comisión Nacional del Agua, 1999.

Nombre:	***Valor del Índice (I)***	Peso (Wi)
PH	**111,53**	1
DBO	**40,25**	5
SS	**82,70**	1

ICA=	395,49/7
ICA=	56,5

Rango de clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

ICA	CRITERIO GENERAL
85 –100	No Contaminado
70 - 84	Aceptable
50 – 69	Poco Contaminado
30 - 49	Contaminado
0 - 29	Altamente Contaminado

INDICE DE:	***Valor Promedio***
PH	**111,53**
DBO	**40,25**
SS	**82,70**

ICA General	56,50

ICA	**CRITERIO GENERAL**
85 –100	No Contaminado
70 - 84	Aceptable
50 – 69	Poco Contaminado
30 - 49	Contaminado
0 - 29	Altamente Contaminado

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	No contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para cualquier deporte Acuatico	Aceptable para todos los Organismos	No requiere Purificación
90	Aceptable	Ligera Purificación			Ligera Purificación para algunos procesos
80		Mayor Necesidad de Tratamiento			
70	Poco Contaminado		Aceptable no Recomendable	Aceptable excepto especies muy	Sin tratamiento para industria normal
60				Dudoso para especies sensibles	
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
40		No Aceptable	Sin contacto con el agua		
30	Altamente Contaminado		Señal de contaminación	No Aceptable	Uso muy restringido
20			No Aceptable		No Aceptable
10					