

ANEXO 4

INDICE DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA MODIFICADO DE PRATI (ICO)

HOJA DE CÁLCULO INDICE DE CONTAMINACIÓN ORGANICA MODIFICADO DE PRATI (ICO)

Los Índices de Contaminación son empleados para obtener un valor cuantificable del grado de contaminación, tienen la característica de ser más específicos, no estar correlacionado y ser complementario.

Los Índices de Contaminación han sido diseñados y enfocados para la determinación específica de cierta fuente de contaminación, es así que el Índice de Prati modificado es empleado para la determinación del grado de contaminación orgánica en cuerpos de agua.

El Índice de Prati originalmente, comprende 13 parámetros: pH, OD, DBO₅ DQO, test de Kubel, Sólidos Suspendidos, NH₃, NO₃, Cloro, Hierro, Manganeseo, Alquil Sulfonato Bencénico ramificado (ABS) y Equivalente de Carbonato de Calcio (CCE), El Índice modificado de Prati permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de contaminación orgánica en aguas superficiales a un índice, de una forma más óptima para evaluar los niveles de contaminación en dichas aguas.

Este índice fue modificado¹ para determinar exclusivamente el grado de contaminación orgánica y fue aplicado en el río Rocha de la ciudad de Cochabamba, basándose en los siguientes criterios:

- Priorización de los parámetros indicadores de contaminación orgánica (DBO, DQO).
- Facilidad para establecer matemáticamente la unidad de contaminación.
- Déficit de oxígeno en aguas del río.
- Nutrientes.

De acuerdo a los criterios antes señalados se determinó emplear 4 parámetros para la determinación del grado de contaminación a partir del Índice de Prati, dichos parámetros son: OD (Oxígeno Disuelto), DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y Nitratos, que son los más representativos del total de los parámetros del índice de Prati original para determinar la contaminación orgánica, Los valores de los 4 parámetros (Y) fueron transformados a unidades de contaminación (X) por medio de las siguientes ecuaciones:

¹ En el estudio "Contaminación Orgánica en el río Rocha" Ana María Romero, Paul Van Damme y Edgar Goita.

Parámetros	Unidades	Unidades de contaminación
% O ₂	0 – 50%	$X = 4,2 - 0,437 \left(\frac{100 - Y}{5} \right) + 0,042 \left(\frac{100 - Y}{5} \right)^2$
	50 – 100%	$X = 0,08(100 - Y)$
	>100%	$X = 0,08(Y - 100)$
DBO ₅	(mg/l)	$X = \frac{Y}{1,5}$
DQO	(mg/l)	$X = 0,1Y$
Nitratos	(mg/l)	$X = 2^{2,1 \log(\frac{Y}{4})}$

Fuente: “Contaminación Orgánica del río Rocha” Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, Junio 1998 N°3 (pág.14)

A partir de las unidades de contaminación definidas en las ecuaciones anteriores, el índice modificado de Prati se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$PI = \frac{1}{m} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij}$$

Basándose en estas ecuaciones se establecieron seis grados de contaminación del agua de acuerdo al siguiente esquema:

Grados de escala de clasificación del ICO

Rango	Contaminación del agua	Color de calidad
0-1	No contaminada	AZUL
1-2	Poco contaminada	VERDE
2-4	Moderadamente contaminada	AMARILLO
4-8	Contaminada	NARANJA
8-16	Muy Contaminada	ROJO
>16	Altamente contaminada	NEGRO

Fuente: “Contaminación Orgánica del río Rocha” Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, Junio 1998 N°3 (pág.14)

Esta escala de clasificación ha permitido determinar la contaminación de las aguas de los diferentes ríos de la zona de estudio de la cuenca del río Katari y de las aguas del lago en la bahía de Cohana, A continuación se presenta el cálculo del índice de contaminación orgánica (ICO) por cuerpo de agua en la zona de estudio.

CALCULO DEL INDICE DE CONTAMINACIÓN ORGANICA MODIFICADO DE PRATI (ICO) - 2004

Cuenca Katari y bahía de Cohana (primera parte)

Parámetro	y ₁	x ₁	y ₂	x ₂	y ₃	x ₃	y ₄	x ₄	y ₅	x ₅
O.D. (%)	5,0	11,06	0,0	12,26	24	7,26	69	2,48	0	12,26
DBO (mg/l)	513,0	342,00	399,0	266,00	14	9,33	3	2,00	174	116,00
DQO (mg/l)	1062,0	106,20	892,0	89,20	46	4,60	20	2,00	430	43,00
Nitratos (mg/l)	2,7	0,77	0,4	0,23	0,01	0,02	0,83	0,37	1,27	0,48
Sumatoria		460,03		367,69		21,22		6,85		171,74
ICO por punto		115,01		91,92		5,30		1,71		42,94

Cuenca Katari y bahía de Cohana (segunda parte)

Parámetro	y ₆	x ₆	y ₇	x ₇	y ₈	x ₈	y ₉	x ₉	y ₁₀	x ₁₀
O.D. (%)	43,0	4,68	45,0	4,48	65	2,80	77	1,84	43	4,68
DBO (mg/l)	0,9	0,60	55,0	36,67	22	14,67	35	23,33	0,9	0,60
DQO (mg/l)	6,0	0,60	214,0	21,40	72	7,20	92	9,20	6	0,60
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02	0,7	0,33	2,5	0,74	1,71	0,58	0,25	0,17
Sumatoria		5,90		62,87		25,41		34,96		6,05
ICO por punto		1,47		15,72		6,35		8,74		1,51

Cuenca Katari y bahía de Cohana (tercera parte)

Parámetro	y11	x11	y12	x12	y13	x13	y14	x14	y15	x15
O.D. (%)	48,5	4,15	0,0	12,26	40	5,00	41	4,89	87,5	1,00
DBO (mg/l)	0,9	0,60	14,0	9,33	6	4,00	5	3,33	15	10,00
DQO (mg/l)	1,0	0,10	64,0	6,40	42	28,00	36	24,00	72	48,00
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02	1,3	0,50	0,42	0,24	0,01	0,02	1,44	0,52
Sumatoria		4,88		28,49		37,24		32,25		59,52
ICO por punto		1,22		7,12		9,31		8,06		14,88

CALCULO DEL INDICE DE CONTAMINACIÓN ORGANICA MODIFICADO DE PRATI (ICO) - 2013

Río SEKE

Parámetro	y1	x1	y2	x2	y3	x3	y4	x4	y6	x6	y7	x7
O.D. (%)	27,0	6,77	1,0	12,01	36,0	5,49	13,5	9,21	65,0	2,80	35,0	5,62
DBO (mg/l)	4,0	2,67	1500,0	1000,00	4,0	2,67	45,0	30,00	28,0	18,67	18,0	12,00
DQO (mg/l)	1,0	0,10	1785,0	178,50	1,0	0,10	59,0	5,90	33,0	3,30	26,0	2,60
Nitratos (mg/l)	0,0	0,02	0,0	0,02	2,5	0,74	1,9	0,62	137,1	9,34	1,7	0,57
Sumatoria		9,56		1190,54		8,99		45,7		34,1		20,8
ICO por punto		2,39		297,63		2,25		11,43		8,53		5,20

Río SECO

Parámetro	y8	x8	y9	x9	y10	x10	y11	x11	y12	x12	y13	x13
O.D. (%)	32,0	6,03	8,0	10,38	23,0	7,43	21,0	7,78	5,5	10,94	3,5	11,41
DBO (mg/l)	4,0	2,67	36,0	24,00	12,0	8,00	55,0	36,67	642,0	428,0	446,0	297,33
DQO (mg/l)	1,0	0,10	40,0	4,00	15,0	1,50	69,0	6,90	784,0	78,40	560,0	56,00
Nitratos (mg/l)	1,7	0,57	1,4	0,52	1,5	0,54	0,0	0,02	2,46	0,74	1,7	0,57
Sumatoria		9,36		38,90		17,48		51,37		518,1		365,32
ICO por punto		2,34		9,72		4,37		12,84		129,5		91,33

Río SEKAJAHUIRA

Parámetro	y23	x23
O.D. (%)	15,0	8,91
DBO (mg/l)	10,0	6,67
DQO (mg/l)	12,0	1,20
Nitratos (mg/l)	9,3	1,70
Sumatoria		18,47
ICO por punto		4,62

Río PALLINA

Parámetro	y24	x24	y25	x25	y26	x26	y27	x27	y28	x28	y30	x30	y31	x31	y32	x32	y33	x33
O.D. (%)	35,	5,62	0,0	12,26	0,00	12,26	0,00	12,26	0,00	12,26	0,00	12,26	40,0	5,00	32,0	6,03	0,00	12,26
DBO (mg/l)	4,0	2,67	162,0	108,00	345	230,0	125	83,33	75	50,00	325	216,67	4	2,67	4	2,67	247	164,67
DQO (mg/l)	8,0	0,80	186,0	18,60	361	36,10	136	13,60	89	8,90	361	36,10	9	0,90	6	0,60	269	26,90
Nitratos (mg/l)	2,5	0,74	2,6	0,76	2,84	0,81	2,35	0,71	2,92	0,82	1,66	0,57	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Sumatoria		9,82		139,62		279,2		109,91		71,98		265,60		8,59		9,31		203,85
ICO por punto		2,45		34,90		69,79		27,48		17,99		66,40		2,15		2,33		50,96

Río KATARI

Parámetro	y34	x34	y35	x35	y36	x36	y37	x37	y38	x38	y39	x39	y40	x40	y41	x41
O.D. (%)	38,0	5,24	3,0	11,53	29,0	6,46	38,0	5,24	55,00	3,60	53,0	3,76	41,0	4,89	22,0	7,60
DBO (mg/l)	4,0	2,67	74,0	49,33	411,0	274,0	135,0	90,00	137,0	91,33	56,0	37,33	49,0	32,67	28,0	18,67
DQO (mg/l)	8,0	0,80	86,0	8,60	444,0	44,40	169,0	16,90	172,0	17,20	80,0	8,00	62,0	6,20	35,0	3,50
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02	1,89	0,62	2,0	0,65	3,03	0,84	3,49	0,92	6,6	1,37	0,01	0,02	45,65	4,66
Sumatoria		8,73		70,09		325,5		112,98		113,1		50,47		43,78		34,43
ICO por punto		2,18		17,52		81,38		28,24		28,26		12,62		10,95		8,61

Río HUANCANÉ

Parámetro	y ₅₂	x ₅₂
O.D. (%)	40,0	5,00
DBO (mg/l)	38	25,33
DQO (mg/l)	52	5,20
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02
Sumatoria		35,56
ICO por punto		8,89

Río SEHUENCA

Parámetro	y ₅	x ₅
O.D. (%)	33,0	5,89
DBO (mg/l)	4,0	2,67
DQO (mg/l)	1,0	0,10
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02
Sumatoria		8,68
ICO por punto		2,17

BAHIA DE COHANA (primera parte)

Parámetro	y ₄₂	x ₄₂	y ₄₃	x ₄₃	y ₄₄	x ₄₄	y ₄₅	x ₄₅	y ₄₆	x ₄₆
O.D. (%)	3,0	11,53	4,0	11,29	0,0	12,26	14,5	9,01	5,0	11,06
DBO (mg/l)	220,0	146,67	230,0	153,33	325,0	216,7	31,0	20,67	22,0	14,67
DQO (mg/l)	275,0	27,50	250,0	25,00	353,0	35,30	40,0	4,00	30,0	3,00
Nitratos (mg/l)	27,7	3,40	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Sumatoria		189,09		189,65		264,2		33,70		28,75
ICO por punto		47,27		47,41		66,06		8,42		7,19

BAHIA DE COHANA (segunda parte)

Parámetro	y47	x47	y48	x48	y49	x49	y50	x50	y51	x51
O.D. (%)	29,0	6,46	11,0	9,73	0,0	12,26	0,0	12,26	40,0	5,00
DBO (mg/l)	33,0	22,00	21,0	14,00	35,0	23,33	49,0	32,67	34,0	22,67
DQO (mg/l)	47,0	4,70	36,0	3,60	49,0	4,90	59,0	5,90	40,0	4,00
Nitratos (mg/l)	0,01	0,02	1,77	0,60	0,01	0,02	1,53	0,54	0,01	0,02
Sumatoria		33,19		27,93		40,52		51,37		31,69
ICO por punto		8,30		6,98		10,13		12,84		7,92