

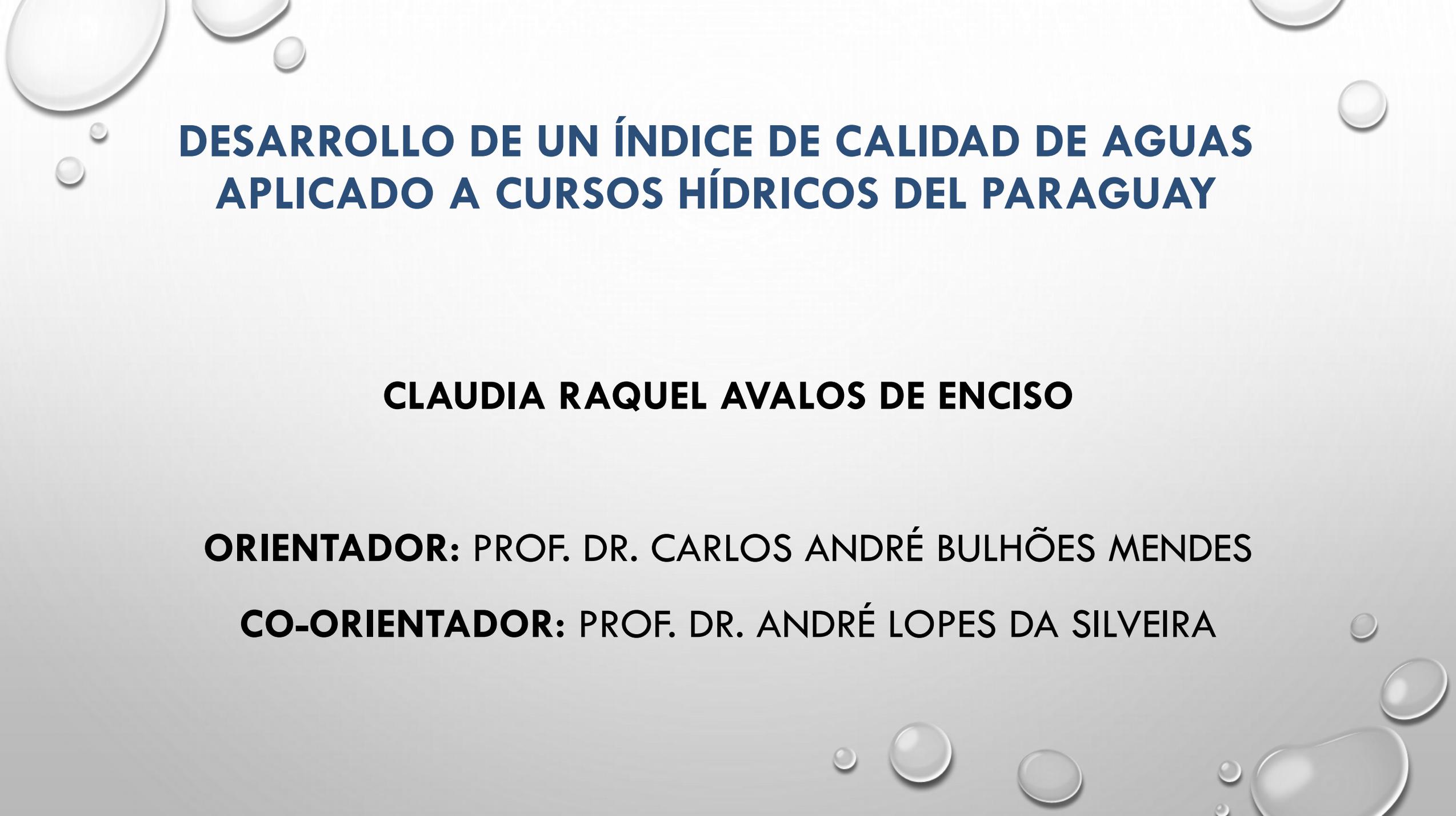


UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE
INGENIERÍA



DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS APLICADO A CURSOS HÍDRICOS DEL PARAGUAY





DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS APLICADO A CURSOS HÍDRICOS DEL PARAGUAY

CLAUDIA RAQUEL AVALOS DE ENCISO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ANDRÉ BULHÕES MENDES

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LOPES DA SILVEIRA

CONTENIDO

- INTRODUCCION
- MARCO TEÓRICO
- MATERIALES Y MÉTODOS
- RESULTADOS PRELIMINARES
- RESULTADOS ESPERADOS
- BIBLIOGRAFIA
- CRONOGRAMA

INTRODUCCIÓN



Paraguay es un país que cuenta con una gran riqueza en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos, tanto de aguas superficiales como subterráneas, lo que le otorga un potencial apreciable para el desarrollo económico sostenible.

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



Sepultan humedales del lago Ypacarai

Intendente de San Bernardino autorizó relleno de humedales a pesar de que la ley prohíbe estas intervenciones hasta que el lago se recupere de la contaminación que padece.

julio 3, 2015 - 10:56 AM 1 Comentario

Medioambiente



La prohibición de uso de suelo en los humedales por 10 años o hasta que el lago Ypacarai se recupere. Foto: Gueffroy

INICIO NACIONALES

MIÉRCOLES 10 DE SEPTIEMBRE DE 2014 | 15:44

Investigan a 129 empresas por contaminar lago Ypacarai

Hoy

Me gusta 461

La Fiscalía confirmó que 129 empresas están siendo investigadas por arrojar desechos al lago Ypacarai.

"Tras la intervención de la Unidad Especializada se han iniciado 129 causas para empresas que transgredían las disposiciones ambientales legales", mencionó el fiscal general, Javier Díaz Verón, tras la reunión que mantuvo con el representante de la campaña de recuperación del lago Ypacarai, Jorge Sosa.



El lago Ypacarai ha mejorado levemente su aspecto. Foto: Archivo, HOY.

- cursos hídricos contaminados con residuos sólidos y desechos industriales y urbanos.
- Urbanizaciones y privatizaciones de las franjas de dominio de los ríos y arroyos.
- otorgamiento de licencias ambientales a actividades que afectan el caudal ecológico de los ríos y la calidad de los mismos.

RESOLUCIÓN 222/02 - SEAM



SECRETARIA DEL AGRICULTO	
Resolución N° 222	
POR LA CUAL SE ESTABLECE EL PADRÓN DE	
EN EL TERRITORIO NACIO	
Mercurio orgánico	cero
Níquel	0,025 Ni
Zinc	3,0 Zn
Compuestos Orgánicos (mg/l)	0,02 0,003
Diquat	0,03
Antracina	0,04
2,4 D	0,056
Gliofozato	0,003
Alaclor	0,01
Trifluralina	0,005
Propanil	0,004
Picloran	cero
Bentazon	0,002
Carbofuran	0,002
Endosulfan	cero
Enitrothion	0,002
DDVP (dichlorvos)	cero
Diazion	0,0002
Simazina	0,04
Chlordane	cero
DDT	cero
Endrin	cero
Heptaclor	0,0007
Lindatox(BHC)	cero
Lindatox(1,1,1,2,2,2-TCDD)	cero
1,1,1,2,2,2-TCDD	cero



INDICE DE CALIDAD DE AGUAS (ICA)

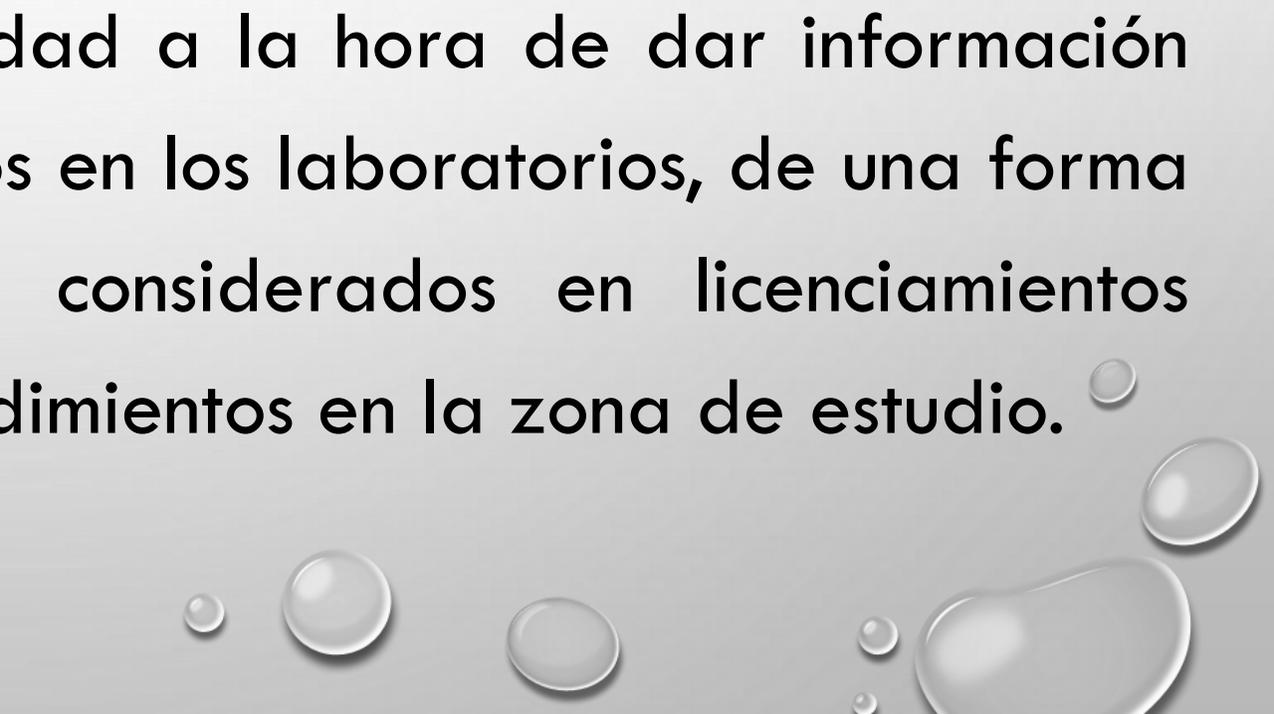
SON AMPLIAMENTE UTILIZADOS EN TODO EL MUNDO, COMO UNA FORMA RÁPIDA DE CARACTERIZAR Y EVALUAR A TRAVÉS DE UN SÓLO VALOR PONDERADO, LA SITUACIÓN DE UN SISTEMA ACUÁTICO.

Calidad
Óptima
Buena
Dudosa
Inadecuada
Pésima



Se busca desarrollar un índice de calidad de aguas, basado en el IQA-NSF, aplicable a los cursos hídricos del Paraguay, utilizando datos del monitoreo de la Cuenca del Lago Ypacaraí.

Es una herramienta de gran utilidad a la hora de dar información acerca de los resultados obtenidos en los laboratorios, de una forma sencilla y también pueden ser considerados en licenciamientos ambientales para nuevos emprendimientos en la zona de estudio.

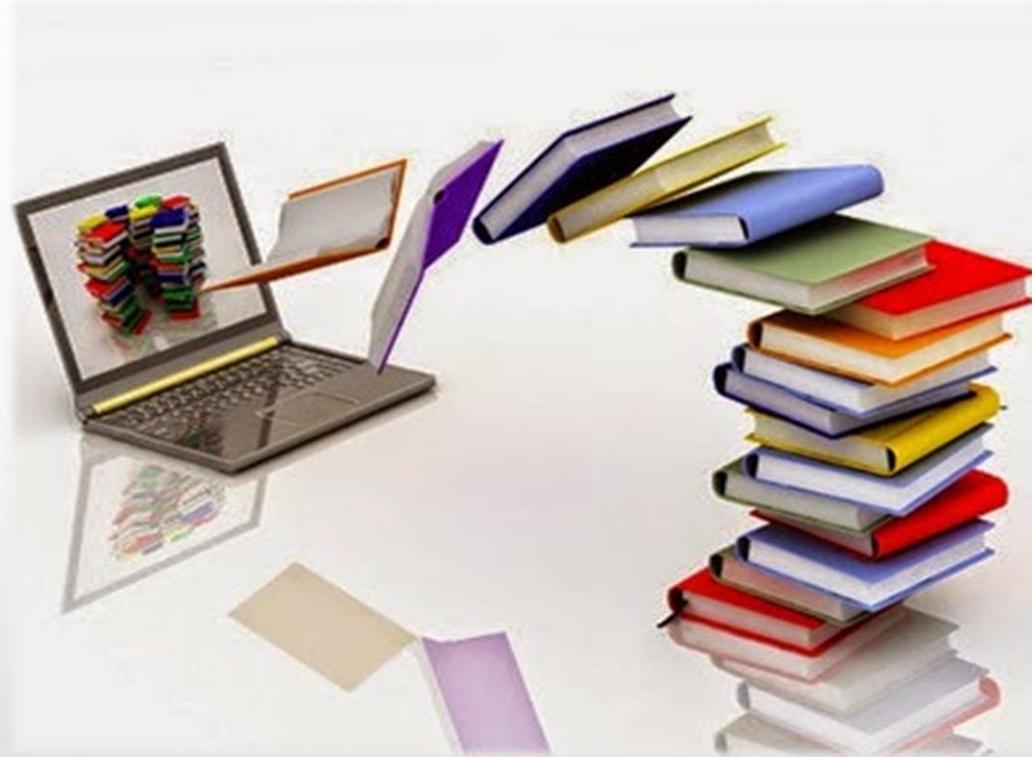


OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un índice de calidad de aguas para el Paraguay, que sirva como una herramienta de información y sustento para la toma de decisiones en licenciamientos ambientales, basados en datos del monitoreo de la Cuenca del Lago Ypacaraí.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un procedimiento para el cálculo del Índice de Calidad de Aguas para el Paraguay (ICA-Py), basado en el IQA-NSF.
- Caracterizar la calidad del agua en los puntos de muestreo de la cuenca del Lago Ypacaraí aplicando el ICA-Py, con datos obtenidos del monitoreo de los cursos hídricos estudiados.
- Analizar si los índices obtenidos, representados en mapas temáticos por sistema de información geográfica (GIS), reflejan la situación real de los cauces hídricos.



MARCO TEÓRICO

ESTUDIOS DE CASOS

“Efecto del uso y ocupación del suelo en la calidad del agua en la micro cuenca del Córrego Banguelo” (Pontes et al., 2012)

Se calcularon los índices de calidad de agua (IQA-NSF) e identificados los puntos con mayor grado de polución:

- La calidad mejoró en el periodo lluvioso.
- Se observaba un deterioro en el periodo seco, debido al lanzamiento de efluentes industriales y residuos cloacales de áreas urbanizadas, con ocurrencia de niveles bajos de oxígeno disuelto y alta concentración de materia orgánica y nutrientes.
- Se observó la disminución en la concentración de poluentes (principalmente nitrato y fosfato) en áreas con vegetación,
- Concluyeron que es importante de la manutención ripiaria como medida de mejoría de la calidad de aguas en la región.

ESTUDIOS DE CASOS

“Modificação de um índice de qualidade da água” (Centeno & Cecconello 2016)

En base el IQA-CETESB, con el objetivo de identificar posibles fuentes de polución del canal de São Gonçalo, Pelotas, RS – Brasil, se utilizó la técnica de estadística multivariada, análisis factorial (AF)/análisis de componentes principales (ACP).

Se encontraron dos componentes principales que explicaron el 93% de la varianza total de los datos.

Se observó que el mayor peso fue empleado a la variable NTK (0,17), seguida de PT (0,16); debido a esto en determinados periodos, el IQA_{mod} superestimó el IQA-CETESB.

CONCLUSIÓN: es de suma importancia la readecuación de los pesos del IQA de acuerdo con la necesidad de cada curso hídrico.

APLICACIONES DEL ICA

- Manejo del recurso: pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- Clasificación de áreas: para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- Aplicación de normatividad: permite determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.
- Análisis de la tendencia: el análisis de los índices en un periodo de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está empeorando o mejorando.
- Información pública: los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- Investigación científica: simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS



AREA DE ESTUDIO



- Situada en tres departamentos (Central, Cordillera y Paraguari)*
- Superficie: 1 140 km²
- 21 municipios
- Área del Lago Ypacaraí: 90 km²
- Profundidad no superior a 3 m.
- Afluentes principales: Arroyos Pirayú y Yukyry
- Efluente: Río Salado (desemboca en el Río Paraguay)
- La ITAIPU binacional ha financiado proyectos de monitoreo de calidad de aguas del lago, en colaboración con la Universidad Nacional de Asunción (UNA).

*Dirección General de Estadísticas y censos (DGEC, 2012)



Image Landsat

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- Diseño: Caracterización
- Periodo de la información: Retrospectivo
- Método: Cuantitativo

- Variable dependiente: Índice de Calidad del Agua
- Variables independientes: tipo de curso hídrico, meses del año.

PERIODO DE ESTUDIO

Campaña	Fecha	Campaña	Fecha
Primera	01 al 02 de dic. de 2014	Séptima	15 al 18 de dic. de 2015
Segunda	09 al 12 de febrero de 2015	Octava	02 al 05 de febrero de 2016
Tercera	07 al 09 de abril de 2015	Novena	05 al 09 de abril de 2016
Cuarta	02 al 04 de junio de 2015	Décima	21 al 06 de junio de 2016
Quinta	11 al 14 de agosto de 2015	Decimoprimera	16 al 19 de agosto de 2016
Sexta	19 al 22 de octubre de 2015	Decimosegunda	25 al 28 de octubre de 2016

PUNTOS DE MUESTREO

Código	Nombre	Coordenadas	
LY1	Club Náutico - San Bernardino	21 J 04 70 012	UTM 72 00 130
LY2	Salida del Río Salado	21 J 04 66 835	UTM 72 07 525
LY3	Desembocadura - Arroyo Yukyry	21 J 04 63 771	UTM 72 04 710
LY4	Zona de la Playa Areguá	21 J 04 62 839	UTM 72 02 416
LY5	Centro del Lago Ypacaraí	21 J 04 65 991	UTM 71 98 136
LY6	Desembocadura - Arroyo Pirayú	21 J 04 68 689	UTM 71 95 665
A°Y1	Arroyo Yukyry 1	21 J 04 56 961	UTM 72 05 224
A°Y2	Arroyo Yukyry 2	21 J 04 58 719	UTM 71 96 276
A°P1	Arroyo Pirajú 1	21 J 04 72 931	UTM 71 91 984
RS	Río Salado	21 J 04 62 331	UTM 72 12 102
A°P2	Arroyo Pirajú 2	21 J 04 77 327	UTM 71 82 728
A°SL	Arroyo San Lorenzo	21 J 04 54 207	UTM 72 00 013
A°C	Arroyo Capiatá	21 J 04 56 280	UTM 71 95 738
A°Yp	Arroyo Ypukú	21 J 04 72 412	UTM 71 91 736

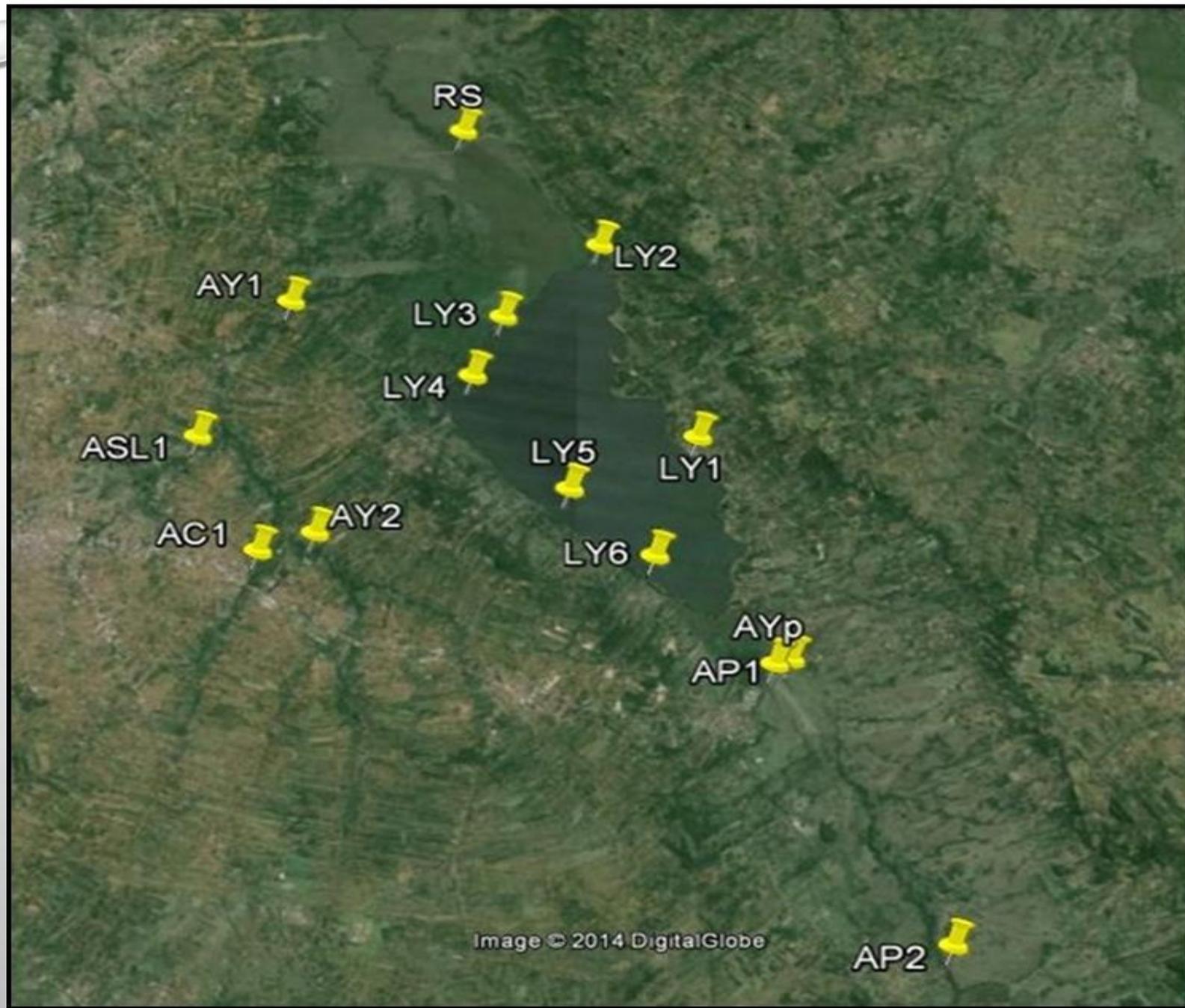


Image © 2014 DigitalGlobe

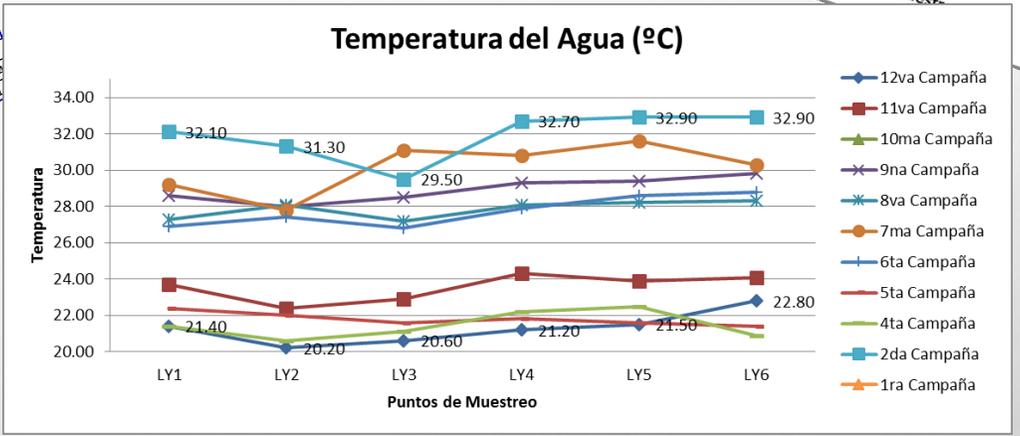
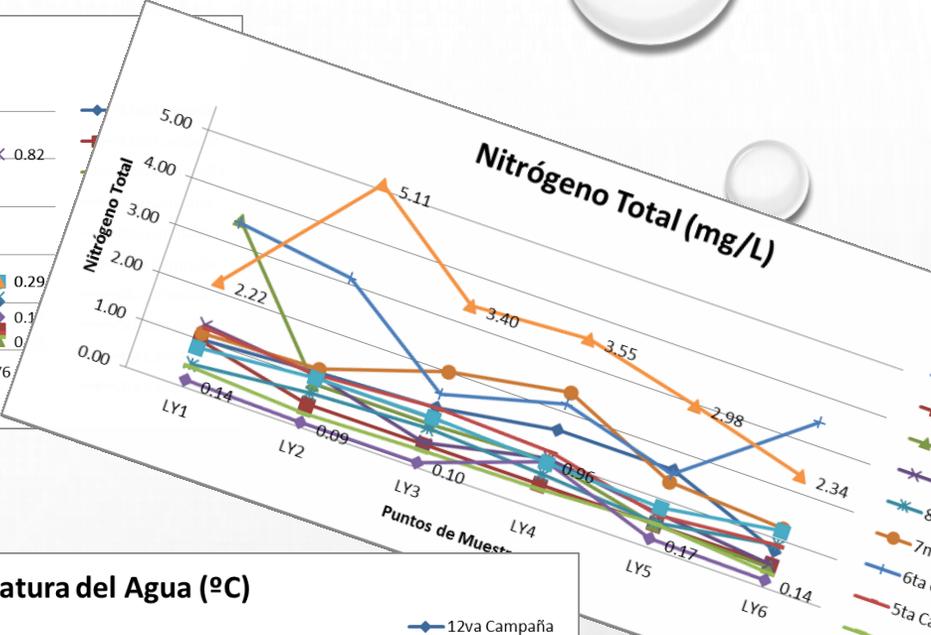
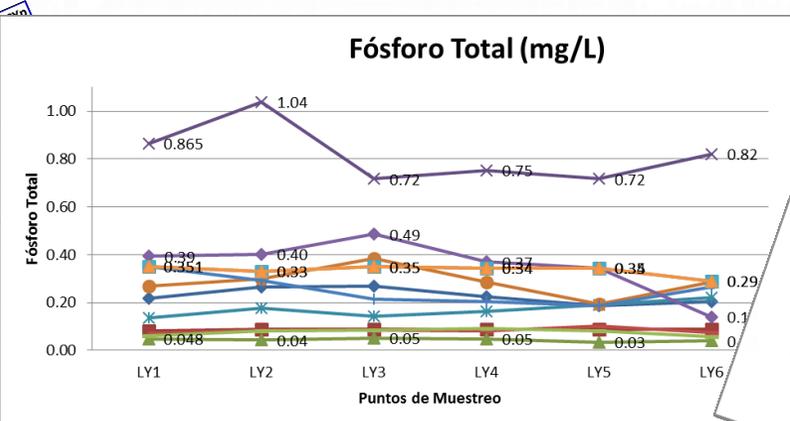
AP2

PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL MONITOREO

1	Temperatura del aire
2	Oxígeno disuelto
3	Saturación de OD (%)
4	Rad. Solar Aire
5	Transparencia (m)
6	Temperatura del agua (°C)
7	pH
8	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
9	Turbidez (NTU)
10	Color (real) (mg Pt/L)
11	Fenoles (mg/L)
12	Dureza Total (mg CaCO_3/L)
13	Sólidos totales (mg/L)
14	Sólidos suspendidos (mg/L)
15	DBO-5 (20° C) (mg O_2/L)
16	DQO (mg O_2/L)

17	Nitrógeno Total (mg/L)
18	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)
19	Nitrógeno de Nitritos (mg/L)
20	Nitrógeno de Nitratos (mg/L)
21	Fósforo Total (mg/L)
22	Cloruro (mg /L)
23	Surfactantes (mg/L)
24	Sodio (mg /L)
25	Hierro Ferroso (mg /L)
26	Hierro Férrico (mg /L)
27	Sulfuros (mg /L)
28	Sulfatos (mg /L)
29	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)
30	Coliformes Totales (NMP/100 mL)
31	Productividad Primaria
32	Clorofila-a

	LY1	LY2	LY3	LY4	LY5	LY6	RS	APP1	APP2	APS1	APC
Temperatura del aire	20.9	22.4	21.6	22.2	24.6	22.6	22.6	23.0	25.1	21.5	24.2
Oxígeno disuelto	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99
Saturación de OD (%)	87.5	86.4	88	86.1	87.5	87.8	87.5	88.4	88.4	87.6	87.6
Rad. Solar Aire	0.144	0.084	0.21	0.072	0.132	0.156	0.132	0.216	0.252	0.138	0.108
Transparencia (m)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Temperatura del agua (°C)	26.2	27.4	27.4	28.1	28.7	27.5	28.9	27.9	23.1	23.4	21.5
Conductividad (µS/cm)	7.45	7.69	153	7.71	157	7.55	150	157	157	157	157
Turbidez (NTU)	143	165	80.1	79.1	157	155	150	157	157	157	157
Color (real) (mg Pt/L)	250	275	136	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3
Fenoles (mg/L)	1.44	2.83	29.3	24.4	30.0	2.47	61.4	2.50	0.076	<0.0025	0.076
Dureza Total (mg CaCO3/L)	27.2	142	104	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Sólidos totales (mg/L)	112	63.2	2.38	59.8	3.55	2.98	2.34	2.50	0.076	<0.0025	0.076
Sólidos suspendidos (mg/L)	41.8	3.09	3.40	0.076	<0.0025	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
DBO-5 (20° C) (mg O2/L)	3.18	78.0	54.8	0.076	<0.0025	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
DCO (mg O2/L)	66.4	5.11	0.076	<0.0025	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
Nitrógeno Total (mg/L)	2.22	0.076	0.818	0.695	0.724	0.289	0.421	1.42	1.23	0.469	0.440
Nitrógeno Amomiacal (mg/L)	0.655	0.330	12.3	23.7	13.7	0.209	0.660	0.406	0.406	0.406	0.406
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.351	24.2	<0.04	<0.04	13.7	0.510	0.740	0.406	0.406	0.406	0.406
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	21.2	<0.04	13.7	0.194	0.194	0.510	0.740	0.406	0.406	0.406	0.406
Fósforo Total (mg/L)	<0.04	13.7	0.156	0.460	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406
Cloruro (mg/L)	13.7	0.156	0.460	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406
Surfactantes	0.153	0.660	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406
Sodio (mg/L)	0.49	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406
Hierro Ferroso (mg/L)	9.1584	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hierro Ferroso (mg/L)	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406
Sulfuros (mg/L)	1	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000	>540000
Sulfatos (mg/L)	8000	1	660	390	470	1.6	0.267	0.801	0.534	0.267	0.801
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	1.34	1.34	1.91	1.602	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	1.34	1.34	1.91	1.602	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Productividad Primaria											
Clorofila-a											

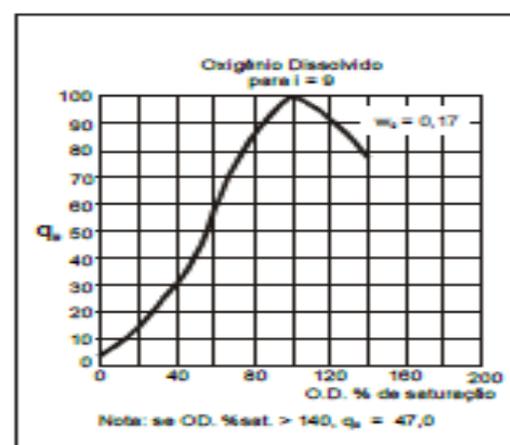
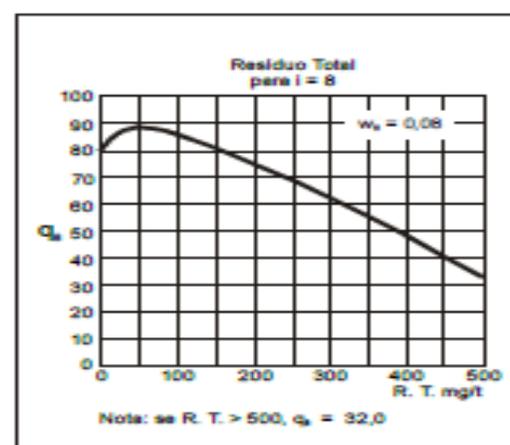
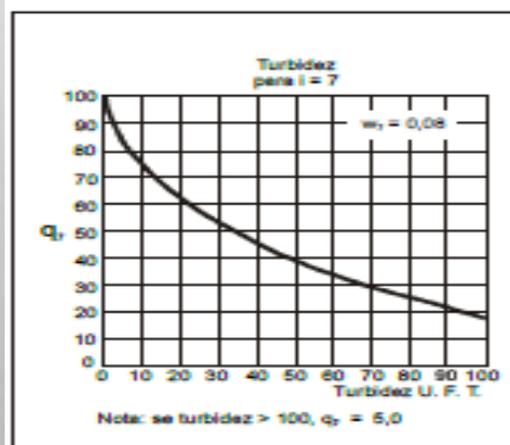
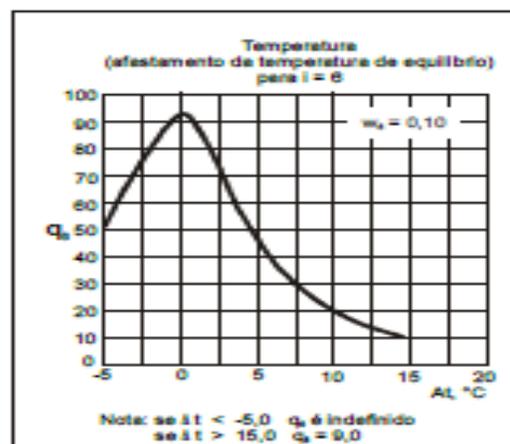
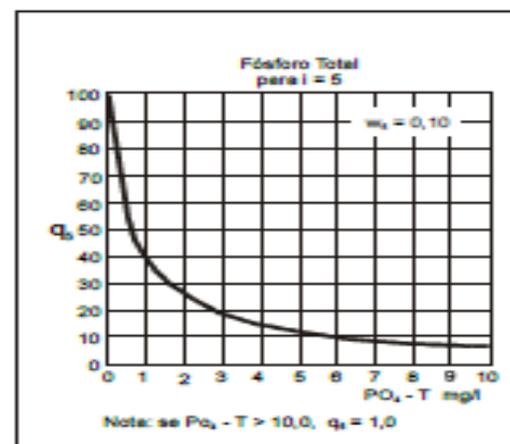
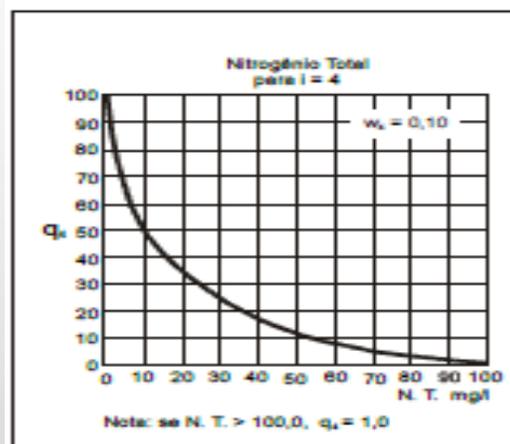
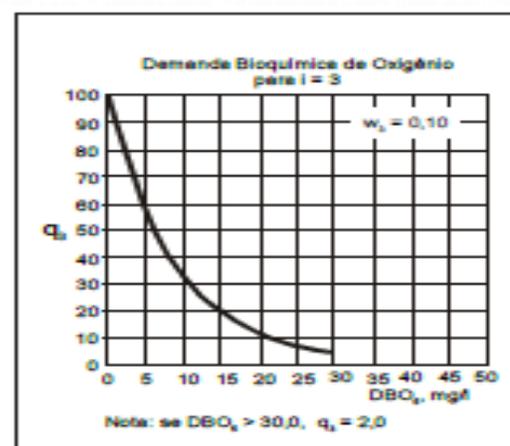
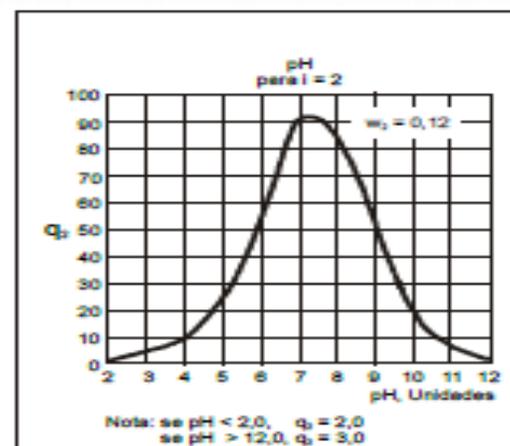
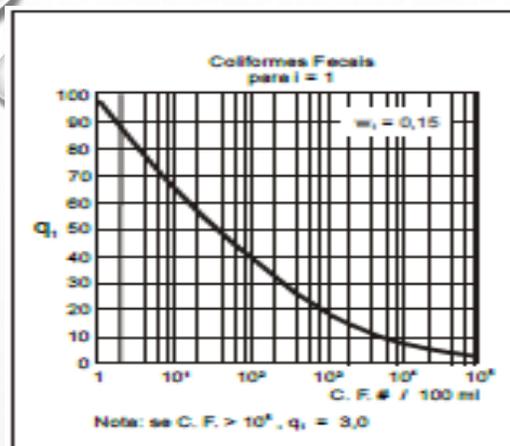


- 32 Parámetros x 14 puntos = 434 datos x campaña
- 434 datos x 12 campañas = 5.208 datos

INDICE DE CALIDAD DE AGUAS (ICA)

Los parámetros fueron establecidos por la National Sanitation Foundation (NSF), en los Estados Unidos, a través de una encuesta de opinión entre varios especialistas del área ambiental, para el desarrollo de un índice que pusiese de manifiesto la calidad del agua. De esta manera nueve parámetros fueron considerados representativos: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos totales, temperatura del agua, turbidez y sólidos totales.

Para cada parámetro fueron trazadas curvas medias de variación de la calidad del agua en función a sus respectivas concentraciones.



INDICE DE CALIDAD DE AGUAS (IQA-NSF)

Se seleccionan 9 parámetros y se le atribuye un peso (w_i), de acuerdo a su importancia relativa en el cálculo del ICA.

Parámetro	Peso (w_i)
Oxígeno disuelto % OD	0,17
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,15
pH (unidad de pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ (mg/L)	0,10
Nitrógeno total (mg/L)	0,10
Fósforo total (mg/L)	0,10
Variación de Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Residuos totales (mg/L)	0,08

INDICE DE CALIDAD DE AGUAS (ICA-NSF)

El ICA es calculado por el producto ponderado de las calidades de aguas correspondientes a los parámetros conforme a fórmula:

$$ICA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Donde:

ICA: índice de calidad de agua, un numero entre 0 y 100

q_i : calidad del parámetro i obtenido a través de la curva media especifica de calidad.

w_i : peso atribuido a un parámetro determinado, en función a su importancia en la calidad, entre 0 y 1.

INDICES DE CALIDAD DE AGUAS

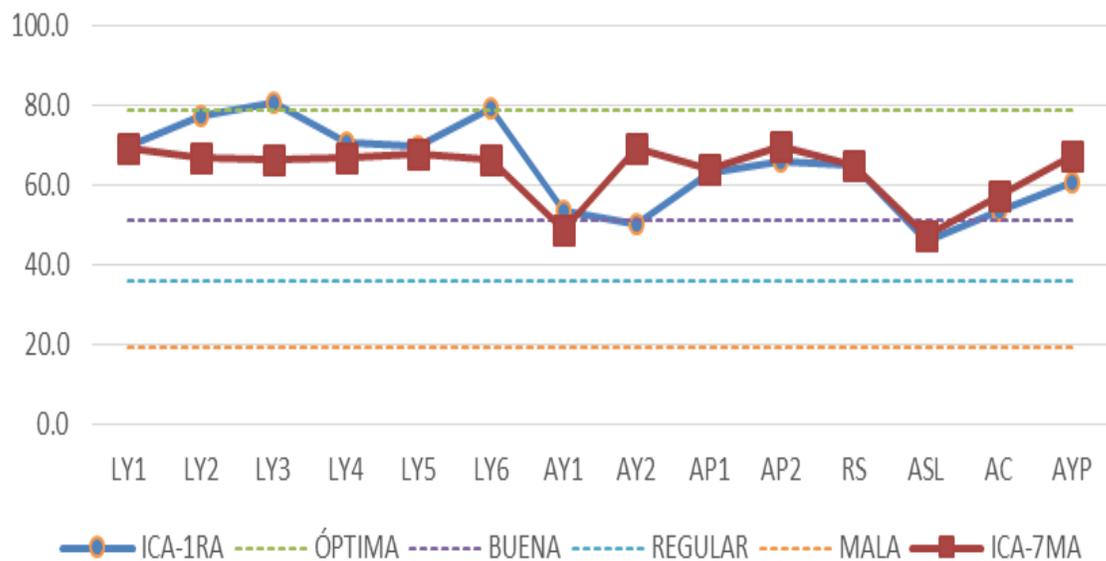
NIVELES DE CALIDAD

Nivel de calidad	Rango
Óptimo	$79 < ICA \leq 100$
Bueno	$51 < ICA \leq 79$
Regular	$36 < ICA \leq 51$
Malo	$19 < ICA \leq 36$
Pésimo	$0 \leq ICA \leq 19$

Así definido, el ICA refleja la influencia de desechos sanitarios u otros materiales orgánicos, nutrientes y sólidos.

RESULTADOS PRELIMINARES

COMPARATIVO 1ra. y 7ma. Campaña (Diciembre)



INDICES DE CALIDAD

Estación	Código	ICA-1RA	Clasificación	ICA-7MA	Clasificación
Club Náutico	LY1	69.8	BUENA	69.3	BUENA
Boca del Salado	LY2	77.5	BUENA	66.8	BUENA
Boca del Yukyry	LY3	80.7	OPTIMA	66.5	BUENA
Playa Areguá	LY4	70.9	BUENA	66.9	BUENA
Centro	LY5	69.9	BUENA	67.8	BUENA
Boca del Pirayú	LY6	79.4	OPTIMA	66.3	BUENA
Arroyo Yukyry 1	AY1	53.7	BUENA	48.7	REGULAR
Arroyo Yukyry 2	AY2	50.1	REGULAR	69.3	BUENA
Arroyo Pirayú 1	AP1	62.9	BUENA	64.2	BUENA
Arroyo Pirayú 2	AP2	65.8	BUENA	69.8	BUENA
Río Salado	RS	64.8	BUENA	64.9	BUENA
Arroyo San Lorenzo	ASL	45.9	REGULAR	47.4	REGULAR
Arroyo Capiatá	AC	53.5	BUENA	57.2	BUENA
Arroyo Ypuku	AYP	60.5	BUENA	67.4	BUENA

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

- Adecuación de los pesos asignados a cada parámetro
- Optimización de los niveles de calidad
- Correlación del ICA con las variables establecidas

RESULTADOS ESPERADOS

- Un índice de calidad de agua optimizado, que refleje el estado real de área de estudio y oriente a identificar las posibles fuentes de contaminación, para establecer prácticas de manejo adecuadas.
- Un método de cálculo del ICA optimizado, a fin de proveer una herramienta sencilla y práctica para la comunicación de los resultados de los programas de monitoreo y estudios de calidad de agua de los cursos hídricos.
- Caracterización de los cuerpos hídricos estudiados a través del ICA optimizado, con el objetivo de establecer planes de recuperación de los cuerpos hídricos que resulten de mala calidad según el índice.

BIBLIOGRAFÍA

- CENTENO, L. y Ceconello, S. (2016). Modificação de um Índice de Qualidade da Água. *Rev. Cient. Rural-Urcamp*, Bage-RS, 18(1)
- CETESB (2016). Relatorios - Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. En <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>
- PONTES, P.; Marques, A.; Marques, G. (2012). “Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem”. *Rev. Ambi-Agua*, Taubaté 3(7) 183-194. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.962>).
- SCQA, (2005). Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA). Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA). Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG/ Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA II. Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água.
- TUCCI, C., Mendes, C., (2006). Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente. SQA. Brasília: MMA, 302 p. ISBN 85-7738-047-5 2da. Ed.

AGRADECIMIENTOS

ii Gracias a todos !!

cavalos@rec.una.py
enciso.claudia@gmail.com