



**FORMULACIÓN DE UNA GUÍA METODOLÓGICA
ESTANDARIZADA PARA DETERMINAR LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS DE
EL SALVADOR, UTILIZANDO INSECTOS ACUÁTICOS**



Proyecto financiado por el fondo FEMCIDI de la Organización de los Estados Americanos (OEA), por medio de su Secretaria Ejecutiva para el Desarrollo Integral de la Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo (SEDI/AICD)

Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA)

Compiladores

**Blanca Lorena Bonilla de Torres
Freddy Alexander Carranza Estrada
Juan Milton Flores Tensos
Coralia de los Ángeles Gonzáles
Ada Yanira Arias de Linares
Johanna María Chávez Sifontes**

Editores

**Monika Springer
José Miguel Sermeño Chicas**



Ciudad Universitaria, San Salvador, marzo de 2010



Como citar este documento:

Bonilla de Torres, B.L., Carranza Estrada, F.A., Flores Tensos, J.M., Gonzáles C.dIA., Arias de Linare, A.Y. & J.M. Chávez Sifontes. 2010. Metodología analítica para la determinación del índice de calidad del agua (ICA). *En*: Springer, M. & J.M Sermeño Chicas (eds.). Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 19 pág.

Contacto:

Si desea obtener más información sobre el proyecto y sus resultados, puede contactar al Ing. José Miguel Sermeño Chicas de la Universidad de El Salvador: jmsermeno@yahoo.com

Primera edición, 2010

<http://www.ues.edu.sv/>

628.112	
M593	Metodología analítica para la determinación del índice de calidad de agua (ICA) / comp. Blanca Lorena Bonilla de Torres, Freddy Alexandrer Carranza Estrada, Juan Milton Flores Tensos, Coralia de los Angeles Gonzáles, Ada Yanira Arias de Linares, Johanna María Chávez Sifontes ; ed. Mónica Springer, José Miguel Sermeño Chicas. -- 1a. ed. -- San Salvador, El Salv. : Editorial Universitaria (UES), 2010 19 p. : il. col. ; 22 cm.
SV	
	ISBN 978-99923-27-59-3
BINA	1. Agua--Aspectos ambientales--El Salvador--Guías. I. Bonilla de Torres, Blanca Lorena, comp. II. Título.

ISBN 978-99923-27-59-3



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**Rufino Antonio Quezada Sánchez, Ing. Agr. M.Sc.
Rector**

**Miguel Angel Pérez, Arq.
Vice-rector Académico**

**Oscar Noe Navarrete, MAE
Vice-rector Administrativo**

**Reynaldo Adalberto López Landaverde, Dr. Ing. Agr.
Decano, Facultad de Ciencias Agronómicas**

**Mario Antonio Orellana Núñez, Ing. Agr. M. Sc.
Vice Decano, Facultad de Ciencias Agronómicas**

**Luis Fernando Castaneda Romero, Ing. Agr. M. Sc.
Secretario, Facultad de Ciencias Agronómicas**

**José Miguel Sermeño Chicas, Ing. Agr. M. Sc.
Coordinador General Proyecto OEA-UES Insectos Acuáticos**



Índice

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	5
Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA).....	5
Estimación del Índice de Calidad de Agua general “ICA”	7
Coliformes Fecales	8
pH.....	9
Demanda Bioquímica De Oxígeno	9
Nitratos.....	10
Fosfatos	10
Cambio de Temperatura	11
Turbidez	11
Sólidos Totales Disueltos.....	12
Porcentaje de Saturación de Oxígeno	12
Metodología Analítica para la determinación del Índice de Calida de Aguas (ICAs).....	14
Significado ambiental de los parámetros de calidad de agua.	15
Literatura citada.....	16
Agradecimientos.....	17



Metodología Analítica para la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

**Autores: Blanca Lorena Bonilla de Torres¹
Freddy Alexander Carranza Estrada²
Juan Milton Flores Tensos³
Coralia de los Ángeles Gonzáles⁴
Ada Yanira Arias de Linares⁵
Johanna María Chávez Sifontes⁶**

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones el valor del índice será cercano a 100%.

El índice de calidad de agua por Brown en una versión modificada del “WQI”, que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100mL)
- pH (en unidad de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)

¹ Profesora de Química, Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

² Profesor de Química, Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

³ Profesor de Química, Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

⁴ Profesora de Microbiología de Alimentos, Laboratorio de Microbiología CENSALUD, Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador

⁵ Profesora de Química, Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

⁶ Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador



- Cambio de la Temperatura (en $^{\circ}\text{C}$)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)

Para desarrollar el “ICA”, La NSF seleccionaron 142 personas quienes representaron un amplio rango a nivel local, estatal y nacional en los Estados Unidos. El proceso para el desarrollo del Índice de Calidad del agua se llevo acabo en las siguientes etapas.

- I. **La identificación de factores claves** (parámetros biológicos, químicos o físicos) que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, basados en el criterio profesional colectivo de personas con conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación. Mediante una serie de cuestionarios, a cada panelista se le preguntó que considerara 35 parámetros de calidad de agua para una posible inclusión en dicho índice. Este número se redujo finalmente a 9 parámetros, los cuales fueron mencionados anteriormente.
- II. **Asignación de los Pesos Relativos o peso de importancia del Parámetro** (W_i) correspondientes a los factores de contaminación en aguas. En esta fase se corre el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación, pero por otro lado sugiere que es importante una asignación racional y unificada de dichos pesos de acuerdo al uso del agua y de importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración. En el caso de asignaciones de Pesos Relativos se identifican cuatro fases:
 - El panel de expertos procede a la generación de las ideas que determinan los Pesos Relativos, escribiéndolas en un papel.
 - Recolección de las ideas generales por los participantes en un grafico, mediante una discusión en serio.
 - Discusión de cada idea recogida por el grupo con el fin de proceder a su clarificación y evaluación.
 - Votación independiente sobre la prioridad de las ideas, es decir los Pesos Relativos, la decisión del grupo se determina mediante orientación matemática. Para esto se pueden establecer varias metodologías de índices como lo son las curvas funcionales.

Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (Sub_i) de 0 – 100

La agregación de la información, mediante formulas que incluyen adiciones simples o multiplicativas.



Estimación del Índice de Calidad de Agua general “ICA”

El “ICA” adopta para condiciones optimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio. Posteriormente al calculo del índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base al cuadro 1 que se muestra a continuación:

Cuadro 1. Clasificación del “ICA” propuesto por Brown

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación. Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas de vida acuática, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación y otras actividades.

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice.

La evaluación numérica del “ICA” con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown. Para calcular el índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAs) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_s = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (2)$$



Donde:

W_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i : Subíndice del parámetro i .

Otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo de los "ICA" mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicara en este estudio es la multiplicativa. Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación 2, obteniendo los Sub_i de distintas graficas como se aplicara a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos W_i del cuadro 2 y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el "ICA". Los pesos de los diversos parámetros se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Pesos relativos para cada parámetro del "ICA".

I	Sub_i	W_i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Los pasos a seguir para calcular los (Sub_i) del Índice de Calidad General son:

Coliformes Fecales

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact 100mL el (Sub_i) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100mL, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El Valor encontrado es el (Sub_i) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso W_i .

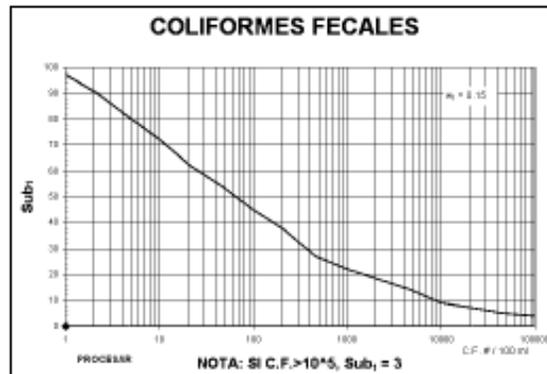


Fig. 1. Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.

pH

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub_2) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub_2) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la figura 2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_2) de pH y se procede a elevarlo al peso W_2 .

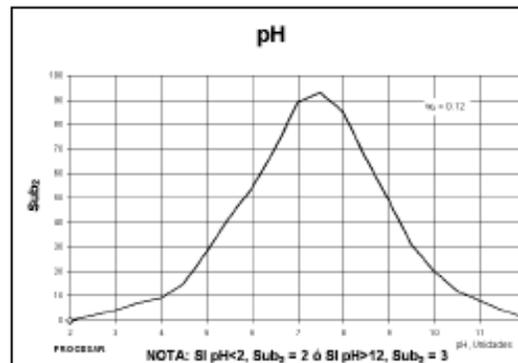


Fig. 2. Valoración de la calidad de agua en función del pH.

Demanda Bioquímica De Oxígeno

Si la DBO_5 es mayor de 30mg/L, el (Sub_3) es igual a 2. Si la DBO_5 es menor de 30mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura 3 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_3) de DBO_5 y se procede a elevarlo al peso W_3 .

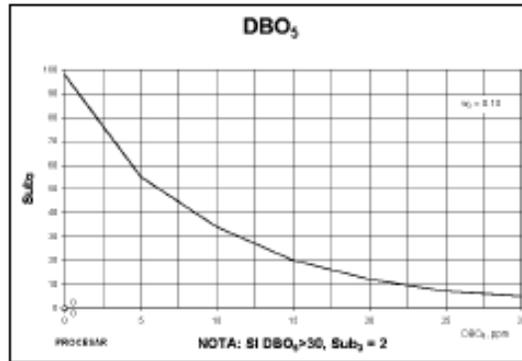


Fig. 3. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO₅

Nitratos

Si Nitratos es mayor de 100mg/L el (Sub₄) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura 4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₄) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso W₄.

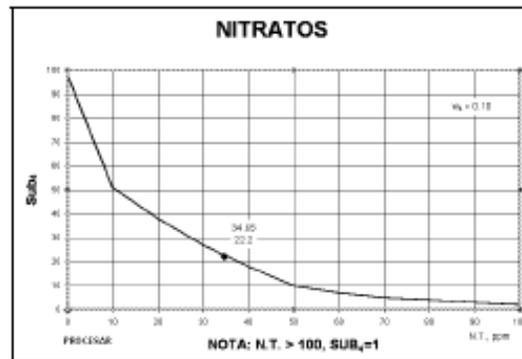


Fig. 4. Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno.

Fosfatos

Si el Fosfato es mayor de 10 mg/L el (Sub₅) es igual a 5. Si el fosfato es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura 5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₅) y se procede a elevarlo al peso W₅.

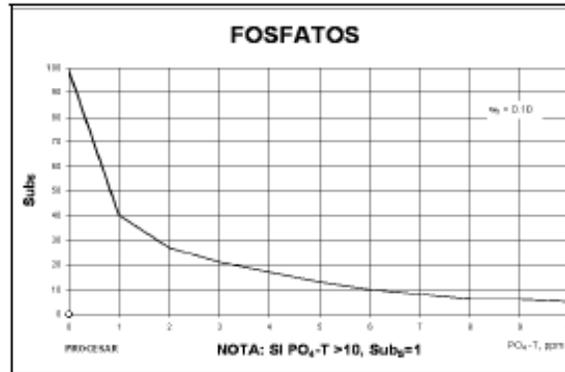


Fig. 5. Valoración de la calidad de agua en función del Fosforo.

Cambio de Temperatura

Para el parámetro de Temperatura (Sub₆) primero hay que calcular la diferencia entre la Temperatura ambiente y la Temperatura muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub₆) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₆) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso W₆.

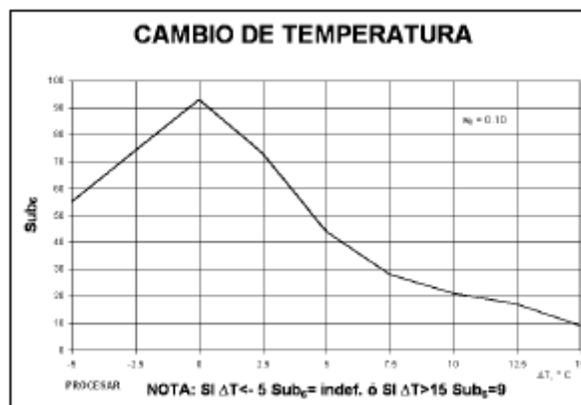


Fig. 6. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.

Turbidez

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub₇) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) luego interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₇) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso W₇.

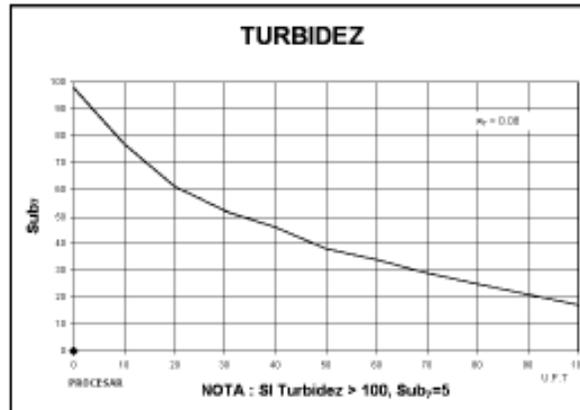


Fig. 7. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.

Sólidos Totales Disueltos

Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500mg/L el (Sub₈) es igual a 3, si es menor de 500mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₈) y se procede a elevarlo al peso W₈.

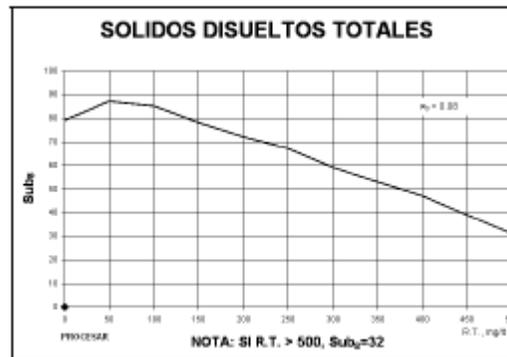


Fig. 8. Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Disueltos Totales.

Porcentaje de Saturación de Oxígeno

Si el % de saturación de OD (Oxígeno disuelto) es mayor de 140% el (Sub₉) es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140%, buscar el valor en el eje de (X) en la figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub₉) de Oxígeno Disuelto, y se procede a elevarlo a peso W₉.

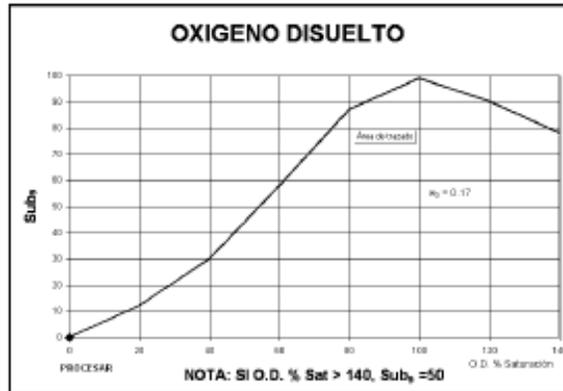


Fig. 9. Valoración de la Calidad de agua en función del % de saturación del Oxígeno Disuelto.



Metodología Analítica para la determinación del Índice de Calida de Aguas (ICAs)

Parámetro	Metodología	Referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) mg/L	Método potenciométrico. Método 5210-B Pág. 5-4 a 5-12	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros.
Oxígeno disuelto (OD) mg/L	Método potenciométrico. Método 4500-B Pág. 4-169 a 4-172.	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros.
Concentración de iones hidrógeno (pH)	Método potenciométrico. Método 4500-H A y B Pág. 4-106 a 4-115	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA . 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros. HACH. 2005. Manual de calibración de equipo. EUTECH. 2006. Manual de calibración de pH-metro de campo.
Coliformes totales y fecales	Número Mas Probable (NPM)	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA . 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España.
Temperatura	Método directo con termómetro de mercurio. Método 2550-B Pág. 2-89	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA . 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España.
Sólidos totales disueltos	Método potenciométrico. Método 2510 A Pág. 2-63 a 2-167	<ul style="list-style-type: none"> WPCF; APHA; AWWA . 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros
Nitratos	Método: 09713	<ul style="list-style-type: none"> Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f.
Fosfatos	Método: 14848	<ul style="list-style-type: none"> Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f.
Turbidez (FAU)	Método: (077) análogamente a EN ISO 7027	<ul style="list-style-type: none"> Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f.



Significado ambiental de los parámetros de calidad de agua.

Parámetro	Significado ambiental
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) mg/L	Determina la cantidad de oxígeno que el cuerpo superficial requiere para degradar naturalmente la carga orgánica que recibe. Mientras más grande es la demanda bioquímica de oxígeno más pequeño es el contenido de oxígeno disuelto.
Oxígeno disuelto (OD) mg/L	La vida acuática necesita oxígeno para sus procesos fundamentales un ecosistema saludable tiene alrededor de 7 mg/L, según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), que también establece 5 como mínimo para los peces.
Concentración de iones hidrógeno (pH)	Mide la intensidad de las condiciones ácidas o básicas de los ríos. Muchas reacciones químicas son afectadas por el pH, muchos sistemas biológicos funcionan solo dentro de un rango estrecho de pH de 6.5 a 8.5.
Coliformes totales y fecales	Contaminación por descomposición de materia orgánica, aguas servidas, excretas de animales.
Temperatura	La temperatura afecta importantes parámetros del agua: la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas, especialmente la velocidad de la demanda bioquímica de oxígeno. La solubilidad de los gases disminuye y la solubilidad de los minerales incrementa con la temperatura.
Sólidos totales disueltos	Importante para el uso del agua de riego. Comprende las partículas coloidales y pequeñas partículas suspendidas. La arcilla es un típico sólido coloidal suspendido.
Nitratos	El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Ya que como se conoce el nitrógeno amoniacal es tóxico para los peces.
Fosfatos	Bioestimulante, proveniente de la descomposición de la materia orgánica, su presencia se relaciona con el uso de detergentes. Constituye un factor limitante del crecimiento de algas y del fenómeno de eutroficación.
Turbidez (FAU)	Se debe a la acumulación de partículas coloidales; como por ejemplo la arcilla, la cual limita la actividad fotosintética.



Literatura citada

- EUTECH. 2006. Manual de calibración de pH-metro de campo. 2 P.
- HACH. 2005. Manual de calibración de equipo. Cat. N° 51935-88. Gel-filled pH Electrode. Segunda edición. China. 2 P.
- HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros. Cat. N° 54650-18. Segunda edición. Estados Unidos. 2 P.
- Ingeniería y Biotecnología Ambiental S.A. de C.V. 2004. Estudio de la Calidad de las aguas de los Principales Ríos del Área de Influencia del PRODAP II – MAG. Pag. 25 y 31.
- Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f. Determinación de Fosfatos. Método: 14848 (Test con reactivos). 2 P.
- Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f. Determinación de Nitratos. Método: 09713 (Test con reactivos). 2 P.
- Roldan Pérez, G.A. 2003. Bioindicación de la calidad del agua de Colombia. Ciencia y tecnología. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. Pág. 1 – 9
- Servicio Nacional de Estudios territoriales. 2009.
www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf
- West, D.M. Fundamentos de Química Analítica. Octava edición 2005. Pág. 629-631.
- WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Ediciones Díaz de Santos S.A. Juan Bravo, 3 – A.28006 Madrid España. Comité editorial conjunto. Pag. 5-4 a 5-12; 4-169 a 4-172; 4-106 a 4-115; 2-63 a 2-167; 2-89



Agradecimientos

El Proyecto **“Formulación de una Guía Metodológica Estandarizada para determinar la Calidad Ambiental de las Aguas de los ríos de El Salvador utilizando Insectos Acuáticos”**, desarrollado desde Mayo de 2009 hasta Marzo de 2010, con apoyo económico del fondo FEMCIDI de la Organización de Estados Americanos (OEA) y coordinado en la Universidad de El Salvador (UES) a través de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y el apoyo participativo de personal de la Facultad Multidisciplinaria Paracentral (Sede San Vicente), Facultad de Química y Farmacia (Sede Central), Facultad Multidisciplinaria de Occidente (sede Santa Ana), Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN) y Universidad de Costa Rica (UCR); reconocen que el desarrollo del presente proyecto no hubiese sido posible sin la participación y dedicación excepcional de una gran cantidad de personas que desinteresadamente en diferentes instancias y circunstancias brindaron un apoyo clave para la exitosa marcha de las diversas actividades de campo, laboratorio y oficina para generar, procesar y ordenar la información para producir los resultados esperados como principales productos del proyecto.

Por tales razones desea expresar sus más sincero agradecimientos a las personas e instituciones que se mencionan a continuación; no sin antes solicitar las disculpas del caso, si por algún olvido involuntario, se haya omitido algún nombre de personas o instituciones.

A los estudiantes de últimos años y tesis de la Carreras de Ingeniería Agronómica, UES: Jesús Altagracia Zepeda Aguilar, Johanna María Chávez Sifontes, Pedro Enrique Orellana Hernández, Robin Erick Hernández Rivera y Erick Eduardo Orantes Guerrero; quienes dedicaron muchas horas de esfuerzo continuo en campo y laboratorio, para la recolecta y procesamiento de muestras biológicas.

A los estudiantes de últimos años y tesis de las carreras de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, San Salvador, UES: Ana Karla Castillo Ayala y Rubén Ernesto López Sorto; quienes se motivaron por el desarrollo del Proyecto y apoyaron mucho trabajo especialmente de laboratorio. Además, se agradece el apoyo de Luis Enrique Castillo.

A los estudiantes de años intermedios de la Carrera de Ingeniería Agronómica, San Salvador, UES: Juan Antonio Hernández, José Ricardo Farfán Aguilar, Rafael Antonio Muñoz Aguillón, Noé David Linares Brizuela, María Julia Galan Hernández, y Eddie Arturo Vaquerano Madrid; quienes fueron valioso apoyo eventual para acelerar la limpieza y el procesamiento de muestras biológicas, incluso en días de asueto.

A los estudiantes de años intermedios de la Carrera de Licenciatura en Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, San Salvador, UES: Alejandra Xiomara Perla Ramírez, Javier Alexander Mejía Hernández y Enrique Alfonso Mendoza Vaquerano; quienes brindaron su cooperación con el procesamiento de material biológico en laboratorio.

A los estudiantes de la Facultad Multidisciplinaria Paracentral (San Vicente), UES: Sol María Muñoz Aguillón y Nelson Antonio Ortiz.

A los estudiantes de la Facultad Multidisciplinaria Occidental, Carrera de Licenciatura en Biología (Santa Ana), UES: Adalberto Ernesto Salazar Colocho (Tesis), Cintia Paula García Pineda (Tesis), Patricia Maribel Godínez Guardado (Tesis), Leslie Eunice Quintanilla Carrillo, Rosa María Estrada Hernández, Balmore Mauricio Hidalgo Aguilar y Sergio Salvador Moreno Samayoa; quienes brindaron su cooperación con el procesamiento de material biológico en laboratorio.

A los recién graduados en la Carrera de Ingeniería Agronómica, UES: Ingenieros agrónomos: Ricardo Ernesto Gómez Orellana, Lizzette Hernández Lovato, Dalila Elizabeth Vega Morales, Rosa Margarita Salinas Baquero y Carlos Ernesto Villegas Martínez; cuya cooperación fue siempre espontánea y oportuna, dando su mejor esfuerzo para sumarse a la buena marcha del proyecto desde campo hasta laboratorio.

A los señores motoristas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES: René Herrera, Mauricio Salazar, José Armando Vigil, Felipe Corleto y Marvin Escobar, por tener el esmero y paciencia suficiente, para realizar los viajes de campo desde muy temprano hasta muy tarde del día, hacia diferentes sitios requeridos por el proyecto.

Al personal de mujeres y hombres guarda recursos de las Áreas Naturales Protegidas de los Parques Nacionales de: Montecristo (Metapán, Departamento de Santa Ana), El Imposible (San Francisco Menéndez, Departamento de Ahuachapán), La Joya (San Vicente, Departamento de San Vicente), Río Sapo (Arambala, Departamento de Morazán); quienes siempre brindaron su mejor disposición de acompañamiento y colaboración en la recolecta de material biológico requerido por el Proyecto.



A los docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas (San Salvador), UES: Ing. Agr. Gustavo Henríquez Martínez e Ing. Agr. Dora Antonia Villeda; quienes apoyaron en el procesamiento e identificación de material biológico a nivel de laboratorio. Además, brindaron su apoyo Ing. Agr. M.Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia e Ing. Agr. Balmaro Martínez Sierra. A Lic. Macario Pineda y William Alexander Aguilar, quienes cooperaron con alguna necesidad de traducción de inglés al español. A la Licda. Idalia Rosmeri Erroa Ramos, por su apoyo en el trabajo de diatomeas.

A los docentes del Departamento de Ciencias Agronómicas de la Facultad Multidisciplinaria Paracentral (San Vicente), UES: Ing. Agr. Nelsus Armando López Turcios y Wilber Samuel Escoto, por su colaboración en actividades de campo y laboratorio que requirió el proyecto.

A los investigadores entomólogos: Dra. Andrea Joyce (Univ. de Texas A&M) y Dr. Mark Breindenbaugh (Youngstone Air Reserve Station, Department of Defense, U.S.A); quienes visitaron al proyecto, impartiendo charlas e identificación de insectos acuáticos y brindaron ideas para nuevas visiones de posibles trabajos futuros que podrían relacionarse con el avance actual de los estudios del proyecto.

A los siguientes investigadores de la Universidad de Costa Rica: M.Sc. Monika Springer, Lic. Pablo Gutiérrez y Lic. Danny Vásquez; por el apoyo muy valioso e incondicional en capacitaciones teórica-prácticas, identificación y conteo de los individuos de las diferentes familias de organismos acuáticos y asesoría en el ordenamiento de la información. A la M.Sc. Catalina Benavides, quien ayudó con la revisión de los mapas de distribución y el Atlas de organismos acuáticos y a Lic. Fresia Villalobos por su ayuda con la revisión y edición de los documentos. Además, al Biol. Edwin Céspedes por su apoyo en el trabajo de diatomeas.

Al equipo de técnicos responsables de la ejecución de las actividades centrales de campo, laboratorio y oficina del proyecto, dentro del área de acción propia de cada una de sus unidades de trabajo: Licda. Biol. M.Sc. Ana Jeannette Monterrosa Urías (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador); Ing. Agr. Dagoberto Pérez (Departamento de Agronomía, Facultad Multidisciplinaria Paracentral); Ing. Agr. M.Sc. Miguel Ángel Hernández Martínez (Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Unidad de Postgrado, Facultad de Ciencias Agronómicas); Licda. Quím., Blanca Lorena Bonilla de Torres, Licda. Quím. Ada Yanira Arias de Linares, Lic. Quím. Freddy Alexander Carranza Estrada, Lic. Quím. Juan Milton Flores Tensos (Laboratorio Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas); Licda. Quím. Coralia de los Ángeles González Velásquez (Laboratorio de Microbiología, Facultad de Química y Farmacia / CENSALUD); Lic. Biol. David Rosales Arévalo (Departamento de Biología, Facultad Multidisciplinaria Occidental); Ing. Agr. M.Sc. Miguel Rafael Paniagua Cienfuegos (colaboración particular); Ing. Agr. MSc Andrés Wilfredo Rivas Flores, Ing. Agr.MSc. Rafael Antonio Menjívar Rosa e Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes (Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas).

Al personal del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), por su apoyo durante toda la ejecución del proyecto, proporcionando los permisos de recolecta científica e incorporando a técnicos en las actividades. Algunos de ellos se mencionan a continuación: Dr. Jorge Quezada, Dr. Enrique Barraza, Lic. Néstor Herrera, Licda. Zulma de Mendoza, Licda. M.Sc. Ana Jeannette Monterrosa Urías y Lic. Walter Rojas.

Al personal del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET-MARN), por su apoyo a través del Laboratorio de Calidad de Agua. Algunos de ellos se mencionan a continuación: Ing. Ana Deisy López Ramos, Ing. Zulma Mena y Licda. Bessy Margarita Soto.

A la Organización de Estados Americanos (OEA), en sus oficinas centrales en Washington, USA. y la representación en El Salvador; por su confianza, apoyo financiero, administrativo y logístico al proyecto. Entre algunas personas se mencionan Licda. Mónica Gómez e Ing. Santiago Noboa (Gerencia General FEMCIDI, Washington, USA), Ing. Rogelio Sotela (Representante oficina de la OEA en El Salvador), Licda. Milagro Martínez de Torres Chico (Oficial Técnico Administrativo), Sr. Jorge Morataya, Sra. Gertrudis Bonilla, Sra. María Santos Enamorado y Srta. Claudia Menjívar (OEA-El Salvador).

A la Junta Directiva y al personal del Decanato y Vice-decanato de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UES, por respaldo institucional, apoyo administrativo y logístico para la ejecución de las distintas actividades requeridas por el proyecto.

A la Rectoría, Consejo Superior Universitario y Asamblea General Universitaria de la Universidad de El Salvador, por otorgar respaldo institucional como contraparte del proyecto.

Al personal de Relaciones Internacionales de la Universidad de El Salvador (UES), por su valioso apoyo en la gestión para la aprobación del proyecto. Entre algunas personas se mencionan Licda. Ada Ruth González de Nieto, Lic. María Teresa Escalona y Lic. Francisco Gutiérrez.



Al personal del Ministerio de Relaciones Exteriores de El Salvador, por su valioso apoyo en la gestión para la aprobación del proyecto. Entre algunas personas se mencionan Licda. Doribel Quintanilla y Lic. Francisco Rivas.

Al personal del programa Campus de la Universidad de El Salvador (UES), por apoyar en divulgación televisiva y escrita de actividades del proyecto.

Gracias a Dios sobrepasamos las metas propuestas.

Con sincero reconocimiento y a nombre del grupo de docentes investigados principales responsables de la ejecución del proyecto.

Atentamente:

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Coordinador General del Proyecto
E-mail: jmsermeno@yahoo.com; jose.sermeno2010@gmail.com

ISBN 978-99923-27-59-3