

Determinación del índice de calidad de agua (ICA) en el embalse de la espol guayaquil

Díaz Ramos Uriel Eduardo^{1,2}, Monroy Mendieta Ma. Magdalena¹, Díaz Méndez Rosario Berenice¹,
Chávez Martínez Margarita¹, Soto Téllez María de la Luz¹, Hernández Martínez Leonardo¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas.
Avenida San Pablo No. 180. Colonia Reynosa Tamaulipas, México, D.F. CP 02200.

²Escuela Superior Politécnica del Litoral Campus Gustavo Galindo Velasco, Facultad de Ingeniería
Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FIMCBOR).
Km. 30.5 Vía Perimetral. Guayaquil, Ecuador.

Uriel5570@hotmail.com

Fecha de aceptación: 10 de junio de 2015

Fecha de publicación: 23 de septiembre de 2015

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra el estudio de algunos parámetros físicos y químicos que determinan el índice de calidad de agua del embalse de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) del Campus Gustavo Galindo Velasco de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Posteriormente se incluye una descripción de la metodología utilizada para determinar la calidad de agua del embalse, con el propósito de exponer los resultados obtenidos, realizar discusiones, y concluir de manera clara en qué estado se encuentra el embalse y qué actividades pueden ser efectuadas en el mismo.

Palabras clave: embalse oligotrófico, índice de calidad del agua, impactos antropogénicos, oxiclina, anóxica.

ABSTRACT

This paper shows the study of some physicochemical parameters that determine the quality index of the water reservoir of Escuela Superior Politecnica del Litoral (ESPOL), Campus Gustavo Galindo Velasco, of the city of Guayaquil, Ecuador. Interdisciplinary importance to related careers that use the water resources of the University is highlighted. A description of the methodology used in determining the quality of water of the reservoir is included, and they are presented, in order to realize discussions, and conclude clearly the dam's state and the activities that can be performed in it.

Key words: oligotrophic reservoir, water quality index, anthropogenic impacts.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la definición del Diccionario de la Lengua Española, un lago es una "gran masa permanente de agua depositada en depresiones del terreno". Una definición operacional orientada a la gestión, establece como límite inferior de lago un volumen de unos 1000 m³ (Meybeck, 1995).

Existen tres tipos fundamentales de lagos en función del grado de eutrofia que presentan: Oligotróficos, con poca concentración de nutrientes y/o elementos, Mesotróficos, con mediana concentración de nutrientes y elementos, Eutrófico, con alta concentración de nutrientes y elementos.

Originalmente los términos oligotrófico y eutrófico tenían un significado cualitativo para describir dos tipos de ambientes distintos (figura 1), pero luego se desarrolló una escala basada en la concentración de clorofila, que permite dar al tema un enfoque cuantitativo. Desde entonces ha sido aceptado por la comunidad científica que el grado de trofismo de un cuerpo de agua se cuantifica como la concentración media anual de clorofila de ese ambiente (Thienemann, 1982).



Figura 1. Comparación de un mismo lago con diferente clasificación, el del lado izquierdo presenta una clasificación oligotrófica y el del lado derecho una clasificación eutrófica.

Usualmente los problemas de calidad del agua en lagos y embalses son debidos a procesos de eutrofización causados por descargas de: aguas residuales urbanas, aguas residuales industriales, escorrentía urbana y agrícola con fertilizantes naturales o artificiales, que producen altas cargas de nutrientes, procedentes de la acuicultura.

En general la calidad del agua de embalses ha recibido mayor atención en las últimas décadas debido al incremento que existe en descargas de pesticidas, incluyendo también nutrientes, sólidos en suspensión y desperdicios que provocan un decline en la salud del embalse, (Chapman, 1998).

El lago ESPOL ubicado en el sector de la Prosperina, Guayaquil-Ecuador de la cordillera Chongón Colonche, se ve influenciado por 2 estaciones: 7 meses de sequía, temporada seca y 5 meses de lluvias intensas, temporada húmeda por ser un bosque tropical.

La topografía del ecosistema es plana y ondulada, de tal modo que las tierras más altas no superan los 300 metros de altitud.

Fue construido en el año de 1990, en las proximidades de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FCMBOR), posee una altura máxima entre 17 y 20 metros de profundidad. Su longitud es de 300 metros de largo, con un muro de contención de 14 metros de ancho. Puede embalsar 380.000 m³, y la profundidad del reservorio puede variar tanto en la época seca como en la época lluviosa. (Cadena y Yáñez A, 2002).

El embalse de la universidad ha sido de interés de parte de la comunidad estudiantil y profesorado debido al presunto deterioro de su calidad de agua, lo que afectaría las funciones que viene desarrollando para las diversas carreras de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM), también para prácticas de producción agropecuaria y uso recreativo, como la práctica de kayak.

El suelo del lago es limo-arcilloso con sedimento muy fino. El lago recibe cargas de sedimento directamente de escorrentías o escurrimientos, principalmente en invierno debido a la presencia de las lluvias, por lo que en esta época se observa mayor cantidad de partículas en suspensión, lo que no ocurre en verano en que el agua permanece mucho más transparente. Además de este efecto, el aporte de sedimento contribuye con materia orgánica, la cual termina depositada en el fondo. (Cadena y Yáñez A, 2002).

En el verano el nivel del agua baja entre 1 a 1.20 metros y se recarga en forma natural en la época lluviosa, justamente cuando fueron tomadas las muestras. Cuenta con un volumen de 350,000 m³ en promedio anual.

La vegetación más representativa que se encuentra en el sector, es típica de un bosque seco tropical. Varias de las especies que forman parte del bosque protector de ESPOl forman parte del entorno del lago que no ha sido intervenida y mantiene su vegetación original.

El contorno del lago (un 46% aproximadamente) posee una vegetación conocida como *Typha latifolia* y que se caracteriza porque vive a orillas del cuerpo de agua o apenas sumergida, comúnmente se le conoce como “Cola de Gato”.

En el lago existe una microflora constituida por fitoplancton y plantas acuáticas conocidas como macrófitas o plantas acuáticas. La clase de microalgas encontradas en el lago son: *Nitzdria paradoxa*, *Coscinodiscus nitidus*, *Coscinodiscus excentricus*.

La fauna representativa en el lago son los peces: Tilapias, chames, carpas, viejas y langostas.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y se expresa como porcentaje de agua pura; el 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%.

Un resultado de ICA cercano a 100% indica que se puede utilizar el agua: para consumo humano, agricultura, pesca, uso industrial y cualquier tipo de uso recreativo (Dinius, 1987).

El objetivo principal de la investigación es realizar mediciones de los parámetros asignados para obtener el ICA del Lago ESPOl, analizar los datos obtenidos, para determinar las posibles causas que afecten su calidad.

METODOLOGÍA

Para un muestreo adecuado se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

Accesibilidad: El punto de muestreo debe estar en un lugar fácilmente accesible al lago para transportar las muestras con los equipos y materiales de muestreo.

Representatividad: Significa la forma en que se deben seleccionar las muestras, el cuerpo de agua debe tener una velocidad y apariencia física que sea lo más homogénea posible.

Seguridad: El punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas deben garantizar la seguridad de las personas responsables del muestreo, para minimizar los riesgos de accidentes y de lesiones personales.

El método utilizado para determinar la calidad de agua fue propuesto por Brown (1970) y desarrollado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF por sus siglas en inglés).

El ICA analiza en total 9 parámetros: pH, Turbidez, Temperatura, Oxígeno Disuelto, DBO, Fosfatos, Nitritos, Coliformes Fecales y *E. coli*, (solo utilizar un microorganismo no utilizar los dos), los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos analizados.

Naturaleza del parámetro	Tipo de parámetro	Método y/o técnicas
Físico	pH Turbidez Temperatura Oxígeno Disuelto% (OD)	Medición "in situ"
Químico Utilizar solo un microorganismo *	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Fosfatos Nitritos Coliformes fecales* E.coli *	Análisis de laboratorio

Se establecieron 6 estaciones para muestreo y toma de parámetros (Figura 2), para obtener la información necesaria del ICA, y se tomaron muestras de agua en 3 diferentes niveles del lago (superficie, medio y fondo) de cada una de las estaciones.

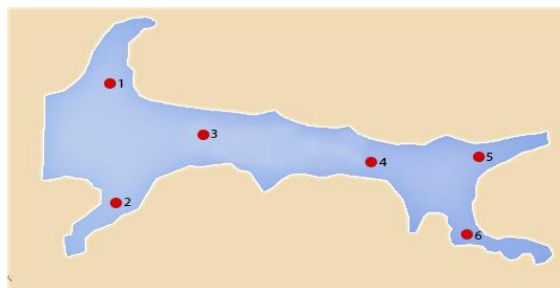


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio con las respectivas estaciones de muestreo, correspondiente al lago del campus de la ESPOL mencionada.

En cada estación se tomaron volúmenes de 2,5 litros de agua, por triplicado, requeridos por el laboratorio para su análisis. En total fueron 18 muestras de agua con sus respectivas coordenadas (Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas satelitales (Latitud/Longitud) de cada estación del embalse.

Estación	Latitud	Longitud
1	2°8'41.30"S	79°57'42.30"O
2	2°8'44.94"S	79°57'46.35"O
3	2°8'44.37"S	79°57'43.55"O
4	2°8'47.84"S	79°57'42.07"O
5	2°8'51.53"S	79°57'39.23"O
6	2°8'52.97"S	79°57'37.05"O

Las temperaturas ambientales de la región son variables a lo largo del año, las más altas o cálidas, corresponden a la estación lluviosa “Invernal” en los meses de enero a mayo con una temperatura de 38 °C y las más bajas son en verano, es decir de Junio a Diciembre de 18.5°C. La temperatura en el lago varía entre los 22 °C y 25 °C.

La termoclina Es una región de agua subsuperficial (por debajo de la superficie) que tiene el mayor gradiente (cambio) de temperatura. También se define como un plano imaginario dentro del lago que se encuentra principalmente a nivel intermedio entre las 2 profundidades donde la disminución de la temperatura es mayor, (Hutchinson, 1957).

El valor obtenido en el lago ESPOL se encuentra entre los 3 y 5 metros de profundidad.

La concentración de Oxígeno Disuelto en la superficie u oxiclina se encuentra cerca de valores de saturación, observándose entre los 4 a 5 metros, con una profundidad mayor a estos valores la condición es casi anóxica o sin oxígeno. La profundidad varía de acuerdo al lugar, la topografía es muy variable en el lago.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se presentan los datos obtenidos del pH de las 6 estaciones por triplicado (superficie, medio y fondo), en la que se observa que a medida que la profundidad aumenta el pH es más ácido. En promedio el pH de la superficie es 5,41, en la parte media el pH es de 5,04 y en el fondo presenta 4,96.

Podemos decir que las plantas del lago se ven afectadas en el proceso de fotosíntesis, ya que la acidez del agua provoca la disminución de los nutrientes como el fósforo, por lo que podemos concluir que el lago es bajo en nutrientes, por lo tanto es oligotrófico.

Tabla 3. Los niveles bajos de pH provocan un déficit en las plantas.

ESTACIÓN	pH		
	Superficie	Medio	Fondo
1	5,02	4,6	5,94
2	5,4	5,46	4,6
3	6,12	4,9	5,5
4	4,75	4,75	4,5
5	5,58	6,6	4,73
6	5,6	4,16	4,5
Promedio	5,41	5,04	4,96

El valor del pH de las aguas naturales oscila generalmente entre 6 y 9, dependiendo de la naturaleza del sustrato y de los tipos de suelos de la cuenca de captación.

Influyen también, como es evidente, las reacciones químicas que tienen lugar en el agua y la intensidad de los procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, además de posibles aportes externos de contaminantes específicos que pudieran modificarlo.

En la figura 3 se trazan los valores de pH registrados en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo. En la gráfica podemos observar valores de pH bajos con tendencia en su mayoría hacia la región ácida.

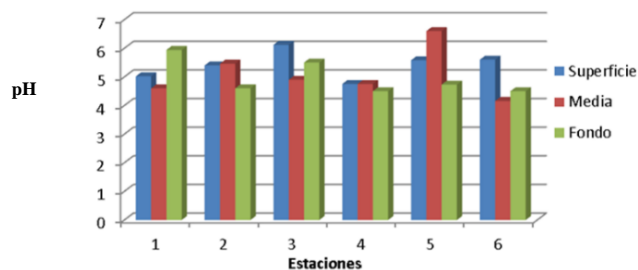


Figura 3. Datos de pH registrados en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo.

A continuación se muestra en la figura 4 la relación de los datos obtenidos de las temperaturas registradas en las muestras en relación con la profundidad de las 6 diferentes estaciones del lago: superficie, medio, fondo y promedio.

Las relaciones de temperatura y profundidad de las diferentes estaciones son las esperadas puesto que su temperatura disminuye con la profundidad, por efecto de la radiación solar (Figura 4).

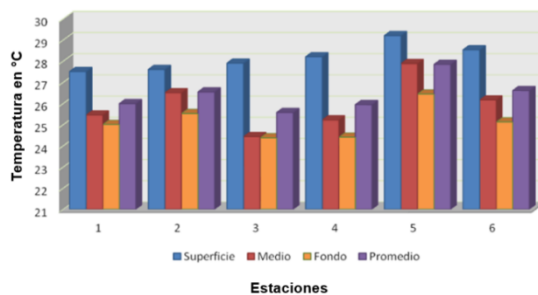


Figura 4. Temperaturas registradas en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo.

El oxígeno disuelto en el agua y la temperatura de la misma son dos factores íntimamente relacionados entre sí, a medida que aumenta la temperatura en el agua disminuye la concentración del oxígeno. Lo anterior es importante para el metabolismo de los organismos que presentan respiración aeróbica en los ecosistemas acuáticos.

En la figura 5 observamos la relación de los datos de las temperaturas con respecto al oxígeno disuelto en las diferentes estaciones de muestreo en mg/L así como su promedio.

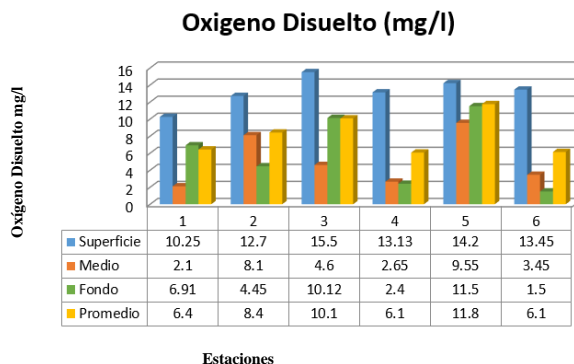


Figura 5. Concentraciones de oxígeno disuelto en el lago (mg/L) en relación a la temperatura de las estaciones de muestreo.

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos, plancton y otros microorganismos.

La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra.

En la figura 6 se presentan los resultados de turbidez para las 6 estaciones de muestreo se expresa en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UTN).

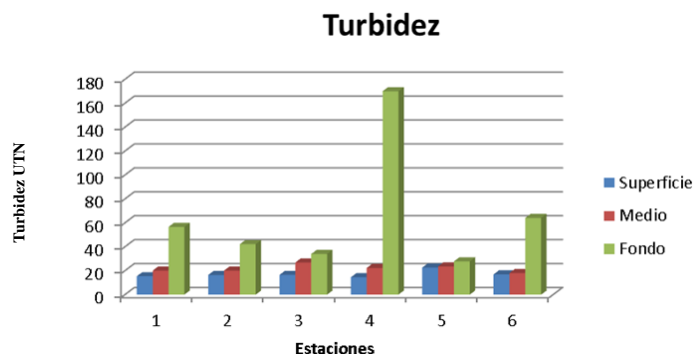


Figura 6. Turbidez registrada en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo (UTN).

Se observa que a mayor profundidad mayor turbidez. Esto se debe a que a mayor profundidad existe mayor sedimentación, de materiales en suspensión.

Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es grande. Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de contaminación fecal y sus unidades son: número más probable (NMP), el agua contiene organismos patógenos y refleja la intervención humana en ese proceso de contaminación (Wong Chang, 1996).

En el lago se analizaron coliformes fecales tomando muestras de 100 mL en cada una de las 6 estaciones por triplicado (superficie, medio y fondo) y los resultados se observan en la figura 7.

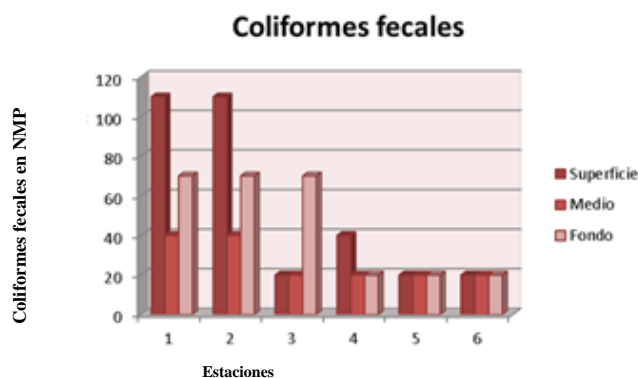


Figura 7. Resultado del estudio de Coliformes Fecales en cada estación.

De acuerdo a la profundidad del muestreo, se observa que en la estación 1 y 2 se obtuvo mayor concentración de Coliformes Fecales NMP/100 mL.

Los resultados muestran un incremento en el NMP de coliformes fecales en las estaciones 1 y 2 en la superficie. Este aumento se supone que se debe a la cercanía de un punto de preparación y venta de alimentos que se consumen en el lugar y que cuenta con WC.

El nitrógeno es uno de los nutrientes fundamentales que afectan la productividad de aguas dulces, su ciclo en sistemas acuáticos es complejo ya que puede presentarse en varios estados de oxidación y su concentración es también alterada por la fijación de N_2 atmosférico, la asimilación, y la desnitrificación o reducción del nitrato (NO_3^-) a N_2 .

En el lago de la ESPOL se determinó además la cantidad de nitritos presentes y los resultados de estos estudios se muestran en la figura 8, donde se observa que tiene una baja concentración por el proceso de reducción de nitratos hasta nitrógeno gaseoso: $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

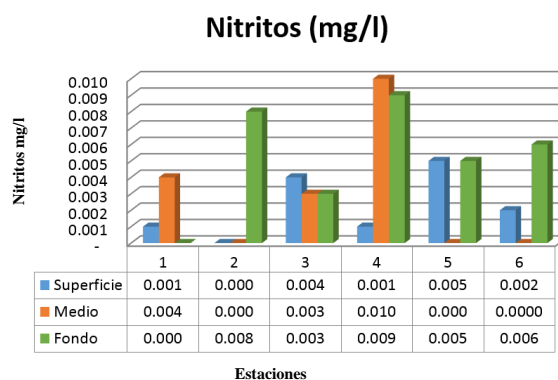


Figura 8. Valores de Nitritos (mg/L) registrados en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo. Se obtuvieron bajas concentraciones en cada una de las 6 estaciones.

Se observa en la figura 8 que se obtuvieron bajas concentraciones de nitritos en la estaciones 1 y 2, aunque en el medio y en el fondo fueron relativamente más altas y en las demás estaciones la concentración fue variable.

El fósforo constituye en muchos sistemas acuáticos una limitante de la producción primaria de nutrientes y es la primera causa de los procesos de eutrofización de las aguas.

Enseguida se presentan los resultados del análisis de fosfatos del lago-ESPOL (Figura 9).

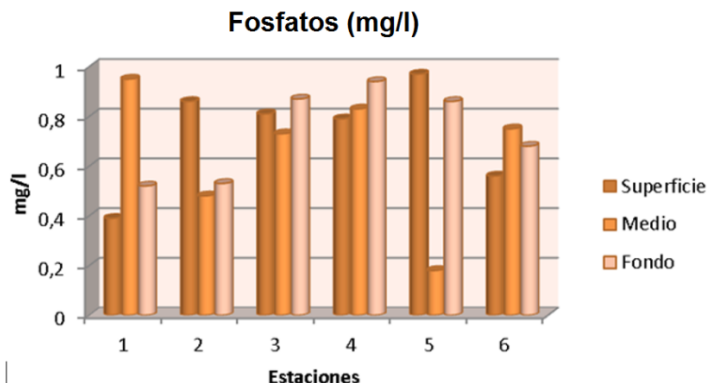


Figura 9. Datos de Fosfatos registrados en cada estación de acuerdo a su profundidad durante el muestreo.

Se observa en la figura 9 que las concentraciones de fosfatos obtenidas en las 6 estaciones varían de acuerdo a la profundidad del muestreo, no se observan resultados constantes. En general los resultados de fosfato fluctuaron de 0.2 a 0.9 mg/L.

Para determinar el índice de calidad de agua (ICA) del lago ESPOL, se realizó un análisis mediante los parámetros proporcionados por Brown (1970).

Se correlacionaron los resultados de las 9 mediciones (pH, turbidez, temperatura, OD, DBO, nitritos, coliformes fecales y/o *E. coli*), ingresándolos en una plantilla de valores en Excel para determinar el ICA del lago ESPOL.

En la figura 10 se presenta la gráfica del resultado del ICA en relación con las 6 estaciones de muestreo (Superficie, Medio, Fondo).

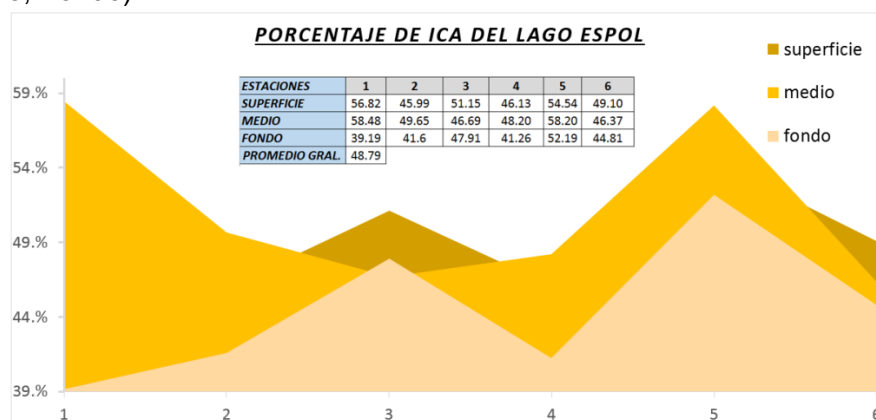


Figura 10. Porcentaje de ICA del lago ESPOL

En la figura 10 se observa que los resultados de ICA caen en un intervalo de 39% a 58% lo que resultó de haber trazado los valores obtenidos de las 18 muestras, correspondientes a las 6 estaciones muestreadas por triplicado: superficie, medio y fondo.

En la figura 11 se presenta un mapa detallado del ICA con los 6 puntos de muestreo y una tabla en la misma figura que representa el rango de ICA de excelente (100-91%, color azul) a muy malo (1-25%, en color rojo) donde podemos considerar que de acuerdo a los análisis de laboratorio de las 18 muestras, las condiciones fisicoquímicas generan un índice de calidad malo, en amarillo paja, en el embalse; también muestra, del lado derecho, un gráfico con los porcentajes de calidad resultantes.

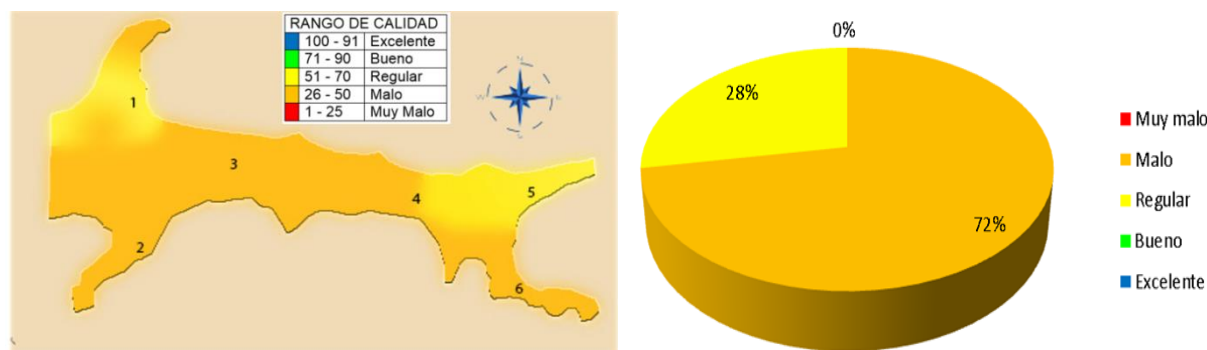


Figura 11. Mapa del ICA global del lago ESPOL y porcentaje de calidad.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos de los 9 parámetros fisicoquímicos estudiados para determinar el ICA del lago ESPOL se obtuvo un resultado de 48.79% en promedio lo que indica un índice de calidad malo.

Por lo anterior, no se recomienda utilizar el agua del lago ESPOL PARA consumo humano, agricultura, pesca, uso industrial. Solo se recomienda para uso recreativo en lancha o kayak.

Para aumentar la calidad del agua en el lago se recomienda implementar más sistemas de aeración y evitar la contaminación por aguas residuales provenientes de zonas comerciales cercanas al lago.

REFERENCIAS

Brown, R. M., mcclelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A WATER QUALITY INDEX-DO WE DARE.

Cadena, M., Yáñez, A. (2002) "Evaluación del Potencial Turístico Recreativo del Lago de la ESPOL". Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil- Ecuador.

Chapman, D. (1998). Water quality assessment: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. E & FN SPON. 11 New fetter Lane, London EC4P 4EE.

Dinius, S. 1987. Design Of An Index Of Water Quality", Water Res. Bull., 23: 833-843

Hutchinson, G. E. (1958). A Treatise on Limnology. Vol. 1: Geography, Physics, and Chemistry.

Meybeck, M., (1995). River discharges to the oceans: an assessment of suspended solids, major ions and nutrients. UNEP.

Thienemann, A., & Utermöhl, H. (1982). Die Binnengewässer Mitteleuropas: Eine Limnologische Einführung (Vol. 1). Stuttgart: E. Schweizerbart.

Wong Chang, I., & Barrera-Escorcia, G. (1996). Implicaciones ecológicas de la contaminación microbiológica en la zona costero-marina. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica, 369-376.