

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Estudio limnológico para determinar la calidad del agua en el río Rumipamba, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

*Limnological study to determine the quality of water in the
Rumipamba basin, Metropolitan District of Quito – Ecuador*

SucreReview N°2
ISSN 2697-360X
AÑO 2022

Anrango María José
Instituto Superior Tecnológico Sucre / manrango@tecnologicosucre.edu.ec
Quito Ecuador
Erazo Alexandra
Instituto Superior Tecnológico Sucre / aerazo@tecnologicosucre.edu.ec
Quito Ecuador

RESUMEN

La presente investigación es un estudio del ecosistema acuático con el objetivo de determinar el Índice Trófico de la Calidad del Agua – ITQA que se basa en identificar la presencia de diatomeas epilíticas en la cuenca del río Rumipamba, dado que estos organismos son algas unicelulares muy utilizados como bioindicadores de las condiciones ambientales y contrastar con el Índice de Calidad del Agua – IQA basado en la medición de parámetros físicos y químicos del agua. **Métodos:** Se muestreó dos puntos de la cuenca (tramo superior y tramo inferior). Para la identificación de diatomeas se tomó muestras de rocas sumergidas en el agua, se recolectó la muestra acuosa homogénea en frascos estériles. *In situ* se analizó pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sulfatos, fosfatos y se tomó muestras de agua para determinar el resto de la composición físicoquímica de afluente. En el laboratorio, siguiendo la metodología propuesta por Lobo *et al.*, (2016) se preparó placas para la identificación de diatomeas y empleando métodos estandarizados se analizó los parámetros físico-químicos. **Resultados:** Se identificó 25 especies de diatomeas, en el tramo superior la especie *Rhoichosphenia abbreviata* es la más representativa, en el tramo inferior *Nitzschia palea* se encuentra en mayor número; por su parte los análisis físicos y químicos realizados denotan que la calidad del agua de la cuenca tiene un comportamiento variable. En el tramo superior donde se evidencia una

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

zona agrícola y vegetación la calidad se califica como regular, en el trecho inferior la calidad del agua resulta ser mala, esto se debe a la presencia de contaminantes antropogénicos dado que es una zona urbana. **Conclusión:** Aplicando el Índice Trófico de Calidad del Agua se establece el grado de contaminación basado en la cuantificación de factores bióticos, aplicando el cálculo del Índice de Calidad del Agua que cuantifica factores abióticos, en este estudio se corrobora el grado de contaminación con estas dos herramientas técnico científicas, que son de vital importancia al momento de tomar decisiones para la gestión del recurso hídrico.

Palabras clave: diatomeas, bioindicadores, contaminantes antropogénicos, estudio limnológico.

ABSTRACT

This research is a study of the aquatic ecosystem have the objective of determining the Trophic Index of Water Quality - ITQA, which is based on identifying the presence of epilithic diatoms in the Rumipamba river basin since these organisms are widely used unicellular algae as bioindicators of environmental conditions and contrast with the Water Quality Index - IQA based on the measurement of physical and chemical parameters of water. **Methods:** Two points of the basin were sampled (upper section and lower section). The identification of diatoms, samples were taken from rocks submerged in water, the homogeneous aqueous sample was collected in sterile flasks. In situ, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, sulfates, phosphates were analyzed, and water samples were taken to determine the rest of the influent's physicochemical composition. In the laboratory, following the methodology proposed by Lobo *et al.* (2016), plates were prepared for the identification of diatoms, and using standardized methods, the physicochemical parameters were analyzed. **Results:** 25 diatom species were identified, in the upper section the *Rhoichosphenia abbreviated* species is the most representative, in the lower section *Nitzschia palea* is found in greater numbers; on the other hand, the physical and chemical analyzes carried out show that the quality of the water in the basin has a variable behavior. In the upper section where an agricultural area and vegetation are evident, the quality is classified as fair, in the lower section the water quality turns out to be poor, this is due to the presence of anthropogenic pollutants since it is an urban area. **Conclusion:** Applying the Trophic Water Quality Index establishes the degree of contamination based on the quantification of biotic factors, applying the calculation of the Water Quality Index that quantifies abiotic factors, in this study the degree of contamination with these two is corroborated scientific-technical tools, which are of vital importance when making decisions for the management of water resources.

Keywords: diatoms, bioindicators, anthropogenic pollutants, limnological study

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

1. Introducción

Calidad del agua, es un término ampliamente usado, sin embargo, la cuantificación científica resulta importante al momento de plantearse como estrategia básica en el desarrollo de los fundamentos para el manejo de los recursos hídricos (Álvarez *et al.*, 2008). La calidad del agua está afectada por diversos factores como, el uso del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a un cuerpo de agua, y la cantidad que existe en la superficie o como agua subterránea; de ello depende su capacidad de purificación; en este sentido la calidad del recurso es una cuestión que preocupa a la humanidad (OMS, 2004).

Actualmente la utilización de diferentes grupos taxonómicos entre los que sobresalen las diatomeas son considerados elementos definitorios y/o complementarios en la determinación de la calidad biológica de los ambientes dulceacuícolas (López, *et al.*, 2011). Las diatomeas son organismos unicelulares eucariotas utilizadas con gran éxito para supervisar el cambio ambiental, ya que responden rápida y sensiblemente a cambios físicos, químicos y biológicos en su entorno; además, su amplia distribución, fácil recolección e interpretación de análisis les hace aptas para cualquier posible revisión taxonómica en cuanto a la determinación de las exigencias ecológicas por un número considerable de especies (López, *et al.*, 2011).

2. Desarrollo

2.1 Marco Teórico

Diatomeas Epilíticas

Las diatomeas son las microalgas más numerosas que pertenecen a los fitobentos y fitoplacton de ambientes continentales, son el eslabón inicial de la cadena alimenticia se constituyen como productores primarios, poseen un ciclo de vida rápido y colonizan diversos sustratos como plantas (epifíton), sobre rocas (epilíton), arena (episamon) o sedimentos (epipélon). Desempeñan un papel relevante en los ecosistemas acuáticos, por sus características biológicas y ecológicas tienen una alta sensibilidad ante cambios del estado ecológico de las aguas superficiales frente a impactos antrópicos (Hernández, 2012).

Debido a las condiciones ecológicas cambiantes de los sistemas lóticos, diversos autores como (Lobo *et al.*, (2015), Hernández, (2012) y Paredes (2020) convergen en la idea de emplear diatomeas epilíticas para evaluar de forma rápida y segura la contaminación orgánica e inorgánica del recurso. Estudiar las comunidades de diatomeas para determinar la calidad del agua según Céspedes, (2015) tiene algunas ventajas como alta tasa reproductiva, responden a cambios medioambientales a corto y largo plazo, la recolección de muestras sigue un método sencillo, existe

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

información taxonómica, aunque está última dependiendo del caso puede convertirse en una desventaja ya que pueden aparecer nuevas especies que aún no están identificadas.

Eutrofización

La eutrofización se define como un proceso natural del deterioro de la calidad del recurso en ecosistemas acuáticos, originado por el enriquecimiento en la concentración de nutrientes principalmente nitrógeno y fósforo (especies químicas nitritos - NO_2 , fosfatos - PO_4) que provocan cambios en la composición de la comunidad de seres vivos condicionando la utilización de los mismos y ejerciendo grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a escala regional. (Paredes, 2020) (Ledesma *et al.*, 2018).

El estado trófico del recurso hídrico se clasifica en Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico e Hipertrófico. El estado oligotrófico generalmente alberga muy poca o ninguna vegetación acuática y se evidencia el agua relativamente clara (Ruiz, 2017). En el estado mesotrófico se presenta grandes cantidades de organismos como plantas acuáticas con niveles medios de nutrientes. La masa de agua eutrófica tiene una alta productividad biológica debido al exceso de nutrientes y predominan plantas y algas acuáticas que realizan la fotosíntesis, proceso que suministra oxígeno a los peces y la biota que habita en esta agua, ocasionalmente se producirá una excesiva flotación de algas que pueden provocar la muerte de los organismos. El estado hipertrófico que presenta el agua de debe a la presencia excesiva de nutrientes y proliferación excesiva de algas que reducen significativamente los niveles de oxígeno lo que evita que toda forma de vida funcione. Por tanto, el estado trófico se define como el peso total de biomasa en un cuerpo de agua en el momento de la medición y es de interés público su trascendencia (Gómez, 2015) (Mero, 2019).

2.2 Planteamiento del problema

Los índices de calidad de agua son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio acuoso a partir del análisis de diferentes parámetros en su mayoría físicos y químicos, su principal ventaja radica en que poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos que pueden incluirse en muchos modelos para la toma de decisiones (Reolon, 2010). En el presente estudio, se evaluó la calidad del agua del río Rumipamba utilizando dos herramientas, el Índice Trófico de Calidad de Agua - ITCA y el Índice de Calidad de Agua – ICA, ambos permitieron calificar el estado en el que se encuentra la cuenca, y se prevé que los resultados sirvan de base para futuros proyectos que aborden la problemática de contaminación del recurso vital.

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

2.3 Método

Área de estudio

El río Rumipamba se encuentra ubicado en el sector de la Avenida Mariana de Jesús y Occidental, al noreste de la ciudad de Quito, se origina en el volcán Pichincha y atraviesa el parque ecológico del mismo nombre que es un sector de conservación por ser rico en vestigios arqueológicos de los períodos Formativo Tardío, Desarrollo Regional e Integración entre 1500 AC y 1500 DC. (El Comercio, 2010).

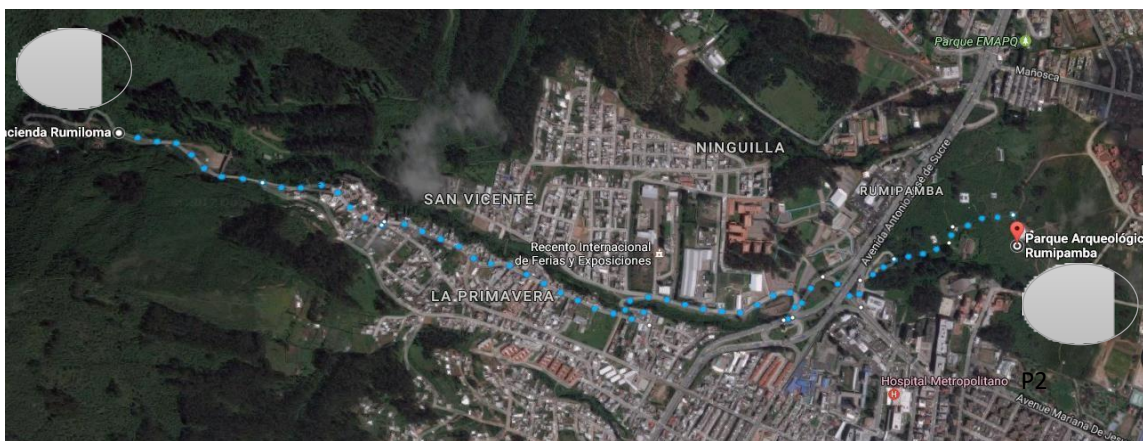


Fig 1. Mapa del trayecto río Rumipamba, puntos de muestro P1 (trecho superior) P2 (trecho inferior). Quito – Ecuador.

Se observó que la cuenca tiene dos regiones de uso distinto del suelo: En la parte superior P1 (trecho superior) S 0°10' 38''; W78°31'22'' se evidenció actividad agrícola y ganadera; mientras que en la parte baja P2 (trecho inferior) S 0°10'52''; W78°30'1'' predomina el urbanismo.

Muestreo y análisis

Para la identificación de diatomeas epilíticas en los puntos P1 y P2 se tomó de tres a cinco piedras total y parcialmente sumergidas en el agua, se colocó en una bandeja plástica, utilizando un cepillo de cerdas suaves se procedió a raspar la superficie inferior para retirar el material biológico y con agua destilada se recogió la muestra compuesta hasta coleccionar un volumen de 100mL. Figura 2

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Fig 2. Protocolo de extracción de diatomeas, P1 y P2.



Quebrada Rumipamba

In situ: En la corriente de agua de los puntos P1 y P2 se analizó los parámetros físico-químicos, utilizando el multiparámetro HQ40d se midió pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Se tomó una muestra de agua para medir fosfatos, nitratos y sulfatos utilizando el espectrofotómetro HACH DR2800, Figura 4.



Fig 3. Medición de parámetros *in situ*, P1 y P2.
Río Rumipamba

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Se tomó muestras en recipientes plásticos de capacidad 250 ml y frascos estériles para analizar los parámetros DQO – Demanda química de oxígeno, DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxígeno, sólidos disueltos, turbidez, coliformes fecales (ensayos microbiológicos). Se trasladó las muestras en cadena de frío hasta el Laboratorio de Procesos Químicos de la Carrera de Ciencias Naturales y Ambientales – Universidad SEK para analizar por métodos estandarizados. Standard Methods, (2013).

En el Laboratorio, para el conteo de diatomeas se siguió la metodología descrita por Lobo *et al.*, (2016). Se preparó diez placas por punto de muestreo, y se observó al microscopio en el lente de aumento 100X, como se describe en la técnica se añadió una gota de aceite de inmersión. En el campo óptico primero se identificó las especies presentes utilizando la guía taxonómica de Lobo *et al.* (2016), posteriormente se procedió a realizar el conteo especies trazando un transecto lineal. De esta forma se evaluó el porcentaje de géneros más representativos en las muestras tomadas.

Procesamiento de datos

En el programa Hoja de cálculo del Índice Trófico de Calidad - Microsoft Excel 2010 y basados en la clasificación de diatomeas propuesta por Lobo *et al.*, (2015) se determinó el Índice Trófico del Agua - ITQA del río Rumipamba. Adicionalmente utilizando el software IQA data calibrado con la base de datos de NSF y UNISC se calculó el Índice de Calidad de Agua – IQA empleando los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos de los puntos muestreados.

2.4 Resultados





Identificación y conteo de diatomeas, puntos P1 y P2

En el trecho superior - P1, se identificó dieciséis especies de diatomeas, y se contabilizó alrededor de 637 valvas. En trecho superior – P2 encontró nueve especies y se contabilizó 78 valvas. Tabla 1

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Tabla 1: Identificación y conteo de diatomeas, Laboratorio de Microbiología –SEK

Techo superior - P1		
Especie	Número de Valvas	Observación 100x
<i>Nitzschia linearis</i>	6	
<i>Nitzschia palea</i>	1	
<i>Rhoicosphenia al</i>	569	
<i>Luticola cf. Mitiga</i>	5	

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

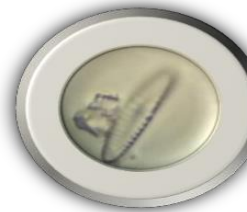
Nitzschia frustulun

3



Achnanathidium m.

7



Eunotia

5



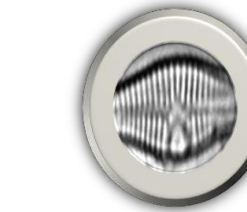
Pinnularia gibba

6



Planothidium frequ

8

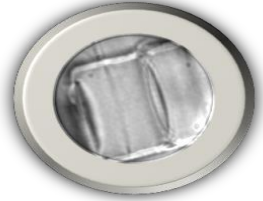







Nupela sp.

11

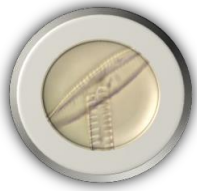

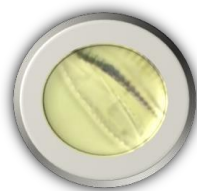
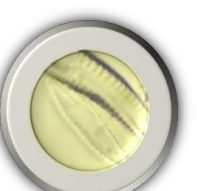



ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

<i>Melosira varians</i>	2	
<i>Cocconeis placent</i>	1	
<i>Fragilaria arcus</i>	2	
<i>Gomphonema subc</i>	4	
<i>Gomphonema lage</i>	1	
<i>Diatoma mesodon</i>	6	
Total	637	



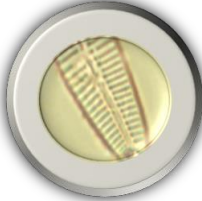

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA, Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Trecho inferior - P2

Especie	Número de valvas	Observación 100X
<i>Nitzschia palea</i>	25	
<i>Nitzschia linearis</i>	15	
<i>Nitzschia sp.</i>	9	
<i>Nitzschia filiformis</i>	7	
<i>Nitzschia inconspicua</i>	12	

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

<i>Navycula</i> <i>Cryptotenella</i>	3	
<i>Frustulia</i> <i>Vurgalis</i>	1	
<i>Gomphonema</i> <i>subclavatum</i>	2	
<i>Pinnularia gibba</i>	4	
Total	78	

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

Parámetros físico-químicos del agua

En la Tabla 2 y 3 se detallan los resultados de los parámetros medidos *in situ* y de los ensayos físico- químicos realizados en el laboratorio. Se puede verificar que el agua del punto 1 presenta valores inferiores en comparación a los del punto 2.

Tabla 2. Parámetros físico-químicos medidos *in situ*, río Rumipamba

Parámetro	Unidad	Muestra P1	Muestra P2
Temperatura	°C	9,2	12,1
Conductividad eléctrica	μS/cm	106,9	296
pH	Unidades de pH	7,12	7,59
Oxígeno disuelto	mg/L	7,71	7,18
Fosfatos	mg/L	0,71	4,52
Sulfatos	mg/L	0	20

Tabla 3. Parámetros físico-químicos medidos en Laboratorio - SEK

Parámetro	Unidad	Muestra P1	Muestra P2
Temperatura	°C	9,2	12,1
Conductividad eléctrica	μS/cm	106,9	296
pH	Unidades de pH	7,12	7,59
Oxígeno disuelto	mg/L	7,71	7,18
Fosfatos	mg/L	0,71	4,52
Sulfatos	mg/L	0	20

Índice trófico de calidad de agua - ITQA

El cálculo del índice trófico de calidad de agua del río Rumipamba se realizó con la guía de cálculo de Lobo *et al*, (2015) en donde se establece el valor trófico de cada especie de diatomea encontrada. En el punto 1 se obtiene un ITQA de 1.04 significa “contaminación nula” lo que representa que cuenca está en estado oligotrófico; en el punto 2 el ITQA es 2.60 esto significa “contaminación moderada” y representa el estado α-mesotrófico de la cuenca. Tabla 4 y 5.

Tabla 4. Cálculo ITQA– Trecho superior- P 1

Especies	Valor trófico	Valvas	%	Valor trófico (%)
<i>Fragilaria arcus</i>	1	2	0,31	0,31
<i>Cocconeis placentula</i>	2,5	1	0,16	0,39
<i>Achnantheidium m.</i>	1	7	1,1	1,1
<i>Nitzschia fustulum</i>	1	3	0,47	0,47

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

<i>Nitzschia linearis</i>	4	6	0,94	3,77
<i>Nitzschia palea</i>	4	1	0,16	0,63
<i>Rhoichosphenia abbreviata</i>	1	5	89,3	89,32
<i>Luticola cf. Mitigata</i>	1	5	0,78	0,78
<i>Eutonia</i>	1	5	0,78	0,78
<i>Pinnularia gibba</i>	1	6	0,94	0,94
<i>Planothidium f.</i>	1	8	1,26	1,26
<i>Nupela sp.</i>	1	1	1,73	1,73
<i>Melosira varians</i>	2,5	2	0,31	0,78
<i>Gomphonema lagenula</i>	2,5	1	0,16	0,39
<i>Diatoma mesodon</i>	1	6	0,94	0,94
<i>Gomphonema subclavatum</i>	1	4	0,63	0,63
Total		6	100	104,24
			ITQA =	1,04

Tabla 5. Cálculo ITQA – Trecho inferior - P2

Especies	Valor trófico	Valvas	%	Valor trófico (%)
<i>Nitzschia sp.</i>	1	9	11,54	11,54
<i>Nitzschia linearis</i>	4	15	19,23	76,92
<i>Nitzschia i.</i>	1	12	15,38	15,38
<i>Nitzschia filiformis</i>	1	7	8,97	8,97
<i>Nitzschia palea</i>	4	25	32,05	128,21
<i>Navicula Cryptotenella</i>	2,5	3	3,85	9,62
<i>Gomphonema subclavatum</i>	1	2	2,56	2,56
<i>Pinnularia gibba</i>	1	4	5,13	5,13
<i>Frustulia vulgaris</i>	1	1	1,28	1,28
Total		78	100	259,62
			ITQA =	2,6

Para analizar los resultados es conveniente dividir en dos secciones al estudio. La primera trata del cálculo del Índice Trófico del Agua en dos tramos del río Rumipamba utilizando el valor trófico conferido a las especies de diatomeas encontradas, la segunda sección corresponde a la aplicación del Índice de Calidad del Agua mediante el análisis de parámetros físico- químicos.

Índice trófico de la calidad de Agua - ITQA

Tras la observación en el microscopio de la muestra tomada en P1, se contabilizó 637 valvas, distribuidas en 16 especies de diatomeas *Rhoichosphenia abbreviata* es predominante con 569 valvas, seguida de *Nupela sp.* (11) y *Planothidium frequentissimum* (8) estas especies que se caracteriza por habitar en “aguas limpias”. En consecuencia, el valor calculado del ITQA es 1.04,

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

representa el grado de contaminación nulo, correspondiente al estado oligotrófico de la cuenca (Lobo *et al.*, 2015) (Mero, 2019)

En el P2, se encontraron 9 especies de diatomeas contabilizadas en 78 valvas, *Nitzschia palea* predomina con un total de 25 valvas, especie que se caracteriza por encontrarse en aguas contaminadas, al igual que *Nitzschia linearis* (15) y *Nitzschia inconspicua* (12). Por su parte el ITQA es 2.60 que corresponde a un nivel de contaminación fuerte e indica que el estado de la cuenca es α - Mesotrófico (Lobo *et al.*, 2015), (Mero, 2019)

Índice de calidad del agua - IQA

Entre los parámetros físicos y químicos analizados los responsables del 25 % y el 50% de aporte con carga contaminante en la zona de muestreo P1, son las coliformes fecales con 90 UFC/100mL, seguido de fosfatos con 0,71 mg/L. La presencia de microorganismos en el agua se debe a las actividades pecuarias ya que mediante factores meteorológicos como la infiltración y escorrentía se produce arrastre hacia el río Rumipamba que constituye el receptor final. La presencia de fosfatos conduce a un grado de eutrofización en el que tan solo 1 gramo de este analito puede producir 100 gramos de algas. Los factores mencionados restringen los usos del recurso hídrico, sobre todo para el consumo humano y el mantenimiento de la vida acuática. En este sentido el índice de calidad se sitúa en 60,44 cuya clasificación es como AGUA REGULAR. (Lobo *et al.*, 2015) (Lobo *et al.*, 2016).

En el P2, los fosfatos aportan con el 25% de la carga contaminante - 4,52 mg/L, coliformes fecales con el 50% - 1700 UFC/100mL, DBO₅ con el 10% - 319,2 mg/L, lo que representa que la calidad del agua en el punto 2 se considera como AGUA DE MALA CALIDAD, el valor obtenido es 25,84. (Lobo *et al.*, 2015), (Lobo *et al.*, 2015) (Lobo *et al.*, 2016). Es evidente que la contaminación en la parte inferior de la cuenca se debe a malas prácticas ambientales de la población aledaña, las descargas clandestinas de aguas negras y grises hacia las riveras del cuerpo hídrico en estudio es un problema de una deficiente gestión del recurso.

3. Conclusiones

En este estudio, a través de variables físicas, químicas y biológicas se logró evaluar la calidad del agua de la cuenca del río Rumipamba un importante afluente en la ciudad de Quito aplicando el Índice Trófico de la Calidad del Agua – ITQA y el Índice de Calidad del Agua – IQA ambas herramientas técnicas proporcionaron valores similares, en consecuencia se comprueba que el estudio de factores bióticos y abióticos proporcionan información útil e indispensable al momento de tomar decisiones y gestionar políticas públicas en relación al cuidado y saneamiento del agua, líquido vital que día a día escasea y se requiere que la humanidad plantee urgente alternativas para su óptimo aprovechamiento.

4. Referencias

1. ALVAREZ, J.P., PANTA, J.E., AYALA, C.R., ACOSTA, E.H. *Calidad Integral del Agua Superficial en la cuenca Hidrológica del Río Amajac*. Información Tecnológica Vol. 19 (6), 21-32 Texcoco – México. (2008).
2. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua*. (2004).

ESTUDIO LIMNOLÓGICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO RUMIPAMBA,

Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador

3. LOPEZ, F. O., SIQUIEROS, D. A. Las Diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California del Sur. Biodiversitas, Pagina 8-11. (2011).
4. Hernández, S. (2012) Indicadores biológicos de calidad de agua superficiales de la subcuenca del Rio Viejo, utilizando fitobentos (Diatomeas) Centro para la investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua, CIRA/UNAN – Managua.
5. Lobo E.A., Heinrich C.E., Schuch M., Wetzel C.E., Düpont A., Da Costa A., Ector L.,(2016). Índice Trófico de qualidade da agua: Guia ilustrado para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. EDUNISC.
6. Lobo E.A., Schuch M., Heinrich C.G., Da Costa A., Düpont A., Wetzel C.E., Ector L.,(2015). Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems.
7. Paredes, I (2020). Presiones antrópicas y eutrofización en la marisma de Doñana y sus cuencas vertientes. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla – España.
8. Céspedes, E., Umaña, G., y Silva, A., (2015). Tolerancia de diez especies diatomeas (Bacillariophycata) a los factores físico-químicos del agua en el Río Sarapiquí, Costa Rica. Biología Tropical, 64 (1) 1 – 13.
9. Ledesma, C., Bonansea, M., Rodríguez, C., & Sánchez, A., (2018). Determinación de Indicadores de Eutrofización en el embals Río Tercer, Córdoba (Argentina). Revista Ciencias Agrómicas, V44, n.3, p. 419-224.
10. Ruiz, T. (2017). Uso, manejo y preservación de los recursos naturales. Centro de Innovaciones Biológicas del Noroeste, Sc. La Paz, Baja California.
11. Gómez J. (2018). Evaluación del estado de Eutrofización del mar alboran mediante el empleo combinado de imágenes satelitales y de muestreos in situ. Universidad de Málaga.
12. Mero, J. (2019). Composición de la comunidad de diatomeas epilíticas del río Potoviejo de la provincia de Manabí- Ecuador. Universidad Internacional SEK.
13. REOLON, L. *Área temática 3.3 Calidad de las aguas. Índices de Calidad del Agua*. División de calidad Ambiental, Buenos Aires – Argentina (2010).
14. DIARIO EL COMERCIO. *Las Ruinas de Rumipamba Atraen* (2016). Extraído el 18 de Febrero del 2017, de la página web: <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito/ruinas-rumipamba-atraen.html>