



Diseño de experimentos en el análisis de concentración de nitratos y niveles de pH en muestras de agua de la Microcuenca del Rio Chibunga – Ecuador

Experimental design to the analysis of nitrate concentration and pH level levels in water samples of the Chibunga river micro basin – Ecuador

Projeto de experimentos para análise da concentração de nitrato e níveis de pH em amostras de água da microbacia do rio Chibunga – Equador

Gustavo Efraín Carrera-Oña^I
gcarrera@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5785-3966>

Cristian Germán Santiana-Espín^{II}
cristian.santiana@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2143-6562>

Myriam Alexandra González-Palacios^{III}
mgonzalez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7122-957X>

Tania Cecilia Valdiviezo-Abarca^{IV}
tvaldiviezo@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5813-7160>

Correspondencia: gcarrera@esPOCH.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 20 de febrero de 2020 ***Aceptado:** 28 de abril de 2020 * **Publicado:** 31 de mayo de 2020

- I. Magíster en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional, Ingeniero Industrial, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero Electrónico en Control y Redes Industriales, Magíster en Formulación, Evaluación y Gerencia de Proyectos para el Desarrollo, Magíster en Sistemas de Control y Automatización Industrial, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Estudiante, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- IV. Estudiante, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El presente artículo trata de la medición de los niveles de concentración (en ppm o mg/L) y pH en muestras de agua de dos localidades estratégicas de la micro cuenca del Río Chibunga en Riobamba Ecuador. Se realizó el correspondiente muestreo en el Parque Lineal Chibunga y Parque Botánico Ricpamba por ser estas localidades donde se aprovecha el agua del río para actividades agropecuarias no comerciales. Se obtuvieron seis muestras que se llevaron al laboratorio de Análisis Instrumental ESPOCH para preparar seis pequeñas soluciones (cada una de concentración diferente y desconocida) y con el uso de la técnica de espectroscopía UV – Visible se determina la absorbancia en las seis muestras, se realizó tres mediciones de cada muestra en intervalos de 10 minutos y posteriormente se interpola con una curva de calibración estándar donde se encuentra la absorbancia en función de la concentración, una vez interpolados los valores de absorbancia se obtuvieron las correspondientes concentraciones con el uso de cálculos analíticos siendo la concentración promedio en el Parque Lineal Chibunga de 5.50ppm y en el Parque Botánico Ricpamba 2.24ppm. También se llevó las muestras al pH – metro donde se realizó de la misma forma tres mediciones de cada solución en intervalos de 10 minutos y el análisis arrojó niveles en promedio de 7.5 y 8.5 para el Parque Lineal Chibunga y el Parque Botánico Ricpamba respectivamente, estos datos se enlistan en tablas de resultados. Se diseñó un experimento de tipo factorial de 2x3 en el Software Statgraphics para conocer mediante el análisis de varianza, prueba LSD y diagramas de cajas y bigote si existe igualdad entre las concentraciones de nitratos y niveles de pH en cada localidad de muestreo y a su vez la influencia del factor lugar sobre la concentración y el nivel de pH.

Palabras claves: Nitratos; concentración; factorial; diseño; varianza.

Abstract

This article deals with the measurement of concentration levels (in ppm or mg/L) and pH in water samples from two strategic locations of the Chibunga River microbasin in Riobamba Ecuador. The corresponding sampling was carried out in the Chibunga Linear Park and Ricpamba Botanical Park for being these locations where river water is used for non-commercial agricultural activities. Six samples were obtained that were taken to the ESPOCH Instrumental Analysis laboratory to prepare six small solutions (each of different and unknown concentration)

and with the use of the UV-Visible spectroscopy technique the absorbance in the six samples was determined, it was performed three measurements of each sample in 10 minute intervals and subsequently interpolated with a standard calibration curve where the absorbance is based on the concentration, once the absorbance values were interpolated the corresponding concentrations were obtained with the use of analytical calculations being the average concentration in the Chibunga Linear Park of 5.50ppm and in the Ricpamba Botanical Park 2.24ppm. The samples were also taken to the pH meter where three measurements of each solution were performed in the same manner in 10-minute intervals and the analysis showed average levels of 7.5 and 8.5 for the Chibunga Linear Park and Ricpamba Botanical Park respectively, these data is listed in result tables. A 2x3 factorial type experiment was designed in the Statgraphics Software to know through the analysis of variance, LSD test and box and mustache plots if there is equality between nitrate concentrations and pH levels in each sampling location and in turn the influence of the place factor on the concentration and the pH level.

Keywords: Nitrate; concentration; factorial; design; variance.

Resumo

Este artigo trata da medição de níveis de concentração (em ppm ou mg/L) e pH em amostras de água de dois locais estratégicos da microbacia do rio Chibunga, no Riobamba, no Equador. A amostragem correspondente foi realizada no Parque Linear de Chibunga e no Parque Botânico de Ricpamba, uma vez que essas localidades usam a água do rio para atividades agrícolas não comerciais. Seis amostras foram obtidas e levadas ao laboratório de Análise Instrumental ESPOCH para preparar seis pequenas soluções (cada uma com uma concentração diferente e desconhecida) e com o uso da técnica de espectroscopia UV-Visible, foi determinada a absorvância nas seis amostras. três medições de cada amostra em intervalos de 10 minutos e subsequentemente interpoladas com uma curva de calibração padrão em que a absorvância é baseada na concentração, uma vez que os valores de absorvância foram interpolados, as concentrações correspondentes foram obtidas com o uso de cálculos analíticos, sendo a concentração média no parque linear de Chibunga é de 5,50ppm e no parque botânico de Ricpamba, 2,24ppm. As amostras também foram levadas ao medidor de pH, onde foram realizadas três medições de cada solução da mesma maneira, em intervalos de 10 minutos, e a análise deu níveis médios de 7,5 e 8,5 para o Parque Linear de Chibunga e o Parque Botânico de

Ricpamba, respectivamente. Os dados são listados nas tabelas de resultados. Um experimento fatorial 2x3 foi desenvolvido no Statgraphics Software para saber por meio da análise de variância, teste LSD e diagramas de caixa e bigode se existe igualdade entre as concentrações de nitrato e os níveis de pH em cada local de amostragem e, por sua vez, o influência do fator local na concentração e no nível de pH.

Palavras-chave: Nitratos; concentração; fatorial; design; variância

Introducción

El Río Chibunga ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo y es una de las fuentes de agua de riego de la cual se abastecen las pequeñas comunidades que habitan a su alrededor, sin embargo durante muchos años el río Chibunga se ha convertido en el mayor destinatario de residuos domésticos como aguas residuales las cuales dotan al afluente de grandes cantidades de nitrógeno sin mencionar el uso de plaguicidas y desechos animales vienen contaminando la fuente de agua desde hace ya varios años. (Ríos, Mejía, & Mendoza, 2011)

Los nitratos son iones provenientes de la sal del ácido nítrico y su presencia en aguas de cualquier tipo (de río, riego o potables) son inevitables, sin embargo, existen normas establecidas por la OMS en las que se estipula que la concentración de estos iones tanto en aguas de riego como en potables debe ser no mayor a 10mg/L. (ENCA, 2016). Cabe mencionar que, si la concentración de nitratos sobrepasa el límite establecido, las aguas dejan de ser útiles tanto para albergar vida ictiológica (existencia de peces) como para ser utilizadas en el riego o lo que es peor para ser de consumo humano, estos excesos pueden causar enfermedades como la metahemoglobinemia (Pérez-López, 2016).

El pH es un indicador de la acidez de las sustancias y esta denominado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+), y es otro factor a tomar en cuenta en el análisis de aguas, porque determinados procesos químicos solo se realizan a un determinado pH; es el caso de la cloración del agua que solo se puede realizar a un pH de 6,5 a 8,0. (Bonilla, n.d.) Para que el agua sea apta para el consumo humano el nivel de pH debe estar entre 7,0 a 8,5; pues, el agua alcalina es considerada como una fuente de minerales importante hoy en día ya que ayuda a evitar enfermedades del tracto intestinal, combatir la gastritis, ayuda al mejoramiento del tránsito intestinal y mejora la digestión en general (G. Goyenola, 2007).

Debido al alto grado de contaminación del Río Chibunga la presencia de iones nitratos disueltos en su estructura química es inevitable. (Banda, 2010) Estos iones pueden ser analizados mediante varias técnicas analíticas e instrumentales. (Flaschka, Barnard, & Sturrock, n.d.). Para la elaboración de esta investigación se escogió la técnica de la curva de calibración por medio de la espectroscopía UV – Visible, que consiste en medir la absorbancia que presenta la muestra al ser atravesada por un haz de radiación ultravioleta y graficar las absorbancias obtenidas en función de la concentración de cada muestra, la concentración se determinó por medio de cálculos analíticos y el pH a través del electrodo de vidrio de un pH – metro común. Todos estos datos están tabulados en tablas. (Sandu et al., 2017)

Es necesario determinar si existe influencia entre los factores a analizar, es decir se necesita saber si el lugar influye sobre la concentración de nitratos y pH, además de conocer si existe diferencia significativa entre los niveles de concentración de nitratos y pH de las respectivas localidades, para esto se ha diseñado un experimento de tipo factorial de 2x3, mismo que se rige al análisis de varianza con la elaboración de gráficos de efectos principales así como diagramas de cajas y bigote. En estos diagramas se podrá estudiar de mejor manera lo que se demuestre con cálculos realizados en el software Statgraphics. (Montgomery, 2004)

Metodología

Se realizó el muestreo, seleccionando los principales puntos de interés del Río Chibunga; estos fueron; Punto 1: Parque Lineal Chibunga y punto 2: Parque Botánico Ricpamba. Se recolectó una muestra en cada punto de referencia en 3 diferentes secciones. En el punto 1 se recolectaron 3 muestras: Muestra 1: Fuera del parque, Muestra 2: dentro del parque y Muestra 3: laguna interior del Parque Lineal Chibunga. Igualmente, en el parque Ricpamba, se tomaron 3 muestras de diferentes lugares; Muestra 4: Fuera del parque, Muestra 5: dentro del parque y, Muestra 6: Caudal de paso ½ kilómetro antes de llegar al Parque Botánico Ricpamba. (Hamilton, n.d.)

Para el análisis de las diferentes muestras se utilizaron varias técnicas instrumentales y analíticas; la técnica de espectroscopia ultravioleta-visible mediante un espectrofotómetro UV-VIS tomando 3 alícuotas de cada lugar de muestreo para obtener los niveles de absorbancia de nitratos a una longitud de onda de 420nm (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, & Segura-Araya, 2017). Se realizaron tres replicas con intervalos de 10 segundos cada una; para después mediante la técnica de la curva de calibración interpolar las absorbancias y encontrar las diferentes concentraciones

de nitratos (NO_3^-) en mg/L (Skoog, 2015). De igual forma, para la medición del pH de las diferentes muestras se hizo uso de la técnica de volumetría con ayuda de un pH-metro para determinar los niveles de pH del agua en los dos puntos de muestreo (G. Goyenola, 2007).

Se utilizó el software estadístico Statgraphics en el cual se obtiene el Análisis de Varianza para comparar la influencia existente entre los dos puntos de muestreo con las variables de respuesta que en este caso son los niveles tanto de nitratos como de pH en las muestras de agua. Se utilizó un diseño de experimentos de tipo factorial 2x3 con 3 réplicas en intervalos de 10 segundos. (Monzón & Monzón Paiva, 1992), cuyos factores de estudio fueron: FACTOR A: La localidad de muestreo (Parque Ecológico, Parque Ricpamba) y FACTOR B: Numero de muestras. Las variables de respuestas fueron la concentración de nitratos (NO_3^-) en ppm (mg/L) y los niveles de pH (potencial de hidrógeno).

Resultados

Tabla 1: Niveles de Nitratos en las muestras de agua en ppm (mg/L)

LOCALIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE MUESTRAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Parque Lineal Chibunga	5,160	5,210	5,900
	5,110	5,320	6,010
	5,267	5,410	6,120
Parque Botánico Ricpamba	2,272	2,440	2,010
	2,165	2,490	2,110
	2,219	2,593	1,900

Fuente: Fausto Tapia, 2020

Tabla 2: Niveles de pH en las muestras de agua

LOCALIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE MUESTRAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Parque Lineal Chibunga	8,31	7,90	8,72
	8,27	7,02	8,72

	8,31	8,00	8,72
Parque Botánico	8,10	8,10	8,17
Ricpamba	8,12	8,10	8,22
	8,12	8,10	8,17

Fuente: Fausto Tapia, 2020

Análisis de Varianza para la concentración de nitratos en las muestras de agua del Río Chibunga:

Diseño factorial de tipo 2x3 con 3 réplicas de 10 segundos:

Prueba de hipótesis

Factor A: Lugar de Muestreo

Ho: $\mu_A = \mu_B$

HA: $\mu_A \neq \mu_B$

Factor B: Número de muestras

Ho: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$

HA: $\mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C$

Nivel de significancia: 0.05%

Tabla 3: Análisis de Varianza para NITRATOS - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: LUGAR	47,8829	1	47,8829	6368,11	0,0000
B: N° MUESTRAS	0,296812	2	0,148406	19,74	0,0002
INTERACCIONES					
AB	1,25083	2	0,625414	83,18	0,0000
RESIDUOS	0,09023	12	0,00751917		
TOTAL (CORREGIDO)	49,5208	17			

Fuente: Autores, 2020

PRUEBA LSD:

Método: 0,05 significancia

Tabla 4: Prueba LSD para los niveles de nitratos

LUGAR	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	2,23878	0,0289044	X
1	9	5,50078	0,0289044	X

Fuente: Autores, 2020

Análisis de Varianza para los niveles de pH en las muestras de agua del Río Chibunga:

Diseño factorial de tipo 2x3 con 3 réplicas en intervalos de 10 segundos:

Prueba de hipótesis

Factor A: Lugar de Muestreo

Ho: $\mu_A = \mu_B$

HA: $\mu_A \neq \mu_B$

Factor B: Número de muestras

Ho: $\mu_A = \mu_B = \mu_C$

HA: $\mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C$

Nivel de significancia: 0.05

Tabla 5: Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:LUGAR DE MUESTREO	0,0329389	1	0,0329389	0,68	0,4270
B:NUMERO DE MUESTRAS	1,02834	2	0,514172	10,55	0,0023
INTERACCIONES					
AB	0,761544	2	0,380772	7,82	0,0067
RESIDUOS	0,5846	12	0,0487167		
TOTAL (CORREGIDO)	2,40743	17			

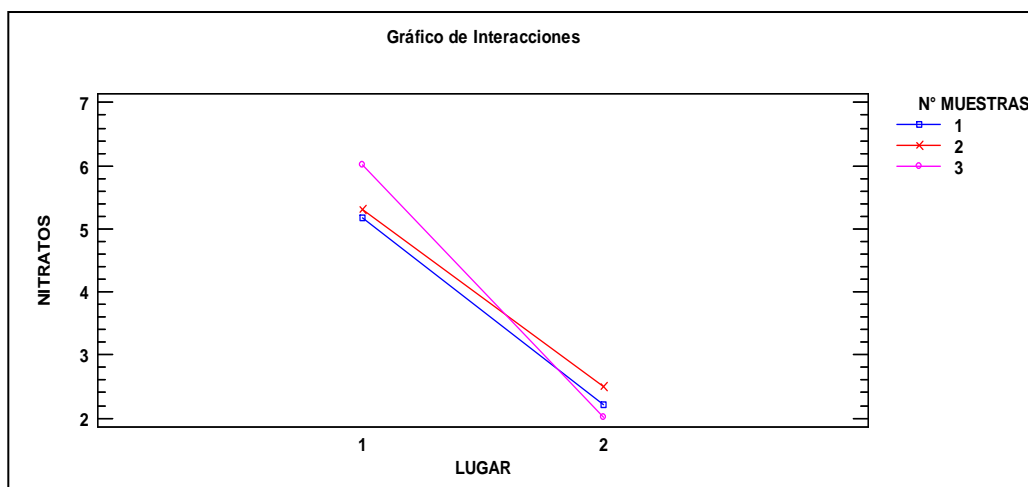
Fuente: Autores, 2020

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por LUGAR DE MUESTREO

Tabla 6: Prueba LSD para los niveles de pH

LUGAR DE MUESTREO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
2	9	8,13333	0,0735728	X
1	9	8,21889	0,0735728	X

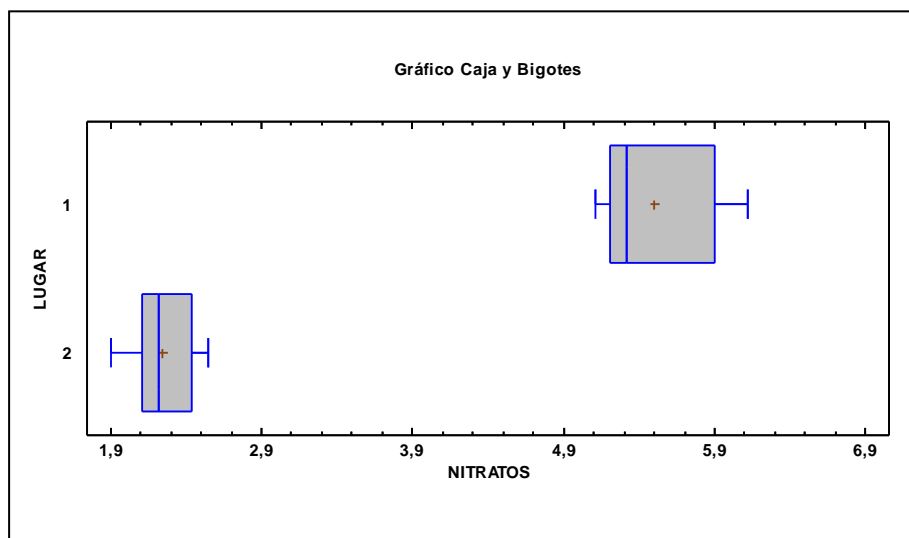
Fuente: Autores, 2020



Gráfica 1: Interacciones de los factores: lugar de muestreo y número de muestras analizadas

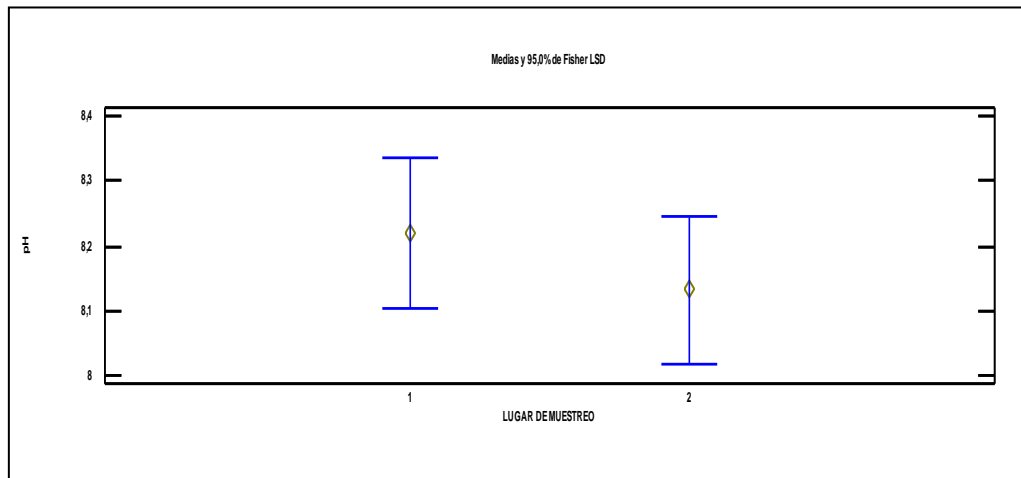
Fuente: Autores, 2020

Gráfica 2: Prueba de cajas y bigote para nitratos



Fuente: Autores, 2020

Gráfica 3: Prueba LSD para los niveles de pH con respecto a los lugares de muestreo



Fuente: Autores, 2020

Conclusiones

Los niveles de nitratos en los dos puntos de muestreo Parque Lineal Chibunga con una media de concentración de 5,50mg/L (ppm) y Parque Botánico Ricpamba 2,24mg/L son relativamente bajos de acuerdo con los estándares permitidos de 10 mg/L para que sea aceptada como agua de consumo (ENCA, 2016). Sin embargo, es aconsejable que esta agua no sea utilizada como zona recreativa, sino solo como fuente agrícola y pecuaria. Por otra parte, este estudio ha sido relativamente breve y se necesitan más pruebas tanto químicas como biológicas para indicar la calidad de agua; ya que el agua presentó gran turbidez y muchos residuos orgánicos por ello se aconseja evitar ingerirla para anticipar cualquier enfermedad.

Para que el agua sea de aceptable calidad en cuanto al potencial de hidrógeno (pH) esta debe ser alcalina, debe estar en un rango de 6,5 a 8,50. Mediante este estudio se determinó que para los dos puntos de muestreo realizados, los niveles de pH varían entre 7,5 a 8,5 es decir los niveles son aceptables en cuanto a los parámetros establecidos. (Bueno-Zabala, Torres-Lozada, & Delgado-Cabrera, 2014)

El Río Chibunga es uno de los ríos principales en la provincia de Chimborazo y el cantón Riobamba, debido a que rodea varios puntos estratégicos de la ciudad como son Parque Lineal Chibunga y Parque Botánico Ricpamba, por lo cual es importante tomar en cuenta si el agua de la micro-cuenca es buena para el consumo de la población. Los dos puntos de muestreo que han sido enfocados son de gran importancia porque son espacios muy visitados y de recreación;

llegando a la conclusión de que el agua es relativamente buena, pero es preferible evitar ingerirla y limitarse únicamente a su uso agropecuario.

Referencias

1. Banda, M. (2010). El vertido de las aguas servidas de la ciudad de Riobamba. 166. Retrieved from http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4721/1/Tesis_Manuel.pdf
2. Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
3. Bonilla, H. R. (n.d.). Principios Básicos de Química Analítica.
4. Bueno-Zabala, K., Torres-Lozada, P., & Delgado-Cabrera, L. (2014). MONITOREO Y MEDICIÓN DEL AJUSTE DEL pH DEL AGUA TRATADA DEL RÍO CAUCA MEDIANTE ÍNDICES DE ESTABILIZACIÓN. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 563–575.
5. ENCA. (2016). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. Ministerio de Ambiente, Ecuador, 97.
6. Flaschka, H. A. ., Barnard, A. J., & Sturrock, P. E. (n.d.). Química Analítica Cuantitativa.
7. G. Goyenola. (2007). Determinación de la Alcalinidad Total. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos.
8. Hamilton, L. F. (n.d.). Calculos de Química Analítica.
9. Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. In Limusa Wiley.
10. Monzón, D., & Monzón Paiva, D. (1992). Introducción al diseño de experimentos. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Central de Venezuela*, (Alcance 34), 167 p.
11. Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
12. Ríos, A., Mejía, A., & Mendoza, B. (2011). Diagnóstico y propuesta para la conservación de la microcuenca del Río Chibunga. *Praxis Científica*, 1(January 2011), 36. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUESTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUCENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA

13. Sandu, M., Lupascu, T., Tarita, A., Goreacioc, T., Turcan, S., & Mosanu, E. (2017). Method for Nitrate Determination in Water in the Presence of Nitrite. *Chemistry Journal of Moldova*, 9(2), 8–13. [https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09\(2\).01](https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09(2).01)
14. Skoog, D. A. (2015). *Fundamentos de Química Analítica* (Novena Edición).

References

1. Banda, M. (2010). The discharge of wastewater from the city of Riobamba. 166. Retrieved from http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4721/1/Tesis_Manuel.pdf
2. Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determination of nitrites, nitrates, sulfates and phosphates in drinking water as indicators of contamination caused by man, in two cantons of Alajuela (Costa Rica). *Tecnología En Marcha Magazine*, 30 (4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
3. Bonilla, H. R. (n.d.). *Basic Principles of Analytical Chemistry*.
4. Bueno-Zabala, K., Torres-Lozada, P., & Delgado-Cabrera, L. (2014). MONITORING AND MEASURING THE pH ADJUSTMENT OF THE TREATED WATER OF THE CAUCA RIVER THROUGH STABILIZATION INDICES. *U.D.C.A Magazine News & Scientific Disclosure*, 17 (2), 563–575.
5. ENCA. (2016). *National Strategy for Water Quality*. Ministry of the Environment, Ecuador, 97.
6. Flaschka, H. A., Barnard, A. J., & Sturrock, P. E. (n.d.). *Quantitative Analytical Chemistry*.
7. G. Goyenola. (2007). Determination of Total Alkalinity. *Participatory Environmental Monitoring Network for Aquatic Systems*.
8. Hamilton, L. F. (n.d.). *Analytical Chemistry Calculations*.
9. Montgomery, D. (2004). *Design and analysis of experiments*. In Limusa Wiley.
10. Monzón, D., & Monzón Paiva, D. (1992). Introduction to the design of experiments. *Magazine of the Faculty of Agronomy of the Central University of Venezuela*, (Scope 34), 167 p.
11. Pérez-López, E. (2016). Quality control in waters for human consumption in the western region of Costa Rica. *Tecnología En Marcha Magazine*, 29 (3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>

12. Ríos, A., Mejía, A., & Mendoza, B. (2011). Diagnosis and proposal for the conservation of the Chibunga River micro-basin. *Praxis Científica*, 1 (January 2011), 36. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPOSTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUCIENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA
13. Sandu, M., Lupascu, T., Tarita, A., Goreacioc, T., Turcan, S., & Mosanu, E. (2017). Method for Nitrate Determination in Water in the Presence of Nitrite. *Chemistry Journal of Moldova*, 9 (2), 8–13. [https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09\(2\).01](https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09(2).01)
14. Skoog, D. A. (2015). *Foundations of Analytical Chemistry* (Ninth Ed.).

Referências

1. Banda, M. (2010). A descarga de águas residuais da cidade de Riobamba. 166. Recuperado de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4721/1/Tesis_Manuel.pdf
2. Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G. e Segura-Araya, G. (2017). Determinação de nitritos, nitratos, sulfatos e fosfatos na água potável como indicadores de contaminação causada pelo homem, em dois cantões de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30 (4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
3. Bonilla, H.R. (n.d.). *Princípios Básicos da Química Analítica*.
4. Bueno-Zabala, K., Torres-Lozada, P. e Delgado-Cabrera, L. (2014). MONITORAMENTO E MEDIÇÃO DO AJUSTE DO pH DA ÁGUA TRATADA DO RIO CAUCA ATRAVÉS DE ÍNDICES DE ESTABILIZAÇÃO. *Revista U.D.C.A News & Divulgação Científica*, 17 (2), 563-575.
5. ENCA. (2016). *Estratégia Nacional de Qualidade da Água*. Ministério do Meio Ambiente, Equador, 97.
6. Flaschka, H. A. ..., Barnard, A. J., & Sturrock, P. E. (n.d.). *Química Analítica Quantitativa*.
7. G. Goyenola. (2007). *Determinação da Alcalinidade Total*. Rede Participativa de Monitoramento Ambiental para Sistemas Aquáticos.
8. Hamilton, L.F. (n.d.). *Cálculos de química analítica*.
9. Montgomery, D. (2004). *Projeto e análise de experimentos*. Em Limusa Wiley.
10. Monzón, D. & Monzón Paiva, D. (1992). *Introdução ao desenho de experimentos*. Revista da Faculdade de Agronomia da Universidade Central da Venezuela, (escopo 34), 167 p.

11. Pérez-López, E. (2016). Controle de qualidade em águas para consumo humano na região oeste da Costa Rica. Revista Tecnología En Marcha, 29 (3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
12. Ríos, A., Mejía, A. e Mendoza, B. (2011). Diagnóstico e proposta de conservação da microbacia do rio Chibunga. Praxis Científica, 1 (janeiro de 2011), 36. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/312191794_DIAGNOSTICO_Y_PROPUESTA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_LA_MICROCUCENCA_DEL_RIO_CHIBUNGA
13. Sandu, M., Lupascu, T., Tarita, A., Goreacioc, T., Turcan, S., & Mosanu, E. (2017). Método para determinação de nitrato em água na presença de nitrito. Chemistry Journal of Moldova, 9 (2), 8–13. [https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09\(2\).01](https://doi.org/10.19261/cjm.2014.09(2).01)
14. Skoog, D. A. (2015). Fundamentos da Química Analítica (Nona Edi).