

Propuesta de instrumento para el monitoreo de efluentes aguas residuales en hospitales ecuatorianos, caso de estudio

Proposal of instrument for monitoring in residual wastewater effluents in Ecuadorian hospital units, case study

ESCUADERO, Mayra V. 1; LEON, Wilson P. 2; MANZANO, Dennis R. 3; MINGA, Fadia E. 4; ÁLVAREZ, Jorge J. 5

Recibido: 27/01/2020 • Aprobado: 24/04/2020 • Publicado 14/05/2020

Contenido

- 1. Introducción
- 2. Metodología
- 3. Resultados
- 4. Conclusiones
- Referencias bibliográficas
- Anexos

RESUMEN:

Se diseña, valida instrumento para monitoreo bacteriológico en efluentes residuales al adecuar programas preventivos de unidades hospitalarias. Los objetivos son diseñar y validar el instrumento, adoptar del estado del arte a nivel internacional; demostrar la viabilidad y proponer generalización al resto de unidades hospitalarias. Se declaran estudios tipo exploratorios, descriptivos, cuasi experimental transversal, explicativos, estudio de caso. Asumen métodos de análisis y síntesis, empíricos, de laboratorio, expertos, contradicciones dialécticas, sistémicos. Es sugerido generalizar en unidades hospitalarias, atendiendo al contexto local.

Palabras clave: aguas residuales, programas preventivos, unidades hospitalarias, monitoreo bacteriológico

ABSTRACT:

Methodological instrument for bacteriological monitoring in residual effluents is designed and validated, adopting preventive programs in hospital units. The objectives are design and validate the instrument, adopt nowadays techniques; demonstrate the feasibility and propose a generalization to the rest of the hospital units. Exploratory, descriptive, quasi-experimental transverse, explanatory, and case study studies are adopted, including analysis and synthesis, empirical, laboratory, experts, systemic contradictions methods. It is concluded to generalize in hospital units, assuming the local context.

Keywords: wastewater effluents, preventive programs, hospital units

1. Introducción

Los efluentes líquidos provenientes de las unidades de salud, a tenor de (INBIOTEC, 2015, p.5), abarcan un largo listado de componentes presentes "principalmente en concentraciones pequeñas, pero con una toxicidad relativamente alta que causa un porcentaje significativo de peligrosidad. Además, los compuestos recalcitrantes y químicos, las descargas líquidas de las unidades médicas muestran concentraciones altas de bacterias y virus patogénicos". (p.5).

Las aguas residuales hospitalarias contienen una variedad de sustancias tóxicas o persistentes, como bien afirman (Verlicchi, Petrovic, Galletti & Barcelo, 2010, p.19), tales como "productos farmacéuticos, radionucleidos, solventes y desinfectantes para fines médicos en una amplia gama de concentraciones debido a actividades de laboratorio e investigación o excreción de medicamentos". (p.19).

Asimismo, (Escudero y Córdoba, 2018, p.17) afirman que:

estas aguas generalmente se descargan en las aguas residuales urbanas sin tratamiento, y contienen una gran variedad de compuestos orgánicos tóxicos y persistentes, como antibióticos, radionúclidos, solventes y desinfectantes utilizados con fines médicos en un amplio rango de concentración debido a: actividades en laboratorios, investigación y excreción de pacientes En la mayoría de los casos, estos compuestos corresponden al grupo llamado "compuestos emergentes". (p.17)

Los autores de la presente investigación coinciden con las investigadoras Torres & Gil (2018), referido a que el control y la gestión de las aguas residuales hospitalarias se consideran de gran importancia, no solo para la salud pública, sino también para el medio ambiente. Entre los principales compuestos que se encuentra en este tipo de líquidos como bien caracterizan (Grisales, Ortega & Rodríguez 2012, p.21), "se encuentran los antibióticos de baja biodegradabilidad; que luego de su administración no son metabolizados y si excretados por medio de la orina o heces". (p.21).

Afirman estos citados autores Grisales, Ortega y Rodríguez (2012) que en las plantas de tratamiento procesos biológicos no se muestran resultados sobre aguas de tipo residual hospitalaria, "ya que su capacidad de remoción en este tipo de compuestos recalcitrantes es baja". (p.15), es decir, compuestos con estructura compleja que no se degradan fácilmente. Ello presupone en el ambiente y en los sistemas acuáticos, un serio problema ya que estos líquidos son extremadamente resistentes a la degradación biológica y prácticamente escapan intactos al tratamiento de plantas convencionales; razón por la cual se ve necesario el uso de tecnologías no convencionales".

1.1. De las tecnologías no convencionales y monitoreo, efluentes líquidos y programas de monitoreo

Existen tecnologías no convencionales como los procesos de oxidación avanzada, -en lo adelante POA-, explicados por Oller, Malato & Sánchez (2011), asumidos como alternativa viable para la oxidación, la remoción de toxicidad y la reducción de la concentración en compuestos no biodegradables. Si bien en Ecuador existe la legislación que regula la expulsión de residuos líquidos hacia acueductos de alcantarillado, legislación que no se da cumplimiento por falta de conocimiento en que se está eliminado hacia dichos lugares.

No es extraño encontrar sustancias que sean vertidas al sistema de desagüe, según conclusiones de INBIOTEC (2015), posteriormente al alcantarillado seguido de cuencas hídricas, "sin tomar conciencia del daño que le ocasionamos al ambiente, sustancias que se van acumulando, y muchas de ellas son no biodegradables contribuyendo a empeorar el problema". (p.51).

Resulta pertinente plantear una investigación que permita evaluar en qué medida se encuentra contaminando estos residuos líquidos hospitalarios que son vertidos al acueducto que conduce hacia la planta de Tratamiento, determinar en qué grado de incumplimiento de la Norma TULSMA (2015), se encuentran tales residuos, como se verían afectados dichas cuencas hídricas.

De encontrarse los parámetros fuera de los niveles de especificación, se podrán sugerir medidas correctivas como una eliminación de residuos más adecuada por parte del personal que labora en cada servicio del Hospital. En razón de la anterior afirmación se ejecuta esta investigación, con el objetivo de evaluar patógenos en aguas residuales de hospitales.

Se adoptan en este trabajo, los aportes de Bassi & Moretton (2003), referidos al impacto en la salud pública de los residuos sólidos y los efluentes líquidos que provienen de los hospitales, ya evaluados en los últimos años en ámbitos científicos. Se destaca, como afirman Pruess, Moridis & Curtis (2011), la división de apoyo operacional en salud ambiental y el Centro Europeo de Salud Ambiental de la OMS han formado un grupo internacional para estudiar el problema de los residuos en los centros de salud en países en desarrollo.

En países como Argentina, se ha realizado estudios referentes a las aguas residuales de los hospitales como las características químicas, biológicas y toxicologías de dichas aguas, que muestran la existencia de patógenos en las aguas de los hospitales pese al uso de desinfectantes, según Paz, Gemini, Muzio & Magdaleno (2004).

Por último, los resultados obtenidos en la presente investigación, se comparan con los límites máximos permisibles de la Norma ecuatoriana de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes (2014), extrayendo las conclusiones y recomendaciones en el caso de estudio y asociado a los preceptos de Rubio, Redondo, Ruiz, Muñoz & Velázquez (2016).

1.2. Declaración del problema y preguntas científicas en la presente investigación

Los problemas asociados a los líquidos residuales generados en centros de salud, como bien aseveran los ya citados Paz, Gemini, Muzio, y Magdaleno (2004), han sido motivo de preocupación internacional debido al "peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales" (p.8).

En el Ecuador, no se ha prestado la debida atención al estudio de las aguas residuales de los hospitales y centros de salud, al verter directamente al sistema de alcantarillado, sin tomar en cuenta que estas aguas pueden tener gran cantidad de residuos químicos peligrosos y microorganismos patógenos capaces de permanecer latentes por largos periodos de tiempo.

A pesar de la existencia de literatura y fuentes de información especializada en monitoreos microbiológicos de efluentes hospitalarios y observatorios de prevención, no se evidencian herramientas, propuestas de instrumentos metodológicos orientados a caracterizar floras bacterianas y en especial los patógenos de efluentes residuales. Ello afecta la propuesta e planes de prevención y remediación microbiológica para unidades hospitalarias del Ecuador.

Rasgos comunes descubiertos en el diagnóstico ejecutado a unidades hospitalarias ecuatorianas se declaran, como son el desconocimiento de la composición de los efluentes, de la flora bacteriana y los patógenos prevalentes a nivel local; ausencia en los protocolos hospitalarios de instrumentos metodológicos para el monitoreo y adopción de acciones y programas preventivos infecciosos productos de las aguas residuales y su tratamiento; bajo nivel de seguridad en cuanto al tratamiento y disposición final de aguas residuales.

Relativo a las contradicciones dialécticas presentes en esta investigación, se citan la existencia de vertimientos de aguas residuales en unidades hospitalarias y la ausencia de programas de monitoreo de la flora bacteriana y tratamiento final; de la necesidad de establecer protocolos de contención a brotes infecciosos y la ausencia de instrumento metodológicos de monitoreo; de la necesidad de vincular a la academia con la sociedad y la oportunidad de diseñar, validar y sugerir generalización de instrumentos para las instituciones hospitalarias.

El problema científico a resolver es la ausencia de instrumento metodológico, para el efectivo monitoreo de los efluentes bacteriológicos de residuales en unidades hospitalarias ecuatorianas que permita caracterizar la flora bacteriana y así diseñar programas de contención a infección microbiológica.

De las preguntas científicas enunciadas, si es posible diseñar el instrumento metodológico para monitorear los efluentes de aguas residuales que permitan caracterizar la flora bacteriana y establecer programas de prevención y contención de infección microbiológica; de la factibilidad del instrumento metodológico en caso de estudio; del aporte del conocimiento del estado del arte en el campo de estudio de prácticas internacionales.

1.3. Objetivos y justificación

El objetivo científico alcanzado es diseñar instrumento metodológico, para el efectivo monitoreo bacteriológico de aguas residuales efluentes en unidades hospitalarias ecuatorianas que permita caracterizar la flora bacteriana y así diseñar programas de contención a infección microbiológica; demostrar la posibilidad en el diseño del instrumento metodológico para monitorear los efluentes de aguas residuales al establecer programas de prevención y contención de infección microbiológica; lograr validar el instrumento metodológico en caso de estudio; aportar del conocimiento del estado del arte en el campo de estudio de prácticas internacionales.

Se justifica esta investigación a partir de la conveniencia, expresada en el ámbito económico-social y de salud, puesto que resuelve necesidades en el orden preventivo al diseñar programas de prevención y contención de infecciones microbiológicas en unidades hospitalarias, a partir de implementar el instrumento metodológico de monitoreo. Ello implica disminución de costos hospitalarios, seguridad en la salud humana.

La relevancia social estriba que, al elevar la vigilancia de la flora bacteriana de efluentes de aguas residuales y observatorio del comportamiento microbiológico, se adoptan herramientas preventivas que garantizan salud social en instituciones hospitalarias. Los actores beneficiados son la sociedad ecuatoriana en conjunto, trabajadores de las instituciones hospitalarias, enfermos ingresados o ambulatorios.

Las implicaciones prácticas de esta investigación residen en la solución de transferir instrumento metodológico para el monitoreo y prevención de la flora bacteriana en efluentes de aguas residuales en instituciones hospitalarias. Ello, resuelve problemas de diversas naturalezas al optimizar recursos laborales, humanos, financieros y organizacionales, dirigidos a preservar la salud humana.

Del valor teórico contenido en esta investigación, se cita el propio instrumento metodológico revelado como herramienta de observatorio microbiológico, además de aportar el estado del arte en este campo de la gerencia empresarial. El aporte teórico radica en rellenar el hueco del conocimiento relativo a las herramientas e instrumentos de monitoreo de la flora bacteriana presente en los efluentes de aguas residuales en unidades hospitalarias, lo que permite adecuar programas de prevención a infecciones.

El valor o novedad teórica reside en aplicar en el campo específico de unidades hospitalarias ecuatorianas este instrumento metodológico, validado en el caso de estudio. Por ello, la utilidad metodológica versa al sugerir la generalización al resto de unidades hospitalarias, atendiendo a sus particularidades locales propias. Se ha demostrado la factibilidad de aplicar la investigación durante el diseño y validación del instrumento metodológico, todo ello bajo las normas legales existentes.

2. Metodología

La presente investigación declara su carácter científico, pues se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas de corte científico. Así se aplican técnicas de análisis microbiológicos al caracterizar las tipologías de patógenos a las aguas residuales y así poder establecer medidas de contención, lineamientos para el manejo adecuado de vertidos y mecanismos de evaluación de la toxicidad en unidades hospitalarias ecuatorianas.

2.1. Tipos de estudios adoptados

Se adoptan y declaran estudios de tipo exploratorio, pues el objetivo o tema a investigar es poco estudiado y no ha sido abordado con la profundidad requerida con anterioridad. Se evidencia bajos niveles de fuentes referenciales en el Ecuador sobre este campo investigativo, de la existencia de instrumentos metodológicos orientados a monitorear la flora bacteriana proveniente de las aguas residuales en unidades hospitalarias. Así, el estudio permite aumentar el grado de familiaridad con este problema poco estudiado en el contexto local, a partir del caso de estudio ejecutado.

Este instrumento metodológico identifica conceptos y variables que permiten establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones en cuanto a la adecuación de instrumentos de monitoreo de patógenos en efluentes de unidades hospitalarias. La gestión informacional ejecutada, revela que existen nichos no investigados acerca de creación de instrumentos metodológicos a generalizar en unidades hospitalarias ecuatorianas para la determinación de la toxicidad y flora bacteriana a partir de los residuales generados.

Énfasis en esta investigación en el marco metodológico, que a tenor de (Hurtado & Toro, 2007, p.90), "el diseño del marco metodológico constituye la medula de la investigación, se refiere al desarrollo propiamente del trabajo investigativo" (p.90). El estudio de tipo descriptivo, se aplica a tenor de los postulados de (Hernández, Fernández & Baptista, 2009) donde "la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice" (p.119).

Así, se especifica el algoritmo de ejecución, revelado en fases y acciones del instrumento de monitoreo, rasgos de esta propuesta metodológica al caracterizar la flora bacteriana existentes, sus peligros y acciones de contención, de tal manera es posible evaluar dimensiones y componentes del problema científico.

Referido al estudio explicativo, se logra desbordar la mera descripción de conceptos y fenómenos asociados al paradigma microbiológico, estableciendo relaciones entre estos a partir del instrumento diseñado y validado, propuesto como herramienta de monitoreo preventiva. De tal manera, pueden responderse o explicarse enfoques y visiones desde disímiles campos de estudio, como es el económico, social, salud.

Se clasifica esta investigación como proyecto factible tipo propuesta. Se pretende solucionar problemas, requerimientos y necesidades a un problema específico, al diseñar, validar e implementar esta herramienta expresada como instrumento metodológico a ser generalizado en unidades e instituciones hospitalarias del Ecuador.

Referido a la factibilidad de realización de esta investigación y asociado al proyecto factible a tenor de Arias (2006), el cual señala que "se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización" (p.134).

El estudio de caso o de campo es declarado y ejecutado a tenor de los presupuestos de Roldan (2000), en calidad de análisis sistemático de problemas con el propósito de detallarlos, explicar sus causas y efectos, entender su naturaleza y los factores contribuyentes y predecir su ocurrencia en el propio medio donde se suscitan los eventos investigados.

Así, se revela en esta investigación al diseñar, validar e implementar en instrumento metodológico para la caracterización de la flora bacteriana proveniente de aguas residuales hospitalarias en instituciones de esta naturaleza en el Ecuador. Para tales fines es validado el instrumento en caso de estudio, ejecutando el diseño del experimento, capacitar a los actores encargados; evaluar resultados; discutir los significados y mejoras a realizar como proyecto perfectible.

2.2. Métodos científicos declarados en la investigación

Asociado al conjunto de técnicas y procedimientos empleados para producir conocimiento, -los métodos científicos-, se mencionan el método de análisis y síntesis bibliográfico de las fuentes estructuradas y no estructuradas, logrando conocer y contextualizar las mejores prácticas y estado del arte del campo de estudio y en específico del problema científico; método de consulta a expertos, al apelar a especialistas que evacuen las dudas y permitan reorientar el experimento, que provean del criterio de validez de la propuesta del conocimiento; método de las contradicciones dialécticas, lo que permite descubrir la génesis del problema científico y los elementos conflictuales que en ellos se revelan, desmembrando los efectos y razones.

Se menciona además el método empírico al apelar a herramientas como son la observación científica, las encuestas y entrevistas a los actores involucrados. Se adicionan el método del enfoque sistémico, permitiendo enlazar, relacionar de manera ínter e intra-disciplinar los procesos implícitos en la propuesta metodológica, adoptando las relaciones y prácticas dependientes entre estos. Se declara el método estadístico matemático al calcular tamaño muestral, apelar a la NTE INEN 2169 (2013) y método de análisis y buenas prácticas de laboratorio a partir de Severiche, Castillo & Acevedo (2013).

3. Resultados

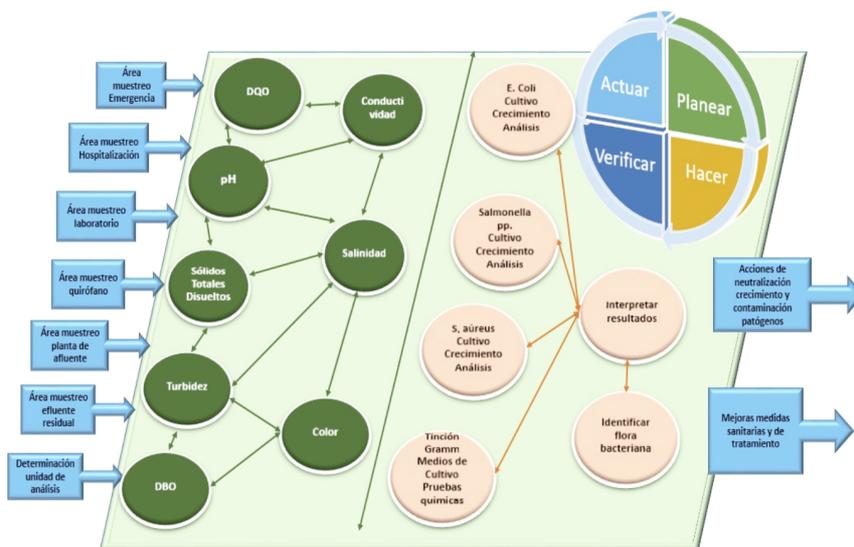
Este instrumento de monitoreo, validado en caso de estudio y sugerido a socializar al resto de unidades hospitalarias a través de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, responde al carácter de vincular la academia con las necesidades de la sociedad ecuatoriana. Por ello, todo el procedimiento metodológico puede ser descargado y estudiado según Escudero & Córdoba (2018).

3.1. Desarrollo del instrumento

Esta investigación, de tipo cuasiexperimental transversal, vincula la relación entre el crecimiento de organismos patógenos y la temperatura, donde la unidad de análisis resulta el efluente residual generado por unidades médicas. Es asumido la estacionalidad del experimento según los meses asumidos y las áreas a muestrear resultan son Emergencia; Hospitalización; Laboratorio; Quirófano; Planta de afluente; Planta tratamiento y efluente residual.

Los procedimientos asociados al cálculo del tamaño muestral, selección de la muestra, ejecución del muestreo, determinación de parámetros in situ, conservación, transporte y almacenaje se visualiza en Escudero & Córdoba (2018). El instrumento desde la visión metodológica se visualiza en la Figura 1.

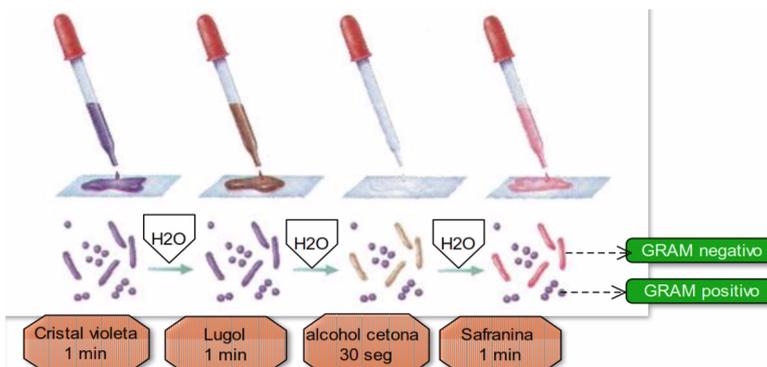
Figura 1
Instrumento para el monitoreo de efluentes residuales en hospitales



Fuente. Autores

Son descritas las técnicas de ejecución para cada uno de los análisis químicos, enfatizando en la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno y determinación de la demanda química del oxígeno disuelto. Referido a la obtención y aislamiento de microorganismos en el laboratorio, es descrito cada paso, desde la preparación de medios de cultivo, el recuento en placas y diluciones seriadas según muestra el Anexo I. De destaca de la minuciosa preparación del medio de cultivo, la siembra para patógenos del tipo E. Coli; Salmonella spp.; S. aúerus. Referido a las pruebas de la Tinción de Gram o técnica de coloración, se adoptan las prácticas de los investigadores Tortora, Funke & Case (2007) ilustrado según indica Figura 2.

Figura 2
Explicación e interpretación de la prueba de Gramm o de tinción



Fuente: Autores

Paz, M.; Gemini, V.; Muzio, H.; Magdaleno, A. (2004): *Agua residual de un centro hospitalario de Buenos Aires, Argentina: características químicas, biológicas y toxicológicas*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/228912200_Aguas_residuales_de_un_centro_hospitalario_de_Buenos_Aires_Argentina_caracteristicas_quimicas_biologicas_y_toxicologicas

Pruess, K.; Moridis, G.J.; Curtis M. O. (2011): *TOUGH2 User's Guide*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/297578752_TOUGH2_User's_Guide

Roldan G., J. L. (2000): *Cómo elaborar un proyecto de investigación*. Universidad de Valladolid. España. Recuperado de: https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/429/52504/1/Documento.pdf

Rubio, V.; Redondo, S.; Ruiz, G.; Muñoz, M.F.; Velázquez, A. (2016): *Urgencias hospitalarias asociadas al consumo de hipnóticos y sedantes, Castilla y León, 2009-2013*. Revista Española de Salud Pública. 2016; Vol. 90; 25 de octubre e1-e12. Recuperado de: http://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL90/ORIGINALES/RS90C_VRG.pdf

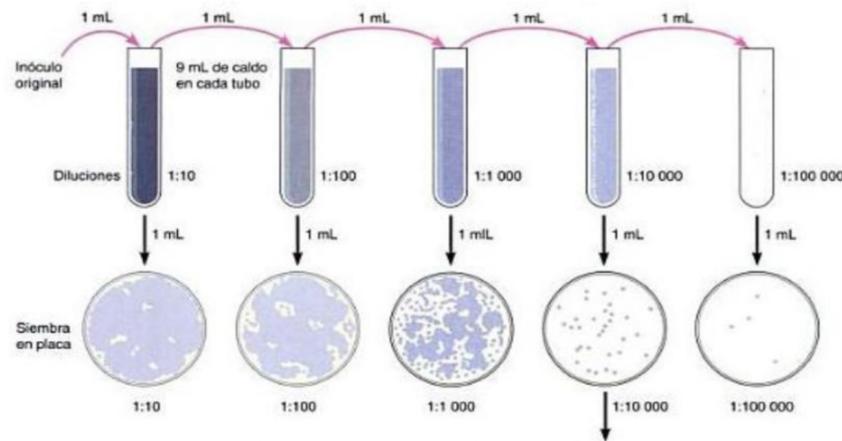
Severiche, C.A.; Castillo, M. E.; Acevedo, R. L. (2013): *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/270891753_MANUAL_DE_METODOS_ANALITICOS_PARA_LA_DETERMINACION_DE_PARAMETROS_FISICOQUIMICOS_BASICOS_EN_AGUAS_En_Espana_2013_eumednet_ISBN_ISBN-13_978-84-1577_v_0_pags_101_httpwwwweumednetlibros-gratis2013a1326in/download

Torres, G. E.; Gil S., J. A. (2018): *Propuesta para el sistema de tratamiento de aguas residuales en la E.S.E hospital departamental universitario del Quindío San Juan De Dios*. Fundación Universidad América. Recuperado de: <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6761>

Tortora, G., Funke, B.; Case, C. (2007): *Introducción a la microbiología*. Madrid: MEDICA PANAMERICANA S.A. Recuperado de: <https://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/4255/Introduccion-a-la-Microbiologia.html>

Verlicchi, P.; Petrovic, M.; Galletti, A.; Barcelo, D. (2010): *Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options*. Journal of Hydrology, 389, pp. 416-428. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/223433493_Hospital_Effluents_as_a_Source_of_Emerging_Pollutants_An_Overview_of_Micropollutants_and_Sustainable_Treatment_Options

Anexos



1. Investigadora. Facultad de Ciencias Químicas. Carrera Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. ORCID: 0000-0003-3007-7554. Correo: maysita8@hotmail.com
2. Docente-Investigador. Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud. Universidad Técnica de Machala. Ingeniero Químico. Magíster en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial. ORCID: 0000-0002-5474-430X. Correo: wleon@utmachala.edu.ec
3. Docente-Técnico coordinación de admisión y nivelación. Universidad nacional de Chimborazo. Ingeniero Químico. ORCID: 0000-0002-7834-276X. Correo: dennis.manzano@unach.edu.ec
4. Técnica Docente-Investigadora. Unidad de Admisión y Nivelación. Escuela Politécnica Superior de Chimborazo. ORCID: 0000-0001-5221-1326 Correo: fadua.minga@epoch.edu.ec
5. Docente-Investigador, Ingeniero químico. Maestría en Ingeniería Química Aplicada. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. ORCID: 0000-0001-7405-1183 Correo: jjazs@hotmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 41 (Nº 17) Año 2020

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

revistaESPACIOS.com



This work is under a Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International License