



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las  
aguas residuales domésticas con humedales artificiales de  
macrófitas emergentes**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Incio Rivera, Paola Jhandyrha (ORCID: 0000-0002-8893-0936)

Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus (ORCID: 0000-0002-7776-8304)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedicamos esta investigación a nuestras familias, por todo el apoyo emocional, económico y brindarnos la oportunidad de crecer personalmente y académicamente. De igual forma, a los docentes académicos de la escuela de Ingeniería Ambiental quienes nos brindaron todos sus conocimientos y sabiduría. Finalmente, dedicamos este logro a nuestros abuelos: Pablo Incio Ignacio y José Eusebio Rodríguez Sánchez, no es fácil aceptar su ausencia, pero su recuerdo es grato para nuestra memoria.

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos la fuerza y voluntad para seguir adelante, durante los obstáculos de la vida, académicos y profesionales. También agradecemos a nuestras familias por todo su apoyo incondicional en nuestras decisiones, por confiar en nuestro juicio y capacidad para convertirnos en profesionales. Finalmente, agradecemos a la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo y a nuestro asesor académico Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por su paciencia y apoyo incondicional para que esta tesis sea realizada.

## Índice de Contenidos

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Dedicatoria.....                                            | ii   |
| Agradecimiento .....                                        | iii  |
| Índice de contenidos .....                                  | iv   |
| Índice de tablas .....                                      | v    |
| Índice de figuras.....                                      | vi   |
| RESUMEN .....                                               | vii  |
| ABSTRACT.....                                               | viii |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                        | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                     | 4    |
| III. METODOLOGÍA .....                                      | 14   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                   | 14   |
| 3.2. Variable y operacionalización.....                     | 14   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                    | 15   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: ..... | 16   |
| 3.5. Procedimientos .....                                   | 19   |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                       | 25   |
| 3.7. Aspectos éticos.....                                   | 26   |
| IV. RESULTADOS.....                                         | 27   |
| V. DISCUSIÓN .....                                          | 65   |
| VI. CONCLUSIONES .....                                      | 70   |
| VII. RECOMENDACIONES .....                                  | 72   |
| REFERENCIAS .....                                           | 73   |
| ANEXOS.....                                                 | 82   |

## Índice de tablas

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Clasificación de las aguas residuales (OEFA, 2014).....                                           | 4  |
| Tabla 2: Clasificación de los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales (Su et al., 2019)..... | 5  |
| Tabla 3: Clasificación de las plantas acuáticas.....                                                       | 8  |
| Tabla 4: Parámetros removidos en los humedales artificiales.....                                           | 10 |
| Tabla 5: Expertos en consulta para la validación de instrumentos.....                                      | 17 |
| Tabla 6: Validación de instrumentos.....                                                                   | 18 |
| Tabla 7: Estrategia de Búsqueda.....                                                                       | 22 |
| Tabla 8: Evaluación de la eficiencia de remoción de DBO.....                                               | 60 |
| Tabla 9: Evaluación de la eficiencia de remoción de DQO.....                                               | 61 |
| Tabla 10: Evaluación de la eficiencia de remoción de SST.....                                              | 63 |

## Índice de figuras

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Tipos de humedales de flujo subsuperficial (Rabat, 2016).....                                     | 7  |
| Figura 2. Proceso de eliminación de contaminantes en un humedal de flujo subsuperficial (Rabat, 2016).....  | 11 |
| Figura 3. Procedimientos de la revisión sistemática y meta-análisis.....                                    | 20 |
| Figura 4. Diagrama de Venn de las bases de datos utilizadas en la revisión sistemática y meta-análisis..... | 23 |
| Figura 5. Etapas de obtención de investigaciones relevantes para el meta-análisis.....                      | 27 |
| Figura 6. Meta-análisis del porcentaje de remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO).....            | 56 |
| Figura 7. Meta-análisis del porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO).....              | 57 |
| Figura 8. Meta-análisis del porcentaje de remoción los sólidos suspendidos totales (SST) (%).....           | 58 |
| Figura 9. Porcentaje de remoción de DBO.....                                                                | 59 |
| Figura 10. Porcentaje de remoción de DQO.....                                                               | 61 |
| Figura 11. Porcentaje de remoción de SST.....                                                               | 63 |

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar mediante revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. La investigación fue de enfoque cuantitativo, con un nivel descriptivo y de diseño no experimental. Para la recolección de la información se utilizó las bases de datos Web of Science y Scopus en el periodo de enero de 2010 hasta septiembre de 2020. Asimismo, se evaluaron los parámetros como pH, conductividad eléctrica, temperatura, DBO, DQO y SST. Los resultados mostraron que las condiciones operacionales trabajadas por los autores son la especie utilizada, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal (densidad de las macrófitas) y el tiempo de retención (expresado en días). Los valores más representativos de la eficiencia de remoción para la DBO, DQO y SST, fueron del 93%, 92% y 81%, respectivamente. Finalmente, se concluye que los humedales artificiales de macrófitas emergentes son eficientes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

**Palabras claves:** humedales artificiales, macrófitas emergentes, aguas residuales domésticas, meta-análisis

## **Abstract**

The objective of this research was to evaluate the efficiency of artificial wetlands with emergent macrophytes for the treatment of domestic wastewater by means of a systematic review and meta-analysis. The research had a quantitative approach, with a descriptive and non-experimental design. The Web of Science and Scopus databases were used to collect information from January 2010 to September 2020. Likewise, parameters such as pH, electrical conductivity, temperature, BOD, COD and TSS were evaluated. The results showed that the operational conditions worked by the authors are the species used, substrate composition, preliminary treatments, wetland area, plant population (density of macrophytes) and retention time (expressed in days). The most representative values of removal efficiency for BOD, COD and TSS were 93%, 92% and 81%, respectively. Finally, it is concluded that the artificial wetlands of emergent macrophytes are efficient for the treatment of domestic wastewater.

**Keywords:** constructed wetlands, emerging macrophytes, domestic wastewater, meta-analysis



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento demográfico a nivel mundial ha ocasionado el consumo masivo y agotamiento de los recursos naturales. Un recurso indispensable es el agua, el cual se requiere para el desarrollo de la vida y las actividades diarias de la sociedad. Asimismo, la mala gestión y falta de cuidado de este recurso se ha convertido en un problema, para su acceso y tratamiento después de su uso. De la misma forma, los problemas relacionados a la contaminación ambiental no han sido la excepción, ya que el vertimiento de las aguas residuales ha intensificado sus efectos.

En el Perú, casi al 70% de las aguas residuales no se le realizan ningún tipo de tratamiento, y la contaminación del agua se encuentra a niveles primarios, secundarios y terciarios. Asimismo, es de interés público conocer que, hasta el 2015, solo se utilizó el 30% de los fondos totales para la inversión destinada al tratamiento de las aguas residuales (Lissarrague, 2015). Ante esta problemática, se realizó una revisión sistemática de la eficiencia de los humedales artificiales de macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Por consiguiente, en la presente investigación se utilizó el meta-análisis, el cual se describe como una revisión sistemática cuantitativa, en el que se realiza un análisis estadístico con datos numéricos (Aguilera, 2004). Asimismo, también se define como el análisis estadístico de la recolección estructurada de resultados procedentes de estudios primarios o individuales, en el que se integran los hallazgos obtenidos para responder a una pregunta de investigación (Manterola et al., 2013). Por ende, se pretende alcanzar el estimador puntual en base a la recopilación de investigaciones primarias, es decir experimentales, para la posterior obtención de información global de los resultados aportados por cada uno de ellos.

En el presente trabajo de investigación se formuló como **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas?, y sus respectivos **problemas específicos**: ¿cuál es el número de investigaciones que

hacen uso de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas según la base de datos?, ¿Cuáles son las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas utilizadas en los estudios?, ¿Cuáles son las condiciones operacionales de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas? y ¿Cuál es la técnica más favorable para obtener resultados concluyentes de acuerdo a la cantidad de investigaciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes?.

Como justificación del estudio, se busca contribuir con la amplia información disponible en la literatura respecto al tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes. Puesto que, en la actualidad existe una gran cantidad de investigaciones primarias que están representadas en los medios digitales. Sin embargo, la información es colosal y requiere de una búsqueda exhaustiva para evitar posibles sesgos y posteriormente, realizar una revisión sistemática, para sintetizar los resultados con la técnica del meta-análisis. De esta manera, se integra la información recopilada de diversos autores y se dispone la información a los investigadores para que las futuras generaciones puedan tomar medidas eficientes ante esta problemática socioambiental que tiene repercusiones en la economía de una nación.

Los objetivos de la presente investigación fueron planteados en el marco de la revisión sistemática y metaanálisis, es decir se pretende alcanzar estos objetivos mediante el análisis de los resultados obtenidos de las investigaciones incluidas acerca del tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes

De acuerdo al problema planteado, se planteó como **objetivo general**: Determinar la eficiencia de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, y los siguientes **objetivos específicos**: Identificar el número de investigaciones que hacen uso de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas según la base de datos; definir las

características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas utilizadas en los estudios; establecer las condiciones operacionales de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de aguas residuales domésticas; y finalmente, Identificar la técnica más favorable para la obtención de resultados concluyentes de acuerdo a la cantidad de investigaciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes.

En la presente investigación se estableció como **hipótesis** que el uso de humedales artificiales de macrófitas emergentes tiene mayor eficiencia de remoción de la DBO, DQO y SST en el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

## II. MARCO TEÓRICO

Las aguas residuales son volúmenes de agua que se encuentran mezcladas con diversas sustancias, cuyas características originales han sido alteradas por las actividades antrópicas (OEFA, 2014). Por ende, requieren ser tratadas antes de ser reusadas o reincorporadas a los cuerpos hídricos como ríos, lagunas, estanques, mar, etc. o vertidas al sistema de alcantarillado. Asimismo, el OEFA clasifica a las aguas residuales en industriales, domésticas y municipales (Tabla 1).

**Tabla 1: Clasificación de las aguas residuales (OEFA, 2014).**

| Tipo de agua residual | Descripción                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Industrial            | Proviene de las actividades industriales, como la minería, energética, manufactura, agricultura, entre otras. En base a los procesos que sean sometidos pueden variar sus contaminantes y concentración de materia orgánica. |
| Domésticas            | De origen urbano y comercial, generalmente recolectadas por los sistemas de alcantarillado, contienen desechos humanos, fisiológicos y un grado menor de residuos sólidos.                                                   |
| Municipales           | Corresponde a las aguas residuales domésticas, mezcladas con las de origen industrial (previamente tratadas) o con las aguas pluviales.                                                                                      |

En relación a ello, OMONDI (2017) evaluó la eficiencia de las incrustaciones de estanques de pulido de aguas residuales dominadas por macrófitos para influir en la abundancia, supervivencia y patogenicidad de las heces (bacterias patógenas); demostrando así, que estos sistemas proporcionan una reducción de más del 95% de las formas patógenas de *Escherichia coli*.

Existen sistemas de depuración que emplean a elementos de la naturaleza

para su funcionamiento, logrando así reducir o eliminar las sustancias contaminantes que contienen las aguas residuales, de tal manera que no se requiere el uso de energía o sustancias químicas para el tratamiento (Serrano, Corzo y Hernández, 2008)

He et al. (2018) utilizaron un sistema híbrido de un humedal construido con especies vegetativas: *Canna indica L.*, *Juncus effusus L.* y *Scirpus validus*; demostrando que se eliminó en promedio el 59% de la demanda química de oxígeno (DQO), 82.8% de fósforo total (TP), 57.7% de nitrógeno total (TN) y 79.2% de iones de amonio ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ). De igual modo, Tang et al. (2017), demostraron que los macrófitos acuáticos pueden funcionar como un filtro de nutrientes eficientes. Similarmente, Su et al. (2019) compararon la capacidad de nueve especies diferentes de las plantas para eliminar (TP) y (TN) de las aguas residuales, en las cuales destacaron las especies: *Salvinia Natans* y *Ipomoea aquatica*. Por ende, los mismos autores clasifican a los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales en base a la aplicación del agua en el terreno o los procesos que suceden en la masa de agua (Tabla 2).

**Tabla 2: Clasificación de los sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales (Su et al., 2019).**

| Sistema natural de tratamiento de aguas residuales                       |                                                                |                                                        |                  |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|
| Basados en la aplicación del agua en el terreno                          |                                                                | Basados en los procesos que suceden en la masa de agua |                  |                                         |
| Aplicación subsuperficial                                                | Aplicación superficial                                         | Sistemas con plantas flotantes                         | Lagunaje natural | Humedales construidos flujo superficial |
| Zanjas y lechos filtrantes<br>Humedales construidos flujo subsuperficial | Filtros verdes<br>Infiltración-percolación<br>Filtros de arena |                                                        |                  |                                         |

Asimismo, cabe señalar que el tratamiento de las aguas residuales consiste en hacer pasar el agua contaminada de origen doméstico, industrial o municipal, a través de zonas húmedas (en algunos casos artificiales). En este mismo ambiente se realizan procesos físicos, químicos y biológicos, teniendo como producto final los efluentes depurados (Rabat 2016a).

Salgado et al. (2018) aumentaron el rendimiento de los sistemas de tratamiento en humedales artificiales, mediante la aplicación de rizobacterias. Se concluyó que estos microorganismos biorremediadores nativos son el pilar fundamental para la eliminación de la materia orgánica, amonio y fosfato, con reducciones promedio de 100%, 70% y 55%, respectivamente.

Para HOFFMANN, HEIKE Y PLATZE (2011) los humedales artificiales son sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para imitar el funcionamiento de depuración de los humedales naturales, en los que se encuentran en constante interacción con la vegetación, el suelo y las poblaciones microbianas. En efecto, se ha convertido en un método que presenta efectividad, rentabilidad y accesibilidad, ya que no necesita de una tecnología avanzada.

Zhao (2016) determinó que la actividad que realizan los humedales van de acuerdo a varios factores físicos como la temperatura, pH, distribución del tamaño de la partícula del suelo, entre otros. Además, se realiza el intercambio catiónico a través de cambios químicos estimulados por las plantas en la rizosfera, que también actúan como filtros, eliminando las partículas de suspendidas en el agua. Para Dhir et al. (2009), el grado de absorción depende de las especies de plantas empleadas para la depuración, por ejemplo, en la aplicación de las especies de *Eichhornia crassipes*, *Scirpus maritimus*, *Scirpus robustus* y la *Pistia stratiotes*, se evidenció la remoción de contaminantes como el Selenio (Se), hierro (Fe), manganeso (Mn), fósforo (P) y nitrógeno (N), respectivamente. Según Parthasarathy y Narayanan (2014), el *Phragmites* comúnmente llamados juncos, que contribuyen al proceso de limpieza de las aguas residuales, aumentando la permeabilidad y porosidad del sustrato, creando micrositios con condiciones reductoras al liberar oxígeno de las raíces. Asimismo, un humedal construido utilizando *P. karka* y *E. crassipes* presenta resultados eficientes en la remoción de la DQO, DBO, materia orgánica, sólidos suspendidos totales y fósforo (Said, 2020).

Los humedales artificiales se clasifican según el tipo de macrófitas utilizadas para el tratamiento o también en cuanto a la dirección del movimiento del agua. Siendo esta última divisible en dos subclasificaciones, en base al flujo de circulación del agua: flujo superficial y flujo subsuperficial (Samson 1998).

Serrano y Corzo Hernández (2008) clasifican a los humedales artificiales según su flujo de circulación:

- **Humedales de flujo superficial**, son aquellos donde el agua se expone directamente a la atmósfera y presenta mayor efectividad en aguas residuales previamente tratadas.
- **Humedales de flujo subsuperficial**, son aquellos en donde el agua circula de forma subterránea por un sustrato granular y está en contacto con la rizosfera. Además, cabe resaltar que este tipo de humedal puede ser de flujo horizontal o vertical.

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical (Figura 1a) reciben las aguas a tratar en la superficie y van infiltrándose hasta llegar al fondo del lecho. Por lo contrario, en los humedales de flujo subsuperficial horizontal las aguas a tratar ingresan de manera horizontal sobre la superficie del lecho (Figura 1b), se puede dividir en 3 zonas: Zona de entrada, el cuerpo principal del lecho y la zona de salida del efluente (Rabat 2016b).

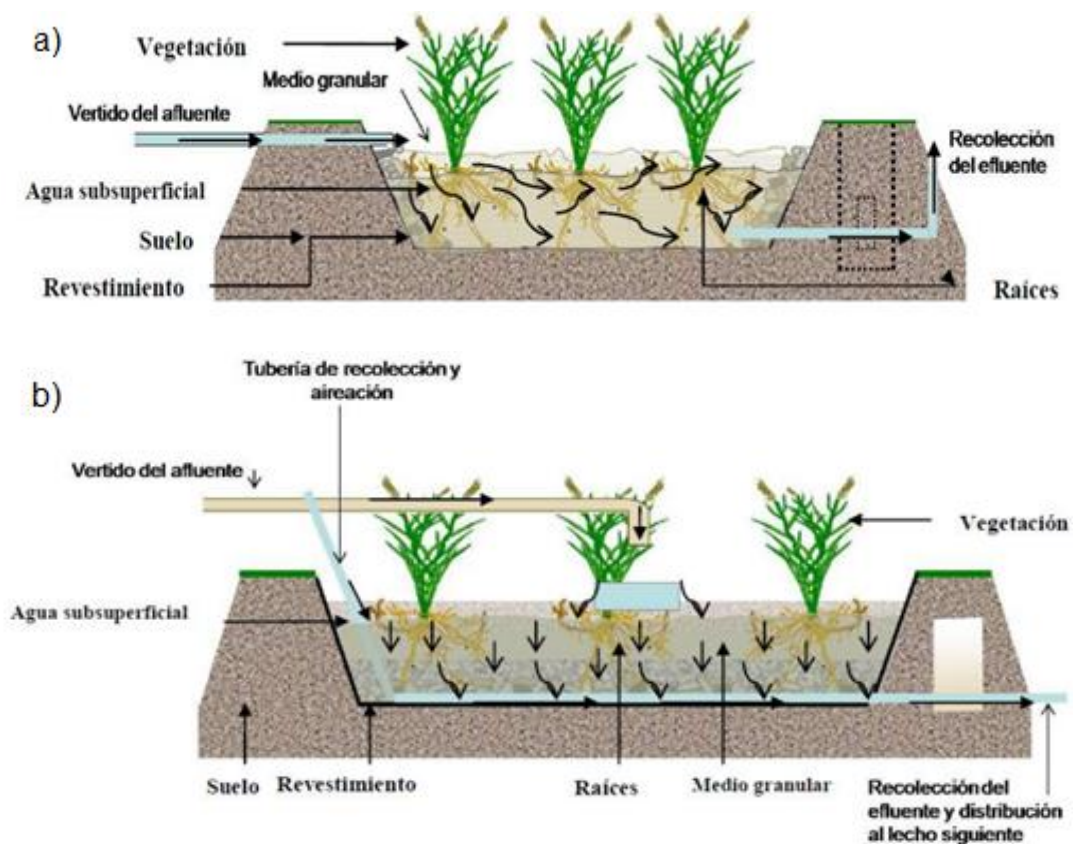


Figura 1. Tipos de humedales de flujo subsuperficial (Rabat, 2016).

De las misma manera, existen diversas estructuras que se asemejan y operan igual que los humedales artificiales. Al respecto, Solanki et al. (2017) diseñaron un sistema flotante en balsa; demostrando así, que esta tecnología es rentable y de naturaleza ecológica, ya que no requiere de un continuo mantenimiento y la aplicación de insumos iniciales. Al mismo tiempo, Guo et al. (2017) tasaron la eficiencia de los humedales construidos con flujo de marea; de tal manera, que se redujó el DQO y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en un 53% y 93%, respectivamente. Asimismo, Wu et al. (2019) concluyeron que los factores ambientales actuales influyen en la adaptación local de las macrofitas en las diversas estructuras de depuración de aguas residuales.

**Macrófitos acuáticos**, son aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes (Cirujano, 2011). Por ende, Gomez y Lordan (2017) consideran pertinente la clasificación de los macrófitos en la Tabla 3 para la clasificación de las plantas acuáticas:

**Tabla 3: Clasificación de las plantas acuáticas.**

| <b>Clasificación de los macrófitas</b> | <b>Plantas acuáticas emergentes</b>                                                                                                                                                     | <b>Plantas acuáticas flotantes</b>                                                                                                                              | <b>Plantas acuáticas sumergidas</b>                                                                  |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Especies</b>                        | <i>Papyrus</i> ( <i>Cyperus papyrus</i> ), carrizo ( <i>phragmites australis</i> ), los juncos ( <i>Scirpus sp</i> , <i>Juncus sp</i> ), la Totorá ( <i>Schoenoplectustotora</i> , etc. | Jacinto de agua o Lirio acuático ( <i>Eichornia crassipes</i> ), la Lechuga de agua ( <i>pistra stratiotes</i> ), lenteja de agua ( <i>Lemna minnor</i> ), etc. | milfoil de agua ( <i>Myriophyllum spicatum</i> ), la hydrilla ( <i>Hydrilla verticillata</i> ), etc. |
| <b>Características</b>                 | Sus tallos y hojas emergen fuera del agua y viven en aguas poco profundas                                                                                                               | Sus raíces cuelgan en el agua y no se fijan en el sustrato.                                                                                                     | Viven bajo la superficie del agua.                                                                   |



Rocha et al. (2019) evidenciaron que los macrófitos tienen un papel reconocido en la estructuración del ecosistema y una posición importante en las interacciones de las cascadas tróficas. De la misma manera, Schneider (2018) demostró que los macrófitos acuáticos, son de gran importancia ecológica y son comunidades sensibles a las variaciones del ambiente, debido a la presencia de la actividad humana.

Por lo cual, Giosa, Mammides y Zotos (2018) ratificaron que los humedales artificiales tienen el potencial de desempeñar un papel complementario en la conservación de las aves; convirtiéndolos así en ecosistemas de gran importancia al igual que los humedales naturales.

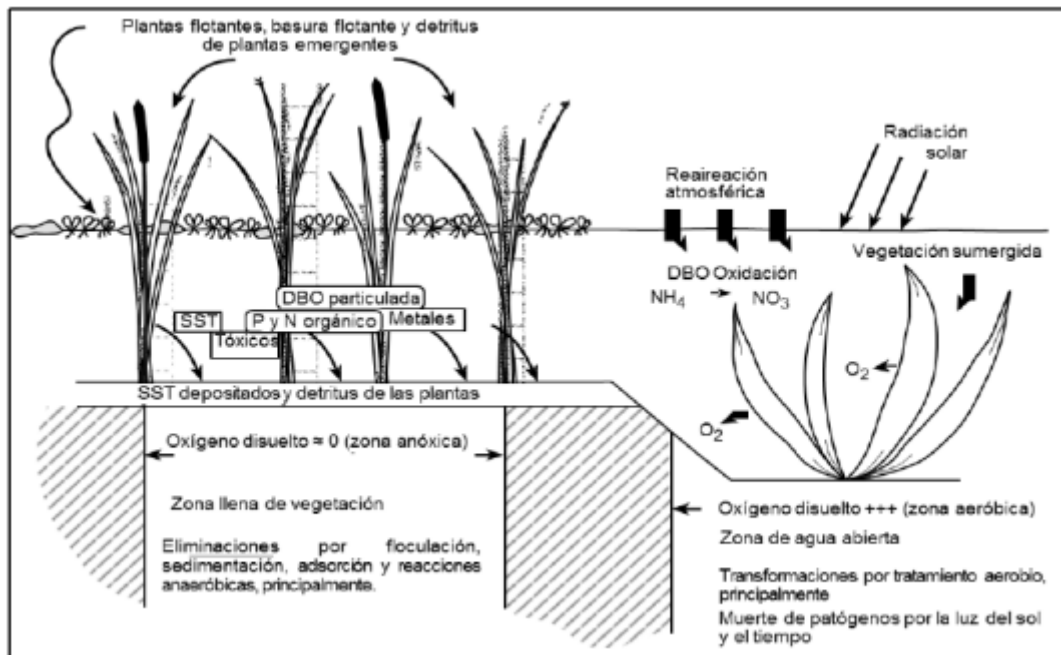
Los humedales con macrófitos flotantes o sumergidos forman ecosistemas complejos, que se forman a partir de componentes biológicos y físicos. Liu (2020) concluyó que el componente biológico está conformado por las películas bacterianas unidas con las hojas, tallos y las raíces. Los cuales son componentes insustituibles de la producción primaria de los humedales. Corroborando dicha investigación en un antecedente previo se identificó que entre las comunidades bacterianas se tienen a las cianobacterias, plactomicetos, etc. Asimismo, se deben de considerar a las actividades realizadas por las algas, que se adhieren en los biofilms unidos a las macrófitas, representando una ventaja competitiva para la adquisición de nutrientes del agua y de los tejidos vegetales (Han, 2018).

Los humedales artificiales (teniendo en cuenta el tipo de plantas depuradoras utilizadas) están diseñados y construidos para la reducción o eliminación de la materia en suspensión, materia orgánica, nutrientes (fósforo y nitrógeno) y metales pesados. Sin embargo, actualmente los procesos donde se eliminan los nutrientes se consideran ya como convencionales, debido a que la eliminación de microorganismos fecales está próximo a ser un objetivo generalizado (SERRANO y CORZO, 2008). Al respecto, los mismos autores plantean la Tabla 4, para una mayor explicación de los parámetros que son *tratados en los humedales artificiales*.

**Tabla 4: Parámetros removidos en los humedales artificiales.**

| <b>Mecanismos de eliminación de los contaminantes</b>         |                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Materia en Suspensión</b><br>(sólidos suspendidos totales) | Realizado a través de la sedimentación de los sólidos. Debido a la reducción de la velocidad del agua, producto del contacto con la rizosfera de las macrófitas y el sustrato. |
| <b>Materia Orgánica</b><br>(DBO y DQO)                        | Es un proceso complejo en el que interactúa la actividad microbiana con los productos de los procesos físicos y químicos.                                                      |
| <b>Nitrógeno (N)</b>                                          | La eliminación se realiza por la actividad microbiana (nitrificación y posteriormente la desnitrificación).                                                                    |
| <b>Fósforo (P)</b>                                            | La remoción puede ser de tipo biótico (plantas y microorganismos) y abiótico (adsorción por el medio granular).                                                                |
| <b>Patógenos</b>                                              | Depende de diversos factores, en su mayoría de la adsorción, filtración y depredación.                                                                                         |
| <b>Otros contaminantes</b>                                    | Metales pesados, tensioactivos, productos farmacéuticos, etc.                                                                                                                  |

En resumen los procesos de depuración que se llevan a cabo humedales artificiales de flujo subsuperficial son:



**Figura 2. Proceso de eliminación de contaminantes en un humedal de flujo subsuperficial (Rabat, 2016).**

La eliminación de los SST se realiza por sedimentación, donde la materia en suspensión (generalmente de origen orgánico) decantan por efecto de la gravedad. También se puede realizar por filtración al pasar las aguas residuales a través del sustrato, de la rizosfera y la vegetación. En los humedales de flujo subsuperficial la remoción de la SST se da mayoritariamente en la zona de entrada de los humedales, por tres motivos: la baja velocidad del agua, la fuerza de adhesión entre las partículas y la constricción del flujo producidas por la rizosfera.

Elfanssi et al. (2018) utilizaron a la macrófita *Phragmites Australis* en humedales artificiales híbridos. Donde se obtuvo como resultados, la eliminación de sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la demanda química de oxígeno (DQO), el nitrógeno total y el fósforo total, fueron respectivamente del 95%, 93%, 91%, 67% y 62%. Similarmente, Gallegos et al. (2018) emplearon a la macrófita *Sagittaria latifolia* para la remoción de SST, DBO<sub>5</sub> y DQO fue de 94%, 97% y 96%, respectivamente. Asimismo, Tilak et al. (2016) utilizaron macrófitas combinadas de: *Pistia*, *thypa latifolia*, *Cymbopogon*

*Citratus*; para la remoción de SST, DQO, TN y TP, teniendo como resultados respectivamente del 74%, 42%, 39% y 41%.

Muvea y Ogendi (2019) estimaron la eliminación de nutrientes, mediante dos humedales artificiales; determinando que la *Azolla pinnata* es mejor que *Lemma minor* en la absorción de fósforo reactivo soluble ( $F=35.18$ ,  $P=0.044$ ). De igual forma, Prajapati et al. (2017) emplearon humedales de tratamiento de flotación para la remoción de contaminantes; demostrando que la planta *P. stratiotes* es la más potencial, ya que eliminó amonio (70%) y nitrógeno total (59%). Similarmente, Norbert y Sanogo (2016) examinaron el comportamiento de dos macrófitas flotantes; obteniendo como resultado que el jacinto de agua tiene un mayor potencial depurativo que la lechuga de agua, ya que redujo la DQO y DBO en 82.45% y 84.91%, respectivamente.

Saraswat et al. (2018) evaluaron la eliminación de Zn, Cr, Cd y Pb, mediante macrófitas acuáticas. Donde la *H. Verticillata* y *C. Esculenta* acumularon en sus raíces más del 50% de los metales pesados. Asimismo, Huang et al. (2017) utilizaron como especie a *P. Australis* para la remoción de Cr, Pb, Zn y Cu con valores iniciales de 0,004 mg/kg, 0,0015 mg/kg, 0,016 mg/kg y 0,03 mg/kg; de tal modo se demostró que el BAF más alto de cada metal calculado fue el siguiente: Cr (en invierno), Pb (en verano), Zn (en verano) y Cu (en otoño). Similarmente, Amare (2018) destacó la capacidad de *L. minnor* y *A. fliculoides* para remover Fe, Mn, Zn, Co y Cu.

La especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) registra mayor porcentaje de remoción en el cobre (Cu) y el más bajo para zinc (Zn) en *S. polyrhiza*. Estos mismos han eliminado los metales exitosamente, con alguna alteración morfológica en la especie *S. polyrhiza* (Rai 2019). En el caso de un humedal de flujo vertical con macrófitas (*E. arundinaceus*, *T. angustifolia* y *P. australis*) resultaron ser eficientes en la eliminación de metales pesados en la industria papelera. La eficiencia de remoción promedio para los metales pesados varió entre los 70 y 74% respectivamente. Sin embargo, en el caso de *P. australis* la raíz contenía concentraciones más altas que las partes aéreas de hierro (Fe) y cadmio (Cd) (Arivoli, 2015).

Según Rehman (2017), la *Typha latifolia* y *Phragmites australis* requieren de una temperatura e intensidad de luz ideal, para liberar el oxígeno disuelto (OD) de sus raíces, aumentar el contenido de biomasa vegetal y clorofila de las plantas, mejorando el control del DBO, DQO, pH y temperatura. Asimismo, Guittonny-Philippe et al. (2015) concluyeron que los humedales construidos pueden ser una alternativa sustitutoria a los sistemas de tratamiento convencional, debido a que es eficiente, retributivo y ecológico.

Las revisiones sistemáticas son una forma de investigación secundaria que recopilan información de investigaciones primarias, es decir experimentales. Asimismo, estas se caracterizan por tener una metodología de selección y describir el proceso de todas las evidencias disponibles en diversas bases de datos. En efecto, las revisiones sistemáticas proporcionan un resumen sobre un tema específico que está orientado a responder a una pregunta de investigación; además, cabe resaltar que existen dos tipos de revisiones sistemáticas, las cualitativas y cuantitativas (meta-análisis). La primera presenta la evidencia en forma descriptiva y sin análisis estadístico; mientras que en la segunda también se puede presentar la evidencia de forma descriptiva, pero la gran diferencia es que se emplean técnicas estadísticas para combinar numéricamente los resultados frente a un estimador puntual, también denominado meta-análisis (Abad 2016).

El meta-análisis se puede definir como una síntesis o un detallado análisis de información, realizada a través de métodos cuantitativos para eliminar sesgos de selección. Se encuentra estrechamente relacionada con la revisión sistemática, pero se diferencia en que una revisión sistemática puede o no ir acompañada de un estudio cuantitativo de la información (meta-análisis). Para María y Agüero (2013), el meta-análisis tiene como objetivo estimar con la mayor precisión el efecto de un tratamiento o intervención específica, también comparar los resultados de un estudio con otros, responder preguntas que originalmente en los estudios no se habían considerado, replicar, generalizar y predecir resultados. En el meta-análisis también se deben de considerar aspectos como: la valoración de la heterogeneidad entre los resultados de la literatura analizada, el análisis de la sensibilidad y evaluación de los sesgos.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación:**

La revisión sistemática y meta-análisis del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes, fue de enfoque cuantitativo, asociado a los estudios de experimentación, donde se tuvo dos o más variables manipulables. Asimismo, fue de tipo aplicativo, según Infantes (2010), este tipo de investigación tiene un efecto aplicativo, ya que utiliza las consecuencias prácticas del conocimiento. De tal manera, que se enfoca en conocer para hacer, actuar, construir y modificar.

La presente investigación es de diseño no experimental y nivel descriptivo. El diseño no experimental, no manipula las variables, ya que no tiene determinación aleatoria y carece de grupo de comparación. Por ende, se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador; es decir, sin que el investigador altere el objeto de investigación. Asimismo, se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para posteriormente ser analizados. Entre sus características destacan la cercanía a la realidad de las variables, el menor control sobre ellas y la naturalidad de los grupos de estudio (Sousa, Driessnack y Méndez, 2007).

Por otro lado, la presente investigación sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes, fue de nivel descriptivo. Al respecto, Sousa et.al (2007) señala que este nivel es usado cuando se sabe poco sobre un fenómeno en particular. Además, cabe resaltar que no está enfocado en obtener una presunta relación causa-efecto; por ende, el investigador tiene que observar, describir y fundamentar varios aspectos del fenómeno para su posterior análisis.

#### **3.2. Variable y operacionalización:**

La presente investigación desarrolla la revisión sistemática y meta-análisis, cuenta con una variable independiente y una variable dependiente. Las variables fueron establecidas según el criterio de los diversos autores

analizados. A continuación, se presentan las variables de estudio y sus respectivas dimensiones:

**Variable independiente:** Uso de humedales artificiales de macrófitas emergentes

**Dimensiones:** Condiciones operaciones y Caracterización de las macrófitas emergentes.

**Variable dependiente:** Tratamiento de aguas residuales domésticas

**Dimensiones:** Parámetros, físicos, químicos, biológicos y Porcentaje de remoción.

La operacionalización de dichas variables es mostrada en el Anexo 1.

### 3.3. Población, muestra y muestreo:

La **población** considerada en la presente investigación corresponde a todos los estudios que hicieron uso de humedales artificiales de macrófitas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, en total fueron 393 Investigaciones. La **muestra** de la investigación fueron aquellos estudios que cumplieron con los criterios establecidos en la escala de calidad de Newcastle-Ottawa, modificada de acuerdo a nuestros requerimientos, siendo un total de 17 investigaciones.

En la presente investigación utilizamos la técnica del meta-análisis como muestreo, el MA consiste en analizar e integrar los resultados cuantitativos de estudios primarios que cumplan con criterios de selección establecidos por los autores de la revisión sistemática.

La **unidad de análisis** considerada en el presente estudio, fue cada artículo científico que contenían información relevante del uso de humedales artificiales de macrófitas emergentes para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La **técnica** de recolección de datos empleada en la presente investigación, es la revisión sistemática. El cual se describe como una detallada síntesis de la evidencia científica presentada en una investigación, que nos permite responder a la problemática general. Adicionalmente, para rechazar o aceptar la hipótesis planteada, se realiza el meta-análisis (análisis estadístico).

Los **instrumentos** usados para la recolección de datos fueron las Tablas de recopilación de información, los cuales nos permite estructurar y categorizar la información para su análisis estadístico.

Las Tablas de recopilación de datos son:

- **Ficha 1:** Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.
- **Ficha 2:** Caracterización de las aguas residuales domésticas.
- **Ficha 3:** Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.
- **Ficha 4:** Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas.
- **Ficha 5:** Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones.
- **Ficha 6:** Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones.
- **Ficha 7:** Evaluación de calidad metodológica de las investigaciones.

La validez se refiere al grado en el que la teoría y la evidencia apoyan a la interpretación (Corral, 2009). Existen varios tipos de validez, al respecto en la presente investigación se empleará la validez por juicio de expertos. Al respecto, Corral (2009) señala que mediante el juicio de expertos se pretende tener estimaciones razonablemente buenas, ya que las conjeturas son emitidas por voces calificadas. Los instrumentos serán verificados y revisados por cuatro docentes expertos y con amplia experiencia en el tema. Los instrumentos



empleados en la presente revisión sistemática y meta-análisis fueron verificados, evaluados y aprobados por los expertos en consulta Tabla 5.

**Tabla 5: Expertos en consulta para la validación de instrumentos.**

| Nombres                              | Especialidad                                                                   | CIP             | Porcentaje de valorización |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Castañeda Olivera,<br>Carlos Alberto | Docente e Investigador/UCV Lima Norte                                          | 130267          | 90%                        |
| Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso   | Docente/UCV Lima Norte                                                         | 95556           | 95%                        |
| Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio   | Docente/UCV Lima Norte                                                         | 25450           | 90%                        |
| Sánchez León, Angélica María         | Docente e Investigador de la Universidad Santo Tomas/ Villavicencio - Colombia | NIT N° 40217003 | 94%                        |
| Promedio de valorización             |                                                                                |                 | 92%                        |

Así mismo, se determinó la valorización específica de los instrumentos en base a cada experto consultado (Tabla 6).

**Tabla 6: Validación de instrumentos.**

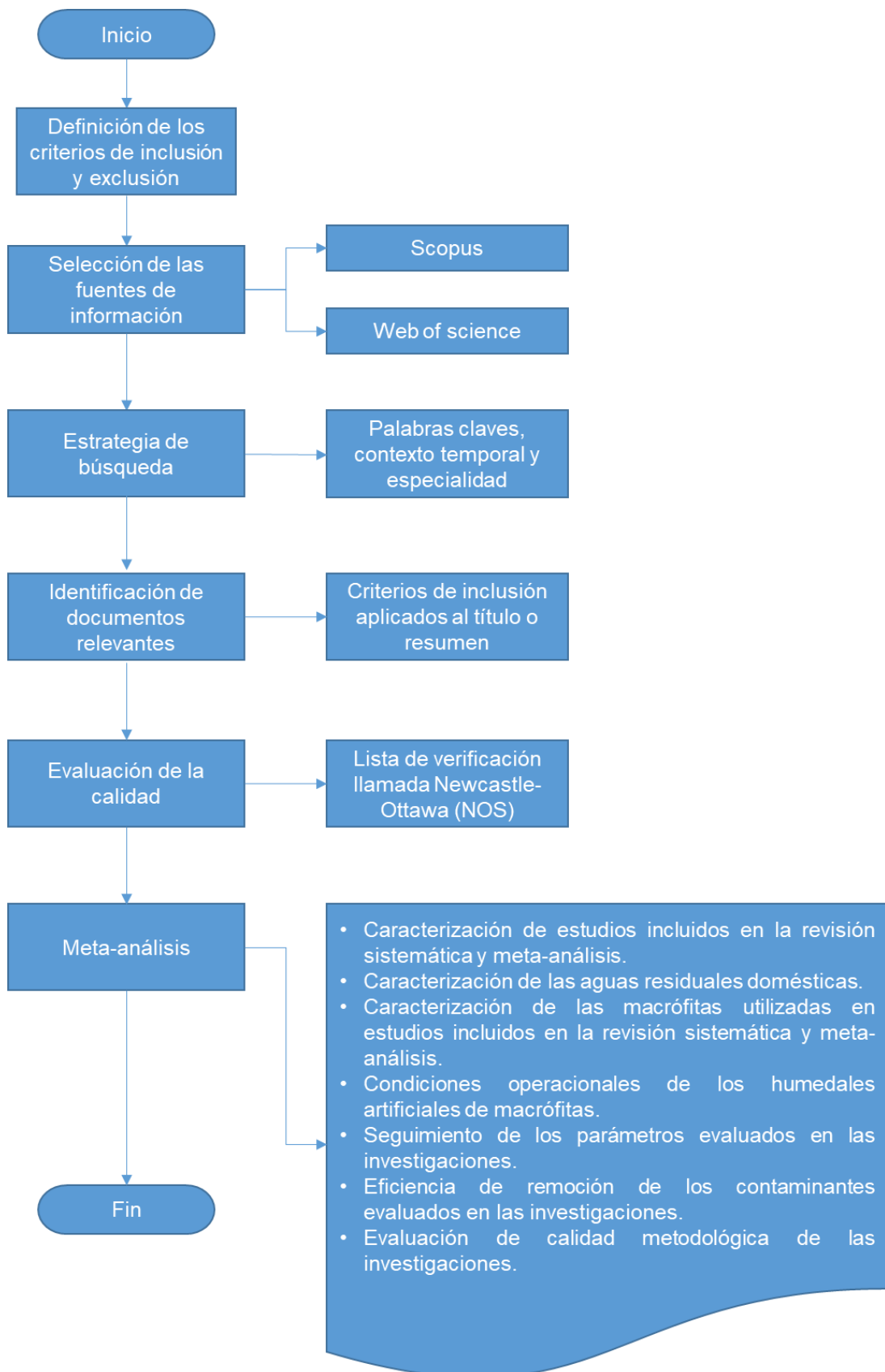
| Especialista                                                                                                                  | Castañeda Olivera, Carlos Alberto | Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso | Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio | Sánchez León, Angélica María |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Instrumentos                                                                                                                  |                                   |                                    |                                    |                              |
| <b>Ficha 1:</b> Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.                             | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 95%                          |
| <b>Ficha 2:</b> Caracterización de las aguas residuales domésticas.                                                           | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 95%                          |
| <b>Ficha 3:</b> Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 95%                          |
| <b>Ficha 4:</b> Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas                                         | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 90%                          |
| <b>Ficha 5:</b> Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones                                                | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 95%                          |
| <b>Ficha 6:</b> Eficiencia de remoción de los contaminantes                                                                   | 90%                               | 95%                                | 90%                                | 90%                          |

|                                                                           |     |     |     |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| evaluados en las investigaciones                                          |     |     |     |     |
| <b>Ficha 7:</b> Evaluación de calidad metodológica de las investigaciones | 90% | 95% | 90% | 95% |
| Promedio de valorización                                                  | 90% | 95% | 90% | 94% |

Los instrumentos de recolección de datos deben de ser válidos y confiables. La confiabilidad de un instrumento de medición consiste en obtener puntuaciones o resultados similares de la evaluación de un evento o fenómeno, en dichas evaluaciones se utiliza el mismo instrumento. Si los resultados son similares se puede afirmar que el instrumento es confiable (Torres, 2006). En una investigación científica, la confiabilidad dependerá también de las condiciones en las que se evalúan los eventos o fenómenos, las cuales deben de ser lo más parecidas posibles, para evitar que influyan en los resultados y la confiabilidad del instrumento.

### 3.5. Procedimientos

Para el desarrollo de la presente revisión sistemática y meta-análisis se establecieron una serie de etapas (Figura 3), considerando la secuencia lógica para el aislamiento de los artículos relevantes, la evaluación de calidad y análisis de la información.



**Figura 3. Procedimientos de la revisión sistemática y meta-análisis**

## **Etapa 1: Criterios de inclusión y exclusión**

Se tuvieron en cuenta aquellas investigaciones que contengan información del tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales de macrófitas emergentes. Asimismo, se consideraron las aguas residuales de origen doméstico, cuyas características físicas, químicas y biológicas iniciales han sido alteradas. También se consideraron aquellas investigaciones que simulen las condiciones operacionales de un humedal natural en un medio controlado.

Por lo contrario, se excluyen aquellas investigaciones de especialidades relacionadas a ciencias de la salud y ciencias sociales; asimismo, a las investigaciones con metodologías que no cumplen con los criterios de calidad o no son confiables.

Se consideraron estudios de diversos aspectos geográficos e idiomas, con distintas metodologías y condiciones operacionales, cuya antigüedad es no mayor de 10 años.

## **Etapa 2: Selección de las fuentes de información**

Para la selección de las fuentes de información, se tuvieron en cuenta las bases de datos de Scopus y Web Of Science, como recurso digital confiable, cuyos conglomerados resultantes cumplen con los criterios de inclusión y exclusión.

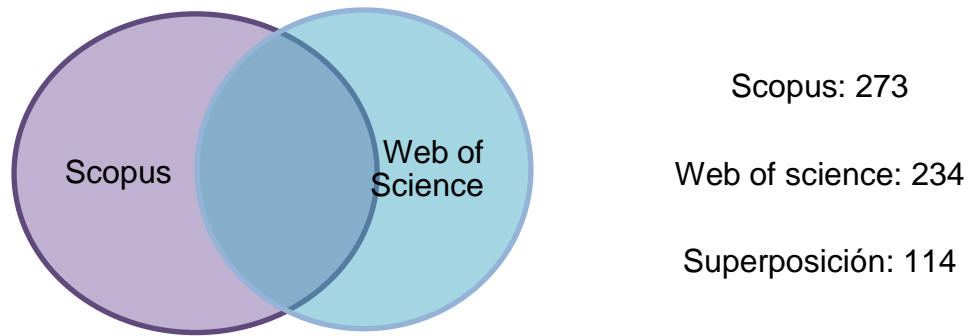
## **Etapa 3: Estrategia de búsqueda**

El estudio es observacional y de síntesis estadísticos (revisión sistemática y meta-análisis), por ende, se establecieron estrategias de búsqueda para la base de datos Scopus y Web Of Science. Con lo cual se busca aislar cierto conglomerado relevante respecto al total de documentos recuperados en la base de datos, teniendo en cuenta los criterios de exclusión Tabla 7.

**Tabla 7: Estrategia de Búsqueda.**

| Bases de datos | Estrategia de búsqueda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Cantidad artículos |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Scopus         | TITLE-ABS-KEY ( "wastewater" AND "constructed wetlands" AND "macrophytes" ) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2021 AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENVI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "AGRI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CENG" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "CHEM" ) OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "IMMU" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) | 273                |
| Web of science | TS= (wastewater AND constructed wetlands AND macrophytes)<br>Refinado por: CATEGORÍAS DE WEB OF SCIENCE: (ENVIRONMENTAL SCIENCES OR ENGINEERING ENVIRONMENTAL OR ENGINEERING CHEMICAL OR AGRICULTURAL ENGINEERING OR CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY) AND TIPOS DE DOCUMENTOS: (ARTICLE OR REVIEW )                                                                                                       | 234                |

En la base de datos Scopus se encontraron 273 investigaciones que cumplían con los criterios de inclusión, mientras que en la base de datos Web Of Science fueron encontradas 234 investigaciones; de los cuales un total de 114 investigaciones se encontraron en ambas bases de datos, tal como se aprecia en la **Figura 4**.



**Figura 4. Diagrama de Venn de las bases de datos utilizadas en la revisión sistemática y meta-análisis.**

#### **Etapa 4: Identificación de documentos relevantes**

Se realizó la selección de documentos relevantes mediante los criterios de inclusión al contenido del título y resumen. Esta actividad se realizó de manera conjunta entre ambos integrantes que componen el trabajo de investigación. Por ende, el conglomerado se redujo de 393 a 158 artículos, los cuales se analizaron a texto completo. Concluyendo que, de las investigaciones analizadas de texto completo, 17 cumplen con los criterios de inclusión.

#### **Etapa 5: Evaluación de la calidad**

Se empleó la lista de verificación llamada Newcastle-Ottawa (NOS) Quality Assessment Scale for Cohort Studies, para evaluar la calidad metodológica de las investigaciones relevantes, las cuales fueron analizadas independientemente por los integrantes del presente estudio; todo ello, para evitar la aparición de posibles sesgos de la investigación. Además, cabe resaltar que esta herramienta es fundamental para evaluar la calidad metodológica de los estudios no aleatorizados en una revisión sistemática y meta-análisis, ya que pone énfasis en el contenido, diseño y facilidad de interpretación para la realización del meta-análisis. La matriz de Newcastle-Ottawa se compone de tres dimensiones o apartados, los cuales son: selección, comparabilidad y resultado; ya sea de investigaciones cohorte, transversales o casos-control. El apartado de selección indica que tanto es la representatividad de la muestra con

respecto a la población; asimismo, la comparabilidad analiza las diferencias entre la cohorte de expuestos y no expuestos. Sin embargo, cabe resaltar que en la presente investigación no se medirá; por ende, se adaptó la escala para la evaluación de los artículos.

En la presente investigación, la evaluación de la calidad de las investigaciones se realizó mediante la lista de verificación Newcastle-Ottawa (NOS), el cual hace referencia a la representatividad y exposición. La representatividad nos manifiesta si la muestra representa verdaderamente a las aguas residuales domésticas, siendo el tratamiento de estos menos complejos, que el de las aguas residuales municipales e industriales. Mientras que la exposición, evaluará que las características físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas del agua residual doméstica (pH, temperatura, conductividad eléctrica, DBO, DQO y SST) y la utilización de macrófitas emergentes para el tratamiento de estos efluentes.

Por otro lado, el apartado de resultados, medirá el porcentaje de la remoción de los contaminantes ya mencionados, aquellos que fueron depurados por las macrófitas emergentes. Por ende, es muy importante que los artículos analizados, demuestren la medición inicial de los parámetros antes del tratamiento con los humedales artificiales. Asimismo, se medirá el tiempo necesario para la depuración de estos contaminantes por las macrófitas emergentes y las condiciones operacionales para una mayor eficiencia; siendo las siguientes: tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal (densidad de las macrófitas) y tiempo de retención.

### **Descripción de los estudios**

En cada estudio se describió la muestra (caracterización de las aguas residuales domésticas), los datos de la variable independiente (tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal, tiempo de retención y taxonomía) y los



resultados de la variable dependiente (pH, temperatura, conductividad eléctrica, DBO, DQO y SST) de las aguas residuales domésticas. Para la presente revisión sistemática los datos seleccionados se resumieron en diversas tablas con la siguiente información:

- Especies de macrófitas utilizadas para el tratamiento.
- Tipo de humedal artificial empleado para el tratamiento.
- Seguimiento de la remoción de los contaminantes.
- Condiciones operacionales para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- Tiempo empleado por las macrófitas emergentes para la depuración.
- Calidad metodológica de los estudios analizados.

### **3.6. Método de análisis de datos**

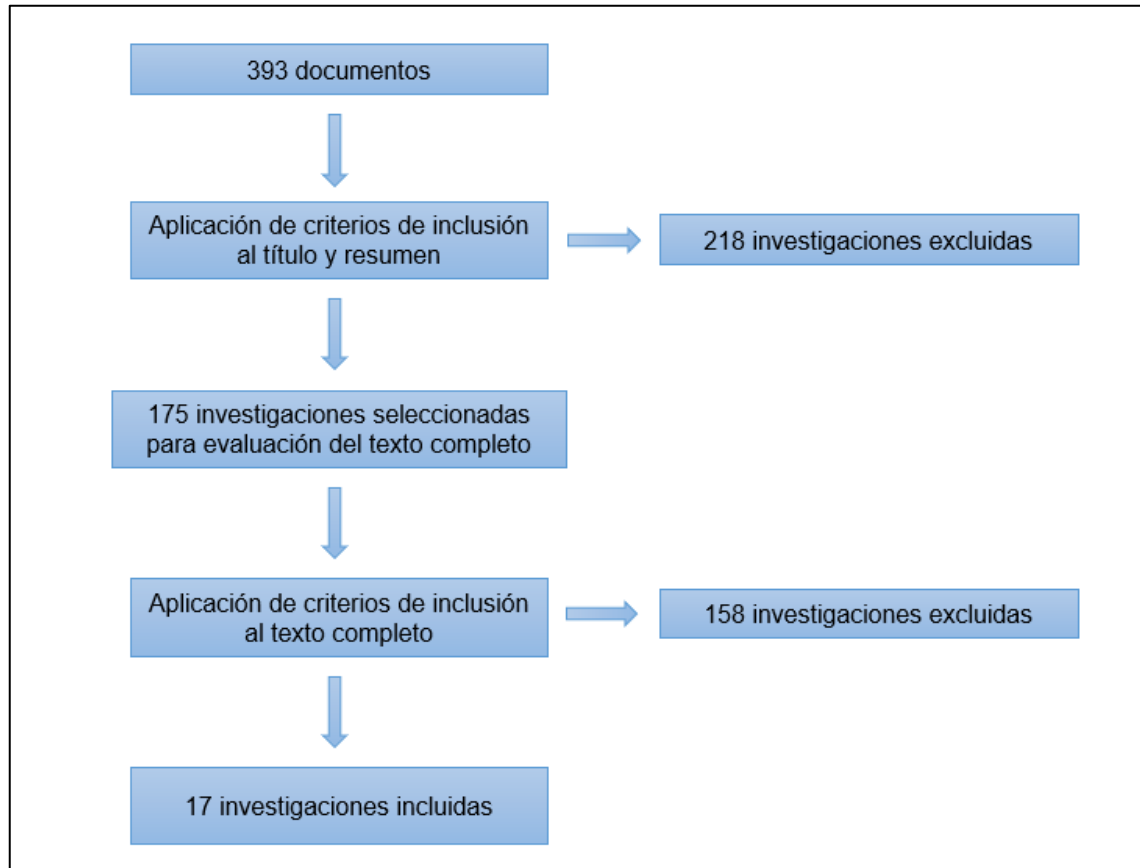
Con ayuda del programa Review Manager (RevMan 5.4) se desarrolló la síntesis de las revisiones sistemáticas y la generación del meta-análisis. Los datos que se analizaron en el software fueron dicotómicos, los cuales fueron previamente comparados con la razón de momio (Odds Ratio) con intervalos de confianza del 95%. Asimismo, se evaluó la heterogeneidad de las investigaciones por medio del análisis visual de los diagramas de bosques, que deja en evidencia la superposición de los intervalos de confianza. El grado de homogeneidad se realizó mediante la prueba de chi-cuadrado, para calcular inmediatamente el grado de heterogeneidad con la prueba de  $I^2$ , siendo valores de 25%, 50% y 75%; los niveles bajos, medios y altos, respectivamente. Asimismo, en caso de presentarse datos de heterogeneidad bajos entre las investigaciones, se tendrá que verificar si existe algún problema de asignación de datos en el programa utilizado. Por lo contrario, en caso de presentarse niveles medios de heterogeneidad, se deberá tener en cuenta que no es necesario cambiar el modelo de efectos fijos al aleatorio, debido a que los datos obtenidos tienen un enfoque ambiental y se trabajó con diversas condiciones operacionales en los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo de investigación cumple con los criterios establecidos por los autores nacionales e internacionales citados, haciendo el debido uso de la norma ISO – 690 y a su vez, es sometida al programa Turnitin para comprobar su originalidad. Asimismo, se han mantenido en todo momento los principios de ética conforme a lo estipulado en la Resolución del Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV que detalla los puntos del código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo y se cumplió con lo señalado en la Resolución del Consejo Universitario N°081-2016, resolución en la cual se detalla el Reglamento de Investigación de la Universidad César Vallejo. Por otro lado, se cumplió con todos los lineamientos designados en la Guía de Productos de Investigación 2020, emitida por el vicerrectorado de investigación de la Universidad César Vallejo, en el que se detalla los apartados que se van a considerar en relación al código de ética en investigación de la Universidad Cesar Vallejo.

#### IV. RESULTADOS

En la Figura 5, se puede apreciar el proceso de selección de las investigaciones que cumplen con los criterios de exclusión e inclusión:



**Figura 5. Etapas de obtención de investigaciones relevantes para el meta-análisis**

Las etapas para obtener las investigaciones relevantes son las siguientes:

Primeramente, se ingresaron los criterios de inclusión y exclusión en la base de datos de Scopus y Web Of Science, para la obtención de investigaciones que cumplan con los criterios de calidad. En esta etapa se seleccionaron 393 investigaciones, que posteriormente, fueron sometidas a los criterios de inclusión en el título y resumen de cada investigación. De los cuales 218 artículos no cumplieron con los criterios de inclusión, mientras que, 175 investigaciones cumplieron con los criterios de inclusión, aplicados al título y resumen de cada investigación. Seguidamente, se excluyeron 158 investigaciones que no cumplieron con los criterios de inclusión de texto completo; debido a que trataban

aguas residuales no domésticas (57), presentaban datos insuficientes para ser analizados (34), el tipo de publicación no cumplía con los criterios establecidos (18), utilizaban métodos adicionales al tratamiento con humedales (28) y las investigaciones que hacían uso de bioenergía, biomasas o películas bacterianas para optimizar el tratamiento de los humedales (21). Finalmente, fueron 17 documentos que cumplieron con el proceso de selección y fueron estudiados en el meta-análisis.

En la **Figura 5** se resumió el proceso de selección de los estudios relevantes para el meta-análisis, en el cual, se detalla la cantidad de documentos excluidos en cada etapa. Asimismo, se detallan aquellas investigaciones que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión del texto completo.

**Ficha 1:** Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.

| Tipo de humedal                 | Especie de macrófitas       | Condiciones operacionales                                                                                                        | Tipo de análisis estadístico | Resultados                                                                                                  | Conclusiones                                                                                                                          | Contexto geográfico | Autor(es)                           |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Flujo Horizontal Subsuperficial | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | Análisis de varianza (ANOVA) | Los porcentajes de remoción promedio para la DBO, DQO y SST, fueron del 10%, 41.5% y 40%, respectivamente.  | Se redujeron los grupos microbianos de importancia sanitaria (TC y FC) a través del carrizo, durante el primer año de funcionamiento. | Portugal            | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) |
| Flujo Subterráneo Horizontal    | <i>Juncus Acutus</i>        | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | análisis de varianza (ANOVA) | Las eficiencias de remoción promedio para la DBO, DQO y SST, fueron del 65.5%, 43.5% y 22%, respectivamente | La aplicación de la especie, demostró eficiencia para tratar aguas residuales domésticas con alta carga de nutrientes.                | Turquía             | Aydın Temel et al. (2018)           |

|                                 |                            |                                                                                                                                  |                              |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                 |          |                                  |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------|
| Flujo subterráneo horizontal    | <i>Cyperus articulatus</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | análisis de varianza (ANOVA) | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 73%, 63% y 12.5%, respectivamente. | En conclusión, los resultados obtenidos en este estudio indican que <i>C. articulatus</i> es una especie prometedora, para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la región del Caribe colombiano | Colombia | Caselles-Osorio et al. (2017)    |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Echinochloa colona</i>  | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | -                            | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 80%, 67% y 30.5%, respectivamente. | Se deben realizar más investigaciones para evaluar el potencial de Fito depuración de los macrófitos acuáticos nativos.                                                                                         | Colombia | Casierra-Martínez et al. (2017)  |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Echinochloa colonum</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal,                                          | -                            | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 80%, 88% y                         | Se demostró que la remoción de los contaminantes depende principalmente de las rizobacterias, aquellas                                                                                                          | Colombia | Charris y Caselles-Osorio (2016) |

|                                 |                             |                                                                                                                                  |      |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         |       |                          |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|
|                                 |                             | población vegetal y tiempo de retención.                                                                                         |      | 79%, respectivamente.                                                                                    | que de manera simbiótica con la especie macrofita metabolizan las sustancias en productos más simples.                                                                                                                                                  |       |                          |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | SPSS | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 36%, 39.5% y 43.5%, respectivamente. | La especie <i>P. Australis</i> se adaptó fácilmente y posteriormente, desarrolló un adecuado las especies vegetales mejor adaptadas, ya que su tasa de crecimiento, absorción de nutrientes, biomasa de raíces y actividad no presentaron deficiencias. | China | Feng Gaoab et al, (2015) |

|                              |                             |                                                                                                                                  |   |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     |         |                                        |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------|
| Flujo subterráneo vertical   | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | - | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 61%, 59% y 52%, respectivamente. | <i>Phragmites Australis</i> eliminó mejor los sólidos totales (62,85%) que <i>Cyperus Papyrus</i> , ya que esta última carece de adaptabilidad.                                                     | Ecuador | García-Ávila (2020)                    |
| Flujo subterráneo horizontal | <i>Cyperus papyrus</i>      | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | - | La eficiencia en la remoción de la DBO, DQO y SST, fue del 78.5%, 63.5% y 76%, respectivamente.      | Los humedales artificiales funcionaron adecuadamente en condiciones de flujo irregular y serán la primera alternativa en tecnología de tratamiento de aguas contaminadas en países de baja economía | Etiopía | Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) |



|                                 |                             |                                                                                                                                  |                              |                                                                                                          |                                                                                                                                                                               |           |                                |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------|
| Adaptación del Medio natural    | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | -                            | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 46.5%, 34.5% y 47%, respectivamente. | La planta de tratamiento de aguas residuales falló en la disipación de la carga de nutrientes, pero logró aumentar la oxigenación y hacer frente a los sólidos en suspensión. | Argentina | Manzo et al. (2020)            |
| Flujo vertical                  | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | análisis de varianza (ANOVA) | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 83%, 55.5% y 61%, respectivamente.   | Se identificaron que la adaptabilidad de la planta juega un papel importante en la eliminación de varios parámetros fisicoquímicos.                                           | India     | Nema, Yadav y Christian (2020) |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Typha Dominguen sis</i>  | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal,                                          | análisis de varianza (ANOVA) | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 25%, 18% y                           | En términos de cumplimiento de la normativa con los criterios regulatorios de vertido, se                                                                                     | Canadá    | P. Champagne, (2015)           |

|                  |                           |                                                                                                                                  |                                             |                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |                             |
|------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
|                  |                           | población vegetal y tiempo de retención.                                                                                         |                                             | 34.5%,<br>respectivamente.                                                                               | recomendaría la adición de un proceso de tratamiento terciario principalmente para regiones con alta permeabilidad de suelos.                                                                                                                                           |       |                             |
| Flujo horizontal | <i>Typha latifolia L.</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | Análisis de varianza unidireccional en SPSS | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 58%, 42.5% y 38.5%, respectivamente. | Los resultados de este estudio enfatizan el efecto de las especies vegetales en la remoción de nutrientes y microgramos rizosféricos. Los resultados indicaron que la absorción de las plantas representa una pequeña proporción en la eliminación total de nutrientes. | China | Panpan Menga et al., (2014) |

|                                 |                               |                                                                                                                                  |      |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                 |          |                                 |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------|
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Phragmites Australis</i> , | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. |      | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 50%, 39.5% y 16%, respectivamente. | Del estudio se puede concluir que las plantas acuáticas seleccionadas crecieron adecuadamente en condiciones plenamente establecidas. Por ende, en su mayoría se redujo más del 90% de DBO.     | India    | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |
| Flujo subsuperficial híbrido    | <i>Brachiaria Reptans</i>     | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | ---- | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 77.5%, 59% y 52%, respectivamente. | . La utilización de vegetación adecuada en los AQ es crucial para obtener una mejor eficiencia de tratamiento. Los CW demostraron un rendimiento superior sobre los CW de control no plantados. | Pakistán | Shama Sehar et al., (2015)      |

|                   |                        |                                                                                                                                  |   |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |                              |
|-------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------|
| Flujo superficial | <i>Cyperus papyrus</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. |   | La eficiencia en la remoción de la DBO, DQO y SST, fue del 62%, 61.5% y 45%, respectivamente.          | La operación del humedal de superficie de agua libre a escala piloto en este estudio indica el uso factible de papiro como una planta potencial utilizada para tratar aguas residuales domésticas. La cosecha de la planta proporciona materiales de valor agregado, lo que podría reducir o incluso compensar los costos de tratamiento. | Tailandia | Thaneeya Perbangkhem, (2010) |
| flujo subterráneo | <i>Typha latifolia</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal,                                          | - | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 92%, 83.5% y 68%, respectivamente. | Del estudio se concluye que se podría utilizar la capa superior del lodo de cada unidad de humedal como fuente de                                                                                                                                                                                                                         | Ucrania   | Vergeles et al. (2016)       |

|                 |                             |                                                                                                                                  |                      |                                                                                                          |                                                                                                                      |         |                           |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------|
|                 |                             | población vegetal y tiempo de retención.                                                                                         |                      |                                                                                                          | fertilizantes para cultivos de cereales y leguminosas.                                                               |         |                           |
| Sistema Híbrido | <i>Phragmites Australis</i> | Tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. | Criterios de Pearson | La eficiencia en la remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 86.5%, 60% y 22.5%, respectivamente. | Los resultados revelaron que la especie <i>Phragmites Australis</i> (Carrizo) es eficiente para la remoción de DBO5. | Ucrania | Vergeles Y. et al, (2015) |

Las investigaciones utilizadas para la presente revisión sistemática se desarrollaron en diversos espacios geográficos como: Ucrania, Tailandia, India, China, Colombia, Etiopia, etc., con distintas macrófitas emergentes entre ellas las más utilizadas fueron: *Phragmites Australis*, *Cyperus papyrus* y *Juncus Acutus*, que conbinado con óptimas condiciones operacionales se obtuvieron eficiencia de remoción mayores.

**Ficha 2:** Caracterización de las aguas residuales domésticas.

| pH   | Temperatura (°C) | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O2/l) | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O2/l) | SST (mg/l) | Autor(es)                              |
|------|------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|----------------------------------------|
| 8.59 | 23.98            | -                               | 180.00                                       | 310.11                                     | 145.02     | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014)    |
| 7.72 | 15.96            | 2660.00                         | 273.73                                       | 374.91                                     | 339.09     | Aydın Temel et al. (2018)              |
| 7.10 | 27.30            | 782.00                          | 102.50                                       | 300.00                                     | 33.00      | Caselles-Osorio et al. (2017)          |
| 7.80 | 24.50            | 890.30                          | 95.75                                        | 142.60                                     | 88.83      | Casierra-Martínez et al. (2017)        |
| 8.00 | 28.30            | 856.00                          | 89.50                                        | 246.00                                     | 78.00      | Charris y Caselles-Osorio (2016)       |
| 8.63 | 25.20            | -                               | 189.60                                       | 299.33                                     | 210.42     | Feng Gaoab et al, (2015)               |
| 7.06 | 22.40            | 641.00                          | 102.50                                       | 205.04                                     | 55.00      | García-Ávila (2020)                    |
| 8,73 | 17.20            | 1580.00                         | 223.74                                       | 412.83                                     | 188.40     | Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) |

|      |       |         |        |        |         |                                 |
|------|-------|---------|--------|--------|---------|---------------------------------|
| 7.10 | 14.80 | 465.90  | 39.00  | 138.44 | 91.70   | Manzo et al. (2020)             |
| 7.67 | 28.00 | 810.00  | 84.00  | 142.86 | 63.00   | Nema, Yadav y Christian (2020)  |
| 7.24 | 25.57 | -       | 47.50  | 123.90 | 120.54  | P. Champagne (2015)             |
| 8.13 | 24.45 | -       | 78.93  | 201.34 | 240.65  | Panpan Menga et al., (2014)     |
| 6.24 | 17.50 | 0.87    | 230.00 | 220.76 | 170.09  | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |
| 7.90 | 20.80 | 1100.00 | 368.00 | 208.75 | 1061.25 | Shama Sehar et al., (2015)      |
| 8.06 | 24.18 | -       | 240.54 | 312.79 | 150.57  | Thaneeya Perbangkhem, (2010)    |
| 8.20 | 27.60 | 819.00  | 77.70  | 209.20 | 51.90   | Vergeles et al. (2016)          |
| 8.01 | 23.07 | 750.00  | 231.00 | 190.00 | 220.00  | Vergeles Y. et al, (2015)       |

**Ficha 3:** Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.

| <b>Familia</b>    | <b>Género</b>      | <b>Especie</b>              | <b>Características</b>                                                                                                                                                                              | <b>Autor(es)</b>                          |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Poaceae</i>    | <i>Phragmites</i>  | <i>Phragmites australis</i> | Esta especie es conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro.                                                                                  | Aguiar-Pinto<br>Minauna et al.,<br>(2014) |
| <i>Juncaceae</i>  | <i>Juncus</i>      | <i>Juncus acutus</i>        | Es una planta cespitosa perenne de color verde oscuro que forma matas de 1,5-2 m de altura.                                                                                                         | Aydin Temel et al.<br>(2018)              |
| <i>Cyperaceae</i> | <i>Cyperus</i>     | <i>Cyperus articulatus</i>  | Es una planta que se encuentra en pantanos, zanjas y márgenes de campos húmedos, en la zona; a una altitud de 0–300 m.s.n.m.                                                                        | Caselles-Osorio<br>et al. (2017)          |
| <i>Poaceae</i>    | <i>Echinochloa</i> | <i>Echinochloa colonum</i>  | Tiene largos troncos y sus tallos están coronados por un penacho liviano y plumoso en abanico, formado exclusivamente por hojas, o por tallos que llevan espigas; puede alcanzar los 3 m de altura. | Casierra-Martínez<br>et al. (2017)        |
| <i>Poaceae</i>    | <i>Echinochloa</i> | <i>Echinochloa colonum</i>  | Tiene largos troncos y sus tallos están coronados por un penacho liviano y plumoso en abanico, formado exclusivamente por hojas, o por tallos que llevan espigas; puede alcanzar los 3 m de altura  | Charris y<br>Caselles-Osorio<br>(2016)    |



|                   |                   |                             |                                                                                                                                            |                                        |
|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Poaceae</i>    | <i>Phragmites</i> | <i>P. australis</i>         | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                  | Feng Gaoab et al, (2015)               |
| <i>Poaceae</i>    | <i>Phragmites</i> | <i>Phragmites Australis</i> | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                  | García-Ávila (2020)                    |
| <i>Cyperaceae</i> | <i>Cyperus</i>    | <i>Cyperus papyrus</i>      | También conocidas como papiros, pueden alcanzar de 3m a 5 m de altura. Además, tolera temperaturas de 20 a 33°C y pH entre 6 a 8.5.        | Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) |
| <i>Poaceae</i>    | <i>Phragmites</i> | <i>Phragmites Australis</i> | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                  | Manzo et al. (2020)                    |
| <i>Poaceae</i>    | <i>Phragmites</i> | <i>Phragmites australis</i> | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                  | Nema, Yadav y Christian (2020)         |
| <i>Typhaceae</i>  | <i>Typha</i>      | <i>Typha dominguensis</i>   | Es una planta acuática, herbácea, enraizada, emergente, perenne; de hasta 2,5 m de altura. Esta especie es también conocida como espadaña. | P. Champagne (2015)                    |

|                            |                           |                              |                                                                                                                                                                                                                                |                                 |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Poaceae y Typha</i>     | <i>Poaceae y Typha</i>    | <i>Phragmites australis,</i> | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                                                                                                      | Panpan Menga et al., (2014)     |
| <i>Poaceae</i>             | <i>Phragmites</i>         | <i>Phragmites australis</i>  | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                                                                                                      | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |
| <i>Poaceae y Aizoaceae</i> | <i>Brachiaria Reptans</i> | <i>Brachiaria reptans</i>    | Especie originaria de África, posee hojas con vaina pubescente; lígula representada por una línea de pelos; limbo plano. Inflorescencia formada por racimos unilaterales dispuestos a lo largo de un eje trígono y pubescente. | Shama Sehar et al., (2015)      |
| <i>Cyperaceae</i>          | <i>Cyperus</i>            | <i>Cyperus papyrus</i>       | También conocidas como papiros, pueden alcanzar de 3m a 5 m de altura. Además, tolera temperaturas de 20 a 33°C y pH entre 6 a 8.5.                                                                                            | Thaneeya Perbangkhem, (2010)    |
| <i>Typhaceae</i>           | <i>Typha</i>              | <i>Typha latifolia</i>       | También conocida como Totorá, puede alcanzar a medir de 1.5m a 3m de altura y sus hojas de 2 cm a 4 cm de ancho.                                                                                                               | Vergeles et al. (2016)          |
| <i>Poaceae</i>             | <i>Phragmites</i>         | <i>Phragmites Australis</i>  | Esta especie es también conocida como Carrizo, Caña, Carricillo, etc. Puede alcanzar los 4 m de altura y 2 cm de diámetro                                                                                                      | Vergeles Y. et al, (2015)       |

**Ficha 4:** Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas.

| Tipo de humedal                 | Macrófita                   | Composición del sustrato                                                                                                           | Tratamientos preliminares                                                                                 | Área del Humedal   | Población vegetal (Densidad de las macrófitas) | Tiempo de retención | Autor(es)                           |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Flujo horizontal subsuperficial | <i>Phragmites australis</i> | Compuestos por 20 cm de grava, aproximadamente 50 cm de grava fina (partículas de 2 a 4 mm de tamaño) y unos 10 cm de suelo local. | Tanque sedimentador                                                                                       | 459 m <sup>2</sup> | 20 plantas /m <sup>2</sup>                     | 10 días             | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) |
| Flujo subterráneo horizontal    | <i>Juncus acutus</i>        | Grava desde el fondo hasta la superficie sobre el material geotécnico mediante carga                                               | El pretratamiento no se realizó en el momento deseado. Nivel debido al tanque séptico viejo e ineficiente | 589 m <sup>2</sup> | -                                              | 7 días              | Aydın Temel et al. (2018)           |

|                                 |                            |                                                                                                                                                          |                                                                 |                     |                             |                          |                                  |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Flujo subterráneo horizontal    | <i>Cyperus articulatus</i> | Grava de granito (8 mm de diámetro promedio y aproximadamente 40% de porosidad) hasta una profundidad de 0,5 m                                           | Tanque séptico que funcionó como módulo de tratamiento primario | 2,66 m <sup>2</sup> | -                           | 3 días                   | Caselles-Osorio et al. (2017)    |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Echinochloa colonum</i> | Humedales se rellenaron con grava de granito                                                                                                             | Tanque de sedimentación primario de 0,76 m <sup>3</sup>         | 2,66 m <sup>2</sup> | 38 plantas m <sup>2</sup>   | 2,3 días aproximadamente | Casierra-Martínez et al. (2017)  |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Echinochloa colonum</i> | Grava granítica de unos 8 mm de diámetro y porosidad de 0.4                                                                                              | Fosa séptica                                                    | -                   | -                           | -                        | Charris y Caselles-Osorio (2016) |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>P. australis</i>        | Cada unidad se llenó de abajo hacia arriba con 5 cm de guijarros (diámetro: 50–100 mm), 20 cm de grava (diámetro: 10-30 mm) y 10 cm de sustrato de suelo | Tanque séptico                                                  | 12 m <sup>2</sup>   | 15 plantas / m <sup>2</sup> | 5 días                   | Feng Gaoab et al. (2015)         |

|                              |                             |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                     |         |               |           |                                        |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-----------|----------------------------------------|
|                              |                             | (mezcla de tierra local, arena y ceniza de carbón).                                                                                                                                               |                                                                                                                                                     |         |               |           |                                        |
| Flujo subterráneo vertical   | <i>Phragmites Australis</i> | No especifica la profundidad del sustrato de 0,7 m                                                                                                                                                | -                                                                                                                                                   | 3 m 2   | 4 plantas m 2 | 1,12 días | García-Ávila (2020)                    |
| Flujo subterráneo horizontal | <i>Cyperus papyrus</i>      | Es la profundidad de sustrato (0,60 m); n es la porosidad del lecho (0,35)                                                                                                                        | Tamiz primario                                                                                                                                      | 16m 2   | -             | 5 días    | Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) |
| Adaptación del Medio natural | <i>Phragmites Australis</i> | Los módulos constan de zanjas (1 m de profundidad) cubierto por una membrana de polietileno (1000 $\mu$ ), con sustratos inferiores de diferentes tamaños de gránulos (lodo, vermiculita, mezcla) | Fase preliminar, donde se elimina el material grueso (> 2 mm) y una fase primaria, donde la carga orgánica del efluente se reduce por sedimentación | 936 m 2 | -             | 2,14 días | Manzo et al. (2020)                    |

|                                 |                               |                                                                                                          |                         |                      |                             |         |                                 |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------|---------|---------------------------------|
| Flujo vertical                  | <i>Phragmites australis</i>   | Los medios se llenaron hasta 55 cm de altura con 5 cm de francobordo                                     | -                       | -                    | -                           | 1 día   | Nema, Yadav y Christian (2020)  |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Typha dominguensis</i>     | Todas las unidades de humedales se rellenaron con grava de 10 a 30 mm de diámetro a una altura de 0,45 m | Tanque de sedimentación | 15 m <sup>2</sup>    | 60 plantas / m <sup>2</sup> | 2 días  | P. Champagne (2015)             |
| -                               | <i>Phragmites australis</i> , | Compuesta por dos capas de profundidad de agregado ligero (300 mm) y de lutita (600 mm).                 | Fosa séptica            | 6 m <sup>2</sup>     | 12 plantas / m <sup>2</sup> | 10 días | Panpan Menga et al., (2014)     |
| Flujo subsuperficial horizontal | <i>Phragmites australis</i>   | Los lechos de grava eran de 0,75 m de espesor con la grava de 6 a 25 mm de diámetro en igual proporción. | Tanque séptico          | 51.87 m <sup>2</sup> | -                           | 2 días  | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |

|                              |                             |                                                                                        |                                                                                   |         |   |          |                              |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---|----------|------------------------------|
| Flujo subsuperficial híbrido | <i>Brachiaria reptans</i>   | Tres capas superpuestas de suelo orgánico (12,5 cm), arena (15cm) y grava (7,5 cm).    | Fosa séptica                                                                      | 10 m2   | - | 8 días   | Shama Sehar et al., (2015)   |
| Flujo subterráneo horizontal | <i>Cyperus papyrus</i>      | Compuesto por grava en el fondo (30 cm) y franco arenoso en la parte superior (20 cm). | Tanque de sedimentación                                                           | 10 m2   | - | 2 días   | Thaneeya Perbangkhem, (2010) |
| Flujo subterráneo            | <i>Typha latifolia</i>      | Grava (0,5 m de profundidad) y arena gruesa (0,3 m)                                    | Unidades de filtración vertical y horizontal con grava fina, arena media y gruesa | 370 m 2 | - | 1,5 días | Vergeles et al. (2016)       |
| Flujo superficial            | <i>Phragmites Australis</i> | Arena fina mezclada con grava granítica de 09 mm.                                      | Tanque de sedimentación                                                           | 760 m2  | - | 15 días  | Vergeles Y. et al, (2015)    |

En los tratamientos preliminares de las investigaciones analizadas se tuvo: tanques sépticos, tanque de sedimentación o fosas sépticas, cuyo objetivo es captar los sólidos de mayor tamaño por medio de la sedimentación. Asimismo, la composición del sustrato es un factor importante en el proceso de depuración, se identificaron los sustratos compuestos por arena fina, grava, arena gruesa, etc.

**Ficha 5:** Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones.

| pH   | Temp. (°C) | Cond. eléctrica (µS/cm) | Análisis 1                                   |                                            |            | Análisis 2                                   |                                            |            | Autor(es)                           |
|------|------------|-------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|-------------------------------------|
|      |            |                         | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O2/l) | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O2/l) | SST (mg/l) | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O2/l) | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O2/l) | SST (mg/l) |                                     |
| 8.59 | 23.98      | -                       | 162.32                                       | 208.00                                     | 87.83      | 160.22                                       | 155.90                                     | 85.72      | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) |
| 7.72 | 15.96      | 522.00                  | 125.92                                       | 218.57                                     | 271.27     | 63.78                                        | 207.77                                     | 257.71     | Aydin Temel et al. (2018)           |
| 6.80 | 26.10      | 781.10                  | 29.97                                        | 117.40                                     | 31.68      | 25.68                                        | 104.00                                     | 26.00      | Caselles-Osorio et al. (2017)       |
|      | 25.30      | 889.60                  | 21.56                                        | 51.80                                      | 66.00      | 16.49                                        | 42.30                                      | 58.00      | Casierra-Martínez et al. (2017)     |



|      |       |        |       |        |        |        |        |        |                                        |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------------|
| 6.80 |       |        |       |        |        |        |        |        |                                        |
| 7.00 | 22.40 | 646.60 | 20.30 | 39.20  | 18.00  | 14.85  | 19.40  | 14.90  | Charris y Caselles-Osorio (2016)       |
| 8.63 | 25.20 | -      | 149.5 | 182.91 | 120.50 | 120.34 | 180.98 | 118.39 | Feng Gaoab et al, (2015)               |
| 6.26 | 22.10 | 526,5  | 49.90 | 89.89  | 27.00  | 29.97  | 78.04  | 25.80  | García-Ávila (2020)                    |
| 7,81 | 17.20 | 501.00 | 52.83 | 156.88 | 45.78  | 42.84  | 143.77 | 45.39  | Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) |
| 7.10 | 10.70 | 424.80 | 21.56 | 82.66  | 55.40  | 20.20  | 98.00  | 42.40  | Manzo et al. (2020)                    |
| 7.45 | 26.80 | 790.00 | 14.82 | 66.70  | 35.90  | 13.60  | 59.50  | 13.00  | Nema, Yadav y Christian (2020)         |
| 7.24 | 25.57 | -      | 36.75 | 102.27 | 80.03  | 34.65  | 100.34 | 77.92  | P. Champagne (2015)                    |

|      |       |        |        |        |        |        |        |        |                                 |
|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------|
| 8.13 | 24.45 | -      | 34.12  | 117.13 | 150.01 | 32.02  | 115.20 | 147.90 | Panpan Menga et al., (2014)     |
| 6.60 | 22.70 | -      | 116.12 | 134.04 | 144.07 | 114.02 | 132.11 | 141.96 | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |
| 7.40 | 20.80 | -      | 82.99  | 190.62 | 674.76 | 80.89  | 170.21 | 672.65 | Shama Sehar et al., (2015)      |
| 8.06 | 24.18 | -      | 117.40 | 160.79 | 98.03  | 65.37  | 80.45  | 67.29  | Thaneeya Perbangkhem, (2010)    |
| 7.20 | 24.60 | 713.85 | 7.30   | 37.80  | 21.50  | 5.40   | 32.40  | 11.70  | Vergeles et al. (2016)          |
| 8.01 | 23.07 | 750.00 | 32.44  | 85.14  | 170.92 | 30.34  | 67.06  | 168.81 | Vergeles Y. et al, (2015)       |

**Ficha 6:** Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones.

| <b>E (%): Eficiencia de remoción.</b><br><b>S: Carga contaminante de salida</b><br><b>So: Carga contaminante de entrada</b> |                                             |                                              |                                               |                                             |                                              | <b>Autor(es)</b>                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Análisis 1</b>                                                                                                           |                                             |                                              | <b>Análisis 2</b>                             |                                             |                                              |                                     |
| <b>Demanda biológica de oxígeno (DBO) (%)</b>                                                                               | <b>Demanda química de oxígeno (DQO) (%)</b> | <b>Sólidos suspendidos totales (SST) (%)</b> | <b>Demanda biológica de oxígeno (DBO) (%)</b> | <b>Demanda química de oxígeno (DQO) (%)</b> | <b>Sólidos suspendidos totales (SST) (%)</b> |                                     |
| $E(\%) = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100 \%$                                                                               |                                             |                                              |                                               |                                             |                                              |                                     |
| 9.82                                                                                                                        | 32.93                                       | 39.44                                        | 10.99                                         | 49.73                                       | 40.89                                        | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) |
| 54.00                                                                                                                       | 41.70                                       | 20.00                                        | 76.70                                         | 44.58                                       | 24.00                                        | Aydın Temel et al. (2018)           |
| 70.76                                                                                                                       | 60.87                                       | 4.00                                         | 74.95                                         | 65.33                                       | 21.21                                        | Caselles-Osorio et al. (2017)       |
| 77.48                                                                                                                       | 63.67                                       | 25.70                                        | 82.78                                         | 70.34                                       | 34.71                                        | Casierra-Martínez et al. (2017)     |

|       |       |       |       |       |       |                                           |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------------------|
| 77.32 | 84.07 | 76.92 | 83.41 | 92.11 | 80.90 | Charris y Caselles-Osorio (2016)          |
| 21.15 | 38.89 | 42.73 | 36.53 | 39.54 | 43.74 | Feng Gaoab et al, (2015)                  |
| 51.32 | 56.16 | 50.91 | 70.76 | 61.94 | 53.09 | García-Ávila (2020)                       |
| 76.39 | 62.00 | 75.70 | 80.85 | 65.17 | 75.91 | Haddis, Van der Bruggen y Smets<br>(2020) |
| 44.72 | 40.29 | 39.59 | 48.21 | 29.21 | 53.76 | Manzo et al. (2020)                       |
| 82.36 | 53.31 | 43.02 | 83.81 | 58.35 | 79.37 | Nema, Yadav y Christian (2020)            |
| 22.63 | 17.46 | 33.61 | 27.05 | 19.02 | 35.36 | P. Champagne (2015)                       |
| 56.77 | 41.82 | 37.66 | 59.43 | 42.78 | 38.54 | Panpan Menga et al., (2014)               |
| 49.51 | 39.28 | 15.30 | 50.43 | 40.16 | 16.54 | Rai, RD Tripathi et al., (2013)           |
| 77.45 | 8.69  | 36.42 | 78.02 | 18.46 | 36.62 | Shama Sehar et al., (2015)                |

|       |       |       |       |       |       |                              |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|
| 51.19 | 48.59 | 34.89 | 72.82 | 74.28 | 55.31 | Thaneeya Perbangkhem, (2010) |
| 90.60 | 81.93 | 58.57 | 93.05 | 84.51 | 77.46 | Vergeles et al. (2016)       |
| 85.96 | 55.19 | 22.31 | 86.87 | 64.71 | 23.27 | Vergeles Y. et al, (2015)    |

En las investigaciones analizadas las eficiencias de remoción dependen de las condiciones operacionales del sistema de depuración, el tipo de sustrato utilizado en el humedal artificial y la eficiencia del tratamiento preliminar para captar sólidos de mayor tamaño. La investigación que tuvo mayor eficiencia de remoción en DBO, DQO y SST fue la de Charris y Caselles-Osorio (2016) cuyo sistema de depuración utilizó como tratamiento preliminar un tanque séptico, seguido de un humedal de flujo subterráneo horizontal con la macrófita emergente *Cyperus articulatus*.

**Ficha 7:** Evaluación de calidad metodológica de las investigaciones

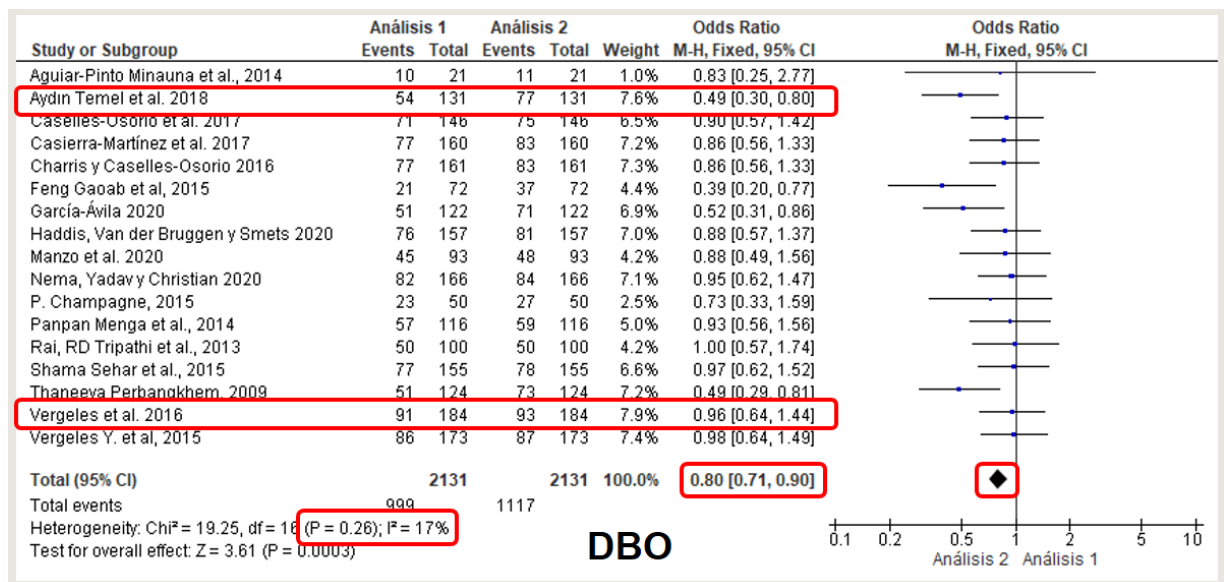
| Autor(es)                           | Selección                           |                                  |                                     |                                                                             | Comparabilidad                                                   | Resultados               |                                                            |                                                    | Total de estrellas | Nivel de calidad |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|------------------|
|                                     | ¿Es la definición de caso adecuada? | Selección de la Cohorte expuesta | Selección de la Cohorte no expuesta | Demostración de que el resultado de interés estaba al principio del estudio | Comparabilidad de casos y controles en base al diseño o análisis | Evaluación del resultado | Seguimiento suficientemente largo para producir resultados | Controles de estudios para otros factores (Listar) |                    |                  |
| Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) | ★                                   | ★                                |                                     | ★                                                                           |                                                                  |                          | ★                                                          | ★                                                  | 5                  |                  |
| Aydın Temel et al. (2018)           | ★                                   | ★                                |                                     |                                                                             |                                                                  | ★                        | ★                                                          | ★                                                  | 5                  |                  |
| Caselles-Osorio et al. (2017)       | ★                                   | ★                                |                                     | ★                                                                           |                                                                  | ★                        | ★                                                          |                                                    | 5                  |                  |
| Casierra-Martínez et al. (2017)     | ★                                   | ★                                |                                     |                                                                             | ★                                                                | ★                        |                                                            | ★                                                  | 5                  |                  |
| Charris y Caselles-Osorio (2016)    | ★                                   | ★                                |                                     | ★                                                                           | ★                                                                | ★                        | ★                                                          |                                                    | 6                  |                  |
| Feng Gaoab et al, (2015)            | ★                                   | ★                                |                                     | ★                                                                           |                                                                  |                          | ★                                                          | ★                                                  | 5                  |                  |

|                                        |   |   |  |   |   |   |   |   |   |  |
|----------------------------------------|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|
| García-Ávila (2020)                    | ★ | ★ |  | ★ | ★ | ★ |   | ★ | 6 |  |
| Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) | ★ | ★ |  |   | ★ | ★ | ★ | ★ | 6 |  |
| Manzo et al. (2020)                    | ★ | ★ |  | ★ |   | ★ | ★ |   | 5 |  |
| Nema, Yadav y Christian (2020)         | ★ | ★ |  |   | ★ | ★ | ★ |   | 5 |  |
| P. Champagne (2015)                    | ★ | ★ |  | ★ |   |   | ★ | ★ | 5 |  |
| Panpan Menga et al., (2014)            | ★ | ★ |  |   |   |   | ★ | ★ | 4 |  |
| Rai, RD Tripathi et al., (2013)        | ★ | ★ |  | ★ |   |   | ★ | ★ | 5 |  |
| Shama Sehar et al., (2015)             | ★ | ★ |  | ★ |   |   | ★ | ★ | 5 |  |
| Thaneeya Perbangkhem, (2010)           | ★ | ★ |  | ★ |   |   | ★ | ★ | 5 |  |
| Vergeles et al. (2016)                 | ★ | ★ |  | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | 7 |  |
| Vergeles Y. et al, (2015)              | ★ | ★ |  | ★ |   |   | ★ | ★ | 5 |  |

| UMBRALES DE CALIFICACIÓN |                                                                                           |  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Buena calidad</b>     | 3 ó 4 estrellas en el dominio de selección y 2 ó 3 estrellas en el dominio de resultados. |  |
| <b>Calidad aceptable</b> | 2 estrellas en el dominio de selección y de 2 ó 3 estrellas en el dominio de resultados.  |  |
| <b>Mala calidad</b>      | 0 ó 1 estrella en el dominio de selección y 0 ó 1 estrella en el dominio de resultados.   |  |

## META-ANÁLISIS

En la Figura 6 se aprecia las 17 investigaciones incluidas en el meta-análisis; en los cuales, se emplearon a las macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Asimismo, se observan los porcentajes de remoción de la DBO en los dos análisis. Por ende, se afirma que el análisis 1 tiene menor porcentaje de remoción que el análisis 2; a pesar que ambas se mantienen en las mismas condiciones operacionales, pero con un espacio temporal diferente. Por lo cual, se infiere que las condiciones climáticas en la que se toman las muestras de ambos análisis alteran la eficiencia de remoción de los contaminantes.



**Figura 6. Meta-análisis del porcentaje de remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO).**

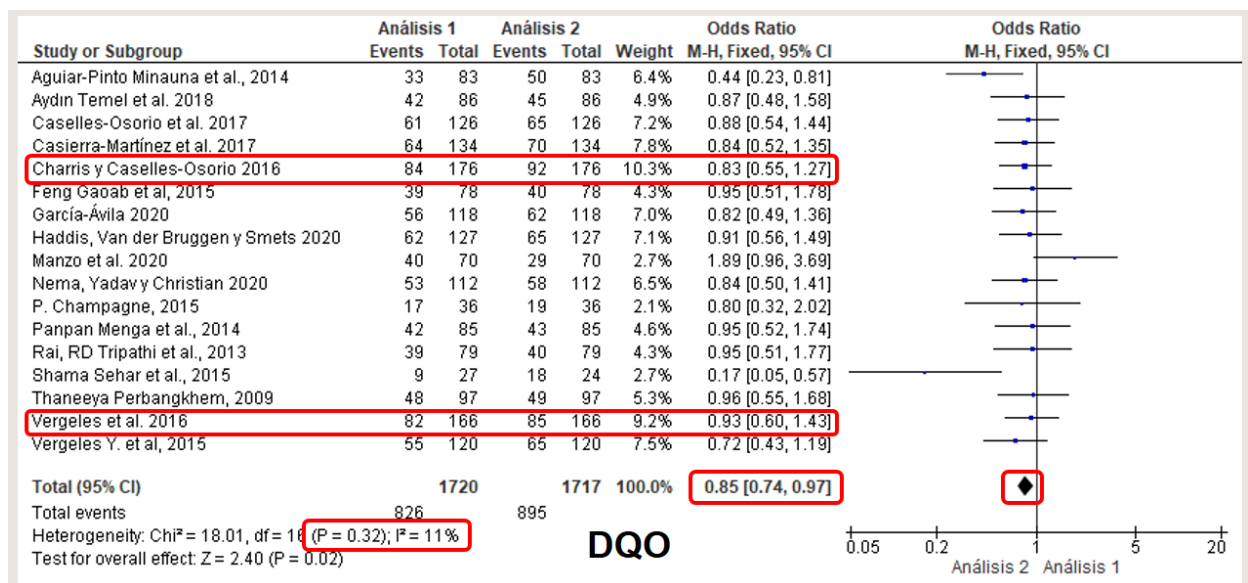
Para realizar una correcta interpretación de la razón de momios, establecemos los intervalos:

- $p < 1$ : El tratamiento incrementa el porcentaje de eficiencia de remoción.
- $p > 1$ : El tratamiento disminuye el porcentaje de eficiencia de remoción.
- $p = 1$ : El tratamiento no presenta variaciones en el porcentaje de eficiencia de remoción.



La razón de momios (Odds Ratio) presentó un valor de 0.80; lo cual, se infiere que la eficiencia de remoción de la DBO se incrementó en un 20% del análisis 1 al análisis 2. Las investigaciones evaluadas en el meta-análisis presentaron una homogeneidad estadística de  $P=0.26$  y  $I^2=17\%$ . Los niveles bajos de heterogeneidad indica que los estudios pueden ser meta-analizados y que se tendría resultados similares si se utilizan las condiciones operacionales del análisis 1 y 2 para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Así mismo, en los valores de peso (weight), las investigaciones más significativas o de mayor peso para el análisis fueron la de Vergeles et al. (2016) y Aydın Temel et al. (2018) con pesos de 8% y 7.7% respectivamente; lo cual indica que estas investigaciones tienen mayor eficiencia de remoción de la DBO.

En la **Figura 7**, se muestran los porcentajes de remoción de la DQO, en dos análisis.

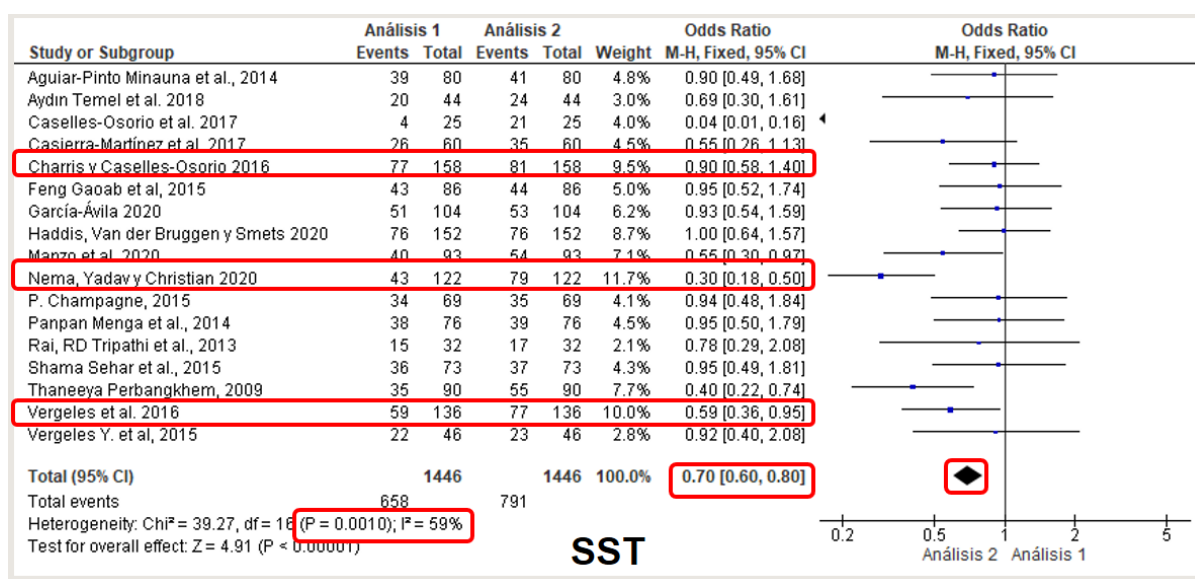


**Figura 7. Meta-análisis del porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno (DQO).**

La razón de momios (Odds Ratio) presentó un valor de 0.85; lo cual, se infiere que la eficiencia de remoción de la DQO, incrementó del análisis 1 al análisis 2 en un 15%. Las investigaciones evaluadas en el meta-análisis mostraron una homogeneidad estadística de  $P=0.32$  y  $I^2=11\%$ . Los niveles bajos de heterogeneidad indica que los estudios pueden ser meta-analizados y que se tendría resultados similares si se utilizan las condiciones operacionales del

análisis 1 y 2 para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Así mismo, en los valores de peso (weight) las investigaciones más significativas para el análisis fue Charris y Caselles-Osorio (2016), y Vergeles et al. (2016), con pesos de 10.3% y 9.2% respectivamente; indicando que estas investigaciones tienen mayor eficiencia de remoción de la DQO.

En la **Figura 8**, se observan los porcentajes de remoción del SST, en dos análisis.



**Figura 8. Meta-análisis del porcentaje de remoción los sólidos suspendidos totales (SST) (%).**

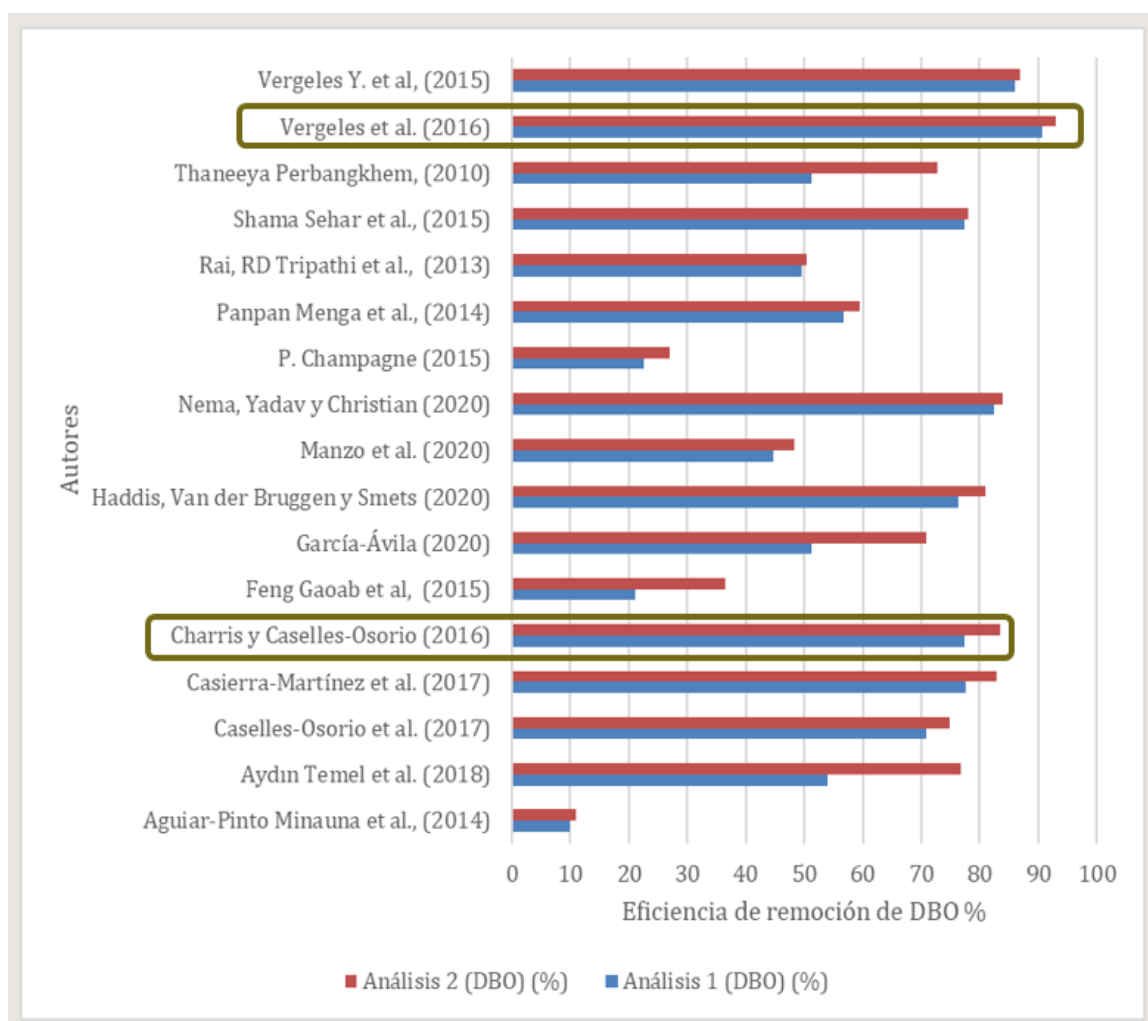
La razón de momio (Odds Ratio) arrojó un valor de 0.70; lo cual se infiere que la eficiencia de remoción de SST incrementó del análisis 1 al análisis 2 en un 30%. Las investigaciones evaluadas en el meta-análisis mostraron una homogeneidad estadística de  $P=0.001$  y  $I^2=59\%$ . Los niveles altos de heterogeneidad indica que se pudo a ver ingresado erróneamente los resultados de los estudios. Por lo cual se recomienda verificar nuevamente si los datos son correctos, no realizar meta-análisis si los resultados de las investigaciones son muy dispersos o explorar la heterogeneidad.

Así mismo, en los valores de peso (weight) las investigaciones más significativas para el análisis fue de Nema, Yadav y Christian (2020) y Vergeles

et al. (2016) con pesos de 11.7% y 10% respectivamente; lo cual indica que estas investigaciones tienen mayor eficiencia en la remoción de SST.

## INTERPRETACIÓN DE GRÁFICOS EN EXCEL

En la Figura 9, se aprecia la diferencia entre la eficiencia de remoción de DBO (%), en los Análisis 1 y 2. Los cuales conservaron las mismas condiciones operacionales pero distintos espacios temporales.



**Figura 9. Porcentaje de remoción de DBO**

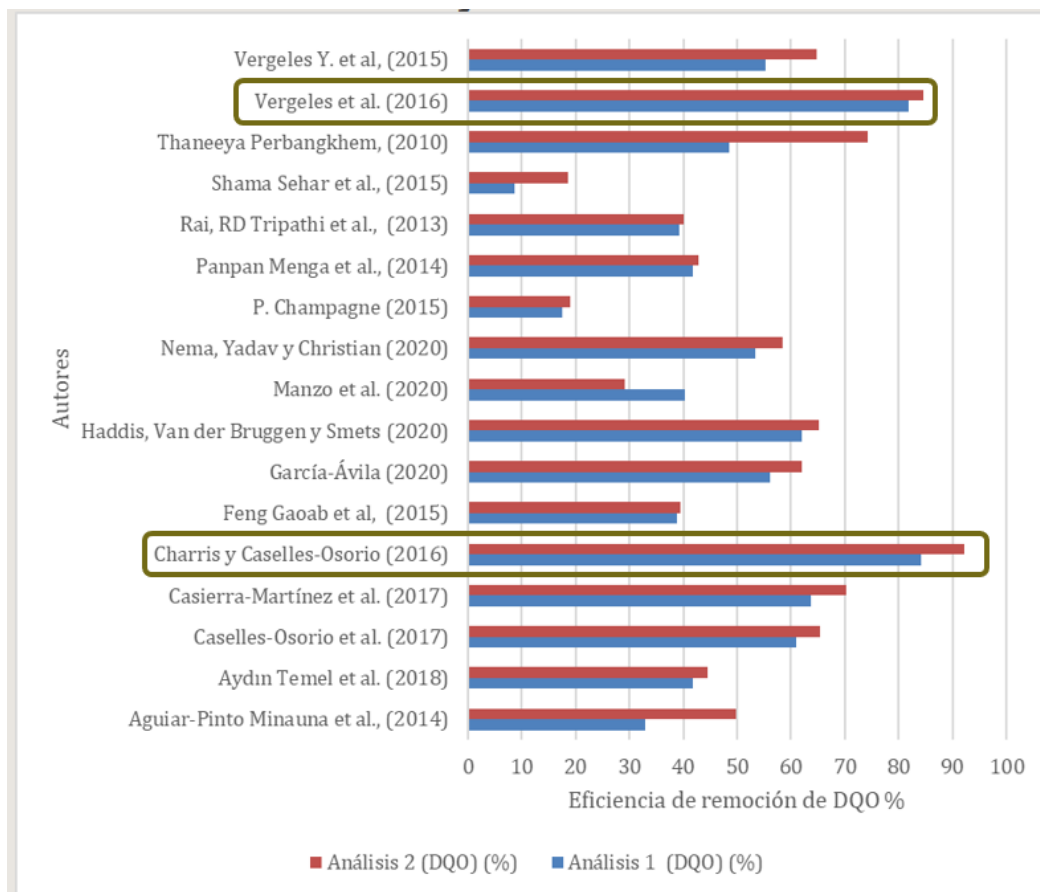
En la Figura 9, se mostró que las investigaciones con mayor eficiencia de remoción de DBO fue la de Vergeles et al. (2016) y Charris y Caselles-Osorio (2016), por lo contrario la investigación de Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) fue la que tuvo menor eficiencia de remoción. Las condiciones operacionales se pueden apreciar en la Tabla 8.

**Tabla 8: Evaluación de la eficiencia de remoción de DBO.**

| Vergeles et al. (2016)                                                                                                    | Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Typha latifolia                                                                                                           | Phragmites Australis                |
| Flujo subterráneo                                                                                                         | Flujo Horizontal Subsuperficial     |
| Tratamiento preliminares sofisticados (unidades de filtración vertical y horizontal con grava fina, arena media y gruesa) | Tanque sedimentador                 |
| DBO (93.05%)                                                                                                              | DBO (9.82%)                         |

En la Tabla 8, se mostró la investigación desarrollada por Vergeles et al. (2016), los cuales emplearon a la especie *Typha latifolia* en un humedal de flujo subterráneo con un área de 370 m<sup>2</sup> y un tiempo de retención promedio de 1.5 días. Este contaba con tratamientos preliminares sofisticados (unidades de filtración vertical y horizontal con grava fina, arena media y gruesa). Por ende, esta investigación tuvo mayor eficiencia de remoción de la DBO (93.05%). En su estudio el influente tuvo una concentración de la DBO de 77.70 mg O<sub>2</sub>/l, lográndose reducir a 7.3 mg O<sub>2</sub>/l y 5.4 mg O<sub>2</sub>/l en los análisis 1 y 2, respectivamente. Por lo contrario, en la investigación de Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) se utilizó como tratamiento preliminar un tranque sedimentador, seguido de un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial con la macrófita emergente *Phragmites Australis*. Como resultado se tuvo una eficiencia de remoción de DBO de 9.82%, cuyo influente tuvo una concentración de 180 mg O<sub>2</sub>/l de DBO y los efluentes del análisis 1 y 2, tuvieron una concentración de 162.32 mg O<sub>2</sub>/l y 160.22 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente. La investigación de Aguiar-Pinto Minauna et al., (2014) presento una baja eficiencia debido a su deficiente sistema de depuración.

En la Figura 10, se aprecia la diferencia entre la eficiencia de remoción de DQO (%), en los Análisis 1 y 2. Los cuales conservaron las mismas condiciones operacionales pero distintos espacios temporales.



**Figura 10. Porcentaje de remoción de DQO**

En la Figura 10, se mostró que las investigaciones con mayor eficiencia de remoción de DQO fue la de Charris y Caselles-Osorio (2016) y Vergeles et al. (2016), por lo contrario la investigación de Shama Sehar et al., (2015) fue la que tuvo menor eficiencia de remoción. Las condiciones operacionales se pueden apreciar en la Tabla 9.

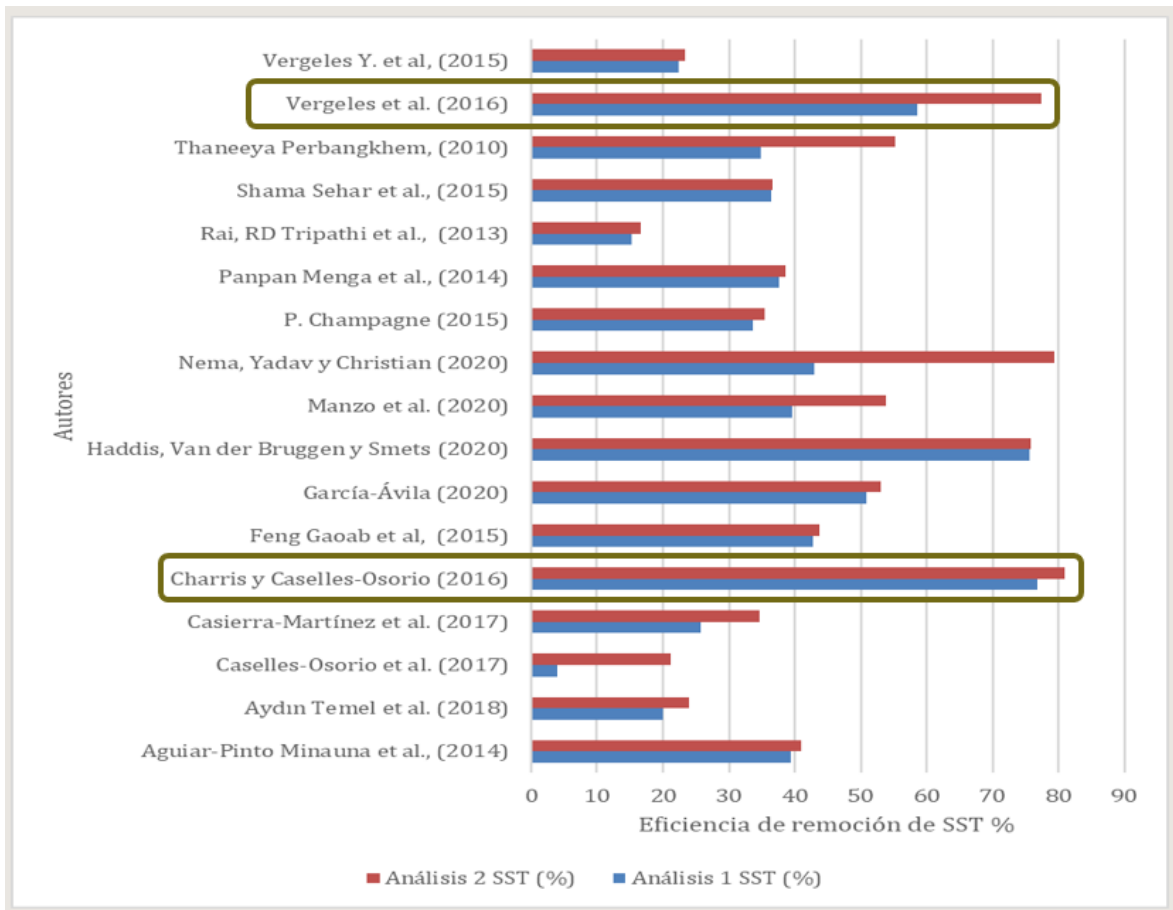
**Tabla 9: Evaluación de la eficiencia de remoción de DQO.**

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| Charris y Caselles-Osorio (2016) | Shama Sehar et al., (2015) |
| Cyperus articulatus              | Brachiaria reptans         |

|                                                                   |                              |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Flujo subterráneo horizontal                                      | Flujo subsuperficial híbrido |
| Tanque séptico que funcionó como módulo de tratamiento preliminar | Fosa séptica                 |
| DQO (92.11%)                                                      | DQO (18.46%),                |

En la Tabla 9 se mostró la investigación desarrollada por Charris y Caselles-Osorio (2016), quienes evaluaron el desempeño de la especie *Cyperus articulatus* en un humedal de flujo subterráneo horizontal, obteniendo la mayor eficiencia de remoción de la DQO (92.11%). El humedal artificial contaba con un tanque séptico que funcionó como módulo de tratamiento preliminar; además, contaba con un área reducida del 2,66 m<sup>2</sup> y consideraba un tiempo de retención promedio de 3 días. La concentración inicial de la DQO fue de 246 mg O<sub>2</sub>/l, lográndose reducir a 39.2 mg O<sub>2</sub>/l y 19.4 mg O<sub>2</sub>/l en los análisis 1 y 2, respectivamente. Por lo contrario, Shama Sehar et al., (2015) utilizó como tratamiento preliminar una fosa séptica, seguida de un humedal artificial de flujo subsuperficial híbrido con la macrófita emergente *Brachiaria reptans*, finalmente obtuvieron la menor eficiencia de remoción de la DQO (18.46%), cuya concentración inicial fue de 208.75 mg O<sub>2</sub>/l, lográndose reducir a 190.62 mg O<sub>2</sub>/l y 170.21 mg O<sub>2</sub>/l, en los análisis 1 y 2, respectivamente.

En la Figura 11, se aprecia la diferencia entre la eficiencia de remoción de SST (%), en los Análisis 1 y 2. Los cuales conservaron las mismas condiciones operacionales pero distintos espacios temporales.



**Figura 11. Porcentaje de remoción de SST**

En la Figura 11, se mostró que las investigaciones con mayor eficiencia de remoción de DQO fue la de Charris y Caselles-Osorio (2016) y Vergeles et al. (2016), por lo contrario la investigación de Rai, RD Tripathi et al., (2013) fue la que tuvo menor eficiencia de remoción. Las condiciones operacionales se pueden apreciar en la Tabla 10.

**Tabla 10: Evaluación de la eficiencia de remoción de SST.**

|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Charris y Caselles-Osorio (2016) | Rai, RD Tripathi et al., (2013) |
| Cyperus articulatus              | Phragmites australis            |
| Flujo subterráneo horizontal     | Flujo subsuperficial horizontal |

|                                                                   |                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|
| Tanque séptico que funcionó como módulo de tratamiento preliminar | Tanque séptico |
| SST (80.9%)                                                       | SST (16.54%)   |

En la Tabla 10, se mostró que la investigación desarrollada por Charris y Caselles-Osorio (2016) quienes obtuvieron la mayor eficiencia de remoción de los SST (80.9%) trabajaron con un tanque séptico que funcionó como módulo de tratamiento preliminar seguido de un humedal artificial de flujo subterráneo horizontal con la macrófita emergente *Cyperus articulatus*, cuya concentración inicial fue de 78 mg/l, lográndose reducir a 18 mg/l y 14.9 mg/l en los análisis 1 y 2, respectivamente. Por lo contrario, la investigación de Rai, RD Tripathi et al., (2013) tuvieron la menor eficiencia de remoción de los SST (15.3%), trabajaron con un tanque séptico en el tratamiento preliminar seguido de un humedal de flujo subsuperficial horizontal con la macrófita emergente *Phragmites australis*, su afluente tuvo una concentración inicial de 170.09 mg/l, lográndose reducir a 144.07 mg/l y 141.96 mg/l en los análisis 1 y 2, respectivamente.



## V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la investigación con mayor eficiencia de remoción de los contaminantes es la de Vergeles et al. (2016), cuyos valores iniciales de la DBO y DQO fueron de 77.7 mg O<sub>2</sub>/l y 209.2 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente; reduciéndose a los valores promedio de 6.35 mg O<sub>2</sub>/l y 35.1 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente. A diferencia de los resultados obtenidos en la investigación de Nema, Yadav y Christian (2020) cuyos valores iniciales de la DBO y DQO fueron de 84 mg O<sub>2</sub>/l y 142.86 mg O<sub>2</sub>/l, reduciéndose a los valores promedio de 14.21 mg O<sub>2</sub>/l y 66.1 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente. Por ende, la remoción de la DQO es generada por la actividad microbiana (situada en la rizosfera de las macrófitas); las cuales metabolizan los contaminantes de las aguas residuales en sustancias más simples, es decir, a nutrientes primarios como: el nitrógeno o fósforo, digeribles o acumulables por las macrófitas (Rincón y Milán, 2013). Asimismo, la remoción de la DQO también dependerá del tiempo de retención, el tipo de macrófita utilizada y la acción filtrante del sustrato. Para Londoño y Marín (2009), la eliminación de la DBO se da inicialmente por la sedimentación y filtración de partículas en la rizósfera y el sustrato de grava. La DQO soluble se elimina por la actividad microbiana, mediante la fermentación mecánica.

Los resultados más significativos en la reducción de los SST fueron los de Vergeles et al. (2016) y Charris y Caselles-Osorio (2016), cuyos parámetros iniciales fueron de 51.9 (mg/l) y 78 (mg/l); reduciéndose en promedio a 16.6 mg/l y 27.05 mg/l. Debido a que ambos investigadores emplearon tratamientos preliminares como: tanques sépticos, tanques de sedimentación, tamices primarios, entre otros. En los humedales artificiales se da por la sedimentación y está condicionada por la densidad de la vegetación y del sustrato.

En la investigación de Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) usaron a la especie macrófita *Cyperus papyrus* en un humedal artificial de flujo subterráneo horizontal. La eficiencia de remoción promedio de la DBO, DQO y SST, fue del 78.5 %, 63.5% y 76%, respectivamente. A diferencia de Perbangkhem y Polprasert (2010) que utilizaron la misma especie y el mismo tipo de humedal, pero sus porcentajes de remoción promedio de la DBO, DQO y

SST fueron del 62 %, 61.5 % y 45%, respectivamente. Por lo tanto, la reducción en el porcentaje de eficiencia se debe al tiempo de retención y al área del humedal; ya que en el estudio de Haddis, Van der Bruggen y Smets (2020) las dimensiones del humedal son relativamente mayores en comparación al diseñado por Perbangkhem y Polprasert (2010).

En la investigación de Caselles-Osorio et al. (2017) utilizaron a la especie *Cyperus Articulatus* en un humedal de flujo subterráneo horizontal; por lo cual, los porcentajes de remoción promedio de la DBO, DQO y SST fueron de 73%, 63%, 17.5%, respectivamente. En efecto, se afirma que este sistema de depuración para el tratamiento de las aguas residuales domésticas presenta deficiencia en la remoción de los sólidos suspendidos totales, ya que los porcentajes de remoción fueron bajos. Estos mismos problemas se presentaron en la investigación de Aydın Temel et al. (2018), donde utilizaron la especie *Juncus Acutus* en un humedal de flujo subterráneo horizontal. Los resultados de la eficiencia promedio de remoción de la DBO, DQO y SST fueron del 65.5%, 43.5% y 28.5% respectivamente. Por ende, los porcentajes de remoción para estos tres parámetros son bajos; debido a que en ambos estudios la fosa séptica (tratamiento preliminar) presentaba problemas de abrasión (desgaste) e impedía la sedimentación de los SST.

Charris y Caselles-Osorio (2016) utilizaron la especie *Echinochloa Colonom* del género *Echinochloa* en un humedal de Flujo subsuperficial horizontal. Los resultados obtenidos para la remoción de la DBO, DQO y SST, fueron del 80%, 67% y 30.5%, respectivamente; por lo cual, esta especie tiene los valores más altos en la eficiencia de remoción de la DBO y DQO, por lo contrario, se evidencia un valor relativamente bajo para la remoción de los SST, debido a que el tiempo de retención en el tanque de sedimentación no fue el adecuado, por ende, los sólidos flotantes no tuvieron el tiempo suficiente para adquirir una velocidad de sedimentación razonable.

Sehar et al. (2015) emplearon a la especie *Brachiaria Reptans*, en un humedal de flujo sub-superficial híbrido. Los resultados de la remoción promedio de la DBO, DQO y SST; fueron del 77.5%, 13.5% y 36.5%, respectivamente. En efecto, el porcentaje más alto de remoción de la DBO fue de 77.5%; mientras

que, para la DQO y SST, los porcentajes son inferiores. Por lo cual, se considera que el proceso experimental pudo tener alguna falla o intervención que afectaron los resultados.

Aguiar et al. (2014) emplearon a la especie *Phragmites Australis*, en un humedal horizontal de flujo subsuperficial. Los resultados para la remoción de la DBO, DQO y SST fueron del 10.5%, 41.5% y 40%, respectivamente. Mientras que, Gao et al. (2015) utilizaron a la misma especie pero con mayor tiempo de retención. Los porcentajes promedio en la remoción de la DBO, DQO y SST; fueron del 36%, 39.5% y 43.5%, respectivamente. Por ende, se evidenció que los resultados de Gao et al. (2015) demuestran mayor uniformidad en los resultados a comparación a los de Aguiar et al. (2014). Sin embargo, Prajapati et al. (2017) emplearon a las especies *Phragmites Australis* y *Lemna Minor* en un humedal artificial híbrido, ya que la primera especie es una macrófita emergente y la segunda es flotante. Ambas especies alcanzaron niveles altos de depuración de las aguas residuales domésticas. Por lo contrario, el *P. Australis* destacó en la remoción de fósforo total, nitrógeno total, DBO y DQO con valores promedio del 78%, 82%, 89% y 92%, respectivamente. Sin embargo, *Lemna Minor* destacó en la remoción de NH<sub>4</sub> y SST, con valores promedio de 76% y 95%, respectivamente. La ventaja de las especies flotantes a diferencia de las enraizadas es que las raíces de la *L. Minor* están expuestas directamente al agua residual, lo cual las raíces de las plantas flotantes tienen contacto directo con el efluente.

García-Ávila (2020) empleó a la especie *Phragmites Australis* en un humedal artificial de flujo subterráneo vertical, los resultados promedio para la remoción de la DBO, DQO y SST; fueron del 61%, 59% y 52%, respectivamente. Por lo contrario, Manzo et al. (2020) acondicionó a la especie *Phragmites Australis* a un medio natural, cuyos resultados promedio para la remoción de la DBO, DQO y SST; fueron del 46.5%, 34.5% y 47%, respectivamente.

Nema, Yadav y Christian (2020) emplearon a la especie *Phragmites Australis*, para tratar a las aguas residuales domésticas con un humedal de flujo vertical. Los resultados para la remoción promedio de la DBO, DQO y SST; fueron del 83%, 55.5% y 61%, respectivamente; por ende, el mayor porcentaje

de remoción fue de la DBO. Asimismo, Vergeles et al. (2015) emplearon a la misma especie en un humedal de flujo híbrido. Los porcentajes de remoción promedio para la DBO, DQO y SST; fueron del 86.5%, 60% y 22.5%, respectivamente.

Giácoman-Vallejos, Ponce-Caballero y Champagne (2015) utilizaron a la especie *Typha Domingensis* en un humedal de flujo subsuperficial horizontal. Los resultados para la remoción de la DBO, DQO y SST fueron del 25%, 18% y 34.5%, respectivamente. Del tratamiento se obtuvieron resultados relativamente bajos de remoción a excepción de los SST, ya que este último presentó un mayor porcentaje de remoción. Por lo contrario, Rai et al. (2013) utilizaron la especie *Typha latifolia* en un humedal de flujo subsuperficial; como resultados del tratamiento de la eficiencia de remoción de la DBO, DQO y SST fueron del 50%, 39.5% y 16%, respectivamente.

Finalmente, Vergeles et al. (2016) estudiaron a *T. Latifolia* en un humedal artificial de flujo subterráneo. A diferencia de los sistemas de depuración anterior, este contaba con tratamientos preliminares más sofisticados (unidades de filtración vertical y horizontal con grava fina, arena media gruesa y gruesa). La efectividad de dichos procedimientos se evidenció en la eficiencia de remoción de la DBO, DQO y SST que tuvieron valores promedio del 92%, 83.5% y 68%, respectivamente. De esta manera, se evidenció que los porcentajes de remoción son elevados, debido al uso de tratamientos preliminares sofisticados. Al respecto, Salgado et al. (2018) aumentaron el rendimiento de los sistemas de tratamiento con humedales artificiales híbridos, mediante la aplicación de rizobacterias biorremediadoras nativas; el diseño consistió en agrupar un consorcio bacteriano con cuatro cepas de rizobacterias aisladas en las raíces de la macrofita *Typha Domingensis* (Totora). Cada cepa individual se identificó por secuenciación del gen de ARN ribosómico 16S (ARNr). Este consorcio eliminó materia orgánica, amonio y fosfato con porcentajes superiores al 70% de las aguas residuales del modelo. Asimismo, para la remoción de la DBO, DQO y SST, alcanzó valores promedio del 89%, 92% y 94%, respectivamente. Por lo tanto, los sistemas bioagregados podrían representar una propuesta competitiva para el tratamiento futuro de las aguas residuales y es una opción viable para

mejorar el rendimiento de los humedales construidos, con el propósito de depurar las aguas residuales domésticas.

## VI. CONCLUSIONES

Mediante la revisión sistemática y meta-análisis se determinó que las condiciones operacionales de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas son pH, conductividad eléctrica, temperatura, DBO, DQO y SST. Los resultados más representativos de la eficiencia de remoción de la DBO, DQO y SST fueron del 93%, 92% y 81%, respectivamente. Por ende, los humedales artificiales de macrófitas emergentes son eficientes para el tratamiento de las aguas residuales domésticas. Asimismo, se obtuvieron las siguientes conclusiones específicas:

1. Para determinar la eficiencia de los humedales artificiales con macrófitas emergentes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, es necesario evaluar los porcentajes de remoción de la DBO, DQO y SST. Además, cabe resaltar que las rizobacterias metabolizan los contaminantes en sustancias más simples y reducen la carga orgánica del efluente. Sin embargo, hasta la actualidad no hay estudios que investiguen a profundidad la actividad microbiana en el tratamiento de las aguas residuales.

2. Se identificaron diecisiete investigaciones que hacen uso de los humedales artificiales con macrófitas emergentes para el tratamiento de las aguas residuales, estas fueron publicadas entre los años 2009 y 2020. De igual forma, estas investigaciones se desarrollaron en los países de Portugal, Turquía, Colombia, Ecuador, Etiopía, Pakistán, Argentina, Ucrania, India, Canadá, China y Tailandia.

3. Para la caracterización física, química y biológica de las aguas residuales domésticas utilizadas en los estudios se consideraron los siguientes parámetros: potencial de hidrógeno (pH), temperatura ( $T^{\circ}$ ), conductividad eléctrica (C.E), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos totales suspendidos totales (SST). Asimismo, cabe resaltar que las aguas residuales domésticas se caracterizan por tener una elevada carga orgánica y que las evaluaciones de los parámetros ya mencionados se encuentran disponibles en los 17 artículos científicos seleccionados de las bases de datos de Scopus y Web Of Science.

4. Se identificaron las condiciones operacionales, establecidas por los autores, siendo los siguientes: tipo de humedal, especie utilizada, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal (densidad de las macrófitas) y el tiempo de retención (expresado en días).

5. La técnica más favorable para la obtención de resultados de acuerdo a la cantidad de investigaciones relacionadas al tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes son aquellas que cuentan con un tratamiento preliminar (tanque de sedimentación o fosa séptica), seguida de un humedal de flujo subsuperficial con sustratos de arena, grava, grava fina, entre otros. Por ende, el uso de humedales artificiales con plantas acuáticas es viable para la depuración de aguas residuales domésticas. Esta técnica es beneficiosa en términos de costo-beneficio, ya que no es muy cara como otras técnicas de depuración y tampoco utiliza sustancias químicas para el tratamiento; por lo cual, su funcionamiento se asemeja a la de un humedal natural, siendo las rizobacterias el pilar fundamental para el tratamiento de los efluentes.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Familiarizarse con el programa de meta-análisis que se utiliza, asimismo, trabajar con dos grupos de tratamiento; por ejemplo, en el presente estudio se evaluó la eficiencia de remoción de los parámetros (DBO, DQO y SST) en dos análisis (1 y 2).

Evaluar las diferentes escalas y listas para verificar la calidad de estudios científicos que mejor se adapte a la investigación.

Evaluar la eficiencia de remoción de otras familias de macrófitas enraizadas o flotantes en distintos sustratos. Asimismo, realizar revisiones sistemáticas y meta-análisis para evaluar la eficiencia de remoción de las macrófitas emergentes, enraizadas o flotantes en aguas residuales industriales o de curtiembre.



## REFERENCIAS

AMARE, E., KEBEDE, F., BERIHU, T. y MULAT, W. Field-based investigation on phytoremediation potentials of *Lemna minor* and *Azolla filiculoides* in tropical, semiarid regions: Case of Ethiopia. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 20, no. 10, pp. 965-972. ISSN 15497879. Disponible en: [https:// doi.org/10.1080/15226514.2017.1365333](https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1365333).

ANAND, V. y OINAM, B. Future climate change impact on hydrological regime of river basin using SWAT model. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2019. vol. 5, no. 4, pp. 471-484. ISSN 23833866. Disponible en: [https:// doi.org/10.22034/gjesm.2019.04.07](https://doi.org/10.22034/gjesm.2019.04.07).

ARIVOLI, A., MOHANRAJ, R. y SEENIVASAN, R. Application of vertical flow constructed wetland in treatment of heavy metals from pulp and paper industry wastewater, 2015. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, no. 17, pp. 13336-13343. ISSN 16147499. Disponible en: [https:// doi.org/10.1007/s11356-015-4594-4](https://doi.org/10.1007/s11356-015-4594-4).

AYDIN TEMEL, F., ÖZYAZICI, G., USLU, V.R. y ARDALI, Y. Full scale subsurface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment: 3 years' experience, 2018. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, vol. 37, no. 4, pp. 1348-1360. ISSN 19447450. Disponible en: [https:// doi.org/10.1002/ep.12908](https://doi.org/10.1002/ep.12908).

CASELLES-OSORIO, A., VEGA, H., LANCHEROS, J.C., CASIERRA-MARTÍNEZ, H.A. y MOSQUERA, J.E. Horizontal subsurface-flow constructed wetland removal efficiency using *Cyperus articulatus* L., 2017. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 99, pp. 479-485. ISSN 09258574. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.062>.

CASIERRA-MARTÍNEZ, H.A., CHARRIS-OLMOS, J.C., CASELLES-OSORIO, A. y PARODY-MUÑOZ, A.E. Organic Matter and Nutrients Removal in Tropical Constructed Wetlands Using *Cyperus ligularis* (Cyperaceae) and *Echinochloa colona* (Poaceae), 2017. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 228, no. 9. ISSN 15732932. Disponible en: [https:// doi.org/10.1007/s11270-017-3531-1](https://doi.org/10.1007/s11270-017-3531-1).

CHARRIS, J.C. y CASELLES-OSORIO, A. Eficiencia de eliminación de contaminantes del agua residual doméstica con humedales construidos experimentales plantados con *Cyperus ligularis* (Cyperaceae) y *Echinochloa colonum* (Poaceae), 2016. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 7, no. 6, pp. 93-103. ISSN 20072422. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000600093](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600093).

CIRUJANO, S., MOLINA, A.M. y CEZÓN, K. Flora acuática: Macrófitos. *Taxagua*, 2011. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/agua/formacion/06-macrofitos-santos\\_cirujano\\_tcm7-174291.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/formacion/06-macrofitos-santos_cirujano_tcm7-174291.pdf)

CORRAL, Y. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos, 2009. *Revista ciencias de la educación*, no. 33, pp. 228-247. ISSN 1316-5917. Disponible en: <http://miar.ub.edu/issn/1316-5917>.

DE, F., PRESENTADO, S., YELHSIN, : y LORDAN, M.G. Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides* para el tratamiento de aguas servidas, 2017. [en línea]. Lima.

DHIR, B., SHARMILA, P. y SARADHI, P.P. Potential of aquatic macrophytes for removing contaminants from the environment, 2009. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 39, no. 9, pp. 754-781. ISSN 10643389. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643380801977776>.

ELFANSSI, S., OUAZZANI, N., LATRACH, L., HEJAJ, A. y MANDI, L. Phytoremediation of domestic wastewater using a hybrid constructed wetland in mountainous rural area, 2018. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 20, no. 1, pp. 75-87. ISSN 15497879. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1337067>.

F.M. MUVEA1,\* , G.M. OGENDI1, 2, S.O.O. Future climate change impact on hydrological regime of river basin using SWAT model, 2019. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 5, no. 4, pp. 159-168. ISSN 09258574. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.06.020>.

GALLEGOS-RODRÍGUEZ, J., LÓPEZ-OCAÑA, G., BAUTISTA-MARGULIS, R.G. y TORRES-BALCÁZAR, C.A. Evaluation of free flow constructed wetlands with *Sagittaria latifolia* and *Sagittaria lancifolia* in domestic wastewater treatment, 2018. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, vol. 10, no. 2, pp. 49-65. ISSN 20073925. Disponible en: <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2017.03.005>.

GAO, F., YANG, Z.H., LI, C. y JIN, W.H. Saline domestic sewage treatment in constructed wetlands: study of plant selection and treatment characteristics, 2015. *Desalination and Water Treatment*, vol. 53, no. 3, pp. 593-602. ISSN 19443986. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.848673>.

GARCÍA-ÁVILA, F. Treatment of municipal wastewater by vertical subsurface flow constructed wetland: Data collection on removal efficiency using *Phragmites Australis* and *Cyperus Papyrus*, 2020. *Data in Brief*, vol. 30. ISSN 23523409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105584>.

GARCÍA, J. y CORZO, A. Depuración con Humedales Construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial, 2008. *Universidad Politécnica de Cataluña*, pp. 108. ISSN 23523409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105584>.

GIÁCOMAN-VALLEJOS, G., PONCE-CABALLERO, C. y CHAMPAGNE, P. Pathogen removal from domestic and swine wastewater by experimental constructed wetlands, 2015. *Water Science and Technology*, vol. 71, no. 8, pp. 1263-1270. ISSN 02731223. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2015.102>.

GIOSA, E., MAMMIDES, C. y ZOTOS, S. The importance of artificial wetlands for birds: A case study from Cyprus, 2018. *PLoS ONE*, vol. 13, no. 5, pp. 1-19. ISSN 19326203. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197286>.

GUITTONNY-PHILIPPE, A., PETIT, M.E., MASOTTI, V., MONNIER, Y., MALLERET, L., COULOMB, B., COMBROUX, I., BAUMBERGER, T., VIGLIONE, J. y LAFFONT-SCHWOB, I. Selection of wild macrophytes for use in constructed wetlands for phytoremediation of contaminant mixtures, 2015. *Journal of Environmental Management*, vol. 147, pp. 108-123. ISSN 10958630.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.009>.

GUO, L., LV, T., HE, K., WU, S., DONG, X. y DONG, R. Removal of organic matter, nitrogen and faecal indicators from diluted anaerobically digested slurry using tidal flow constructed wetlands, 2017. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 6, pp. 5486-5496. ISSN 16147499. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8297-2>.

HADDIS, A., VAN DER BRUGGEN, B. y SMETS, I. Constructed wetlands as nature based solutions in removing organic pollutants from wastewater under irregular flow conditions in a tropical climate, 2020. *Ecohydrology and Hydrobiology* [en línea], vol. 20, no. 1, pp. 38-47. ISSN 20803397. DOI 10.1016/j.ecohyd.2019.03.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2019.03.001>.

HAN, B., ZHANG, S., ZHANG, L., LIU, K., YAN, L., WANG, P., WANG, C. y PANG, S. Characterization of microbes and denitrifiers attached to two species of floating plants in the wetlands of Lake Taihu, 2018. *PLoS ONE*, vol. 13, no. 11, pp. 1-16. ISSN 19326203. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207443>.

HE, Y., PENG, L., HUA, Y., ZHAO, J. y XIAO, N. Treatment for domestic wastewater from university dorms using a hybrid constructed wetland at pilot scale, 2018. pp. 8532-8541. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1168-7>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*, 2006. España: s.n. ISBN 9789701057537. Disponible en: <https://www.biblio.com/9789701057537>.

HOFFMANN, HEIKE Y PLATZE, C. Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises, 2011. [en línea] Alemania.

HUANG, X., ZHAO, F., YU, G., SONG, C., GENG, Z. y ZHUANG, P. Removal of Cu , Zn , Pb , and Cr from Yangtze Estuary Using the *Phragmites australis* Artificial Floating Wetlands, 2017. vol. 2017. Disponible en:

<https://doi.org/10.1155/2017/6201048>

LIU, Y., GONG, L., MU, X., ZHANG, Z., ZHOU, T. y ZHANG, S. Characterization and co-occurrence of microbial community in epiphytic biofilms and surface sediments of wetlands with submersed macrophytes, 2020. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 715, pp. 136950. ISSN 18791026. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136950>.

LONDOÑO, L. y MARÍN, C. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL ALIMENTADOS CON AGUA RESIDUAL SINTÉTICA, , 2009. *Aspectos Generales De La Planificación Tributaria En Venezuela*, vol. 2009, no. 75, pp. 31-47. ISSN 23523409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105584>.

MANZO, L.M., EPELE, L.B., HORAK, C.N., KUTSCHKER, A.M. y MISERENDINO, M.L. Engineered ponds as environmental and ecological solutions in the urban water cycle: A case study in Patagonia, 2020. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 154, no. December 2019, pp. 105915. ISSN 09258574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105915>.

MARÍA, D.C. y AGÜERO, O. Revisiones sistemáticas y metaanálisis en la práctica clínica: una aproximación al tema, 2013. *Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación*, vol. 12, no. 3, pp. 244-251. ISSN 1726-6718. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105584>.

MENG, P., HU, W., PEI, H., HOU, Q. y JI, Y. Effect of different plant species on nutrient removal and rhizospheric microorganisms distribution in horizontal-flow constructed wetlands, 2014. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 35, no. 7, pp. 808-816. ISSN 1479487X. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.852626>.

MINA, I.A.P., COSTA, M., MATOS, A., CALHEIROS, C.S.C. y CASTRO, P.M.L. Polishing domestic wastewater on a subsurface flow constructed wetland: Organic matter removal and microbial monitoring, 2011. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 13, no. 10, pp. 947-958. ISSN 15226514. Disponible en:

<https://doi.org/10.1080/15226514.2010.532182>.

NEMA, A., YADAV, K.D. y CHRISTIAN, R.A. A small-scale study of plant orientation in treatment performance of vertical flow constructed wetland in continuous flow, 2020. *International Journal of Phytoremediation* [en línea], vol. 22, no. 8, pp. 849-856. ISSN 15497879. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1715918>.

OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales, 2014. *Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental* [en línea], pp. 36. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).

OMONDI, O., TIANA, C., TIANA, Y. y XIAOA, B. Process Safety and Environmental Protection ChemE a; L Efficacy of macrophyte dominated wastewater inclosure as post-treatment alternative in domestic wastewater quality polishing for eradication of faecal pathogenic bacteria pollution, 2017. vol. 4, pp. 192-205. ISSN 23523409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.12.023>.

PARTHASARATHY, P. y NARAYANAN, S.K. Effect of Hydrothermal Carbonization Reaction Parameters on, 2014. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, vol. 33, no. 3, pp. 676-680. ISSN 19447450. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ep>.

PERBANGKHEM, T. y POLPRASERT, C. Biomass production of papyrus (*Cyperus papyrus*) in constructed wetland treating low-strength domestic wastewater, 2010. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 101, no. 2, pp. 833-835. ISSN 09608524. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.062>.

PRAJAPATI, M., VAN BRUGGEN, J.J.A., DALU, T. y MALLA, R. Assessing the effectiveness of pollutant removal by macrophytes in a floating wetland for wastewater treatment, 2017. *Applied Water Science*, vol. 7, no. 8, pp. 4801-4809. ISSN 2190-5487. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0625-2>.

RABAT, J. Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración, 2016. *Universidad de Alicante*, pp. 1-112. Disponible en:

<https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm10/tfm10-jorge-rabat-blazquez.pdf>.

RAI, P.K. Heavy metals/metalloids remediation from wastewater using free floating macrophytes of a natural wetland, 2019. *Environmental Technology and Innovation* [en línea], vol. 15, pp. 100393. ISSN 23521864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100393>.

RAI, U.N., TRIPATHI, R.D., SINGH, N.K., UPADHYAY, A.K., DWIVEDI, S., SHUKLA, M.K., MALLICK, S., SINGH, S.N. y NAUTIYAL, C.S. Constructed wetland as an ecotechnological tool for pollution treatment for conservation of Ganga river, 2013. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 148, pp. 535-541. ISSN 18732976. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.005>.

REHMAN, F., PERVEZ, A., MAHMOOD, Q. y NAWAB, B. Wastewater remediation by optimum dissolve oxygen enhanced by macrophytes in constructed wetlands, 2017. *Ecological Engineering* [en línea], vol. 102, pp. 112-126. ISSN 09258574. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.030>.

RINCÓN, J. y MILÁN, N. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de la universidad libre, 2013. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9997/EVALUACION%20DE%20UN%20HUMEDAL%20HSS%20PARA%20LA%20U%20LIBRE..pdf?sequence=1>.

ROCHA, C.M.C., LIMA, D., CUNHA, M.C.C. y ALMEIDA, J.S. Aquatic macrophytes and trophic interactions: A scientometric analyses and research perspectives, 2019. *Brazilian Journal of Biology*, vol. 79, no. 4, pp. 617-624. ISSN 16784375. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.185505>.

SAID, N.S.M., ABDULLAH, S.R.S., ISMAIL, N. 'Izzati, HASAN, H.A. y OTHMAN, A.R. Phytoremediation of real coffee industry effluent through a continuous two-stage constructed wetland system, 2020. *Environmental Technology and*

*Innovation* [en línea], vol. 17, pp. 100502. ISSN 23521864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100502>.

SALGADO, I., CÁRCAMO, H., CARBALLO, M.E., CRUZ, M. y DEL CARMEN DURÁN, M. Domestic wastewater treatment by constructed wetlands enhanced with bioremediating rhizobacteria, 2018. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, no. 21, pp. 20391-20398. ISSN 16147499. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9505-4>.

SAMSON, R.J. Greedy search algorithm used in the automated scheduling of Hubble Space Telescope activities, 1998. *Observatory Operations to Optimize Scientific Return*. S.l.: s.n., pp. 282-290. ISSN 2440-5435. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0625-2>.

SARASWAT, S. y RAI, D.J.P.N. Aquatic macrophytes mediated remediation of toxic metals from moderately contaminated industrial effluent, 2018. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 20, no. 9, pp. 876-884. ISSN 15497879. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1438359>.

SCHNEIDER-BINDER, E. Aquatic Macrophyte Communities of the Gorgova-Isac-Uzlina Area (Danube Delta, Romania) , 2018. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, vol. 20, no. 3, pp. 39-56. ISSN 2344-3219. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/trser-2018-0018>.

SEHAR, S., SUMERA, NAEEM, S., PERVEEN, I., ALI, N. y AHMED, S. A comparative study of macrophytes influence on wastewater treatment through subsurface flow hybrid constructed wetland, 2015. *Ecological Engineering*, vol. 81, pp. 62-69. ISSN 09258574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.009>.

SOLANKI, P., NARAYAN, M., MEENA, S.S. y SRIVASTAVA, R.K. Floating raft wastewater treatment system: A review, 2017. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, vol. 11, no. 2, pp. 1113-1116. ISSN 09737510. Disponible en: <https://doi.org/10.22207/JPAM.11.2.55>.

SU, F., LI, Z., LI, Yingwen, XU, L., LI, Yongxing y LI, S. Removal of Total Nitrogen and Phosphorus Using Single or Combinations of Aquatic Plants, 2019. pp. 1-13.



Disponible en: [https://doi.org/ 10.3390/ijerph16234663](https://doi.org/10.3390/ijerph16234663)

TANG, Y., HARPENSLAGER, S.F., VAN KEMPEN, M.M.L., VERBAARSCHOT, E.J.V., LOEFFEN, L.M.J.M., ROELOFS, J.G.M., SMOLDERS, A.J.P. y LAMERS, L.P.M. Aquatic macrophytes can be used for wastewater polishing but not for purification in constructed wetlands, 2017. *Biogeosciences*, vol. 14, no. 4, pp. 755-766. ISSN 17264189. Disponible en: [https://doi.org/ 10.5194/bg-14-755-2017](https://doi.org/10.5194/bg-14-755-2017).

TILAK, A.S., WANI, S.P., PATIL, M.D. y DATTA, A. Evaluating wastewater treatment efficiency of two field scale subsurface flow constructed wetlands, , 2016. *Current Science*, vol. 110, no. 9, pp. 1764-1772. ISSN 00113891. Disponible en: [https://doi.org/ 10.18520/cs/v110/i9/1764-1772](https://doi.org/10.18520/cs/v110/i9/1764-1772).

VERGELES, Y., BUTENKO, N., ISHCHEENKO, A., STOLBERG, F., HOGLAND, M. y HOGLAND, W. Formation and properties of sediments in constructed wetlands for treatment of domestic wastewater, 2016. *Urban Water Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 293-301. ISSN 17449006. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.993178>.

VICTOR, K.K., SÉKA, Y., NORBERT, K.K., SANOGO, T.A. y CELESTIN, A.B. Phytoremediation of wastewater toxicity using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*) , 2016. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 18, no. 10, pp. 949-955. ISSN 15497879. Disponible en: [https://doi.org/ 10.1080/15226514.2016.1183567](https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1183567).

WU, Z., XU, X., ZHANG, J., WIEGLEB, G. y HOU, H. Influence of environmental factors on the genetic variation of the aquatic macrophyte *Ranunculus subrigidus* on the Qinghai-Tibetan Plateau, 2019. pp. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1559-0>

ZHAO, Y.W., LIU, Y.X., WU, S.R., LI, Z.M., ZHANG, Y., QIN, Y. y YIN, X.A. Construction and application of an aquatic ecological model for an emergent-macrophyte-dominated wetland: A case of Hanshiqiao wetland, 2016. *Ecological Engineering*, vol. 96, pp. 214-223. ISSN 09258574. Disponible en: [https://doi.org/ 10.1016/j.ecoleng.2015.12.032](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.12.032).

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización

| Variables     | Variables                                   | Definición Conceptual                                                                                                                                                                                                                           | Definición Operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Dimensiones                                | Indicadores                                    | Escala / Niveles de medición                                                                                                                                           |         |         |        |         |
|---------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| Independiente | Uso de humedales artificiales de macrófitas | Las macrófitas o plantas acuáticas son aquella vegetación que crecen en la zona litoral de los lagos, humedales, ríos y embalses. Estas mismas plantas actualmente son utilizadas para el tratamiento de las aguas contaminadas (Roldán, 2008). | En el proceso de depuración se consideran las condiciones operacionales: tipo de humedal, composición del sustrato, tratamientos preliminares, área del humedal, población vegetal y tiempo de retención. También se considera la caracterización de las macrófitas: taxonomía, tipo y población vegetal en los humedales artificiales. | Condiciones operaciones                    | Tipo de humedal                                | Nominal                                                                                                                                                                |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | Composición del sustrato                       | Nominal                                                                                                                                                                |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | Tratamientos preliminares                      |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | Área del humedal                               | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                         |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | Población vegetal (Densidad de las macrófitas) | Plantas / m <sup>2</sup>                                                                                                                                               |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tiempo de retención                        | días                                           |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Caracterización de las macrófitas          | Taxonomía                                      | <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Familia</td> <td rowspan="3">Nominal</td> </tr> <tr> <td>Genero</td> </tr> <tr> <td>Especie</td> </tr> </table> | Familia | Nominal | Genero | Especie |
| Familia       | Nominal                                     |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            |                                                |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
| Genero        |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            |                                                |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
| Especie       |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            |                                                |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
| Dependiente   | Tratamiento de aguas residuales domésticas  | Consiste en hacer pasar el agua contaminada por una serie de procesos que tienen por finalidad eliminar los contaminantes físicos,                                                                                                              | Se medirán los parámetros físicos, químicos y biológicos, antes y después del tratamiento. De esta manera, se determinarán si alcanzaron                                                                                                                                                                                                | Parámetros, físicos, químicos y biológicos | pH                                             |                                                                                                                                                                        |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | Temperatura                                    | °C                                                                                                                                                                     |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | DBO                                            | mg O <sub>2</sub> /l                                                                                                                                                   |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | DQO                                            | mg O <sub>2</sub> /l                                                                                                                                                   |         |         |        |         |
|               |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                            | SST                                            | mg O <sub>2</sub> /l                                                                                                                                                   |         |         |        |         |

|  |  |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                 |                        |                         |         |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------|
|  |  | químicos y biológicos, presentes en el efluente proveniente de las actividades antropogénicas (Serrano y Corzo, 2018) | <p>los niveles óptimos para ser usadas en actividades no esenciales</p> $E\% = \frac{(S_o - S)}{S_o} * 100\%$ <p>E: Eficiencia de remoción. [%]<br/> S: Carga contaminante de salida<br/> So: Carga contaminante de entrada</p> |                        | Conductividad eléctrica | (μS/cm) |
|  |  |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                 | Eficiencia de remoción | Eficiencia de remoción  | %       |

## Anexo 2. Instrumentos de Evaluación

**Ficha 1:** Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.

| Ficha 1: Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis. |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|-----------|
|                                                                                            |                      | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             |                              | Incio Rivera, Paola Jhandyrha<br>Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus |              |                     |           |
|                                                                                            |                      | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |                              |                                                                     |              |                     |           |
| Tipo de humedal                                                                            | Especie de macrófita | Condiciones operacionales                                                                                                                                       | Tipo de análisis estadístico | Resultados                                                          | Conclusiones | Contexto geográfico | Autor(es) |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |
|                                                                                            |                      |                                                                                                                                                                 |                              |                                                                     |              |                     |           |

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Autor(a) de Instrumento: Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
Docente Investigadora  
Universidad Santo Tomas Villavicencio

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |    | X   |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



Danny Lizarzaburu Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020


  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP Nº 25450**



**Ficha 2:** Caracterización de las aguas residuales domésticas.

| Ficha 2: Caracterización de las aguas residuales domésticas.                      |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|-----------|
|  | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             |                                 | Incio Rivera, Paola Jhandyrha<br>Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus |                                                         |            |           |
|                                                                                   | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
| pH                                                                                | Temperatura (°C)                                                                                                                                                | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O <sub>2</sub> /l)           | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O <sub>2</sub> /l) | SST (mg/l) | Autor(es) |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                     |                                                         |            |           |

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar**  
 CIP N° 25450

  
**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las aguas residuales domésticas**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las aguas residuales domésticas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

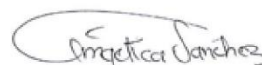
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
Docente Investigadora  
Universidad Santo Tomas Villavicencio

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las aguas residuales domésticas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Autor(a) de Instrumento: Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



Danny Lizarzaburu Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 95556



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las aguas residuales domésticas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**Ficha 3:** Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.

| Ficha 3: Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis. |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------|
|                                                                                                                         | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             | Incio Rivera, Paola Jhandyrha      |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 | Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus |                 |           |
| <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                    |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
| Familia                                                                                                                 | Género                                                                                                                                                          | Especie                            | Características | Autor(es) |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |
|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                 |                                    |                 |           |

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

**Danny Lizaraburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |

X

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|     |
|-----|
| 95% |
|-----|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
Docente Investigadora  
Universidad Santo Tomas Villavicencio



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                              |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de las macrófitas utilizadas en estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Autor(a) de Instrumento: Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020

  
 \_\_\_\_\_  
**Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP N° 25450**

**Ficha 4:** Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas.

| Ficha 4: Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas. |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|---------------------|-----------|
|                                                                                 |                          | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             |                  | Incio Rivera, Paola Jhandyrha                  |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  | Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus             |                     |           |
|                                                                                 |                          | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |                  |                                                |                     |           |
| Tipo de humedal                                                                 | Composición del sustrato | Tratamientos preliminares                                                                                                                                       | Área del Humedal | Población vegetal (Densidad de las macrófitas) | Tiempo de retención | Autor(es) |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |
|                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                 |                  |                                                |                     |           |

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>90%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



Danny Lizarzaburu Aguinaga  
Ingeniero Químico  
Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los humedales artificiales de macrófitas**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    |    | ACEPTABLE |    |     |  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|----|-----------|----|-----|--|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85 | 90        | 95 | 100 |  |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |    |           | X  |     |  |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020




**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

**Ficha 5:** Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones.

| Ficha 5: Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones.          |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|-----------|
|  | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             |                                 |                                              | Incio Rivera, Paola Jhandyrha<br>Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
| pH                                                                                | Temperatura (°C)                                                                                                                                                | Conductividad eléctrica (µS/cm) | Análisis 1                                   |                                                                     |            | Análisis 2                                   |                                            |            | Autor(es) |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O2/l) | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O2/l)                          | SST (mg/l) | Demanda biológica de oxígeno (DBO) (mg O2/l) | Demanda química de oxígeno (DQO) (mg O2/l) | SST (mg/l) |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                                 |                                 |                                              |                                                                     |            |                                              |                                            |            |           |

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar**  
 CIP N° 25450

  
**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020




---

**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

|     |
|-----|
| 95% |
|-----|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
Docente Investigadora  
Universidad Santo Tomas Villavicencio

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de los parámetros evaluados en las investigaciones**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |


**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP N° 25450**

**Ficha 6:** Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones.

| Ficha 6: Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones                                       |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|--|
|                                            | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             | <b>Responsables</b>                                                                                                                                             |            | Incio Rivera, Paola Jhandyrha<br>Quinteros Rodriguez, Brandon Jesus |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |            |                                                                     |                                         |                  |  |
| <b>E: Eficiencia de remoción. [%]</b><br><b>S: Carga contaminante de salida</b><br><b>So: Carga contaminante de entrada</b> |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         | <b>Autor(es)</b> |  |
| $E(\%) = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100 \%$                                                                               |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
| <b>Análisis 1</b>                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |            | <b>Análisis 2</b>                                                   |                                         |                  |  |
| <b>Demanda biológica de oxígeno (DBO)</b>                                                                                   | <b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>                                                                                                                         | <b>SST</b> | <b>Demanda biológica de oxígeno (DBO)</b>                           | <b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b> | <b>SST</b>       |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |
|                                                                                                                             |                                                                                                                                                                 |            |                                                                     |                                         |                  |  |

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

  
**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**  
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones**  
 5.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**
- 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones**
- 5.5. Autor(a) de Instrumento: **Autor(a) de Instrumento: Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

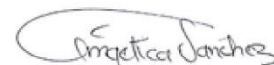
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>90%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
Docente Investigadora  
Universidad Santo Tomas Villavicencio

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**  
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**  
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**  
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones**  
 5.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 95% |
|-----|

Lima, 01 de diciembre del 2020

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**  
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**  
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**  
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de remoción de los contaminantes evaluados en las investigaciones**  
 5.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |


**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
**CIP N° 25450**

Ficha 7: Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones.

| Ficha 7: Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones - Newcastle-Ottawa |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|------------------|
|         | <b>Título:</b> Revisión sistemática y meta-análisis sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas con humedales artificiales de macrófitas emergentes |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          | <b>Línea de investigación:</b> Calidad y Gestión de los Recursos Naturales                                                                                      |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          | <b>Responsable:</b> Incio Rivera, Paola Jhandyrha<br>Quinteros Rodríguez, Brandon Jesus                                                                         |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          | <b>Asesor:</b> Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto                                                                                                            |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
| Autor(es)                                                                                | Selección                                                                                                                                                       |                                                                                           |                                     |                                                                              | Comparabilidad                                                   | Resultados               |                                                             |                                                    | Total de estrellas | Nivel de calidad |
|                                                                                          | ¿Es la definición de caso adecuada?                                                                                                                             | Selección de la Cohorte expuesta                                                          | Selección de la Cohorte no expuesta | Demostración de que el resultado de interés estaba al principio del estudio. | Comparabilidad de casos y controles en base al diseño o análisis | Evaluación del resultado | Seguimiento suficientemente largo para producir resultados. | Controles de estudios para otros factores (Listar) |                    |                  |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
|                                                                                          |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    |                    |                  |
| UMBRALES DE CALIFICACIÓN                                                                 |                                                                                                                                                                 |                                                                                           |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    | COLORES            |                  |
| <b>Buena calidad</b>                                                                     |                                                                                                                                                                 | 3 ó 4 estrellas en el dominio de selección y 2 ó 3 estrellas en el dominio de resultados. |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    | Verde              |                  |
| <b>Calidad aceptable</b>                                                                 |                                                                                                                                                                 | 2 estrellas en el dominio de selección y de 2 ó 3 estrellas en el dominio de resultados.  |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    | Amarillo           |                  |
| <b>Mala calidad</b>                                                                      |                                                                                                                                                                 | 0 ó 1 estrella en el dominio de selección y 0 ó 1 estrella en el dominio de resultados.   |                                     |                                                                              |                                                                  |                          |                                                             |                                                    | Rojo               |                  |

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suesnabar**  
 CIP N° 25450

  
**Danny Lizarzaburu Aguinaga**  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**IX. DATOS GENERALES**

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones - Newcastle-Ottawa**  
 9.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 22 noviembre del 2020

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**IX. DATOS GENERALES**

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Mgs. SÁNCHEZ LEÓN, ANGÉLICA MARÍA**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente Universidad Santo Tomas / Villavicencio**  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Administración y gestión ambiental**  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones - Newcastle-Ottawa**  
 9.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| Si |
|    |

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020



**Mgs. Angélica María Sánchez León**  
 Docente Investigadora  
 Universidad Santo Tomas Villavicencio

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**IX. DATOS GENERALES**

- 9.1. Apellidos y Nombres: **MSc. LIZARZABURU AGUINAGA, DANNY ALONSO**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Lima Norte**  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión Ambiental**  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones - Newcastle-Ottawa**  
 9.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70                    | 75 | 80 | 85        | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X   |

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|           |
|-----------|
| <b>SI</b> |
|           |

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|            |
|------------|
| <b>95%</b> |
|------------|

Lima, 01 de diciembre del 2020

  
 Danny Lizarzaburu Aguinaga  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 95556

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**IX. DATOS GENERALES**

- 9.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO**  
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**  
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería química y ambiental**  
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de la calidad metodológica de las investigaciones - Newcastle-Ottawa**  
 9.5. Autor(a) de Instrumento: Autor(a) de Instrumento: **Incio Rivera, Paola Jhandyrha / Quinteros Rodríguez, Brandon Jesús**

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS          | INDICADORES                                                                                                        | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |                                                                                                                    | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.                                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.                                                                |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.                                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.                                                                                    |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.                                                          |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.                                                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SI |
|    |

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

|     |
|-----|
| 90% |
|-----|

Lima, 2 noviembre del 2020

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450