



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Reducción de Nitratos y Fosfatos en aguas residuales de uso doméstico, utilizando cultivos de Espirulina (*Arthrospira Platensis*) en Sol de Ica, Ica - Perú, 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Castro Rosas, Jair Ángel (ORCID: 0000-0001-7798-5985)

**ASESOR:**

Suárez Alvites, Haydeé (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## Dedicatoria

Agradezco a mi familia por darme apoyo y confiar siempre en mí.

Agradezco a mi madre Cecilia, por empujarme siempre, quererme tanto y ser la que más me ha apoyado en mi vida. Con su ayuda he llegado a esta etapa de mi vida, escalando más y más.

Gracias también a mis hermanos, André Castro, Miguel Castro y Verónica Castro, por ayudarme cuando no entendía algo o cuando me bloqueaba con un curso. Ellos siempre supieron resolver mis problemas. En especial a mi hermano mayor Miguel Castro que me enseñó todo sobre la Espirulina, desde hace muchos años se sumergió en el mundo de las cianobacterias y gracias a su ayuda aprendí mucho sobre mi tema y logramos unirnos y dar un aporte al medio ambiente.

A mis Padres, Cecilia Rosas y Miguel Castro

A mis Hermanos, Verónica, Miguel y André

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis profesores de la Universidad, por darme la base que necesitaba en mi carrera y en especial a mi profesora de Ética Cecilia Vergara, fue la que más confió en mí y la que más apoyo me dio al transcurso de mis años de estudio universitario.

Agradezco a Luis Orts por haberme guiado en todo el proceso de mi investigación, y por haber sabido enseñarme paso a paso la construcción de mi tesis, fue un pilar fundamental para el diseño de esta investigación.

Gracias a la asesora de mi Tesis la Magister. Haydeé Suárez Alvites, por saberme guiar en el transcurso de la elaboración e investigación de mi Tesis.

## Tabla de contenido

|  |      |
|--|------|
| Dedicatoria .....  | i    |
| Agradecimiento .....   | ii   |
| Tabla de contenido .....   | iii  |
| Índice de Tablas y Ecuaciones .....  | v    |
| Índice de gráficos, figuras y fotos .....  | vi   |
| Resumen .....  | viii |
| Abstract .....   | ix   |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO .....  | 4    |
| III. METODOLOGÍA .....   | 28   |
| 3.1 Tipo y diseño de Investigación .....   | 28   |
| 3.2 Variables y operacionalización .....   | 28   |
| 3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis .....                  | 29   |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....  | 30   |
| 3.5 Procedimientos .....   | 33   |
| 3.5.1 Fase 1: Identificación del área de estudio .....   | 34   |
| 3.5.2 Fase2: Construcción del sistema de cultivo .....   | 35   |
| 3.5.3 Fase3: Cultivo de <i>A. platensis</i> .....  | 36   |
| 3.5.4 Fase4: Recolección de muestra de agua residual .....   | 44   |
| 3.5.5 Fase 5: Obtención de la mezcla de lagunaje para el muestreo del proceso de nitrificación ..... | 45   |
| 3.5.6 Fase 6: Análisis inicial de agua .....   | 46   |
| 3.5.7 Fase 7. Análisis final de agua .....   | 46   |
| 3.5.8 Fase 8. Análisis de la Información obtenida .....  | 47   |
| 3.6 Método de análisis de datos .....  | 47   |
| 3.7 Aspectos éticos .....  | 47   |
| IV. RESULTADOS .....   | 48   |



|  |    |
|--|----|
| 4.1 Eficiencia de <i>A. platensis</i> en la reducción de la nitrificación en aguas residuales ...          | 48 |
| 4.2 Evaluación de los Nitratos y Fosfatos en el agua residual de la Urb. Sol de Ica .....                  | 49 |
| 4.3 Densidad de siembra de la <i>Espirulina</i> y reducción de nitrificación de aguas residuales.<br>..... | 50 |
| 4.4 Cantidad de Nitratos y Fosfatos post tratamiento con <i>A. platensis</i> con relación al ECA<br>.....  | 52 |
| 4.5 Contrastación de Hipótesis .....   | 54 |
| V. DISCUSIÓN.....  | 63 |
| VI. CONCLUSIONES .....   | 67 |
| VII. RECOMENDACIONES.....  | 69 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 70 |
| ANEXO.....   | 78 |

## Índice de Tablas y Ecuaciones

|  |     |
|--|-----|
| TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE AGUA.....                                    | 12  |
| TABLA 2 LIMITES MÁXIMO PERMISIBLES (LMP) DEL AGUA .....                        | 12  |
| TABLA 3 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.....                             | 15  |
| TABLA 4 REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DE LOS CULTIVOS DE MICROALGAS .....         | 26  |
| TABLA 5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....                   | 30  |
| TABLA 6 VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOJO DE DATOS....                  | 32  |
| TABLA 7 MEDIO DE COMPOSICIÓN DEL CULTIVO DE ESPIRULINA .....                   | 37  |
| TABLA 8 OBSERVACIÓN DEL AGUA DEL CULTIVO .....                                 | 41  |
| TABLA 9 CONCENTRACIÓN DE ESPIRULINA EN EL CULTIVO .....                        | 43  |
| TABLA 10 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS ...                  | 45  |
| TABLA 11 RESULTADOS DE NITRATOS Y FOSFATOS EN EL AGUA RESIDUAL .....           | 49  |
| TABLA 12 CANTIDAD DE NITRATOS AL TRATAR CON ESPIRULINA.....                    | 50  |
| TABLA 13 CANTIDAD DE FOSFATOS AL TRATAR CON ESPIRULINA.....                    | 51  |
| TABLA 14 DENSIDAD ÓPTIMA DE ESPIRULINA PARA LA NITRIFICACIÓN DE NITRATOS ..... | 52  |
| TABLA 15 DENSIDAD ÓPTIMA DE ESPIRULINA PARA LA NITRIFICACIÓN DE FOSFATOS.....  | 53  |
| TABLA 16 C4 CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO.....                            | 102 |
| ECUACIÓN 1 EFICIENCIA DE LA ESPIRULINA SOBRE EL NITRATO .....                  | 48  |
| ECUACIÓN 2 EFICIENCIA DE LA ESPIRULINA SOBRE EL FOSFATO .....                  | 48  |

### Índice de gráficos, figuras y fotos

|  |     |
|--|-----|
| GRÁFICO 2 DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA Y NITRIFICACIÓN/DESNITRIFICACIÓN BIOLÓGICA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, 2021 ..... | 20  |
| GRÁFICO 3 PROMEDIO DE VALIDACIONES .....   | 32  |
| GRÁFICO 4 COMPARACIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS EN EL AGUA RESIDUAL .....   | 49  |
| GRÁFICO 5 RESULTADOS DE NITRATOS OBTENIDOS SEGÚN TRATAMIENTOS DE DENSIDADES EN ESPIRULINA.....                                 | 50  |
| GRÁFICO 6 RESULTADOS DE FOSFATOS OBTENIDOS SEGÚN TRATAMIENTOS DE DENSIDADES EN ESPIRULINA.....                                 | 51  |
| GRÁFICO 7 RESULTADOS EN LA REDUCCIÓN DE NITRATOS MUESTRA ÓPTIMA ESPIRULINA DENSIDAD 0,10GR/L .....                             | 52  |
| GRÁFICO 8 RESULTADOS EN LA REDUCCIÓN DE FOSFATOS MUESTRA ÓPTIMA ESPIRULINA DENSIDAD 0,05GR/L .....                             | 53  |
| FIGURA 1 TRANSFORMACIÓN DEL NITRÓGENO MEDIANTE LOS PROCESOS DE NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN VÍA NITRATO (EDDY, 2012). 15   |     |
| FIGURA 2 TRAYECTORIA DE LA LUZ Y CICLOS LUZ/OSCURIDAD (FLORES, 2003).....  | 19  |
| FIGURA 3 ETAPAS DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....  | 34  |
| FIGURA 4 PLANOS DEL SISTEMA DE CULTIVO DE ARTHROSPIRA PLATENSIS .....  | 35  |
| FIGURA 5 PLANO DEL ENVASE DE LAS MUESTRAS.....   | 36  |
| FIGURA 6 ESCALAMIENTO DE NUESTRO CULTIVO.....  | 39  |
| FIGURA 7 FILTRACIÓN POR VACÍO MATRAZ KITASATO .....  | 42  |
| FIGURA 8 MAPA UBICACIÓN SOL DE ICA (FUENTE: XXX).....  | 101 |

|  |    |
|--|----|
| FOTO 1 ARTHROSPIRA PLATENSIS, VISTA BAJO EL MICROSCOPIO .....                        | 23 |
| FOTO 2. PUNTO DE MUESTREO.....   | 34 |
| FOTO 3 INÓCULO DEL CULTIVO DE A. PLATENSIS.....                                      | 37 |
| FOTO 4 CULTIVO DE ESPIRULINA LISTO PARA LA FASE DE RECOLECCIÓN<br>.....              | 40 |
| FOTO 5 DISCO SECCHI.....   | 42 |
| FOTO 6 MUESTRA 1,2 Y 3 DE LA MEZCLA DE AGUA RESIDUAL Y CULTIVO DE<br>ESPIRULINA..... | 46 |



## Resumen

A causa al aumento de la población y la industria, la contaminación de las fuentes de agua por diversas actividades, incluidas las aguas residuales, son un problema cada vez más grave. Una opción para mitigar este problema es utilizar microalgas como sistema biológico natural en el proceso de desnitrificación aprovechando su capacidad de absorción de grandes cantidades de nitrato y fosfato durante el crecimiento. Por ello, se evaluó la capacidad de remoción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  de la microalga *Arthrospira Platensis* en aguas residuales domésticas de la Urb. Sol de Ica, llegando a la conclusión que esta microalga puede dar buenos resultados de absorción de estos compuestos. Para el inoculo del cultivo se utilizó la microalga *Arthrospira Platensis* en un medio de cultivo de pocos nutrientes, el agua residual aportó el resto de ellos. El experimento se llevó a cabo emulando un sistema de lagunaje concluido en 28 días, llegando a su óptimo día de cultivo para así poder obtener una mayor asimilación de nutrientes en nuestra fase de desnitrificación. En la fase de desnitrificación se utilizaron tres tratamientos, M1 (cultivo 1L + agua residual 4L), M2 (cultivo 1,5L + agua residual 4L) y M3 (cultivo 2L + agua residual 4L), por un periodo de 7 días. La densidad óptima de absorción de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ , se obtuvo en la M3 con densidad de espirulina de 0,10gr/L comenzando con Nitrato inicial de 75,5 mg/L y dando un Nitrato final de 65,484 mg/L reduciendo un 10,016mg/L. La M1 con densidad de espirulina de 0,05gr/L comenzando con Fosfato inicial de 13,293mg/L y dando un Fosfato final de 5,957mg/L reduciendo un 7,336mg/L. Respecto a la eficiencia de los tratamientos efectuados, para Nitratos se obtuvo una eficacia del 13,27% y para Fosfatos del 55,19%.

Palabras clave: Microalga, *Arthrospira Platensis*, agua residual doméstica, desnitrificación, fosfatos y nitratos.

## Abstract

Due to the growth of population and industry, contamination of water sources by various activities, including wastewater, is an increasingly serious problem. One option to mitigate this problem is to use microalgae as a natural biological system in the denitrification process by taking advantage of their capacity to absorb large amounts of nitrate and phosphate during growth. Therefore, the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> removal capacity of the microalga *Arthrospira Platensis* was evaluated in domestic wastewater from Urb. Sol de Ica, reaching the conclusion that this microalga can give good results in the absorption of these compounds. For the inoculation of the culture, the microalga *Arthrospira Platensis* was used in a culture medium with few nutrients; the wastewater provided the rest of them. The experiment was carried out emulating a lagooning system concluded in 28 days, reaching its optimum culture day in order to obtain a higher assimilation of nutrients in our denitrification phase. Three treatments were used in the denitrification phase, M1 (1L culture + 4L wastewater), M2 (1.5L culture + 4L wastewater) and M3 (2L culture + 4L wastewater), for a period of 7 days. The optimum NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> uptake density was obtained in M3 with a spirulina density of 0.10 g/L starting with an initial nitrate of 75.5 mg/L and giving a final nitrate of 65.484 mg/L reducing by 10.016 mg/L. The M1 with spirulina density of 0.05 g/L starting with an initial phosphate of 13.293 mg/L and giving a final phosphate of 5.957 mg/L, reducing by 7.336 mg/L. Regarding the efficiency of the treatments carried out, an efficiency of 13.27% was obtained for Nitrates and 55.19% for Phosphates.

Keywords: Microalgae, *Arthrospira Platensis*, domestic wastewater, denitrification, phosphates and nitrates.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca solucionar problemas que reducen la calidad del agua de la urbanización Sol de Ica del distrito de Ica. El uso de diferentes tecnologías desarrolladas en la Ingeniería Ambiental permite lograr ese objetivo; es por lo que se plantea el uso de una microalga conocida como Espirulina de nombre científico *Arthrospira Platensis*.

El crecimiento desmedido de nuestras ciudades, la explotación inadecuada sin control de los recursos naturales existentes, sumado a la falta de educación ambiental de la sociedad está propiciando la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales, a la mitigación la contaminación en el medio ambiente y la recuperación de los ecosistemas.

El agua se ha vuelto muy importante con el paso de los años, cada vez es más escaso y costoso para todos los seres humanos. La calidad de nuestra agua ya no es la óptima, debido a muchas causas, como las domésticas, agrícolas e industriales. Es un problema ambiental que está creciendo inmensurablemente y tiene como consecuencia el vertido de todos nuestros residuos a mares, ríos, lagos y eso ha causado daño a la vida acuática, a los suelos y al agua potable, siendo más difícil de tratarla para su reutilización.

Pese a que Perú cuenta con casi 2 billones de metros cúbicos de agua anualmente, solo el 2.2% del agua de la vertiente del Pacífico donde reside el 66% de la población, está disponible para la zona donde radica. (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2020). Situación que nos hace referencia a la escasez de agua; por lo que se hace necesarios procesos de recuperación de las aguas usadas.

La mayoría de los contaminantes orgánicos eliminados por los cuerpos, se degradan biológicamente en el agua por sí solos cuando las concentraciones son pequeñas, pero cuando estas superan el límite máximo permisible producen

nitrificación en los acuíferos. Un claro ejemplo está en el nitrógeno amoniacal, urea, que es el compuesto orgánico más copioso y molesto para nuestros acuíferos.

Esta investigación implementa de un sistema de cultivo de cianobacteria *Arthrospira Platensis* de nombre común Espirulina para la reducción de la nitrificación de aguas residuales domésticas, como estrategia para obtener aguas para un nuevo uso.

El deshecho de las aguas residuales con un numero grande de nutrientes, en su mayoría nitrógeno, en compuestos como nitritos, nitratos y amonios o fósforo en estructura de ortofosfatos, vertidos en nuestros ecosistemas acuáticos están provocando un fuerte problema medio ambiental que afecta a todo el mundo y es conocido como eutrofización, que se caracteriza por un aumento de nutrientes que eleva la producción fotosintética primaria, la cual produce un exceso de microalgas en las aguas.

Actualmente la puesta en práctica de las investigaciones en nuevos tratamientos en la desnitrificación de aguas residuales está ayudando a la mitigación del problema de la eutrofización

La espirulina es una cianobacteria, mayormente conocida como microalga, por su estructura helicoidal de forma cilíndrica e inmóvil. La absorción de dióxido de carbono se hace por medio del ciclo de Calvin, con glucógeno como material de reserva.

Según (FAO, 2017) La espirulina puede realizar la fotosíntesis de oxígeno y fijar nitrógeno en el medio. Puede reproducirse en medios minerales, donde el CO<sub>2</sub> se usa como fuente de carbono y el N<sub>2</sub> se usa como fuente de nitrógeno a partir de desechos, nitrógeno atmosférico o respiración bacteriana. Esta cianobacteria muestra un alto contenido de proteínas (50% a 65%) y todos los aminoácidos esenciales necesarios para la nutrición. Estos aminoácidos tienen un bajo contenido en metionina.

La espirulina es un producto proteico con una alta tasa biológica sin síntomas tóxicos. Tiene 65% de proteína, es decir que una pequeña cantidad de Espirulina equivale a reemplazar una gran cantidad de alimento. Se implementa en dietas proteicas, como una fuente muy buena de ácido gamma linoleico, da mucha energía, reduce los triglicéridos, alimentación para hipertensos, y es más barato que algún otro tipo de producto en la actualidad.

El principal objetivo de la presente investigación es “Determinar la eficiencia del cultivo de Espirulina, para la reducción de la nitrificación en aguas residuales domésticas”. Para ello se va a realizar un cultivo de Espirulina *Arthrospira Platensis* y analizar en tres muestras con diferentes concentraciones la reducción de nitratos y fosfatos.

Los objetivos específicos fueron; Evaluar los Nitratos y Fosfatos del Agua residual de la Urb. Sol de Ica, Evaluar la densidad de siembra de Espirulina *Arthrospira Platensis* que reduce más la nitrificación de aguas residuales, Comparar la cantidad de Nitratos y Fosfatos con densidad óptima de siembra de Espirulina según ECA.

La formulación del problema dio como problema principal; ¿Cuál es la Eficiencia del cultivo de Espirulina *Arthrospira Platensis* para la Reducción de la nitrificación de aguas residuales de uso doméstico?

Como problemas específicos obtuve; ¿Qué cantidad de Nitratos y Fosfatos se encuentran en el agua residual de uso doméstico?, ¿Qué densidad de siembra de Espirulina *Arthrospira Platensis* reduce más la nitrificación de aguas residuales?, ¿Cuál es la densidad óptima de siembra de Espirulina *Arthrospira Platensis* para obtener Nitratos y Fosfatos de acuerdo con el ECA?

## II. MARCO TEÓRICO

Se estudió un área situada en la urbanización Sol de Ica, en la provincia de Ica, con las coordenadas de siguiente Latitud: -14,097467 y Longitud: -75,743584, en concreto los efluentes que van por el alcantarillado hacia las acequias aledañas.

El ordenamiento territorial de la población en áreas urbanas nos ha enseñado una predisposición de crecimiento urbano desmesurado en todo el mundo, la población del Perú según datos del 30 de junio del 2020 era de treinta y 32.625.948 habitantes y la previsión es que dentro de 41 años empiece a reducirse (Informática, 2020). Con esta dirección nos enfocamos al suministro de agua potable, con el fin de que todos tengan una buena calidad de agua potable en sus casas. Según ((OMS), 2019) Aproximadamente 1,1 millones de personas en el mundo no tienen acceso a fuentes de agua mejoradas. Asimismo, 2,4 millones de personas no tienen acceso a ningún tipo de instalaciones de saneamiento mejoradas. Aproximadamente 2 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas, la mayoría de ellos niños menores de 5 años.

Los seres humanos hacemos uso del agua para diversas actividades (consumo, lavandería, servicios higiénicos, etc.); esas aguas son sustraídas, usadas y devuelta completamente contaminada a los ríos. “Afirma que el 70% de las aguas residuales de Latinoamérica no son tratadas”. (Carmen, 2013)

“De acuerdo con un análisis sobre la situación actual y perspectiva en el sector agua y saneamiento en el Perú, mostrado por la Autoridad Nacional de Agua” ((ANA), 2013). En la actualidad cerca de siete millones de peruanos no tienen acceso a agua potable apta para el consumo humano, en los departamentos de Callao, Ica, Tacna, Arequipa y Lambayeque el agua potable llega al 80 por ciento de la población; y en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Huancavelica y Puno resulta menor del 40 por ciento. Cerca de diez millones no disponen de saneamiento, sólo disponen de un 80 por ciento de saneamiento los departamentos

de Lambayeque, Lima y Tacna y entre el 20-40 por ciento Madre de Dios, Loreto y Ucayali ((ANA), 2013).

El agua residual domestico de la zona de Sol de Ica, se eutrofiza mediante la descarga de sus baños que van directo a los canales que pasan por cultivos y llegan hasta el Rio Ica. Al pasar por estos canales va contaminando el agua y los suelos. Produciendo enfermedades y daños al cultivo de los pobladores.

A continuación, exponemos los trabajos previos realizados en este campo que han sido investigados en esta tesis tanto nacionales como internacionales.

BARRANTES SANTILLÁN, Enrique, 2018. Tesis fin de grado. Pucallpa. Universidad Nacional de Ucayali. Determinó la capacidad de las microalgas *Botryococcus sp* en la eliminación de nitratos y fosfatos en las aguas residuales del municipio Ucayali. Se utilizaron para ello cultivos de microalgas *Botryococcus sp* obtenidas en el área de la planta de tratamiento y depuración de la zona de estudio. Implementó los métodos de investigación exploratorio y experimental cuantitativo evaluando la capacidad de eliminación a los quince días, se constató que el nitrato se redujo de 0.25 ml/l a 0,05 ml/l y de 5 ml/l a 1,5 ml/l en fosfatos. (Barrantes Santillán, 2018)

AVILA PELTROCHE, Jesús. 2015. Tesis fin de grado. Lima. Universidad Ricardo Palma. Determina la capacidad de eliminación de nitratos y fosfatos en las aguas residuales de las microalgas. Los cultivos se obtuvieron del entorno de la planta de tratamiento de aguas en los afluentes del rio surco. Se evaluó la capacidad de eliminación a los diez días. El resultado aportó valores del 56 al 67 por ciento de en el nitrato y del 78 al 81 por ciento en fosfatos. (Avila Peltroche, 2015)

LOPEZ PONTE, Wilder. 2019. Tesis fin de grado. Lima. Universidad Nacional Federico Villarreal. Determinó la capacidad de las microalgas en la eliminación de nitratos y fosfatos en las aguas residuales. Se utilizaron para ello cepas de microalgas *Chlorella sp* y *Desmodesmus sp* obtenidas por sistema por lotes. Implementó los métodos de investigación exploratorio y experimental cuantitativo evaluando la capacidad de eliminación de ambas especies. Se concluyó que la microalga *Desmodesmus sp* era más óptima en el consumo de  $\text{NO}_3$  y  $\text{PO}_4$ . (Lopez Ponte, 2019)

MACEDO RIVA, Andrea. 2018. Tesis fin de grado. Lima. Universidad Ricardo Palma. Analiza el crecimiento de la *Desmodesmus asymmetricus* en un cultivo de agua residual durante diez días, demostró su crecimiento exponencial en cinco diferentes tratamientos siendo el más efectivo el tratamiento 5 en. Utiliza la espectrofotometría para obtener los resultados del crecimiento de densidades de células del alga por mililitro. Como resultado remueve más del noventa por ciento de los nitratos. (Macedo Riva, 2018)

GIOVANNI AYON, José. 2016. Tesis fin de grado. Lima. Universidad Ricardo Palma. Durante un tiempo de diez días, con cultivos de *Chlorella sp* y *Chlamydomonas sp*, demostrando que la eliminación de estos fue alta oscilando los valores medios del 60% en los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y 80% en fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). (Giovanni, 2015)

ALEJANDRO PÉREZ, Katy. 2012. Tesis fin de grado. Lima. Universidad Ricardo Palma. Investigó utilizando microalgas como la *Arthrospira sp* y la *Chlorella sp* en la remoción y eliminación de materia orgánica con resultados de mejora de la calidad del vertido orgánico y el aumento de las concentraciones del oxígeno, partiendo de 1,05 mg de  $\text{O}_2/\text{L}$  y obteniendo resultados de 8 mg  $\text{O}_2/\text{L}$ . (Alejandro Pérez, 2012)



ÑAUPARI DIONICIO, Jessenia; ROJAS RIVERA, Iván. 2017. Tesis fin de grado. Huancayo. Universidad nacional del centro del Perú. [consulta: enero de 2021]. Investiga la reducción del nitrógeno utilizando la microalga *Chlamydomona Reinhardtii* en un vertido de un camal avícola según las variables de temperaturas, concentraciones, pH y condiciones climáticas de Huancayo. Se eliminó un 70% de Nitrógeno en un periodo de 12 días, el resultado comparado con los límites de concentración permitidos concluyeron que esta metodología es viable como alternativa para un método de depuración. (Ñaupari Dionicio, y otros, 2017)

ANAYA ARCE, Jhony. 2019. Tesis fin de grado. Huancayo. Universidad católica sedes sapientiae. El estudio tuvo por objeto la reducción de fósforo y nitrógeno en aguas superficiales de humedal con la microalga *Pseudomonasputida* se realizaron 4 tratamientos y se midieron sus capacidades cada 12 horas hasta las 72 horas. El tratamiento tres fue el más eficiente mostrando los valores más altos de reducción 88% de fósforo y 54% de nitrógeno. (Anaya Arce, 2019)

MONZON MENDOZA, Jose. 2016. Tesis Maestría en Ciencias. Nuevo Chimbote. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA. Estudia la capacidad de esta microalga para asimilar nitrógeno y fósforo, generar oxígeno y reducir la carga bacteriana, con tasas de crecimiento hasta siete días, en agua residual. Comprobando las tasas de crecimiento más altas en disoluciones de sesenta por ciento y ochenta por ciento. Concluye que las concentraciones de nutrientes son debidas a las sustancias liberadas por bacterias muertas, que las algas las utilizan como fuentes de N y C orgánicos por lo que el cultivo de la microalga *scenedesmus acutus* es un excelente método para el tratamiento de aguas residuales. (Monzon Mendoza, 2016)

HUAYHUA HUAMANI, Edwin. 2019. Tesis fin de grado. Juliaca. Universidad nacional de Juliaca. Estudia la reducción de nitratos y fosfatos en agua residual por

las microalgas *Chlorella Sp* comprobándolo mediante la construcción de reactores biológicos durante doce días, determinó los niveles de  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{NO}_3^-$ . Concluye que a partir del quinto día  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{NO}_3^-$  disminuyen notablemente y a los doce días las algas mueren por falta de nutrientes. El promedio de reducción de nitratos en todos los tratamientos fue del 93 por ciento, respecto a fosfatos el 85 por ciento el tratamiento 1 y el 30 por ciento en el resto. ( Huayhua Huamani, 2019)

BEUCKELS, Annelies; SMOLDERS, Erik; MUYLAERT, Koenrad. 2015. Tesis fin de grado. Heverlee. Universidad KU Leuven Kulak. Se estudia como las microalgas *Chlorella* y *Scenedesmus* ajustan sus concentraciones de nitrógeno y fósforo en función del suministro propio existente en las aguas residuales y como lo reducen. Utilizaron el cultivo de la microalga *Chlorella* y *Scenedesmus* controlando la composición en su masa de N y P y comprobando el rendimiento con el suministro de nitratos y fosfatos. Se obtuvieron valores en la *Chlorella*, entre 5/10% en N y 0,5/1.3% en P y en la *Scenedesmus*, entre 2,9/8.4% de N y 0,5/1.7% en P. Concluyeron que en las biomásas de las dos microalgas el nitrógeno incrementa proporcionalmente a su suministro en nitrógeno, y que la concentración de N no se ve incrementada el suministro de P. Respecto a la concentración de fósforo en la biomasa se vio aumentada en las dos especies con el suministro de nitrógeno, concluyendo que la reducción del fósforo en aguas residuales necesita de concentraciones de nitrógeno altas. (Beuckels, y otros, 2015)

CANDELA ORDUZ, Ruben. 2016. Tesis fin de grado. Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Realiza un estudio bibliográfico de la utilización de las microalgas en los procesos de depuración de aguas residuales. Realizan un vaciado de reseñas internacionales y normativa. Son tres objetivos específicos uno conceptual tanto de las aguas residuales como de las microalgas y otro exponer casos concretos puestos en práctica. Dando preferencia las más recientes, se estudiaron publicaciones científicas españolas, portuguesas e iberoamericanas (Candela Orduz, 2016)

FLORENCIA CODINA; María. BELEN GARCIA, Carolina. 2012. Tesis fin de grado. Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. En Argentina, (Maria, y otros, 2012), """. Estudia la propuesta piloto de un cultivo de microalgas en una superficie de media hectárea junto a una planta de depuración de aguas residuales urbanas utilizando el agua residual a la salida de la pileta de maduración como medio de cultivo y así mejorar la calidad en el vertido de esta. Las microalgas consumen nitratos y fosfatos por lo que tienen la capacidad de la eutrofizar los afluentes también generan biomasa que se puede aprovechar para otros usos. Se basa en experiencias propias y en la potencialidad del cultivo de las algas que se dan en la zona. Se realiza el proyecto en módulos de escala operativa para su réplica.

LOPEZ HERNANDEZ, Isaías; VASQUEZ ARROYO, Jesús. 2016. Tesis fin de grado. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se evaluaron tres tratamientos de aguas residuales (AR) con mezcla de microalgas (MM) durante 4 días. 1<sup>er</sup> Tratamiento formado por 80%AR y 20%MM; 2<sup>o</sup> Tratamiento 75%AR, 20%AR y 5% lodos; 3<sup>er</sup> 80% AR, 20%MM más 30 ppm de nitrógeno y 2.5 ppm en fósforo. Se demostró una mayor eliminación DQO 98%, 97% y 93% en los T1, T2 y T3. No obstante en N y P llegaron al 87,5%; 78,9%; 88,6%; 73,7%; 85,5% y 89.5% respectivamente. Consiguieron al final agua para reúso. (Lopez Hernandez, y otros, 2016)

RUIZ MARTÍNEZ, Ana. 2011. Tesis final de Maestría. España. Universidad Politécnica de Valencia. El propósito de esta investigación es verificar la eficiencia del cultivo de microalgas terrestres Spirulina o *Chlamydomonas Reinhardtii* bajo escenarios vigilados de luminiscencia, nutrientes y temperatura. La forma de hacer este cultivo es donando nutrientes de las aguas residuales del sistema de tratamiento de aguas residuales anaeróbico existente. Las principales características de esta agua son la presencia de nutrientes minerales (N y P) y el

bajo aporte de materia orgánica, lo que la hace apta para el postratamiento mediante el cultivo de microalgas propuesto. (Ruiz Martínez , 2011)

CLAROS BEDOYA, Javier. 2012. Tesis final de Doctorado. España. Universidad politécnica de Valencia. Investigó el proceso por el cual se elimina el nitrógeno en la molécula de nitrato para la eliminación del amonio de los compuestos de los fangos residuales. Los ensayos se realizaron en laboratorio en un sistema anaeróbico describe el desarrollo, la implementación y validación de control de un reactor Sharon. La conclusión fue que se puede implementar un sistema de control automático en tiempo real en todo el proceso. (Claros Bedoya , 2012)

HERNANDEZ SANCHEZ, Juan. 2004. Tesis final de Maestría. México. Instituto Politécnico Nacional. Evalúan un sistema de dos microalgas *Chlorella vulgaris* y *Chlorella sorokiniana* para la eliminación de nutrientes de aguas residuales domésticas, sus condiciones de cultivo y la utilización de acelerantes del crecimiento como la bacteria *Azospirillum brasilense*. La metodología utilizada fue la de bloquear las microalgas agregándolas en esferas de alginato con bacterias. La eliminación de nitrógeno y fosfato se mejora con la coinmovilización de las dos microalgas en comparación a una sola, un 100 por ciento en amonio, 94 por ciento nitratos y 92 por ciento fósforos respecto a 75,84 y 89 por ciento respectivamente. Además, comprueban que el ayuno de las algas *C. vulgaris* aumenta la eficacia de eliminación de fósforo. El uso combinado dio mayor resultado que la microalga sola. (Hernandez Sanchez, 2004)

HERNANDEZ, Juan, BASHAN, Yoav. 2005. Tesis fin de grado. México. Center for Biological Research of the Northwest. Determinaron en las microalgas *C. vulgaris* y *C. sorokiniana* que el crecimiento y la asimilación de P mejoran en los experimentos a 3 días de inanición, pero a 5 días afecta negativamente al crecimiento de *C. vulgaris*, y no a la *C. sorokiniana*. La asimilación del fósforo mejoró cuando se

reemplazó el cultivo llegando a situarse en un 72%. Por último, demostraron que los ciclos de inanición, junto con la coinmovilización con *A. brasilense*, tiene efecto multiplicador en la asimilación de P en aguas residuales. (Hernandez, y otros, 2005),

Arbib, Z; Alvarez-Diaz, J; Garrido-Perez, P. 2014. Tesis final de Maestría. España. Universidad de Sevilla. Se estudió la remediación de N y P en aguas residuales utilizando la microalga *Scenedesmus obliquus*. Se evaluó la tasa de crecimiento, reducción de nutrientes y fijación biológica del dióxido de carbono y la composición de la biomasa en aguas residuales con diferentes proporciones de nitrógeno y fósforo (N: P), la proporción varía de 1: 1 a 35: 1. La conclusión fue que la proporción conveniente de N: P para lograr la mejor obtención de biomasa está entre 9 y 13, y este rango también ayuda a lograr la reducción total de N y P. (Arbib, y otros, 2014)

PEREZ GARCÍA, Raúl. 2009. Tesis final de Maestría. Juliaca. Centro de Investigaciones biológicas del noroeste. Estudia en su tesis la capacidad de la microalga *Chlorella* y la bacteria *Azospirillum brasilense* para disminuir la concentración de amonio y fosfatos en las aguas residuales. Implementó metodología de investigación exploratorio y experimental cuantitativo evaluando la capacidad de eliminación de ambas especies, adicionando carbono proporcionado por diferentes compuestos como acetato de sodio, glucosa o peptona para mejorar y acelerar su crecimiento. Los resultados obtenidos mostraron una mayor eliminación de fosfatos en condiciones autotróficas. la microalga *Chlorella* es el tratamiento más eficiente en la eliminación de amonio por si sola, al comprobarse que la bacteria *Azospirillum brasilense* es inhibidora del carbono. Concluyendo que la aplicación del sistema dependerá de la prioridad del tratamiento de las aguas en la reducción del NH<sub>4</sub> y/o PO<sub>4</sub>. (Perez García, 2009)

Sobre la tipología de las aguas las podemos clasificar en forma química, física y biológica, según detalle siguiente tabla:

*Tabla 1 Clasificación de tipos de Agua.*

| <b>CLASIFICACIÓN TIPOS DE AGUA</b> |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Potable</b>                     | Consumo de los seres humanos  |
| <b>Dulce</b>                       | Se halla de forma natural en la superficie terrestre                |
| <b>Salada</b>                      | Se encuentra en los mares mayormente                                |
| <b>Salobre</b>                     | Más salada que la dulce   |
| <b>Dura</b>                        | Contiene muchos minerales disueltos                                 |
| <b>Blanda</b>                      | Contiene menos sales minerales                                      |
| <b>Destilada</b>                   | Purificada por destilación  |
| <b>Residuales</b>                  | Dañada por los seres humanos  |
| <b>Negras</b>                      | Se encuentra contaminada por residuos de heces y orina              |
| <b>Grises</b>                      | Son de uso doméstico, que ha sido usada por el ser humano           |
| <b>Cruda o bruta</b>               | La encontramos en reservas del medio ambiente, son aguas sin tratar |

Fuente: Elaboración propia, 2021

El agua es un elemento significativo para la vida, sin ella no podría haber vida en nuestro planeta, su estructura está hecha por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno H<sub>2</sub>O. La podemos hallar en otros estados, solido, líquido y gaseoso.

Los parámetros de calidad y límites máximos permisibles del agua potable deben cumplir ciertos parámetros establecidos en la normativa nacional, basándose en los límites máximos permisibles (LMP), los parámetros que se implementan los encontramos en la tabla.

Tabla 2 Limites Máximo Permisibles (LMP) del Agua

| <b>PARÁMETRO</b>                             | <b>LMP</b> | <b>REFERENCIA</b> |
|--|------------|-------------------|
| <b>Coliformes totales, UFC/100mL</b>         | 0          | 1                 |
| <b>Coliformes termotolerantes, UFC/100mL</b> | 0          | 1                 |
| <b>Bacterias heterotróficas, UFC/mL</b>      | 500        | 1                 |
| <b>pH</b>                                    | 6.5-8.5    | 1                 |
| <b>Turbiedad, UNT</b>                        | 5          | 1                 |

|                                      |       |                    |
|--------------------------------------|-------|--------------------|
| <b>Conductividad, 25°C uS/cm</b>     | 1500  | 3                  |
| <b>Color, UCV-Pt-Co</b>              | 20    | 2                  |
| <b>Cloruros, mg/</b>                 | 250   | 2                  |
| <b>Sulfatos, mg/L</b>                | 250   | 2                  |
| <b>Dureza, mg/L</b>                  | 500   | 3                  |
| <b>Nitratos, mg NO<sub>3</sub>/L</b> | 50    | 1                  |
| <b>Hierro, mg/L</b>                  | 0.3   | 0.3(Fe+Mn=0.5) (2) |
| <b>Manganeso, mg/L</b>               | 0.2   | 0.2(Fe+Mn=0.5) (2) |
| <b>Aluminio, mg/L</b>                | 0.2   | 1                  |
| <b>Cobre, mg/L</b>                   | 3     | 2                  |
| <b>Plomo, mg/L</b>                   | 0.1   | 2                  |
| <b>Cadmio, mg/L</b>                  | 0.003 | 1                  |
| <b>Arsénico, mg/L</b>                | 0.01  | 2                  |
| <b>Mercurio, mg/L</b>                | 0.001 | 1                  |
| <b>Cromo, mg/L</b>                   | 0.05  | 1                  |
| <b>Flúor, mg/L</b>                   | 2     | 2                  |
| <b>Selenio, mg/L</b>                 | 0.05  | 2                  |

Fuente: ( Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS))

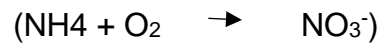
La calidad del agua está directamente relacionada con su uso y aplicación, para consumo humano, riego, uso industrial, piscicultivos, recreativos. La calidad del agua se relaciona también con su cercanía a su estado natural (composición), el daño de calidad se identificaría con su alejamiento de las condiciones naturales (contaminación).

El uso del agua es múltiple, agua potable, uso doméstico, uso urbano, uso industrial o uso agrícola, empleo para baño, pesca, navegación, deportes y receptor de efluentes.

Los seres humanos son la principal causa de la contaminación del agua y puede afectarse de muchas formas, crecimiento de la temperatura, vertido de desechos, cambios del agua por aumento de la temperatura o sedimentación bajo el suelo por deforestación.

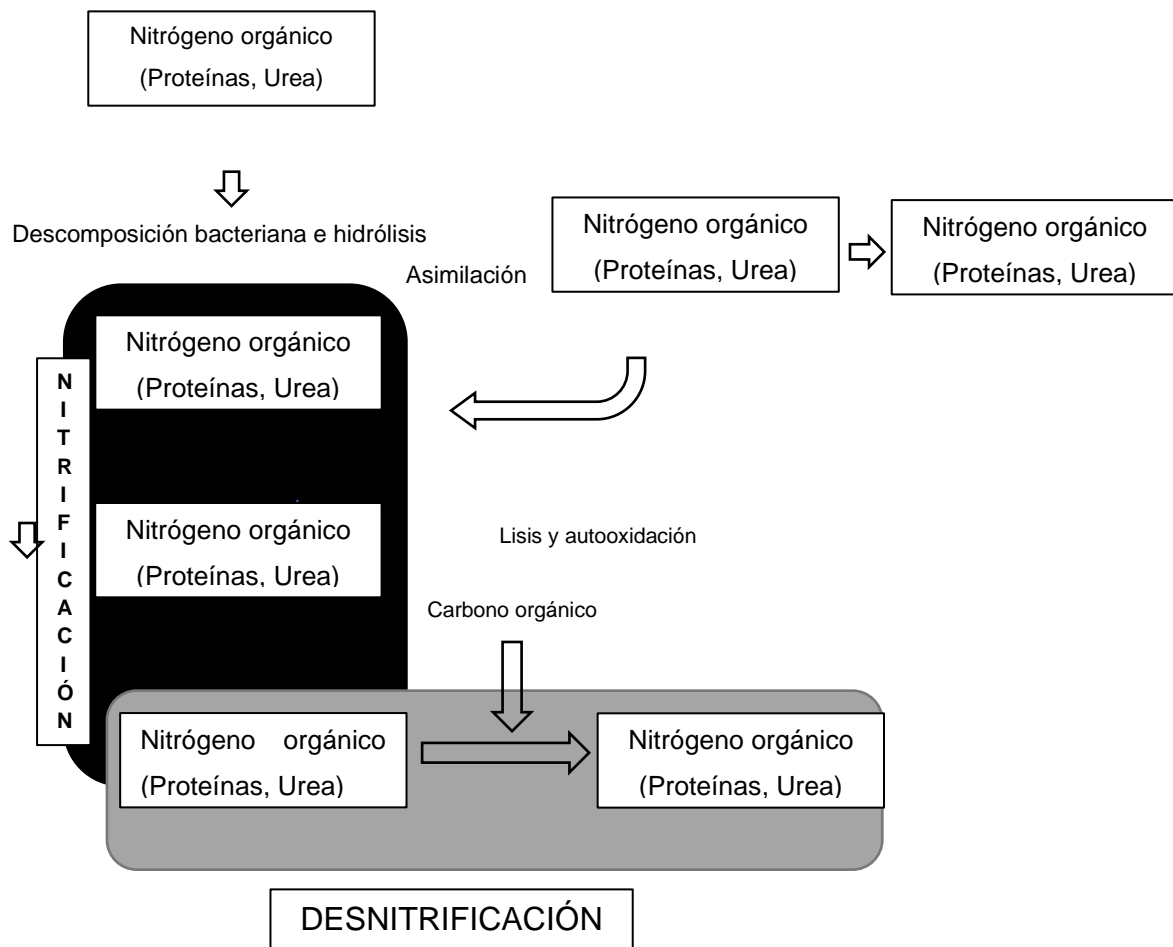
Los pesticidas también contaminan los acuíferos, filtrándose por los canales subterráneos llegando a nuestras infraestructuras de consumo. “En Latinoamérica y el Caribe el uso de los fertilizantes y pesticidas se asocia con un número de problemas medio ambientales y de salud”. (O'Toole, 2020)

El proceso de nitrificación es un proceso biológico aireado, en el cual se oxida el amoníaco hasta su cambio a nitrato.



Se fragmenta en dos etapas, la primera está determinada por la oxidación de  $\text{NH}_4$  a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y la segunda está determinada por la oxidación de (nitritos)  $\text{NO}_2^-$  a (nitratos)  $\text{NO}_3^-$ . (Eddy, 2012)

La siguiente figura nos muestra los cambios del nitrógeno en las aguas residuales a partir de los procesos de nitrificación vía nitrato.





*Figura 1 Transformación del nitrógeno mediante los procesos de nitrificación y desnitrificación vía nitrato.*

*Fuente: (Eddy, 2012)*

Las Aguas Residuales son aquellas que han sido modificadas por el ser humano, afectando a la calidad de estas, que necesitan un tratamiento para su reutilización vertidas al medio natural o al alcantarillado.

Tabla 3 Clasificación de las Aguas Residuales

| <b>CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</b> |   |
|--|---|
| <b>Aguas residuales industriales</b>         | Son aguas que se producen de una índole productiva, se incluyen también las provenientes de actividades, energéticas, mineras, agroindustriales, agrícolas, etc.                                |
| <b>Aguas residuales domésticas</b>           | Son aguas que vienen de las residencias, y contienen restos fisiológicos, entre otros, provenientes de los seres humanos, y deben tratarse adecuadamente.                                       |
| <b>Aguas residuales municipales</b>          | Son aguas que provienen de las residencias y están combinadas con aguas de drenaje pluvial o con aguas provenientes de industrias tratadas, para ser aptas en nuestro sistema de alcantarillado |

Fuente: Elaboración propia, 2021

La composición de las aguas residuales varía según el tamaño de las ciudades, la infraestructura de alcantarillado, las industrias o el clima. Así nos encontramos mayor composición de nitrógeno y fosforo, restos fisiológicos o sólidos en suspensión derivados del uso de productos domésticos en las aguas residuales urbanas o mayores concentraciones de contaminantes y elementos químicos en las industriales.

La mayoría de los componentes que forman el agua residual son nocivos para los seres vivos, estos se separan de las siguientes formas.

**Materia sólida:** suma de las sustancias y materiales contemplados en el medio acuoso, sin el agua. Estas materias pueden llegar a ser orgánicos (MO), entendiendo también los sólidos volátiles (SV), e inorgánicos minerales (MI).

El tamaño de estos compuestos es determinante por su capacidad de ser separados de la suma materia sólida, así si utilizamos filtros de 0,47  $\mu\text{m}$  de diámetro de paso tenemos Sólidos en suspensión en forma de partículas de gran tamaño y son el contaminante más frecuente y sólidos disueltos como partículas menores, de forma coloidal, más cargas iónicas.

**Nutrientes:** se manifiestan por el uso de fertilizantes y detergentes, además el metabolismo de los seres vivos también los produce. El exceso de estos compuestos provoca un crecimiento desmesurado de la flora acuática y destruye su fauna al dejar sin oxígeno el medio acuático, proceso conocido como eutrofización.

**Nitrógeno:** en Aguas Residuales Domesticas el nitrógeno se localiza como nitrógeno orgánico, asociado a moléculas orgánicas a modo de proteínas o urea, como amoníaco donde cambia según su pH y puede convertirse ser un producto irritante incluso letal. En pequeñas cantidades el nitrógeno se modifica en nitrato que es la forma más oxidada y poco toxica. También se encuentra en nitritos por medio de la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal.

**Fósforo:** mayoritariamente se encuentra en forma de ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos, polifosfatos se asocian a compuestos minerales, hallados comúnmente en detergentes.

**Agentes patógenos:** Aunque se encuentran en pequeñas cantidades son potencialmente transmisores de muchas enfermedades, se encuentran en este grupo las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos. La dificultad en su

sustracción y localización hace necesario la utilización de indicadores como el grupo de especies bacterianas de los coliformes.

**Contaminantes emergentes:** son los elementos que provienen del consumo de productos que la sociedad moderna ha introducido en forma de residuo. Su dificultad radica en buscar métodos eficaces para su tratamiento o eliminación. Estos contaminantes provienen del uso doméstico de compuestos farmacéuticos, limpieza, entre otros.

Los recursos hídricos son esenciales para la supervivencia y el bienestar de los seres humanos y el entorno del medioambiente. Así mismo, se consideró que el impacto negativo de las aguas residuales domésticas o municipales en los cuerpos de agua receptores, que, en muchos casos, su capacidad de autodepuración alcanza la saturación. Por lo que medir la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos se ha estandarizado con normativas, leyes y órganos fiscalizadores. Para caracterizar de estos vertimientos, se ha implementado un protocolo de seguimiento, que estipula los procedimientos y métodos que deben seguirse. Según (004-2017-MINAM, 2017) El artículo 31, párrafo 31.1 de la ley define las normas de calidad ambiental (ECA) como medidas para determinar la concentración o extensión de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que existen en el aire, el agua o el suelo y no supondrá un riesgo importante para la salud o el medio ambiente.

El tratamiento de aguas residuales domésticas mediante lagunaje a pequeña escala en cultivos artesanales consiste en el procesamiento de las aguas residuales ya sea físico, químico y/o biológicos con la finalidad de eliminar ciertos contaminantes del agua. El efluente debe cumplir con la normativa correspondiente a vertidos al medio ambiente. Se han creado diversos métodos para este propósito como reactores biológicos o humedales.

El método de lagunaje a pequeña escala en cultivos artesanales radica en imitar el proceso que la naturaleza realiza en nuestro medio ambiente en ríos o lagos, una

autodepuración natural. Este proceso se inicia con el trabajo de las bacterias heterotróficas oxidando la materia orgánica, posteriormente son las algas quienes sintetizan esta materia orgánica que junto la radiación solar facilita el crecimiento equilibrado en forma cultivos naturales, el proceso se completa cuando los rayos ultravioletas suprimen los organismos que causan o producen enfermedades.

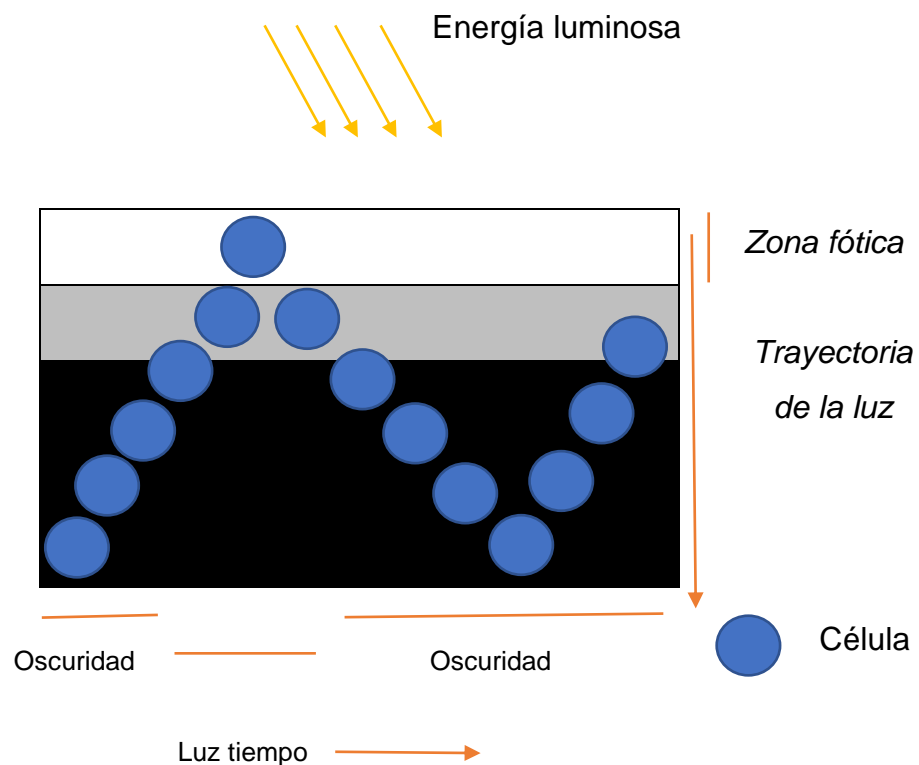
Este sistema de depuración con métodos naturales surge en 1901 en Texas cuando eran acumuladas las aguas residuales en depósitos para posteriormente ser utilizadas en el cultivo de campos, que con el transcurso del tiempo fue mejorado y extendiéndose por los EE. UU. que a partir de los años cincuenta se implementaron estudios de mejora en cuanto a cálculos, diseño, dimensionamiento o permeabilidad. (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo , 2018)

Su fácil implementación, bajo costo y fácil mantenimiento forjaron su incremento de este proceso. Hay distintos tipos de lagunajes o cultivos artesanales a pequeña escala. Las lagunas anaeróbicas son de tratamiento primario y las aerobias son de tratamiento secundario y terciario. Cualquier sistema de tratamiento es óptimo, según la cepa utilizada.

El principal objetivo de las lagunas o cultivos aerobios es el de suprimir los agentes patógenos que se encuentran en el agua, también consigue eliminar ciertos nutrientes, clarificar y oxigenar el agua. Uno de los factores más importantes es la luz solar, no solo porque esta suprime patógenos y mineraliza los nutrientes, sino que también ayuda la proliferación de las microalgas. Las microalgas se adaptan mejor y predominan en el medio de cultivo, y además expulsan algunas sustancias tóxicas que dañan a los patógenos.

Entre los factores que afectan el crecimiento del cultivo existe “El estudio anterior del cultivo y la determinación de las condiciones óptimas de crecimientos es un periodo imprescindible para estos sistemas. Cada especie tiene distintas tasas de productividad, incluso mismos microorganismos de distintos lugares de origen”. (Andersen, 2005).

Las relaciones de los microorganismos cambian en relación con la incidencia de luz y su longitud de onda son los factores más concluyentes para el crecimiento del cultivo. La luz solar es la primordial fuente lumínica para los sistemas abiertos. La productividad de biomasa y la absorción de CO<sub>2</sub> se ve modificada por la duración de los fotoperiodos. En Ica tenemos todo el año sol constante y eso ayuda a que nuestros cultivos se reproduzcan óptimamente todo el año. “Un estudio sobre los ciclos luz/oscuridad concluyó que los ciclos de 12:12 horas (luz/oscuridad) e iluminación continua son los más favorables para el crecimiento del cultivo”. (Jacob-Lopez, 2018)



*Figura N° 2 Trayectoria de la luz y ciclos luz/oscuridad*

*Fuente: (Flores, 2003)*

Entre los enfoques de tratamientos de eutrofización entendemos el crecimiento de nitrato y fosfato en nuestros cauces naturales procedentes de la actividad humana apresura el crecimiento deseado de las algas y plantas acuáticas, dándonos un

fenómeno llamado como eutrofización. La reproducción incontrolada de las plantas acuáticas daña nuestro ecosistema ya que se bloquea la entrada de la luz solar a las partes más profundas de los cauces, parando la fotosíntesis, esto lleva a cabo un consumo excesivo de oxígeno disuelto. Estos dos efectos conjuntos suponen la eliminación de muchas especies acuáticas. El uso indiscriminado de los pesticidas, fertilizantes, vertido de aguas residuales, etc. “El progreso de sistemas biológicos de eliminación de nutrientes se está utilizando cada vez más en las estaciones de depuración de aguas residuales”. (Carolina, 2015)

La eliminación de nitratos mediante desnitrificación es un proceso de desnitrificación biológica que se produce usando bacterias heterótrofas que son capaces de usar el oxígeno de los nitratos para oxidar el carbono orgánico y originar CO<sub>2</sub>. Al disminuir los nitratos generan nitrógeno (N<sub>2</sub>) que se elimina por un simple proceso de aireación. Un proceso más eficaz para dar a cabo la desnitrificación biológica esta dado por la alternancia de etapas anoxicas y aerobias como se muestran en el siguiente gráfico.

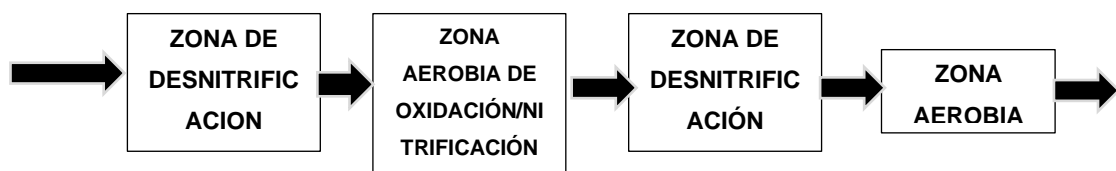


Gráfico 1 Degradación de la materia orgánica y nitrificación/desnitrificación biológica Fuente: Elaboración propia, 2021

Los procesos biológicos se dan a cabo en las siguientes etapas.

**Zona anóxica I:** El carbono que se encuentra en la corriente de entrada se usa para reducir los nitratos recirculados a N<sub>2</sub>. La alta carga orgánica hace que la desnitrificación sea más rápida.

**Zona aerobia I:** Se efectúa la oxidación de la materia orgánica de origen carbonoso y del amonio presente en las aguas residuales produciéndose agua, CO<sub>2</sub> y nitratos.

**Zona anóxica II:** Los nitratos que no están circulando se desnitrifican en esta etapa. El suministro de carbono es endógeno.

**Zona aerobia II:** La aireación de la mezcla nos ayuda a reducir el  $N_2$  formado en las etapas anoxicas. Nos da la nitrificación del amonio que no se haya oxidado en la previa etapa aerobia.

La eliminación biológica de los fosfatos de aguas residuales se produce por medio de precipitación química, por otro lado, los tratamientos biológicos para eliminar este nutriente son cada vez más regulares. Los procesos de lodos activos se llevan a cabo la adhesión de ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos al metabolismo celular para almacenar energía en forma de adenosin trifosfato (ATP). Esta adhesión nos da con la eliminación de un 10 a 30% del fósforo del afluente. Estos procesos biológicos son desarrollados específicamente para la eliminación del fósforo y están basados en que, bajo ciertas condiciones aerobias, unos tipos de bacterias son capaces de retener una cantidad de fósforo más elevado de la que usan para su metabolismo. Esta etapa aerobia hace que los fosfatos presentes en el agua sean transformados en polifosfatos creciendo la reserva energética de la célula. Para sumar esta energía se metabolizan la materia orgánica originándose  $CO_2$  y  $H_2O$ .

La eliminación conjunta de nitratos y fosfatos uniendo los procesos aerobios y anaerobios se produce un grado elevado de sustracción de estos nutrientes. Usualmente añaden un proceso anaeróbico al inicio del sistema de lagunaje. Este tratamiento biológico se usa muy a menudo en aguas residuales urbanos e industriales y tiene un índice de porcentaje de eliminación de nitratos y fosfatos que supera el 70%.

Uno de los métodos de autodepuración de los ríos es obtener todas las sustancias orgánicas para biodegradarse (oxidarse) con la ayuda de ciertos organismos, dando a cabo esta oxidación a distinta velocidad de unas sustancias a otras,

atacando fundamentalmente de su composición y estructura, así como de la reunión de las sustancias, temperatura del agua, etc.

Si las aguas de un río se impurifican en un punto específico del mismo, vuelven a recobrar su pureza inicial, sin participación del hombre, en otro punto más o menos alejado del primero, aguas abajo, según la carga contaminante requerida. El poder auto depurador es uno de los más necesarios conceptos que se utilizan en el estudio cualitativo de la verificación de la depuración de las aguas usadas.

En la investigación, se empleó la *Espirulina*, normalmente referida a la biomasa seca de la cianobacteria. “Las diversas especies de *Arthrospira Platensis* que se encuentran en la naturaleza y en las colecciones de cultivos parecen estar muy relacionadas, llevó a cabo un análisis de restricción de ADN ribosómico amplificado en el ITS de 37 cepas clonales cultivadas de cuatro continentes” (Gershwin, 2007)

La *Espirulina Arthrospira Platensis*, se encuentra en el grupo de las cianobacterias y prochlorales. Entre varias especies que están en el género, *Arthrospira Platensis* se comercializa mucho por su alta producción en cultivos de lagunaje masivos, y caseros, con factibilidad de producirla sin necesidad de especialistas.

“La *A. platensis* requiere un abundante suministro de luz, nutrientes y temperatura relativamente alta. Se produce en regiones tropicales o subtropicales del mundo donde tanto la intensidad como la duración de la luz solar son altas y donde la temperatura es lo suficientemente alta como para permitir la producción de alta calidad de *Spirulina*” (Gershwin, 2007)

Tabla 4 Características Físicas y de la *A. platensis*

| <b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b> |   |
|--------------------------------|---|
| <b>COLOR</b>                   | Verde oscuro                                |
| <b>OLOR Y SABOR</b>            | Fuerte; semeja a plantas marinas. Sin sabor |



|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| <b>DENSIDAD</b>            | 0.5 gramos/litro           |
| <b>TAMAÑO DE PARTÍCULA</b> | 9 – 25 m de diámetro medio |

Fuente: (Deutschland, 2012)

### **Características Físicas Morfológicas de la *A. platensis***

*Arthrospira platensis* es una cianobacteria Gram-negativa, caracterizada por tener una fila de tricomas cilíndricos con anchuras entre 2.5 a 16  $\mu\text{m}$  que a su vez se encuentran separadas por septos visibles al microscopio de luz, una hélice normalmente abierta con una distancia entre giros desde 0 hasta 80  $\mu\text{m}$  y diámetros relativamente grandes de 15 a 60  $\mu\text{m}$ . (Morales, 2016)



*Foto 1 Arthrospira Platensis, vista bajo el microscopio*

*Fuente: (Sur, 2020)*

Los usos más tradicionales de la espirulina se dan en el campo dietético como suplemento alimenticio con grandes cargas de proteína, vitaminas y aminoácidos, son usados por la NASA y ha sido recomendado por la OMS. Se utiliza también en el campo de la belleza, con tratamientos para el rostro eliminando los radicales libres de oxígeno del rostro.

La espirulina está conformada por ácidos grasos poliinsaturados, omega 3 y omega 6, fitoquímicos, vitaminas, clorofila, aminoácidos esenciales y minerales como el yodo, potasio, fosforo, azufre, hierro o magnesio.

Las grasas totales representan un 8%, colesterol 0%, por cada 100g el sodio representa 1.048 mg, potasio 1.363 mg, hidratos de carbono 24%, proteínas 57g, vitamina A 510IU, calcio 120mg, vitamina D 0IU, vitamina B12 0ug dependiendo de la cepa.

Así Stevenson considera que ciertas condiciones ambientales, como la luz y temperatura, pH, afectan en el crecimiento y a la asimilación de los nutrientes por parte de las microalgas, de manera que se necesitan más nutrientes en los valores de poca luz o temperatura.

La luz es la fuente de energía que provoca la reacción de fotosíntesis, por lo que se debe tener en cuenta en la calidad, cantidad y fotoperiodo de las microalgas. Las características de las microalgas variarán según el tipo de microalgas cultivadas, afectando así el crecimiento y síntesis de compuestos orgánicos como lípidos, carbohidratos, proteínas, etc. Del mismo modo, si la intensidad de la luz es muy fuerte, puede producirse una fotoinhibición que, entre otros efectos, también puede provocar una disminución del crecimiento (Gualtieri, 2006)

Algunos autores han determinado como la temperatura regula el metabolismo de las microalgas, así como la composición y la tasa de crecimiento de la biomasa. Estableciendo “el rango óptimo para la mayoría de las microalgas, se encuentra entre 18 y 22° C” (FAO, 2008).

“Con respecto al pH, el rango óptimo de la mayoría de las microalgas se encuentra entre 7 y 9” (FAO, 2008), Richmond establece que son soportables valores mayores y que los valores ácidos causan la muerte en las microalgas (Richmond, 2004)

El pH afecta así mismo a la solubilidad de varios compuestos en el medio acuoso del cultivo, un pH alto disminuye la asimilación de algunos metales traza. También ocasionan disociación de algunas sales en sus componentes, llegando a ser tóxicos o inhibitorios para el crecimiento de la microalga (M, Gonzales, 2000)

La turbulencia es de gran importancia en estos cultivos, permite una distribución homogénea de las microalgas en el cultivo, facilitando la asimilación de nutrientes y mejorando la captación de la luz, el intercambio gaseoso. Este movimiento constante del cultivo desempeña una función termorreguladora en el cultivo.

La salinidad regula el crecimiento del cultivo, siendo muy variable entre las especies de microalgas, su concentración puede ocasionar daños mortales en los cultivos (M, Gonzales, 2000)

Respecto a los nutrientes, estos son esenciales para el crecimiento de los cultivos, destacando el carbono cuya fuente es el CO<sub>2</sub>, representando un 50 % en peso seco (Chisti, 2009). El nitrógeno oscila entre 7 y el 10% en peso seco, formando parte de moléculas esenciales entre otras las proteínas, la clorofila o los ácidos nucleicos. El fósforo se trata de un nutriente importante que interviene en el metabolismo afectando al crecimiento y desarrollo normal del cultivo, constituyendo el 1% en peso seco.

Otros son los macronutrientes como el azufre, potasio, sodio, hierro, magnesio y calcio; por último, los elementos traza suelen ser el boro, cobalto, cobre, manganeso molibdeno, selenio, zinc y vanadio (Richmond, 2004)

La concentración de los nutrientes regulan el metabolismo y la composición de la biomasa del cultivo, en algunas ocasiones la deficiencia de nitrógeno provoca un aumento en la síntesis de lípidos, así como la deficiencia en fósforo provoca un aumento en carbohidratos. Aunque no podemos generalizar este comportamiento ya que los efectos varían en la tipología de las microalgas (Richmond, 2004)

Concluimos que los rangos de optimización requeridos de crecimiento son diferentes para cada microalga, por lo que se hace necesario evaluar sus interacciones y efectos con la *Arthrospira Platensis*.

Tabla 5 Requerimientos principales de los cultivos de microalgas

| Parámetros fisicoquímicos | Unidad de medida | Datos generales |
|---------------------------|------------------|-----------------|
| <b>Temperatura</b>        | (°C)             | 28-35           |
| <b>pH</b>                 | -                | 7-9             |
| <b>Conductividad</b>      | (us/cm)          | 1968            |
| <b>Turbidez</b>           | (cm)             | >20             |
| <b>Nitrógeno total</b>    | (mg/L)           | -               |
| <b>Amonio</b>             | (mg/L)           | 20-250          |
| <b>Nitrato</b>            | (mg/L)           | 1.5-2           |
| <b>Fosforo total</b>      | (mg/L)           | -               |
| <b>Fosfato</b>            | (mg/L)           | <100            |

Fuente: Aplicaciones de las microalgas en cultivos de aguas residuales, 2010

Para la presente investigación, se considera los siguientes términos básicos;

- Cultivo: “Acción y efecto de cultivar” (CICESE, 1989)
- Microalgas: “Son microorganismos microscópicos (2-200  $\mu\text{m}$ ) fotosintéticos, también son polifiléticos y eucariotas (excluyen, por tanto, las cianobacterias, que dejaron de considerarse auténticas algas al pasar al reino procarionta), que pueden crecer de manera autotrófica o heterotrófica”. (Abalde, 1995)
- Eutrofización:” Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas” (Hídricos, 1997)
- Remoción: “Efecto de remover o eliminar un contaminante”. (Jose, 1997)
- Limite máximos permisibles: “Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que

caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente”. (Ramón, 2020)

- Reducción: “Acción de reducir o de absorber un contaminante”. (Parker, 1983)
- Espirulina: “La espirulina es una cianobacteria que, de acuerdo con la botánica, por sus características su estudio sigue muy de cerca al de las microalgas, aunque difieren en aspectos esenciales”. (Carvajal, 1986)
- Eficiencia: “Capacidad de algo o alguien para realizar una buena función”. (Farrel, 2000)
- Arthrospira Platensis: “Es una microalga, conocida comúnmente como Espirulina, usada en esta investigación, originaria de Ica Perú”. (Vonshak, 1997)
- Nitrificación: “Es la oxidación y transformación por medio de bacterias nitrificantes, en donde el amonio se convierte en nitratos”. (Sawyer, 1974)
- Aguas residuales domesticas: “Son aquellas aguas que han sido modificadas por el consumo humano”. (Symons, 2000)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de Investigación

La investigación es de tipo aplicada ya que tiene un beneficio para la sociedad, es experimental porque busca resolver un problema, en este caso el de la remoción de nitratos y fosfatos en aguas residuales domésticas. De acuerdo con su clasificación en el tiempo es una investigación de tipo longitudinal, de nivel explicativa ya que responde a la problemática de la mala disposición en la reutilización de las aguas residuales domésticas.

El diseño de investigación fue experimental, en aplicación de un sistema de lagunaje.

#### 3.2 Variables y operacionalización

##### **Variables:**

**Variable Independiente:** Eficiencia del cultivo de Espirulina

**Variable Dependiente:** Reducción de la Nitrificación de Aguas residuales de uso doméstico.

**Operacionalización** (Ver anexo 2).

Tiempo de cultivo de la espirulina: El tiempo de cultivo de la cepa *Arthrospira Platensis* fue de 28 días, bajo constante supervisión, medición y verificando los parámetros adecuados para su correcta productividad.

### **3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población:**

“La población estadística es el conjunto de elementos, individuos o cosas que es objeto de interés y que se pueden estudiar la totalidad de sus elementos”. (Álvarez Cáceres, 2007). La población considerada en la investigación es agua residual doméstica del cauce de salida de la urbanización Sol de Ica de la ciudad de Ica, con un caudal calculado de 190,08 m<sup>3</sup>/día. De un total de 20 viviendas.

#### **Muestra:**

“Llamamos muestra a cualquier subconjunto representativo de la población”. (González, 2006). El efluente muestreado corresponde a las aguas residuales de un grupo de viviendas de la Urbanización Sol de Ica.

Mediante el llenado de un balde de 20L de capacidad, se tomó una muestra de 14L de agua residual en el canal de desagüe.

Con la muestra de agua residual se realizaron tres ensayos, cada uno con diferente densidad de espirulina.

La espirulina se obtuvo después de un proceso de cultivo de 28 días tomando 3L del cultivo para las muestras ensayadas.

#### **Muestreo:**

“La labor de extraer una muestra se denomina muestreo”. (Calzada Benza, 1966)

**Unidad de Análisis:** “La unidad de Análisis es la unidad para la que deseamos obtener información estadística”. (agricolas, 1979). Para la unidad de análisis, se consideró 1 muestra de agua residual de 20 L para los tratamientos M1, M2 Y M3.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la siguiente tabla se aprecia la técnica utilizada en la investigación, estas fueron desarrolladas con cada fase y respectivo instrumento.

*Tabla 6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

| <b>FASE</b>   | <b>FUENTE</b>   | <b>TECNICA</b>               | <b>INSTRUMENTOS</b>   | <b>RESULTADOS</b>   |
|---|---|------------------------------|---|---|
| <b>1. Identificación del área de estudio</b>  | Aguas residuales.   | Observación                  | Ficha 1 Mapa (ANEXO 4)  | Área de estudio definido  |
| <b>2. Construcción del sistema de cultivo</b>   | Vivienda  | Observación, experimentación | Plano Figura N°4  | Obtención de un depósito de 120 L   |
| <b>3. Cultivo de la A. platensis</b>  | Vivienda  | Observación, experimentación | Planos. FICHA N°2. Factores de los parámetros externos e internos. Ficha N°3. Monitoreo de la densidad de la Espirulina. (ANEXO 3). | Obtención de un cultivo de A. Platensis de 120 L  |
| <b>4. Recolección de muestra de agua residual, análisis preliminar.</b>                     | Salida de agua residuales domesticas del canal de desagüe, laboratorio. | Observación experimentación  | Ficha N°1. Cuaderno de Campo. (ANEXO 3)   | Obtención de 14L de agua residual doméstica. Análisis preliminar. Datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos iniciales. |
| <b>5. Análisis inicial del agua.</b>  | Laboratorio   | Experimentación              | Ficha N° 1. (ANEXO 5).  | Datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos iniciales.   |
| <b>6. Obtención de la mezcla de lagunaje para el muestreo del proceso de nitrificación.</b> | Laboratorio   | Observación, experimentación | Planos. Ficha N°4. análisis INICIAL de la concentración de nutrientes. (ANEXO 3).   | Obtención de tres mezclas para el sistema de lagunaje de 5 L, cada mezcla con densidad de A. Platensis diferente                      |
| <b>7. Análisis final de agua</b>  | Laboratorio   | Experimentación              | Ficha N°4. análisis FINAL de la concentración de nutrientes. (ANEXO 3).   | Datos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos finales  |



|   |             |                 |   |   |
|---|-------------|-----------------|---|---|
| <b>8. Análisis de la Información obtenida</b> | Laboratorio | Experimentación | Ficha N°4. análisis FINAL de la concentración de nutrientes. (ANEXO 3). | Obtención de la eficiencia de la Arthrospira Platensis en el proceso de nitrificación en cada mezcla. |
|---|-------------|-----------------|---|---|

(Fuente: elaboración propia,2021)

## Técnica

Se implementó la técnica de la experimentación y observación directa para la recogida de datos según tabla, consistió en recolectar datos conjuntos al problema de investigación de forma precisa, que incluyen experimentos y resultados en laboratorio lo más cuantificables posibles.

## Instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos tanto en el área de estudio como en laboratorio se utilizaron 4 fichas:

**Ficha 1** Cuaderno de campo, en este formato se anotó lo observado, enseñándonos el área de estudio en la que se tomó la muestra de aguas residuales.

**Ficha 2** Factores y Parámetros externos e Internos, en este formato se recogió los resultados de los factores externos e internos durante todo el proceso del cultivo de Espirulina.

**Ficha 3** Monitoreo de la densidad de la Espirulina, en este formato se anotó los datos iniciales y finales de la densidad de la Espirulina durante todo el proceso de cultivo.

**Ficha 4** Análisis de la concentración de nutrientes, en este formato se recogieron los resultados fisicoquímicos de los nitratos y fosfatos iniciales y finales en cada una de las tres mezclas de lagunaje realizadas.

## Validez de Instrumentos

La validación de los instrumentos de recogida de datos se realizó en cuatro formatos y el contenido (anexo 3) se valoró y aprobó por tres expertos.

Tabla 7 Validación de los instrumentos de recojo de datos

| APELLIDOS Y NOMBRES                    | N.º CIP | I. 1 | I. 2 | I. 3 | I. 4 | % DE VALIDEZ | PROMEDIO DE VALIDEZ |
|--|---------|------|------|------|------|--------------|---------------------|
| <b>Elguera Caycho Grecia Teresa</b>    | 188918  | 95%  | 95%  | 95%  | 95%  | 95%          | 94,8%               |
| <b>Dávila Quesada Shirley Paola</b>    | 176168  | 95%  | 95%  | 95%  | 95%  | 95%          |                     |
| <b>Olazábal Layzeca Israel Eduardo</b> | 189002  | 94%  | 94%  | 95%  | 95%  | 94.5%        |                     |

(Fuente: elaboración propia, 2021)

## Confiabilidad del instrumento de recojo de datos

“Para los valores obtenidos con el coeficiente, se calcularon sus intervalos de confianza al 95% de acuerdo con la propuesta de” (Bonnet, 2002)

“Con relación al análisis de confiabilidad, se obtuvo un valor óptimo global, así como valores que oscilan entre óptimos y aceptables” (Corral, 2009).

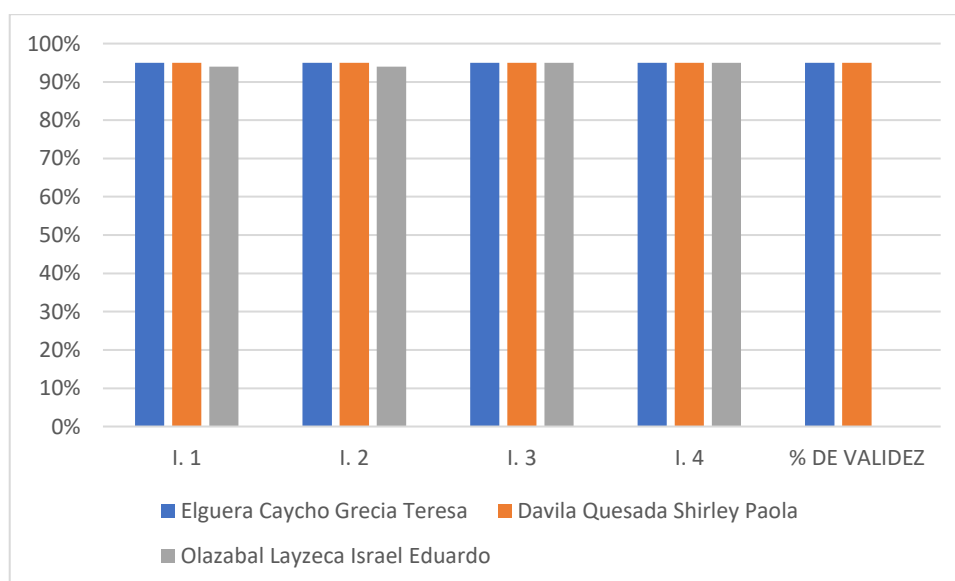


Gráfico 2 Promedio de Validaciones

*Elaboración propia, 2021*

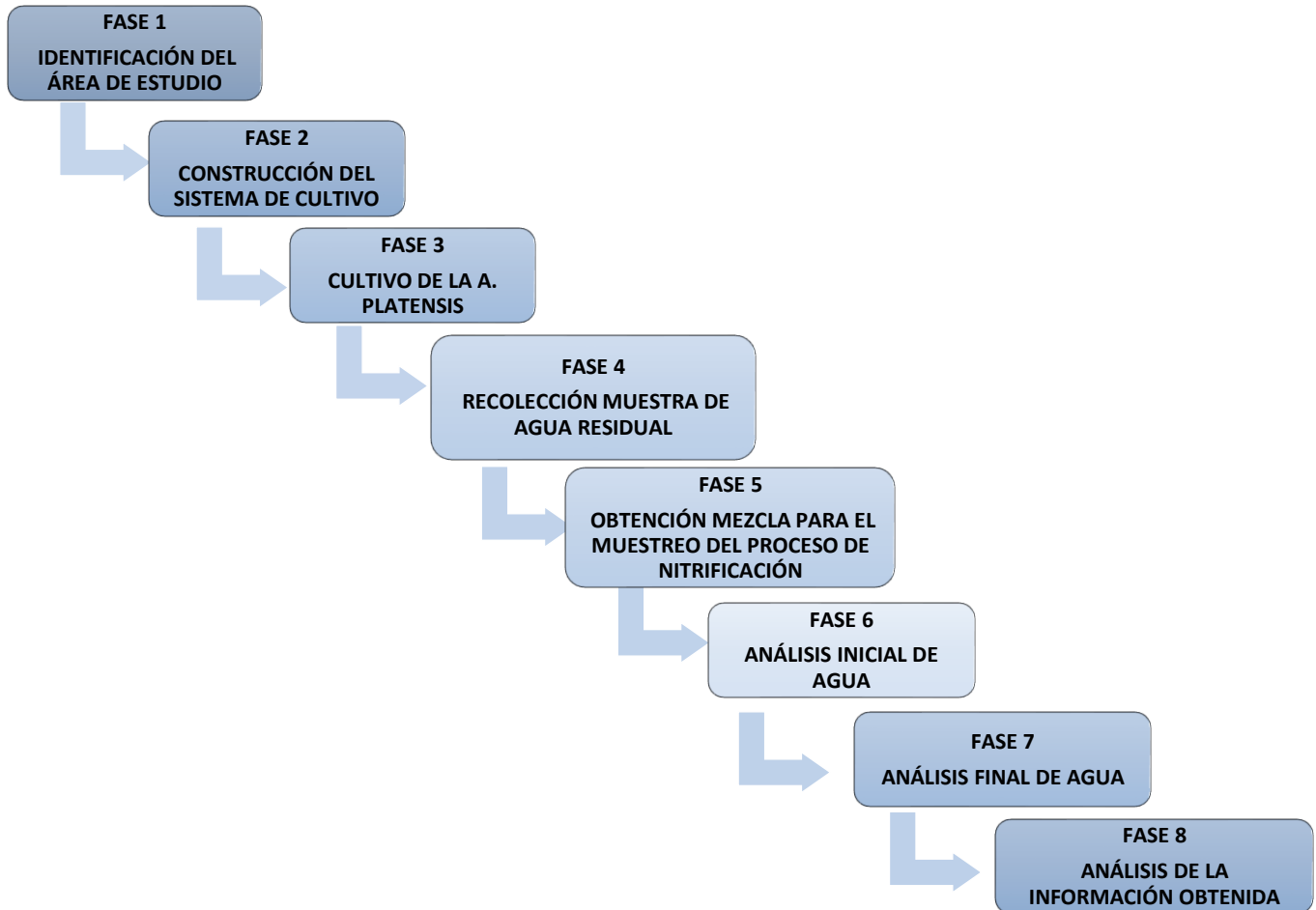
### 3.5 Procedimientos

El tiempo de ejecución del experimento fue de 2 meses, del 01 de enero y finalizando el 28 de febrero y se consideró 5 fases.

Consiste en la simulación de un sistema de lagunaje artificial en laboratorio, con el estudio del comportamiento en este proceso de la *Arthrospira Platensis* comúnmente conocida como Espirulina. Conociendo que en un sistema de lagunaje se crea un ecosistema de plantas, bacterias y algas, el experimento está basado en la capacidad y eficiencia de la transformación de los nitratos y fosfatos por parte de esta cianobacteria según unas determinadas densidades en ese hipotético sistema de lagunaje.

Para ello se han preparado las muestras, tres mezclas de lagunaje iguales, pero con densidades diferentes de la espirulina, en las que se ha analizado el proceso de nitrificación.

Figura 3 Etapas del proceso de recolección de datos



### 3.5.1 Fase 1: Identificación del área de estudio

La ubicación del punto de muestreo se realizó, en el canal de desagüe de las aguas residuales de un grupo de viviendas de la Urbanización Sol de Ica, en el km 303 del distrito de Ica, según se muestra en la siguiente figura.



Foto 2. Punto de muestreo.  
Fuente propia, 2021

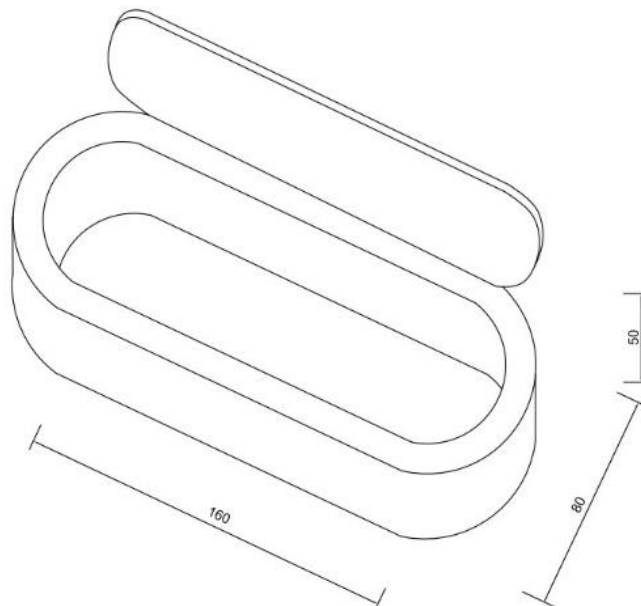
Comprobamos que existe un caudal continuo en el canal de muestreo no tratándose de aguas estancadas.

### 3.5.2 Fase2: Construcción del sistema de cultivo

Para el cultivo de la microalga se utilizó un matraz de 1,2L, tres botellas de plástico de 11L y un depósito rectangular de cristal de 40x40x80 cm para un volumen de hasta 128 L y se construyó un sistema de lagunaje de 0,8 m de ancho por 1,6 m de largo y 50cm de altura, en forma redondeada en sus extremos todo ello según planos.

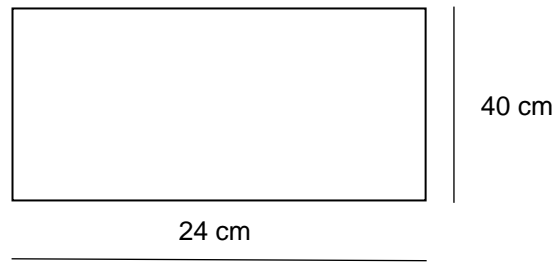
Los materiales empleados fueron: ladrillo de techo N°12, 29 unidades; 9m de soga; 10 m<sup>2</sup> de plástico negro y blanco de base; madera para el techo y plástico blanco.

El cultivo se ha realizado de manera escalonada incrementando el volumen de los depósitos según ha ido creciendo la cianobacteria.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura N° 4 Planos del sistema de cultivo de *Arthrospira Platensis*



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura N° 5 Planos del depósito de cristal de cultivo de *Arthrospira Platensis*



Fuente: Elaboración propia, 2021

Figura 6 Detalle del envase de las muestras

### 3.5.3 Fase3: Cultivo de *A. platensis*

#### Cultivo de *A. platensis*

La cepa utilizada en los experimentos fue la de *A. Platensis*, el origen de la cepa es de Ica Perú.

## Medio de cultivo

El agua empleada del medio de crecimiento se filtró para eliminar las posibles algas contaminadas, se hizo el tratamiento de biovento al agua.

El medio de cultivo se obtuvo disolviendo los productos químicos relacionados en la tabla con agua.

Tabla 8 Medio de composición del cultivo de Espirulina

| SUSTANCIAS          | CANTIDAD(g/L) |
|---------------------|---------------|
| Nitrato de potasio  | 2g            |
| Sal de mar          | 1g            |
| Sulfato ferroso     | 0.005g        |
| Fosfato monoamónico | 0.1g          |

(Fuente: Elaboración propia,2021)

## Inóculo del Cultivo

Se usó un medio de cultivo más una cepa de microalgas, en este caso el de Espirulina *Arthrospira Platensis*, es un medio simple, con pocos nutrientes. La mayoría de los nutrientes los tiene el agua residual obtenida de muestra. La esterilización y la higiene se mantiene a un nivel alto para que no haya agentes externos que entren al cultivo. El tratamiento ha sido posible con la agitación constante mediante bombeo de aire, iluminación directa y medición de parámetros cada 5 días según se refleja en las fichas anexas.



Fuente: Elaboración propia,2021  
Foto 3 Inóculo del cultivo de A. platensis

## Escalamiento y crecimiento de la *A. platensis*

Una vez que se tuvo el cultivo listo, comenzó la fase de escala o crecimiento de las algas, el medio de cultivo se muestra en la Tabla 7.

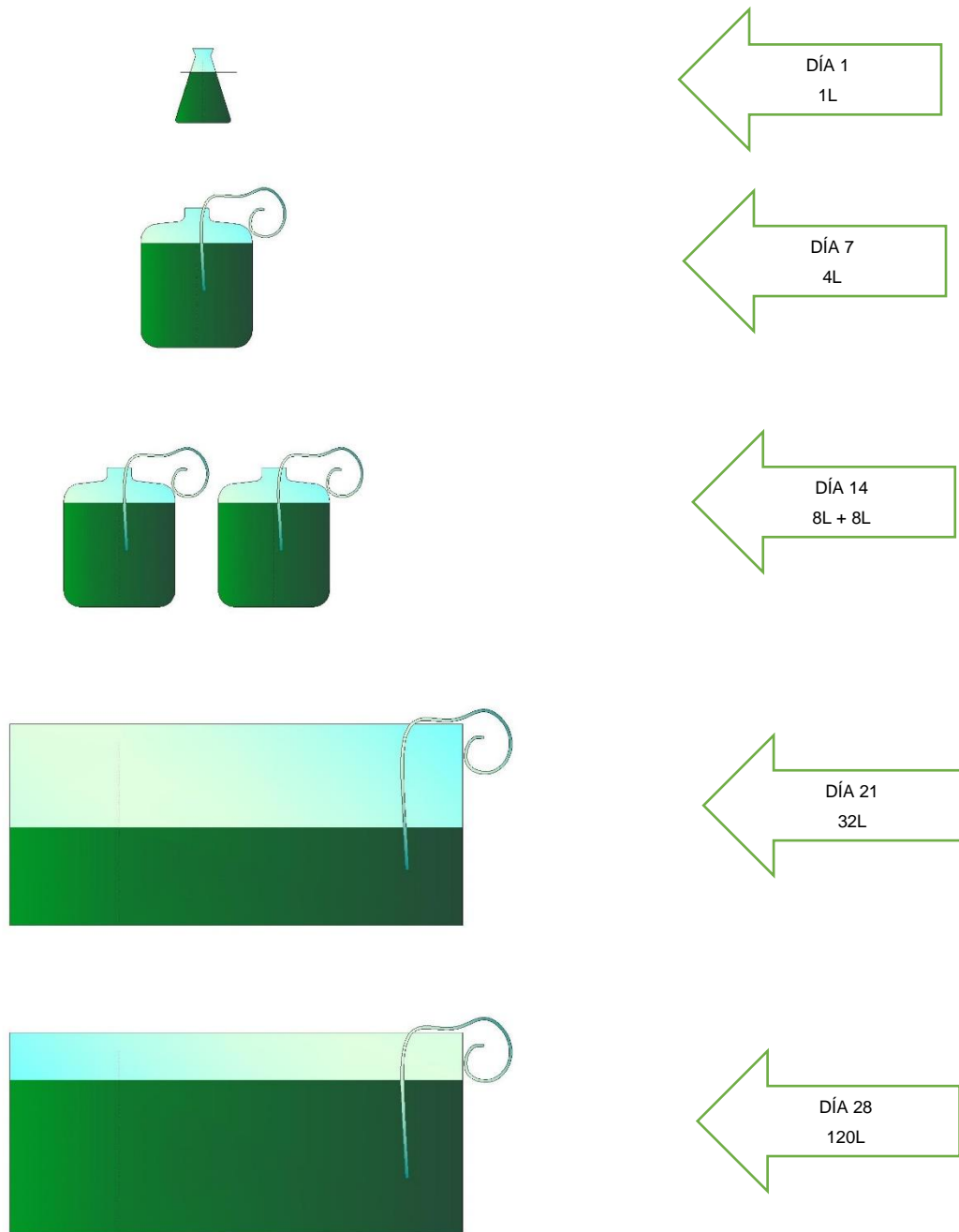
El método de crecimiento fue el de diluir cultivo 1: 5 de cepa y medio de nutrientes juntos. Es decir, como máximo se diluyó una cuarta parte del cultivo total. La idea fue contribuir una buena nutrición y suficiente espacio de cría. El momento ideal se consideró por la mañana, a fin de aprovechar la energía calórica del sol.

Se puso en un recipiente el primer día de crecimiento aproximadamente de 1 litro, esta es la etapa más débil del cultivo. También implementé una bomba de aire inmediatamente después de alcanzar los 4 litros. El principal parámetro que se conoce es la altura de los cultivos. Éste fue de 10 y 40 cm. Una mayor altura indica una mayor estabilidad del cultivo, lo que fue beneficioso para el crecimiento lento. Una altura menor significa que el cultivo es menos estable, por lo que es difícil que promueva un crecimiento rápido. Esta etapa tardó de 28 días, y dependió de su cuidado y atención a los cultivos.

El cultivo de la *A. Platensis* se ha realizado en 28 días; cada 7 días se fue variando la capacidad del depósito, como se indica en la siguiente figura.

- Primer día: 1L
- Del 4 a 7 días: 4L día 7
- Día 14: 16L
- Día 21: 32L
- Día 28: 120L.





Fuente: Elaboración propia, 2021  
Figura 7 Escalamiento de nuestro cultivo

## Iluminación y sombra utilizada

La cantidad de iluminación para el crecimiento óptimo de la espirulina ocurre cuando crece la saturación y la posterior fotoinhibición, la fotosíntesis aumentó, es decir, un mínimo y un máximo permitido. Se descubrió que la espirulina utiliza aproximadamente el 20% de la exposición total, y su dispositivo fotosintético está saturado a la exposición de la luz solar directa durante mucho tiempo.

Se cumplieron las siguientes condiciones para un crecimiento óptimo.

- Mínimo 6 horas de luz directa o difusa, la ubicación fue dirección al sol.
- Uso de Malla parasol o plástico de invernadero que cubrió 30-50% de la sombra.
- El sombreado pudo mejorar la calidad alimentaria de la espirulina porque a más sombra más ficocianina (pigmento azul) y pudo prevenir su muerte fotólisis.
- La temperatura utilizada fue entre 28 a 35°C, para un óptimo crecimiento del cultivo. En Ica la media de temperatura es la más adecuada



Foto 4 Cultivo de Espirulina listo para la fase de recolección

Fuente: Elaboración propia, 2021

### Mezclado y movimiento constante

Se tuvo un constante movimiento para que la luz se reparta en el cultivo, también evitó que la espirulina flote en la superficie, porque en la superficie del medio a veces se forma una capa densa de espirulina que impide que la luz pase por el fondo del sistema de lagunaje debido al crecimiento competitivo de la espirulina.

Se pudo medir la diferencia de hasta 5°C entre la superficie y el fondo del estanque. Este límite del crecimiento es de algas en la superficie del líquido. Reduciendo la precipitación de sal del medio manteniendo una mezcla de sal más uniforme. La iluminación fue fundamental para asegurar que la espirulina contenga muchos pigmentos y pueda realizar la fotosíntesis. Absorbe un rango de longitud de onda espectral muy amplio.

La actividad usó una bomba de aire, permitiendo la oxigenación en el medio de cultivo y una mejor circulación.

### Mantenimiento de la calidad del cultivo

Se reposó la cantidad de agua evaporada de los cultivos cada 4-7 días.

Tabla 9 Observación del agua del cultivo

| ASPECTOS FÍSICOS DEL AGUA DEL CULTIVO              | DIAGNÓSTICO  | TRATAMIENTO   |
|--|--|---|
| Transparente                                       | Buena salud  | Mantener  |
| Blanco lechoso                                     | Mucho disuelto de calcio en el agua (agua dura) o muchas bacterias | Ablandar o purificar el agua antes de usar – Reposar el cultivo 1 semana.                           |
| Marrón   | Muerte de la espirulina y desarrollo de bacterias                  | Sombrear hasta 80%, airear, reposar 1 semana, si continua desechar.                                 |
| Transparente amarillento (con espirulina al fondo) | Estrés y muerte del cultivo, exceso de dilución, exceso de luz.    | Aumentar sombreado al 100%, agitar el fondo del estanque, si en una semana sigue igual, recomenzar. |

Fuente: Elaboración propia, 2021

Se observó el color del cultivo mediante la tabla y se diagnosticó la calidad del cultivo cada 5 días para tener un buen control y mantenimiento de este.

### Densidad del cultivo

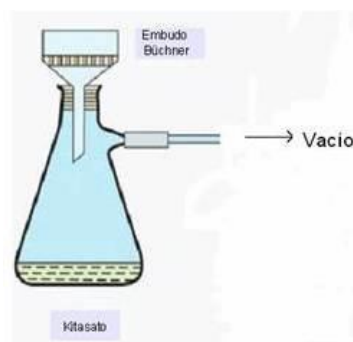
La densidad de población representa el número de gramos por litro presente (g / L). Para medir la concentración, se usó un disco secchi, también llamado "Spinner". Según la finalidad del cultivo que queramos, la concentración de algas adecuada en ambiente salino.



Fuente: Elaboración propia, 2021

Foto 5 Disco secchi

Para el cálculo de la densidad, se tomó muestras de 10ml de cultivo, luego se implementó el sistema de filtración por vacío, utilizando un matraz Kitasato y un embudo de membrana, siendo útil para recoger las partículas de la Espirulina. (CASADO SANCHEZ, 2012)



Fuente: (CASADO SANCHEZ, 2012)

Figura 8 Filtración por vacío Matraz Kitasato

Extrapolamos el resultado que nos dio los 10mL de cultivo de espirulina pasándolo por el filtrado al vacío, la tabla siguiente muestra su propósito y equivalente en peso seco.

Tabla 10 Concentración de Espirulina en el cultivo

| <b>Disco secchi (cm)</b> | <b>Concentración de Spirulina Arthrospira Platensis (gr/L)</b> |
|--------------------------|--|
| 1                        | 1,55   |
| 1,1                      | 0,97   |
| 1,2                      | 0,92   |
| 1,3                      | 0,865  |
| 1,4                      | 0,805  |
| 1,5                      | 0,765  |
| 1,6                      | 0,7  |
| 1,7                      | 0,655  |
| 1,8                      | 0,62   |
| 1,9                      | 0,58   |
| 2                        | 0,55   |
| 2,1                      | 0,513  |
| 2,2                      | 0,485  |
| 2,3                      | 0,455  |
| 2,4                      | 0,435  |
| 2,5                      | 0,41   |
| 2,6                      | 0,395  |
| 2,7                      | 0,38   |
| 2,8                      | 0,363  |
| 2,9                      | 0,345  |
| 3                        | 0,335  |
| 3,1                      | 0,32   |
| 3,2                      | 0,31   |
| 3,3                      | 0,3  |
| 3,4                      | 0,285  |
| 3,5                      | 0,28   |
| 3,6                      | 0,27   |
| 3,7                      | 0,26   |
| 3,8                      | 0,255  |

|     |       |
|-----|-------|
| 3,9 | 0,245 |
| 4   | 0,233 |
| 4,1 | 0,277 |
| 4,2 | 0,22  |
| 4,3 | 0,216 |
| 4,4 | 0,213 |
| 4,5 | 0,206 |
| 4,6 | 0,201 |
| 4,7 | 0,195 |
| 4,8 | 0,19  |
| 4,9 | 0,185 |
| 5   | 0,18  |
| 5,1 | 0,177 |
| 5,2 | 0,173 |
| 5,3 | 0,17  |
| 5,4 | 0,166 |

Fuente: elaboración propia

La técnica propuesta muestra que para el mantenimiento de una buena salud de la cosecha de los cultivos permanecieron saludables a concentraciones de 2 cm.

Se mantuvo la concentración entre 2-3 cm y la turbidez de productividad estable, garantizando la estabilidad y calidad del producto.

#### **3.5.4 Fase4: Recolección de muestra de agua residual**

Para ello se recogió una muestra de agua residual de 14 litros. La muestra del agua residual se realizó a la salida del desagüe con aguas residuales domésticas de las viviendas de nuestra área estudiada, el día 1 de enero.

La toma de agua residual fue de 14L, se remitió a laboratorio una muestra de 2 L para su caracterización y el resto para la elaboración de las muestras de los ensayos.

Se recolectó esta muestra en un recipiente de 2 L para la obtención del parámetro de nitratos y fosfatos, se ha marcado y desinfectado previamente etiquetando un recipiente de 2000 ml y guardó la muestra, se conservaron las muestras a temperatura de 4°C, y luego se envió al laboratorio para analizar.

Los métodos considerados para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 11 Parámetros utilizados para la obtención de datos

| <b>PARAMETRO</b>     | <b>UNIDAD</b> | <b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>                           |
|----------------------|---------------|---|
| <b>Temperatura</b>   | °C            | Termómetro  |
| <b>pH</b>            | 0-14          | SMEWW-APHA- AWWA-PART. 4500-H B 23RD EDITION. 2017  |
| <b>Concentración</b> | gr/L          | PESO SECO   |
| <b>Nitrato</b>       | mg/L          | SMEWW-APHA-AWWA- PART. 4500-NO3- 23RD EDITION. 2017 |
| <b>Fosfato</b>       | mg/L          | EPA METHOD 9038. REV. 0, SEPTIEMBRE 1986            |

### **3.5.5 Fase 5: Obtención de la mezcla de lagunaje para el muestreo del proceso de nitrificación**

La muestra se obtiene con la mezcla de cultivo de *Arthrospira Platensis* y de las aguas residuales domésticas.

Las tres muestras son de 5 litros con la misma cantidad de agua residual en cada una de ellas, y con la densidad de cultivo diferente.

Para medir la esa eficiencia como hemos dicho utilizamos 3 cultivos de *Arthrospira Platensis* con agua residual, dando como resultado tres muestras, la primera de 4L de Agua Residual más 1L de cultivo de *Espirulina*, la segunda de 4L de Agua Residual más 0.75L de cultivo de *Espirulina* y la tercera de 4l de Agua Residual más 0.5L de cultivo de *Espirulina*.



Fuente: Elaboración propia

Foto 6 Muestra 1,2 y 3 de la mezcla de Agua Residual y Cultivo de Espirulina

Como muestra de Agua inicial a laboratorio fue de 2L, por cada tratamiento. En total se utilizó 14L de Aguas Residuales y como muestra de cultivo de Espirulina 2,25L.

Se extrajo dos litros de cada muestra para su análisis en el laboratorio, obteniendo así los valores iniciales de nitratos y fosfatos que dio inicio al proceso de nitrificación.

### **3.5.6 Fase 6: Análisis inicial de agua**

Una vez realizadas las mezclas, se realizó un ensayo del agua de cada una de ellas para la obtención de los valores iniciales de nitratos y fosfatos. Para ello se tomaron muestras de 2L de cada una, un total de tres ensayos, que se llevaron al laboratorio LabPerú E.I.R.L. para su análisis.

### **3.5.7 Fase 7. Análisis final de agua**

Después del transcurso de siete días manteniéndose las muestras en condiciones de temperatura 21°C de media, se tomaron tres muestras formadas por 2L cada una para su análisis en el laboratorio LabPerú E.I.R.L. Obteniendo así los valores finales de nitratos y fosfatos dando como los resultados del proceso de nitrificación de cada una de las muestras.



### **3.5.8 Fase 8. Análisis de la Información obtenida**

Esta fase consistió en el análisis de los resultados, obtenidos por el laboratorio LabPerú E.I.R.L. de nitratos y fosfatos tanto iniciales como finales. Obtención de la de la mezcla más eficiente.

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

Sobre la determinación de métodos de análisis de datos para reducir parámetros físicos, químicos y microbiológicos, utilicé un programa para procesar con estadísticas descriptivas Microsoft Excel a través de tablas y gráficos.

### **3.7 Aspectos éticos**

La preparación de este informe de investigación ha sido transparente y honesta. Según los lineamientos del "Código de Ética" de la Universidad del Cesar Vallejo (UCV) a la vista de la información recolectada del área de estudio únicamente para fines académicos, la información del texto y el desarrollo del trabajo se obtuvo de fuentes confiables y toda la información se citará, por otro lado, el papeleo se enviará al software para verificar el porcentaje de similitud (Anexo X).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Eficiencia de *A. platensis* en la reducción de la nitrificación en aguas residuales

La eficiencia del cultivo de *Espirulina* de densidad 0,10g/L resultó ser la más eficiente en la reducción de Nitratos, dando una eficiencia del 13,27% obtenida según las siguientes ecuaciones.

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}}{V_{\text{inicial}}}$$

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{75,5 - 65,484}{75,5}$$

$$\text{Eficiencia} = 13,27\%$$

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ecuación 1 Eficiencia de la *Espirulina* sobre el Nitrato

La eficiencia del cultivo de *Espirulina* de densidad 0,05g/L resultó ser la más eficiente en la reducción de Fosfatos, dando una eficiencia del 57,09% obtenida según las siguientes ecuaciones.

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{final}}}{V_{\text{inicial}}}$$

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{13.293 - 5.957}{13.293}$$

$$\text{Eficiencia} = 55,19 \%$$

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ecuación 2 Eficiencia de la *Espirulina* sobre el Fosfato

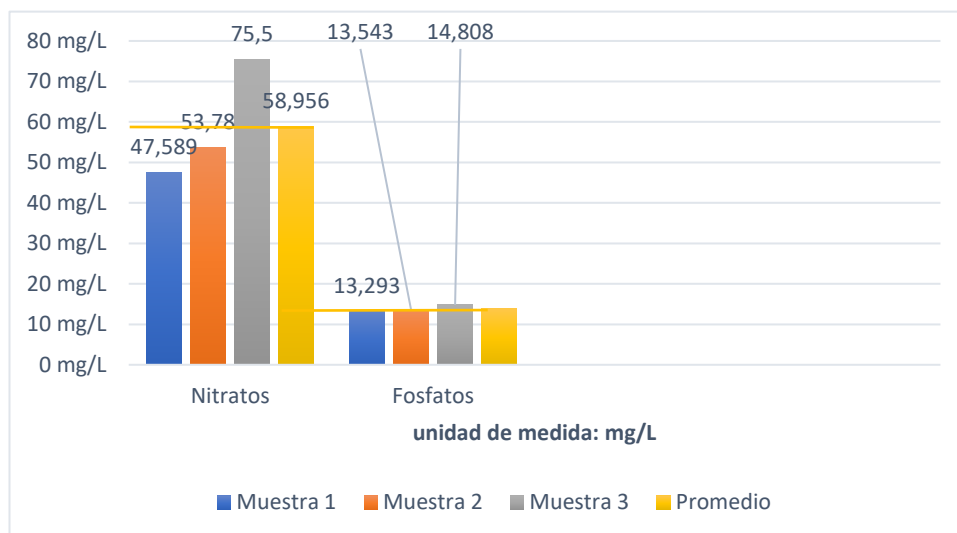
## 4.2 Evaluación de los Nitratos y Fosfatos en el agua residual de la Urb. Sol de Ica

El análisis de los parámetros de los nitratos y fosfatos en el agua residual se realizó en laboratorio acreditado Lab Perú E.I.R.L mediante los métodos de “*Ultraviolet Spectrophotometric Screening*” en el Nitrato y el método de “*Ascorbic Acid*” en el Fósforo. Obteniéndose los siguientes resultados detallados en la tabla.

Tabla 12 Resultados de Nitratos y Fosfatos en el agua residual

| MUESTRA  | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | UNIDAD DE MEDIDA |
|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 1        | 47,58                        | 13,29                         | mg/L             |
| 2        | 53,78                        | 13,54                         | mg/L             |
| 3        | 75,5                         | 14,80                         | mg/L             |
| PROMEDIO | 58,95                        | 13,88                         | mg/L             |

Fuente: Elaboración propia, 2021



Fuente: Elaboración propia, 2021

Gráfico 3 Comparación de Nitratos y Fosfatos en el agua residual

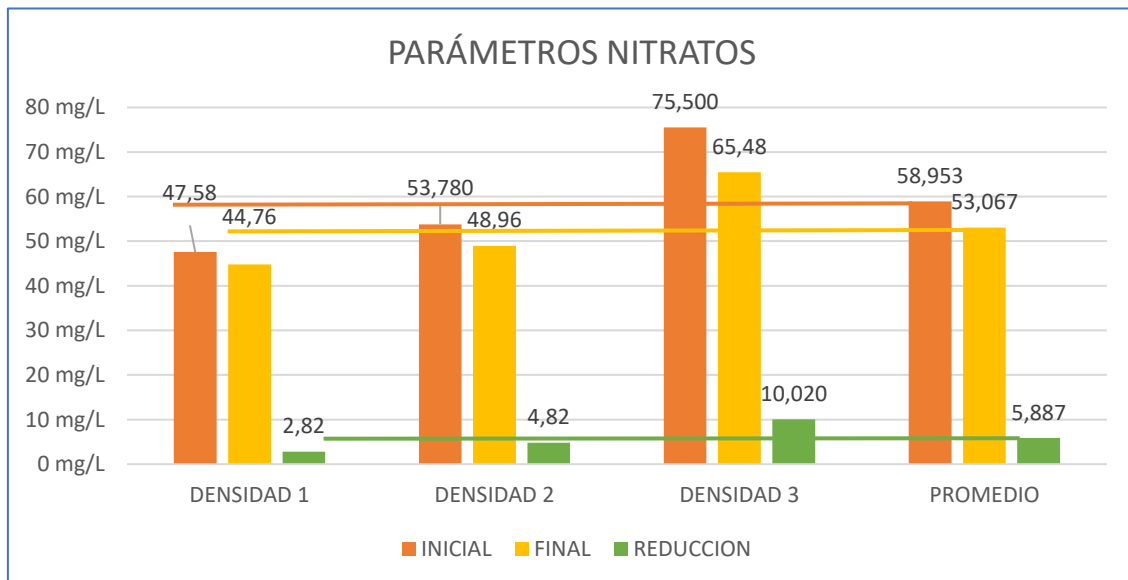
### 4.3 Densidad de siembra de la Espirulina y reducción de nitrificación de aguas residuales.

La identificación de siembra de Espirulina que redujo más la nitrificación de aguas residuales en Nitratos fue la muestra 3, con densidad de espirulina 0,10g/L. En el tratamiento realizado en esta muestra, se logró reducir 10,016 mg/L de  $\text{NO}_3^-$  con unos parámetros iniciales en nitratos de 75.5 mg/L se llegó después del experimento, a un resultado final de 65.484 mg/L.

Tabla 13 Cantidad de Nitratos al tratar con Espirulina

| MUESTRAS   | DENSIDAD<br>ESPIRULINA | NITRATOS (mg/L) |       |           |
|------------|------------------------|-----------------|-------|-----------|
|            |                        | INICIAL         | FINAL | REDUCCION |
| DENSIDAD 1 | 0,05 g/L               | 47,58           | 44,76 | 2,82      |
| DENSIDAD 2 | 0,09 g/L               | 53,78           | 48,96 | 4,81      |
| DENSIDAD 3 | 0,10 g/L               | 75,5            | 65,48 | 10,01     |
| PROMEDIO   |                        | 58,95           | 53,07 | 5,88      |

Fuente: Elaboración propia, 2021



Fuente: Elaboración propia, 2021

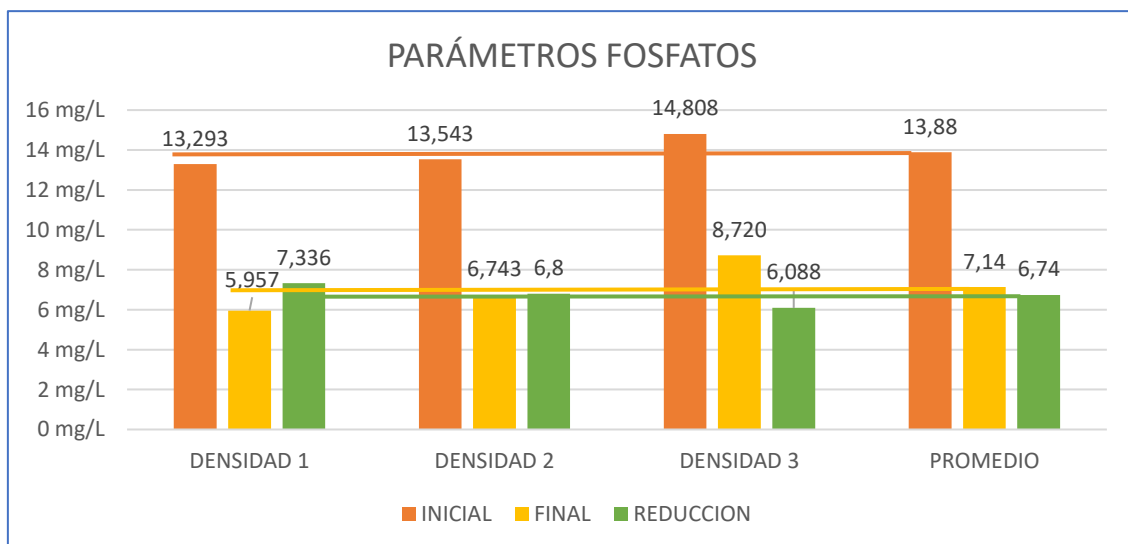
Gráfico 4 Resultados de Nitratos obtenidos según tratamientos de densidades en Espirulina

La identificación de siembra de Espirulina que redujo más la nitrificación de aguas residuales en Fosfatos fue la muestra 1 con densidad de espirulina 0,05g/L, con un inicial de nitratos de 13,293 mg/L y un final de 5,957 mg/L. Mostrando una reducción de 7,336 mg/L de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Tabla 14 Cantidad de Fosfatos al tratar con espirulina

| MUESTRAS   | DENSIDAD<br>ESPIRULINA | FOSFATOS (mg/L) |       |           |
|------------|------------------------|-----------------|-------|-----------|
|            |                        | INICIAL         | FINAL | REDUCCIÓN |
| DENSIDAD 1 | 0,05 g/L               | 13,29           | 5,957 | 7,33      |
| DENSIDAD 2 | 0,09 g/L               | 13,54           | 6,743 | 6,8       |
| DENSIDAD 3 | 0,10 g/L               | 14,80           | 8,72  | 6,08      |
| PROMEDIO   |                        | 13,88           | 7,14  | 6,74      |

Fuente: Elaboración propia, 2021



Fuente: Elaboración propia, 2021

Gráfico 5 Resultados de Fosfatos obtenidos según tratamientos de densidades en Espirulina

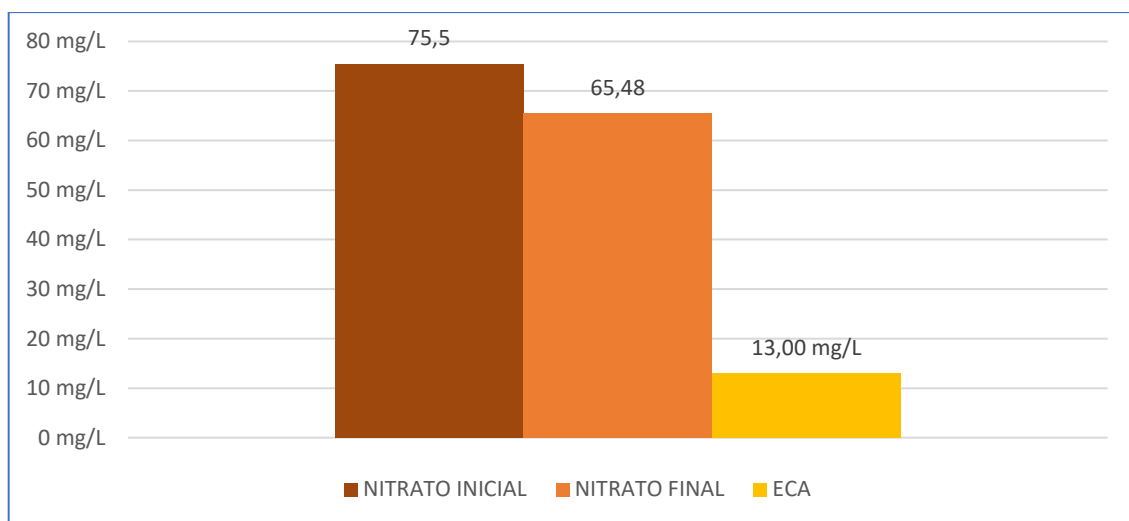
#### 4.4 Cantidad de Nitratos y Fosfatos post tratamiento con *A. platensis* con relación al ECA

Se comparó la densidad óptima con cantidades de Nitratos con los ECA, la siembra óptima de espirulina se obtuvo en el tratamiento 3 con 75,5 mg/L inicial y final 65,484 mg/L, con relación a 13 mg/L ECA.

Tabla 15 Densidad óptima de Espirulina para la nitrificación de Nitratos

| MUESTRA | DENSIDAD DE ESPIRULINA | NITRATO INICIAL | NITRATO FINAL | ECA     |
|---------|------------------------|-----------------|---------------|---------|
| 3       | 0,10 g/L               | 75,5 mg/L       | 65,48 mg/L    | 13 mg/L |

Fuente: Elaboración propia, 2021



Fuente: Elaboración propia, 2021

Gráfico 6 Resultados en la reducción de Nitratos muestra óptima Espirulina densidad 0,10g/L

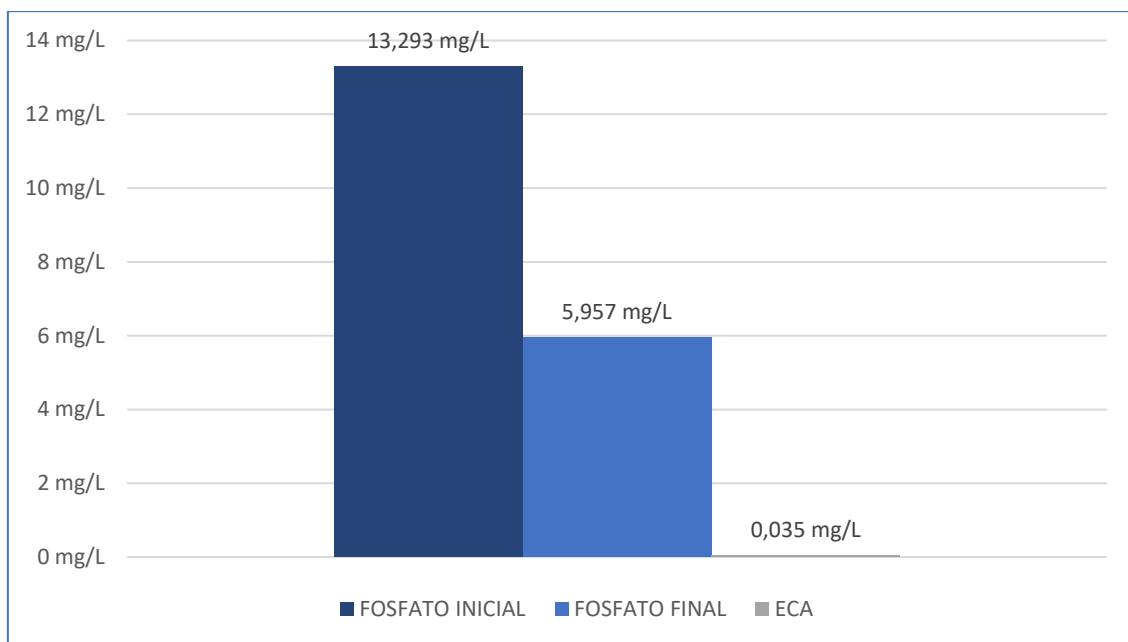
Se comparó la densidad óptima con cantidades de Fosfatos con los ECA, para Fosfatos inicial tuvimos 13,29mg/L y final 5,957 mg/L, con relación a 0,035 mg/L ECA.

Tabla 16 Densidad óptima de Espirulina para la nitrificación de Fosfatos

| MUESTRA | DENSIDAD DE ESPIRULINA | FOSFATO INICIAL | FOSFATO FINAL | ECA   |
|---------|------------------------|-----------------|---------------|-------|
| 1       | 0,05 g/L               | 13,29mg/L       | 5,95mg/L      | 0,035 |

Fuente: Elaboración propia, 2021

Gráfico 7 Resultados en la reducción de Fosfatos muestra óptima Espirulina densidad 0,05gr/L



Fuente: Elaboración propia, 2021

## 4.5 Contrastación de Hipótesis

### Hipótesis general

#### Planteamiento de hipótesis

Ha: Eficiencia de la *A. platensis* reduciendo en más de 60% la nitrificación de aguas residuales domésticas.

H0: Eficiencia de la *A. platensis* reduciendo en menos de 60% la nitrificación de aguas residuales domésticas.

#### Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

#### Valores de prueba

**Nitratos** *Eficiencia = 13,27%*

**Fosfatos** *Eficiencia = 55,19 %*

### Resultados

Se acepta la hipótesis alterna, ya que nuestros resultados en promedio de eficiencia dan un valor de 68,46% de reducción en la nitrificación de aguas residuales.



## Hipótesis específica 1

### Planteamiento de hipótesis

Ha: En el agua residual domestica se encontraron valores de Nitratos superiores a 50mg/L y de Fosfatos superiores a 15mg/L.

H0: En el agua residual domestica se encontraron valores de Nitratos inferiores a 50mg/L y de Fosfatos inferiores a 15mg/L.

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

$\bar{x}$  Media muestral

$\mu_0$ : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

### Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

### Valores de prueba

| Muestra   | Nitrato (mg/L) | Fosfato (mg/L) |
|-----------|----------------|----------------|
| Muestra 1 | 47,58          | 13,29          |
| Muestra 2 | 53,78          | 13,54          |
| Muestra 3 | 75,5           | 14,8           |
| Promedio  | 58,95          | 13,88          |

## Resultados

### Resumen de procesamiento de casos

|         | Casos  |            |          |            |       |            |
|---------|--------|------------|----------|------------|-------|------------|
|         | Válido |            | Perdidos |            | Total |            |
|         | N      | Porcentaje | N        | Porcentaje | N     | Porcentaje |
| NITRATO | 4      | 80,0%      | 1        | 20,0%      | 5     | 100,0%     |
| FOSFATO | 4      | 80,0%      | 1        | 20,0%      | 5     | 100,0%     |

### Descriptivos

|         |   | Estadístico     | Error estándar |  |
|---------|---|-----------------|----------------|--|
| NITRATO | Media                                       | 58,95           | 5,985          |  |
|         | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 39,90          |  |
|         |   | Límite superior | 78,00          |  |
|         | Media recortada al 5%                       | 58,66           |                |  |
|         | Mediana                                     | 56,37           |                |  |
|         | Varianza                                    | 143,303         |                |  |
|         | Desviación estándar                         | 11,971          |                |  |
|         | Mínimo                                      | 48              |                |  |
|         | Máximo                                      | 76              |                |  |
|         | Rango                                       | 28              |                |  |
|         | Rango intercuartil                          | 22              |                |  |
|         | Asimetría                                   | 1,135           | 1,014          |  |
|         | Curtosis                                    | 1,502           | 2,619          |  |
| FOSFATO | Media                                       | 13,88           | ,330           |  |
|         | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | 12,83          |  |
|         |   | Límite superior | 14,93          |  |
|         | Media recortada al 5%                       | 13,86           |                |  |
|         | Mediana                                     | 13,71           |                |  |
|         | Varianza                                    | ,437            |                |  |
|         | Desviación estándar                         | ,661            |                |  |
|         | Mínimo                                      | 13              |                |  |
|         | Máximo                                      | 15              |                |  |
|         | Rango                                       | 2               |                |  |
|         | Rango intercuartil                          | 1               |                |  |
|         | Asimetría                                   | 1,256           | 1,014          |  |
|         | Curtosis                                    | 1,468           | 2,619          |  |

### Pruebas de normalidad

|         | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|---------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|         | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| NITRATO | ,250                            | 4  | .    | ,935         | 4  | ,624 |
| FOSFATO | ,248                            | 4  | .    | ,914         | 4  | ,504 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Chapiro Wilk: muestras pequeñas < 30 muestras

Criterio para determinar Normalidad:

P – valor  $\Rightarrow$   $\alpha$  Aceptar H0 = Los datos provienen de una distribución normal

P – valor <  $\alpha$  Aceptar Ha = Los datos NO provienen de una distribución normal.

| NORMALIDAD                   |   |               |
|------------------------------|---|---------------|
| P – valor (Nitratos) = 0.624 | > | $\alpha=0.05$ |
| P – valor (Fosfatos) = 0.504 | > | $\alpha=0.05$ |

### Interpretación

Cómo el p valor calculado es mayor al  $\alpha$  de 0.05, se acepta la Hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal.

### Hipótesis específica 2

Ha: A mayor densidad de siembra, mayor reducción de Nitratos y Fosfatos.

H0: A menor densidad de siembra, menor reducción de Nitratos y Fosfatos.

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

$\bar{X}$  Media muestral

$\mu_0$ : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

### Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

### Valores de prueba

| Muestra   | Densidad (gr/L) | Nitrato (mg/L) | Fosfato (mg/L) | ECA   |
|-----------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| Muestra 3 | 0,1             | 75,5           | 65,48          | 13    |
| Muestra 1 | 0,05            | 13,29          | 5,95           | 0,035 |

## Resultados

### Estadísticas de muestras emparejadas

|       |          | Media   | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|----------|---------|---|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | DENSIDAD | ,0750   | 2 | ,03536              | ,02500                  |
|       | NITRATO  | 44,40   | 2 | 43,989              | 31,105                  |
| Par 2 | DENSIDAD | ,0750   | 2 | ,03536              | ,02500                  |
|       | FOSFATO  | 35,7150 | 2 | 42,09407            | 29,76500                |
| Par 3 | ECA      | 6,5175  | 2 | 9,16764             | 6,48250                 |
|       | NITRATO  | 44,40   | 2 | 43,989              | 31,105                  |
| Par 4 | ECA      | 6,5175  | 2 | 9,16764             | 6,48250                 |
|       | FOSFATO  | 35,7150 | 2 | 42,09407            | 29,76500                |

### Prueba de muestras emparejadas

|       |                    | Diferencias emparejadas |                     |                         |  |           |        |    |                  |
|-------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------|--------|----|------------------|
|       |                    | Media                   | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |           | t      | gl | Sig. (bilateral) |
|       |                    |                         |                     |                         | Inferior                                       | Superior  |        |    |                  |
| Par 1 | DENSIDAD - NITRATO | -44,32000               | 43,95376            | 31,08000                | -439,22884                                     | 350,58884 | -1,426 | 1  | ,389             |
| Par 2 | DENSIDAD - FOSFATO | -35,64000               | 42,05871            | 29,74000                | -413,52253                                     | 342,24253 | -1,198 | 1  | ,443             |
| Par 3 | ECA - NITRATO      | -37,87750               | 34,82147            | 24,62250                | -350,73603                                     | 274,98103 | -1,538 | 1  | ,367             |
| Par 4 | ECA - FOSFATO      | -29,19750               | 32,92643            | 23,28250                | -325,02971                                     | 266,63471 | -1,254 | 1  | ,429             |

Chapiro Wilk: muestras pequeñas < 30 muestras

Criterio para determinar Normalidad:

P – valor  $\Rightarrow$   $\alpha$  Aceptar  $H_0$  = Los datos provienen de una distribución normal

P – valor <  $\alpha$  Aceptar  $H_a$  = Los datos NO provienen de una distribución normal.

| NORMALIDAD                              |   |               |
|---|---|---------------|
| P – valor (Densidad y Nitratos) = 0.389 | > | $\alpha=0.05$ |
| P – valor (Densidad y Fosfatos) = 0.443 | > | $\alpha=0.05$ |
| P – valor (ECA y Nitratos) = 0.367      | > | $\alpha=0.05$ |
| P – valor (ECA y Fosfatos) = 0.429      | > | $\alpha=0.05$ |

### Interpretación

Cómo el p valor calculado es mayor al  $\alpha$  de 0.05, se acepta la Hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal.

### Hipótesis específica 3

Ha: La densidad óptima para nitratos es mayor a 0,10g/L y de Fosfatos 0,5g/L de *A. platensis* para obtener Nitratos y Fosfatos de acuerdo con el ECA.

H0: La densidad óptima para nitratos es menor a 0,10g/L y de Fosfatos 0,5g/L de *A. platensis* para obtener Nitratos y Fosfatos de acuerdo con el ECA.

Se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, que permite realizar la comparación de un conjunto de valores frente a un valor de referencia (porcentaje de remoción esperado). La fórmula de cálculos es:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

Donde:

T: valor calculado de t Student

$\bar{X}$  Media muestral

$\mu_0$ : Parámetro de comparación

S: Desviación estándar

### Nivel de confianza

Se utilizó un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

### Valores de prueba

| MUESTRAS   | DENSIDAD<br>ESPIRULINA | REDUCCION |
|------------|------------------------|-----------|
| DENSIDAD 3 | 0,10 g/L               | 10,01     |
| DENSIDAD 1 | 0,05 g/L               | 7,33      |

### Descriptivos

|             |   | Estadístico     | Error estándar |  |
|-------------|---|-----------------|----------------|--|
| DENSIDADSPR | Media                                       | ,0750           | ,02500         |  |
|             | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | -,2427         |  |
|             |   | Límite superior | ,3927          |  |
|             | Media recortada al 5%                       | .               |                |  |
|             | Mediana                                     | ,0750           |                |  |
|             | Varianza                                    | ,001            |                |  |
|             | Desviación estándar                         | ,03536          |                |  |
|             | Mínimo                                      | ,05             |                |  |
|             | Máximo                                      | ,10             |                |  |
|             | Rango                                       | ,05             |                |  |
|             | Rango intercuartil                          | .               |                |  |
|             | Asimetría                                   | .               | .              |  |
|             | Curtosis                                    | .               | .              |  |
| REDUCCIÓN   | Media                                       | 8,67            | 1,340          |  |
|             | 95% de intervalo de confianza para la media | Límite inferior | -8,36          |  |
|             |   | Límite superior | 25,70          |  |
|             | Media recortada al 5%                       | .               |                |  |
|             | Mediana                                     | 8,67            |                |  |
|             | Varianza                                    | 3,591           |                |  |
|             | Desviación estándar                         | 1,895           |                |  |
|             | Mínimo                                      | 7               |                |  |
|             | Máximo                                      | 10              |                |  |
|             | Rango                                       | 3               |                |  |
|             | Rango intercuartil                          | .               |                |  |
|             | Asimetría                                   | .               | .              |  |
|             | Curtosis                                    | .               | .              |  |

### Estadísticas de muestras emparejadas

|       |             | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|-------------|-------|---|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | DENSIDADSPR | ,0750 | 2 | ,03536              | ,02500                  |
|       | REDUCCIÓN   | 8,67  | 2 | 1,895               | 1,340                   |

**Prueba de muestras emparejadas**

|       |                         | Diferencias emparejadas |                     |                         |  |          |        |    |                  |
|-------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|----------|--------|----|------------------|
|       |                         | Media                   | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          | t      | gl | Sig. (bilateral) |
|       |                         |                         |                     |                         | Inferior                                       | Superior |        |    |                  |
| Par 1 | DENSIDADSPR - REDUCCIÓN | -8,59500                | 1,85969             | 1,31500                 | -25,30366                                      | 8,11366  | -6,536 | 1  | ,097             |

**Resultados**

Chapiro Wilk: muestras pequeñas < 30 muestras

Criterio para determinar Normalidad:

P – valor  $\Rightarrow$   $\alpha$  Aceptar H0 = Los datos provienen de una distribución normal

P – valor <  $\alpha$  Aceptar Ha = Los datos NO provienen de una distribución normal.

| NORMALIDAD                              |   |               |
|---|---|---------------|
| P – valor (Tratamiento inicial) = 0.097 | > | $\alpha=0.05$ |

**Interpretación**

Cómo el p valor calculado es mayor al  $\alpha$  de 0.05, se acepta la Hipótesis nula, los datos provienen de una distribución normal.



## V. DISCUSIÓN

Las aguas residuales analizadas contienen en promedio 13,88 mg/L en fosfatos y de 58,95 mg/L en nitratos. En estudios similares (Moreno Marin, 2008) obtuvo valores de 64,6 mg/L en nitratos y 2,94 g/L en fosfatos; (Barrantes Santillán, 2018) obtuvo valores de 0,25 mg/L en nitratos y de 5 mg/L de fosfatos; (Hernandez Sanchez, 2004) obtuvo 54,9 mg/L en Nitratos y 4,98 mg/L en Fosfatos; (Perez García, 2009) obtuvo 41,09 mg/L en Nitratos y 13,07 mg/L en Fosfatos. Estos autores utilizaron la misma metodología de colección para la toma de muestras: tomando las muestras en aguas residuales domésticas procedentes de las fases de tratamiento primario o secundario de depuración. Las diferencias de mayores valores promedio en fosfatos y nitratos se debe por la diferencia de la colección de muestras de este trabajo que se tomó a la salida del propio sistema de desagües sin haber recibido tratamiento de depuración, lo que hace explicable.

La norma ECA establece unos valores límite de estos nutrientes en fosfatos 0,035 mg/L y 13 mg/L en nitratos ((ECA), 2018).

Se obtuvo de reducción de Nitratos 10,01mg/L con densidad de *A. platensis* 0,10g/L y de Fosfatos 7,33mg/L con densidad de *A. platensis* 0,05g/L.

Se ha realizado una investigación de los estudios y experimentos existentes para el desarrollo de esta tesis, en la que se ha constatado la importancia de la utilización de cepas de microalgas diferentes como la *Arthrospira Platensis*, la *C vulgaris* la *S. dimorphus* *Tetraselmis sp*, *Chlamydomonas sp*, *Botryococcus* o la *Nannochloris sp* (Candela Orduz, 2016) todas ellas utilizadas como ayuda en el tratamiento de desnitrificación de aguas residuales por nitratos y fosfatos.

Se han comparado los trabajos realizados por autores que han llevado a cabo investigaciones en este campo, en los que se ha constatado la ayuda del uso de las microalgas como (Barrantes Santillán, 2018) “Efectos de la microalga *Botryococcus sp* en la remoción de nitratos y fosfatos en aguas residuales, en la

empresa municipal de agua y alcantarillado de Coronel Portillo”. (Hernandez Sanchez, 2004) “Evaluación de un sistema de microalgas y bacterias para la eliminación de nutrientes de las aguas residuales domésticas”, (Giovanni, 2015) “Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel de laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales”. (Perez García, 2009)” Eliminación de nutrientes para el tratamiento biológico de agua residual usando un sistema inmovilizado microalga-bacteria en crecimiento autotrófico, heterotrófico y mixotrófico”. De esta discusión comparamos que el uso de las microalgas actualmente es muy variado y se tiene que profundizar más en el estudio de sus cualidades en la reducción de la nitrificación.

En este estudio se han realizado tres tratamientos de densidades diferentes con la microalga *Espirulina Arthrospira Platensis*, tratamiento 1 de 0,05 g/L; tratamiento 2 de 0,09 g/L y tratamiento 3 con 0,10 g/L. Autores como (Alejandro Pérez, 2012) utilizó la microalga *Arthrospira Platensis* y *Chlorella Platensis* en tratamientos similares de 75% de cultivo, 50% de cultivo y 25% de cultivo o (Macedo Riva, 2018) utilizó dos tratamientos de la microalga *Desmodesmus asymmetricus* en aguas residuales uno con una relación 1:1 de agua residual y otro igual pero con falta de nutrientes en el cultivo de la microalga llegando a remociones del 94-95% en nitratos y 98-97% en fosfatos respectivamente.

Se propone comprobar que el sistema sirva por un lado para el cultivo de la microalga *Arthrospira Platensis* y por otro para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, esta hipótesis es también analizado en trabajos científicos como los de (Rawat 2010), (Ruiz Martínez , 2011) o los trabajos de (Cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* in outdoor open raceway pond using domestic wastewater as medium in arid desert region, 2016).

De las densidades de siembra para la reducción de Nitratos resultó ser la más eficiente la correspondiente al tratamiento 3, con una densidad de la microalga *Espirulina Arthrospira Platensis* de 0,10 g/L, se partió de unos valores iniciales de

75,5 mg/L, llegando al cabo de 7 días a valores de 65,484 mg/L, siendo un valor alejado del que se estima aceptable por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA CAT. 4 LAGUNAS Y LAGOS) de 13,00 mg/L aptas para la conservación del ambiente acuático. Sin embargo, otros autores utilizaron otras microalgas con densidades similares donde obtuvieron mejores resultados de remoción del nitrato, así sobre la microalga *Botryococcus sp*, (Barrantes Santillán, 2018) obtuvo valores importantes de remoción de 80% en nitratos.

La densidad óptima de siembra para la reducción de Fosfatos resultó ser más eficiente el tratamiento 1 con una densidad de la microalga *Espirulina Arthrospira Platensis* de 0,05 g/L, se partió de unos valores iniciales de 13,293 mg/L, llegando al cabo de 7 días a valores de 5,957 mg/L, resultando un valor alejado del que se estima aceptable por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA CAT. 4 LAGUNAS Y LAGOS) de 0,035 mg/L aptas para la conservación del ambiente acuático. Sin embargo, autores obtuvieron mejores resultados en densidades similares de otras microalgas de remoción del nitrato, así sobre la microalga *Botryococcus sp*, (Barrantes Santillán, 2018) obtuvo valores importantes de remoción de 70% en fosfatos.

La densidad 3 de *A. Platensis* fue eficiente en 13,27%, para nitratos, mientras que la densidad 1 (0,05g/L) fue eficiente en 55,19%.

Estos resultados de la remoción en fosfatos por el cultivo de la microalga *Arthrospira Platensis* 55,19%, están en la línea de otros estudios similares (Alejandro Pérez, 2012) que utilizó la microalga *Arthrospira Platensis* y *Chlorella Platensis* en tratamientos similares obteniendo resultados del 50%. Sin embargo, están por debajo de los resultados de otros estudios realizados, pero con cultivos de otras microalgas como (Barrantes Santillán, 2018), en la microalga *Botryococcus sp* que en su estudio obtuvo valores importantes de remoción de 70% en fosfatos, o (Macedo Riva, 2018) en tratamientos de la microalga *Desmodesmus asymmetricus* y también en aguas residuales llegó a remociones del 94-95% en

nitratos y 98-97% en fosfatos respectivamente. La investigación llevada a cabo por Giovanni (2015), con las microalgas *Chlorella sp* y *Chlamydomonas sp*, supusieron valores de remoción, entre 56% a 67% para los nitratos y del 78% a 81% para PO<sub>4</sub>. Y más aún Sánchez (2004), en su estudio denominado Evaluación de un sistema de microalgas y bacterias para la eliminación de nutrientes de las aguas residuales domésticas, obtiene valores de remoción de 94% para nitratos y 92 % para fosfatos.

## VI. CONCLUSIONES

El efecto de la contaminación de las aguas residuales en la Urb. Sol de Ica nos dio valores iniciales altos en Nitratos para los Tratamientos llamados M1 de 47,589, M2 de 53,78 y M3 de 75,5, para Fosfatos de M1 13,293, M2 13,543 y M3 14,808. Por lo que se justifica que vertidos de aguas residuales de este tipo deben ser tratadas para reducir los niveles de fosfatos y nitratos que están por encima de los permitidos en los estándares de calidad ambiental.

El efecto de la densidad óptima de siembra de la cepa *A. platensis* que redujo más la nitrificación en las aguas residuales de la Urb. Sol de Ica, fue de 0.10 g/L con una reducción de 10.016 mL para Nitratos. Y de 0.5 g/L con una reducción de 7.336 mL para Fosfatos.

La cantidad óptima de *A. Platensis* ha resultado ser la densidad correspondiente al tratamiento 3 para la remoción del nitrato con una densidad de 0,10 g/L y una eficiencia de remoción de 13,27%. Respecto a la remoción del fosfato el Tratamiento 1 con una densidad de *A. platensis* de 0,05g/L ha sido el más eficiente dando una eficiencia de 55,19%.

Se comparó la densidad óptima con cantidades de Nitratos con los ECA, la siembra óptima de espirulina se obtuvo en el tratamiento 3 con 75,5 mg/L inicial y final 65,484 mg/L, con relación a 13 mg/L ECA. Para el caso de Fosfatos con los ECA, para Fosfatos inicial tuvimos 13,293mg/L y final 5,957 mg/L, con relación a 0,035 mg/L ECA.

El crecimiento de la cepa en condiciones óptimas fue de 28 días para llegar a su nivel más alto de productividad

El nitrato inicial tuvo un valor de 75,5 mg/L y disminuyó a 65,484 mg/L.

El Fosfato inicial tuvo un valor de 13,293mg/L y disminuyó a 5,96mg/L.

El tiempo de remoción en condiciones óptimas fue de 7 días. La dosis óptima de cultivo fue de 0,10 g/L para Nitratos y de 0,05 g/L para Fosfatos.

El efecto de la microalga *Arthrospira Platensis*, en la remoción de Nitratos y Fosfatos es de 13,27% y 55,19% respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

Ampliar investigaciones similares con esta microalga y su propiedad demostrada de reducción de la nitrificación. Introducir como mejora en el procedimiento de la metodología un control de la nitrificación tomando resultados diarios. Evaluar el uso de la microalga en el proceso para el tratamiento de aguas residuales.

Evaluar el efecto del tratamiento sobre otros parámetros fisicoquímicos.

La densidad fue óptima para el estudio, pero no en general, se recomienda mayores densidades para llegar al punto óptimo y obtener la curva. Dar un mayor tiempo al proceso de desnitrificación, aplicar más parámetros de medición, como DBO, BQO, pH y Nitritos.

En las nuevas investigaciones a realizar se recomienda extrapolar el sistema aplicado a una mayor escala, con el uso de otras especies combinándolo con otras microalgas, bacterias o diferentes procesos e implementado sistemas de lagunajes a gran escala para verificar y analizar óptimas remociones de Nitratos y Fosfatos en aguas residuales domésticas.

Finalmente se recomienda la utilización de cepas nativas de la región para obtener una mayor capacidad de reproducción y remoción.

## BIBLIOGRAFÍA

**Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).** sunass.gob.pe. [En línea] [Citado el: 22 de 12 de 2020.] <http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web%28cambio%29/normas/calidad%20de%20agua/Oficio%20677.pdf>.

**Blancas Cabello, Carmen. 2001.** *CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR NITRATOS Y EFECTOS SOBRE LA SALUD.* Sevilla España : Consejería de Salud, 2001.

**Huayhua Huamani, Edwin. 2019.** *Eficiencia del uso de microalgas del río Torococha en la remoción de nitratos y fosfatos para el tratamiento terciario de aguas residuales en un fotobiorreactor a escala laboratorio, Juliaca.* Juliaca, Perú : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA, 2019.

**(ANA), Autoridad Nacional del Agua. 2013.** repositorio.ana.gob.pe. [En línea] 11 de 03 de 2013. [Citado el: 20 de 12 de 2020.] <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/938>.

**(ECA), Estándares de Calidad Ambiental para agua. 2018.** minam.gob.pe. [En línea] 31 de 07 de 2018. [Citado el: 17 de 12 de 2020.] [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf).

**(OMS), Organización Mundial de la Salud. 2019.** who.int/water. *El abastecimiento de agua, el saneamiento y el desarrollo de la higiene.* [En línea] 2019. [Citado el: 20 de 12 de 2020.] [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/es/#:~:text=Publicaciones-,El%20abastecimiento%20de%20agua%2C%20el%20saneamiento%20y%20el%20desarrollo%20de,de%20instalaci%C3%B3n%20mejorada%20de%20saneamiento..](https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/es/#:~:text=Publicaciones-,El%20abastecimiento%20de%20agua%2C%20el%20saneamiento%20y%20el%20desarrollo%20de,de%20instalaci%C3%B3n%20mejorada%20de%20saneamiento..)

**(RAE), Real Academia Española. 2021.** dle.rae.es. [En línea] 2021. [Citado el: 13 de 01 de 2021.] <https://dle.rae.es/cultivo>.

—. 2021. dle.rae.es. [En línea] 2021. [Citado el: 13 de 01 de 2021.] <https://dle.rae.es/eutrofizaci%C3%B3n>.



**004-2017-MINAM, Decreto Supremo N°. 2017.** *Estandares de Calidad Ambiental ECA.* Lima : El Peruano, 2017.

**Abalde, Julio. 1995.** *Microalgas: cultivo y aplicaciones.* Universidade da Coruña : s.n., 1995.

**agricolas, Instituto interamericano de ciencias. 1979.** *Conferencias Sobre Muestreo.* Bogotá : s.n., 1979.

**Alejandro Pérez, Katy Consuelo. 2012.** *RECUPERACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIALES MEDIANTE ARTHROSPIRA SP. Y CHLORELLA SP., A ESCALA DE LABORATORIO.* Arequipa Perú : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA MAESTRÍA EN QUÍMICA DEL MEDIO AMBIENTE, 2012.

**Álvarez Cáceres, Rafael. 2007.** *Estadística aplicada a las ciencias de la salud.* 2007.

**ANA. 2018.** 2018.

**Anaya Arce, Jhony Elmer. 2019.** *EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL PRESENTES EN LAS AGUAS DEL HUMEDAL DE SANTA ROSA MEDIANTE LA MICROALGA Pseudomonasputida.* HUACHO-PERÚ : UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE, 2019.

**Andersen. 2005.** 2005.

**Arbib, Zouhayr y Alvarez-Diaz, Pablo. 2014.** *influence of nitrogen and phosphorus ratio in wastewater on growth kinetics of Scenedesmus obliquus.* Cádiz España : International Journal of Phytoremediation, 2014.

**Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2020.** EL AGUA EN CIFRAS. [ana.gob.pe](http://ana.gob.pe). [En línea] 2020. [Citado el: 10 de diciembre de 2020.] <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>.

**Avigad, Vonshak. 1997.** 1997.

**Avila Peltroche, Jesús. 2015.** *Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el tratamiento terciario de aguas residuales municipales.* Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2015. Tesis Licenciado en Biología.

**Barrantes Santillán, Enrique. 2018.** *Efectos de la microalga Botryococcus sp en la remoción de nitratos y fosfatos en aguas residuales, en la empresa municipal de*

*agua y alcantarillado de Coronel Portillo*. Universidad Nacional de Ucayali. Ucayali : s.n., 2018. Tesis (Ingeniero Ambiental).

**Beuckels, Annelies, Smolders, Erik y Muylaert, Koenraad. 2015.** *Nitrogen availability influences phosphorus removal in microalgae-based wastewater treatment*. Kortrijk, Belgium : Elsevier, 2015.

**Bonnet. 2002.** 2002.

**Calzada Benza, José. 1966.** *Estadística general con énfasis en muestreo*. Perú : Jurídica, 1966.

**Candela Orduz, Rubén Dario. 2016.** *Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones*. Bucaramanga, Colombia : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2016. Tesis de Licenciatura.

**Carmen, BAPTISTA Yee. 2013.** [bancomundial.org](https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados#:~:text=Carmen%20Yee%2DBatista&text=Yee%2DBatista%2C%20del%20Banco%20Mundial,r%C3%ADos%20completamente%20contaminada%E2%80%9D%2C%20se%C3%B1ala..). [En línea] 31 de 12 de 2013. [Citado el: 20 de 12 de 2020.] <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados#:~:text=Carmen%20Yee%2DBatista&text=Yee%2DBatista%2C%20del%20Banco%20Mundial,r%C3%ADos%20completamente%20contaminada%E2%80%9D%2C%20se%C3%B1ala..>

**Carolina, VENEGAS Martínez. 2015.** *Eliminación biológica de nutrientes en aguas residuales con alto contenido de nitrógeno amoniacal utilizando un reactor biológico secuencial1*. Cantabria : s.n., 2015. Tesis doctoral.

**Carvajal, Ramón Cruces. 1986.** *Lo que México aportó al mundo*. 1986.

**CASADO SANCHEZ, EVA MARIA. 2012.** *Operaciones básicas de laboratorio*. Madrid España : Ediciones Parainfo SA, 2012.

**center, Water resource scientific. 1973.** *Phosphorus Removal: A Bibliography*. Washington DC Indiana University : US Department of the interior, 1973.

**CICESE. 1989.** *Manual de metodologías y alternativas para el cultivo de microalgas*. 1989.

**Claros Bedoya , Javier. 2012.** *Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residuales con alta carga de nitrógeno amoniacal*. Universidad Politécnica de Valencia. 2012.

- Collazos. 2010.** cidta.usal.es. *Características de las aguas residuales*. [En línea] 2010. [Citado el: 21 de 12 de 2020.] <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>.
- Corral. 2009.** 2009.  
*Cultivation of Chlorella pyrenoidosa in outdoor open raceway pond using domestic wastewater as medium in arid desert region*. **Siham Dahmani, Djamal Zerrouki, Luveshan Ramanna, Ismail Rawat, Faizal Bux. 2016.** s.l. : Elsevier, 2016, Vol. 219.
- Deutschland, Bundesrepublik. 2012.** *Composición y características de la Spirulina*. s.l. : Tübingen Universität , 2012.
- Dr.Baum. 2013.** Algae labs. 2013.
- Eco, Reino. 2015.** *Manual cultivo de Espirulina*. [ed.] México. 2015.
- Eddy, Metcalf y. 2012.** *riunet.upv.es*. 2012.
- FAO. 2017.** fao.org. [En línea] 2017. [Citado el: 22 de 12 de 2020.] <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd1/1/gloria.htm>.
- . **2008.** fao.org. *Funcionamiento del criadero: cultivo de algas*. [En línea] 2008. [Citado el: 23 de 12 de 2020.] <http://www.fao.org/3/y5720s/y5720s07.htm>.
- Farrel. 2000.** *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente*. 2000.
- Flores, Contreras. 2003.** ve.scielo.org. [En línea] 08 de 2003. [Citado el: 22 de 12 de 2020.] [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000800004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000800004).
- Georgakakis, Markou G & D. 2011.** *Cultivation of filamentous cyanobacteria (blue-green algae) in agro-industrial wastes and wastewaters*. 2011. págs. 3389-3401.
- Gershwin, M.E. 2007.** *Spirulina in Human Nutrition and Health*. [En línea] 2007. [Citado el: 23 de 12 de 2020.] [https://www.researchgate.net/publication/292018122\\_Spirulina\\_in\\_Human\\_Nutrition\\_and\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/292018122_Spirulina_in_Human_Nutrition_and_Health).
- Giovanni, José. 2015.** *Evaluación de la remoción de nitratos y fosfatos a nivel de laboratorio por microalgas libres e inmovilizadas para el Tratamiento Terciario de Aguas Residuales Municipales*. Lima Perú : Universidad Ricardo Palma, 2015.
- González, Gabriel Ruiz Garzón. 2006.** *Estadística administrativa*. 2006.

- Gualtieri, Barsanti y. 2006.** repository.eafit.edu.co. *Evaluación de cepas de microalgas para captura de CO2*. [En línea] 2006. [Citado el: 23 de 12 de 2020.] [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7377/Alejandra\\_GiraldoRave\\_2013.pdf?sequence=4](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7377/Alejandra_GiraldoRave_2013.pdf?sequence=4).
- Hammouda O, A Gaber & N Abdel-Raouf. 1995.** *Microalgae and wastewater treatment*. 1995. págs. 205-210.
- Hernandez Sanchez, Juan Pablo. 2004.** *Evaluación de un sistema de microalgas y bacterias para la eliminación de nutrientes de las aguas residuales domésticas*. Centro Politécnico Nacional. La paz Mexico : Tesis final de Master Instituto Politecnico Nacional, 2004. Tesis doctoral.
- Hernandez, J.P, De-Bashan, L y Bashan, Yoav. 2005.** *Starvation enhances phosphorus removal from wastewater by the microalga Chlorella spp. co-immobilized with Azospirillum brasilense*. Mexico : Center for Biological Research of the Northwest Tesis fin de grado, 2005.
- Hídricos, Lucha Contra la Contaminación Agrícola de Los Recursos. 1997.** *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 1997.
- Informática, Instituto Nacional de Estadística e. 2020.** inei.gob.pe. [En línea] 11 de 07 de 2020. [Citado el: 2020 de 12 de 27.]
- Jacob-Lopez. 2018.** upcommons.upc.edu. [En línea] 2018. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127158/Mayn%C3%A9s\\_Carme\\_CultivoCianobacterias.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/127158/Mayn%C3%A9s_Carme_CultivoCianobacterias.pdf?sequence=1).
- Jose, Valderrama O. 1997.** *Informacion Tecnologica*. s.l. : Centro de Información tecnológica, 1997.
- languages, Oxford. 2021.** [En línea] 2021.
- Li Y, Y-F Chen, P Chen, M Min, W Zhou, B Martinez, J Zhu & R Ruan. 2011.** *Characterization of a microalga Chlorella sp. well adapted to highly concentrated municipal wastewater for nutrient removal and biodiesel production*. 2011. págs. 5138-5144.
- Lopez Hernandez, Isaias y Vasquez Arroyo, Jesus. 2016.** Remoción biológica de nutrientes en aguas residuales urbanas utilizando microalgas. *Biological nutrient removal in wastewater urban using microalgae*. Coahuila México, Mexico : Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Titulo final de grado, 2016.

**Lopez Ponte, Wilder. 2019.** *Evaluación de dos especies de microalgas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes de aguas residuales de la PTAR Taboada del Callao Perú.* Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima : s.n., 2019. Tesis Titulo Profesional.

**Luna, Sanchez. 2007.** *Concentraciones de nitratos.* 2007.

**M, Gonzales. 2000.** *repositorio.espe.edu.es.* Guayaquil : s.n., 2000. Tesis de Grado.

**Macedo Riva, Andrea. 2018.** Evaluación de la capacidad de remoción de nitratos y fosfatos de la microalga, *Desmodesmus asymmetricus*, en aguas residuales de PETAR TABOADA Callao. *Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Biología.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.

**Map, Foundation Openstreet. 2012.** Mapa de Ica. [En línea] 2012.

**Maria, Florencia Codina y Belen Garcia, Crolina. 2012.** Planta piloto de microalgas para mejoramiento del tratamiento efluentes. Mendoza, Argentina : Universidad Nacional de Cuyo Titulo de Grado final, 2012.

**Monzon Mendoza, Jose Antonio. 2016.** *EFFECTO DEL CULTIVO DE LA MICROALGAS cenedesmus acutus EN LA REMOCIÓN DE NUTRIENTES Y CARGA BACTERIANA A DIFERENTES DILUCIONES DE AGUAS RESIDUALES.* Nuevo Chimbote Perú : MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, 2016.

**Morales, Ana Sofía Camacho. 2016.** *Producción de Spirulina: Aislamiento, optimización de cultivo y secado.* Jalisco Mexico : Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 2016.

**Moreno Marin, Alberto. 2008.** *Fotobiorreactor cerrado como método de depuración de aguas residuales urbanas.* Sevilla España : Doctor en Ciencias Químicas Universidad de Sevilla, 2008.

**Ñaupari Dionicio, Jessenia Lizbeth y Rojas Rivera, Iván Cesar. 2017.** *REMOCIÓN DE NITRÓGENO TOTAL EMPLEANDO LA MICROALGA Chlamydomona Reinhardtii EN EL EFLUENTE DE UN CAMAL AVÍCOLA.* Huancayo Perú : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU INGENIERO QUÍMICO AMBIENTAL, 2017.

- O'Toole, Gavin. 2020.** *Políticas del medio ambiente en América Latina y el Caribe.* Lima : UNAM, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, 2020.
- Parker, Albert. 1983.** *Contaminación del agua por la industria.* 1983.
- Perez García, Raul Octavio. 2009.** *Eliminación de nutrientes para el tratamiento biológico de agua residual usando un sistema inmovilizado microalga-bacteria en crecimiento autotrófico, heterotrófico y mixotrófico.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz México : Centro de Investigaciones del Noroeste Tesis final de Maestría, 2009. Tesis Maestro en Ciencias.
- Ramón, Vladimir R. Gil. 2020.** *Fighting for Andean Resources.* 2020.
- Richmond. 2004.** springer.com. *Principles for attaining maximal microalgal productivity in photobioreactors: an overview.* [En línea] 2004. [Citado el: 23 de 12 de 2020.] <https://link.springer.com/article/10.1023/B:HYDR.0000020365.06145.36>.
- Ruiz Marin, A, Mendoza Espinosa, L y Stephenson, T. 2010.** *Growth and nutrient removal in free and immobilized green algae in batch and semi-continuous cultures treating real wastewater.* s.l. : Bioresource Technology, 2010. pág. 101.
- Ruiz Martínez , Ana. 2011.** Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana. *Máster Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.* Valencia : Universidad Politecnica de Valencia, 2011.
- Ruiz-Marín A, LG Mendoza-Espinosa & M del P Sánchez Saavedra. 2011.** *Photosynthetic characteristics and growth of alginate-immobilized Scenedesmus obliquus.* 2011. págs. 303-313.
- Sato, Matsudo. 2012.** 2012.
- Sawyer, Clair N. 1974.** *Nitrification and Denitrification Facilities.* United States : Technology Transfer, 1974.
- Schlösser. 1994.** *Pflanzenphysiologisches Institut Sammlung von Algenkulturen,* . 1994.
- Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo . 2018.** *Manual de Depuración del Agua.* Sevilla : Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla (CENTA), 2018.
- Sur, Biotecnología del. 2020.** foto microscopio. Ica : s.n., 2020.

**Symons, James M. 2000.** *The Drinking Water Dictionary*. s.l. : Theodore C. Cleveland, 2000.

**Vonshak, Avigad. 1997.** *Spirulina Platensis Arthrospira: Physiology, Cell-Biology and Biotechnology*. s.l. : Tylor & Francis, 1997.

**Wastewater, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 2018.** 4500-NO<sub>3</sub>- NITROGEN (NITRATE). 2018.

—. 2018. 4500-P PHOSPHORUS. 2018.

**Wikipedia. 2020.** [En línea] 2020.

**Wong, Tam NFY & YS. 1996.** . *Effect of ammonia concentrations on growth of Chlorella vulgaris and nitrogen removal from media*. s.l. : Bioresource Technology, 1996. págs. 87-91.

**Ymmij, Hurtado Valerio. 2014.** slideshare. [En línea] 2014.  
[https://es.slideshare.net/jihuva/qu-es-un-lmite-mximo-permisible#:~:text=El%20L%C3%ADmite%20M%C3%A1ximo%20Permisible%20\(LMP,bienestar%20humano%20y%20al%20ambiente..](https://es.slideshare.net/jihuva/qu-es-un-lmite-mximo-permisible#:~:text=El%20L%C3%ADmite%20M%C3%A1ximo%20Permisible%20(LMP,bienestar%20humano%20y%20al%20ambiente..)

**Zarrouk. 2010.** Pandey. 2010.

## ANEXO



**ANEXO 1.** Matriz de Consistencia “Reducción de Nitratos y Fosfatos en aguas residuales de uso doméstico, utilizando cultivos de *Espirulina Arthrospira Platensis* en Urb. Sol de Ica, Ica - Perú, 2021”


| Problema   | Objetivo  | Hipótesis General   | Variables  | Metodología  |
|--|---|---|--|--|
| <p>General</p> <p>¿Cuál es la Eficiencia del cultivo de <i>Espirulina</i> para la Reducción de la Nitrificación de aguas residuales de uso doméstico?</p>  | <p>General</p> <p>Determinar la Eficiencia del cultivo de <i>Espirulina</i>, reduciendo la nitrificación en aguas residuales domésticas.</p>  | <p>General</p> <p>La eficiencia de la <i>espirulina</i> para reducir la nitrificación en aguas residuales domésticas es de 60%</p>  | <p>Independiente</p> <p>Eficiencia del cultivo de <i>Espirulina</i></p>                      | <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada Enfoque Cuantitativo</p> <p>DISEÑO: Experimental</p>  |
| <p>Específico</p> <p>¿Qué cantidad de Nitratos y Fosfatos se encuentran en el agua residual de uso doméstico?</p> <p>¿Qué cantidad de siembra de <i>espirulina</i> reduce más la nitrificación de aguas residuales?</p> <p>¿Cuál es la densidad óptima de siembra de <i>Espirulina</i> para obtener Nitratos y Fosfatos de acuerdo con el ECA?</p> | <p>Específico</p> <p>Evaluar los Nitratos y Fosfatos del Agua residual de la Urb. Sol de Ica.</p> <p>Identificar la densidad de siembra de la <i>Espirulina</i>, que reduce más la nitrificación de aguas residuales.</p> <p>Comparar la cantidad de Nitratos y Fosfatos con densidad óptima de siembra de <i>Espirulina</i> ECA.</p> | <p>Específica</p> <p>En el agua residual de uso doméstico se encontraron valores de nitratos superiores de 50mg/L y de fosfatos superiores a 15mg/L.</p> <p>A mayor densidad de siembra, mayor reducción de nitratos y fosfatos</p> <p>La densidad óptima para nitratos es de 0,10gr/L y de fosfatos 0.5gr/L de <i>espirulina</i> para obtener nitratos y fosfatos de acuerdo con el ECA.</p> | <p>Dependiente</p> <p>Reducción de la Nitrificación de aguas residuales de uso doméstico</p> | <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: Población: aguas residuales domésticas de la Urb. Sol de Ica. Muestra: 14L de agua residual domésticas para el análisis inicial y 120L para lagunaje de <i>Espirulina</i>.</p> <p>TÉCNICA: Observación, experimentación y análisis.</p> <p>INSTRUMENTOS: Fichas de datos</p> |

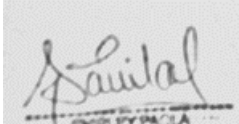
**ANEXO 2.** Matriz de Operacionalización “Reducción de Nitratos y Fosfatos en aguas residuales de uso doméstico, utilizando cultivos de *Espirulina Arthrospira Platensis* en Urb. Sol de Ica, Ica - Perú, 2021”

| VARIABLES  | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES  | UNIDAD DE MEDIDAS |
|--|---|--|---------------|--|-------------------|
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b><br><br><b>Eficiencia del cultivo de Espirulina</b>                                 | Espirulina: “La espirulina es una cianobacteria que, de acuerdo con la botánica, por sus características su estudio sigue muy de cerca al de las microalgas, aunque difieren en aspectos esenciales”. (Carvajal, 1986)<br><br>Eficiencia: “Capacidad de algo o alguien para realizar una buena función”. (Farrel, 2000) | Para medir la eficiencia que tendrá la espirulina en la reducción de nitratos y fosfatos, se comparará tres densidades de siembra en un solo tiempo, que se desarrollaran en un mes, midiéndose el Nitrato, Fosfato inicial y final. | Espirulina    | -Densidad de Espirulina<br>-Tiempo de cultivo  | gr/L              |
|  |   |  | Eficiencia    | -Valor promedio inicial NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup><br>-Valor promedio final NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | gr/L              |
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b><br><br><b>Reducción de la Nitrificación de aguas residuales de uso doméstico</b> | Nitrificación: “Es la oxidación y transformación por medio de bacterias nitrificantes, en donde el amonio se convierte en nitratos”. (Sawyer, 1974)<br>Reducción: “Acción de reducir o de absorber un contaminante”. (Parker, 1983)   | La reducción de Nitratos y Fosfatos fue evaluada mediante la desnitrificación de nutrientes.   | Nitrificación | -Nitrificación Inicial<br>-Nitrificación Final   | mg/L              |
|  |   |  | Reducción     | -Reducción Inicial<br>-Reducción Final   | mg/L              |

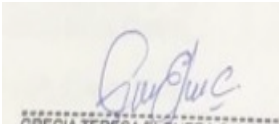
**ANEXO 3.** Instrumentos para el recojo de información

**Ficha N°1.** Cuaderno de Campo


|                           |   |  |  |         |  |   |  |
|---------------------------|---|--|--|---------|--|---|--|
| TESIS                     | REDUCCIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO CULTIVOS DE ESPIRULINA EN SOL DE ICA PERU 2021 |  |  |         |  |  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO |  |
| INVESTIGADOR              | JAIR CASTRO ROSAS   |  |  |         |  |   |  |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   |  |  |         |  |   |  |
| NOMBRE ELEMENTO           | AGUA RESIDUAL   |  |  |         |  |   |  |
| TITULO                    | CUADERNO DE CAMPO   |  |  |         |  |   |  |
| FECHA                     |   |  |  |         |  |   |  |
| COORDENADAS (WGS 84)      | N   |  |  | ZONA    |  |   |  |
|                           | E   |  |  | ALTITUD |  |   |  |
| TRANSPARENCIA (1)         |   |  |  |         |  |   |  |
| CONCENTRACION             |   |  |  |         |  |   |  |
| OBSERVACIONES             |   |  |  |         |  |   |  |



DAYLA CRUZADA  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 170108




GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188918



ISRAEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSECA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 189002

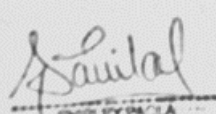
**ANEXO 3.**

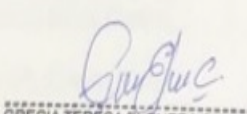
|                           |   |   |    |    |    |    |    |   |
|---------------------------|---|---|----|----|----|----|----|---|
| TESIS                     | REDUCCIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO CULTIVOS DE ESPIRULINA EN SOL DE ICA PERU 2021 |   |    |    |    |    |    |  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO |
| INVESTIGADOR              | JAIR CASTRO ROSAS   |   |    |    |    |    |    |   |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   |   |    |    |    |    |    |   |
| NOMBRE ELEMENTO           | CULTIVO ARTHROSPIRA PLATENSIS   |   |    |    |    |    |    |   |
| TITULO                    | FACTORES Y PARÁMETROS EXTERNOS E INTERNOS   |   |    |    |    |    |    |   |
| PARÁMETROS INTRÍNSECOS    |   |   |    |    |    |    |    |   |
| DIA                       | 0   | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 28 |   |
| MUESTRA                   |   |   |    |    |    |    |    |   |
| FECHA                     |   |   |    |    |    |    |    |   |
| TEMPERATURA DEL AGUA      |   |   |    |    |    |    |    |   |
| pH                        |   |   |    |    |    |    |    |   |
| TRANSPARENCIA (1)         |   |   |    |    |    |    |    |   |
| COLOR                     |   |   |    |    |    |    |    |   |
| VOLUMEN DE AGUA           |   |   |    |    |    |    |    |   |
| AGENTES EXTERNOS          |   |   |    |    |    |    |    |   |
| TEMPERATURA               |   |   |    |    |    |    |    |   |
| HUMEDAD                   |   |   |    |    |    |    |    |   |
| HORAS SOL                 |   |   |    |    |    |    |    |   |
| PRESIÓN ATM               |   |   |    |    |    |    |    |   |
| INDICE UV                 |   |   |    |    |    |    |    |   |
| NUBOSIDAD (2)             |   |   |    |    |    |    |    |   |

**FICHA Nº2.** Factores de los parámetros externos e internos

1. Transparencia disco Secchi, el paso de la luz en el cultivo: se transforma a concentración gr/L mediante una tabla. Nos dará la densidad.
2. Se mide en función de escala acotada en despejado, poco nublado, medio nublado, muy nublado.


El crecimiento de la muestra oscila en unos 30 días, se toman mediciones cada 5 días.

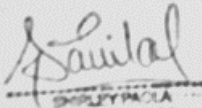

 DANIELA QUIRZACA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP Nº 179108


 GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP Nº 188918

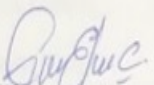

 ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP Nº 189002

**ANEXO 3.**
**FICHA N°3.** Monitoreo de la densidad de la Espirulina

|                           |   |   |    |    |    |    |    |   |
|---------------------------|---|---|----|----|----|----|----|---|
| TESIS                     | REDUCCIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO CULTIVOS DE ESPIRULINA EN SOL DE ICA PERU 2021 |   |    |    |    |    |    |  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO |
| INVESTIGADOR              | JAIR CASTRO ROSAS   |   |    |    |    |    |    |   |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   |   |    |    |    |    |    |   |
| NOMBRE ELEMENTO           | CULTIVO ARTHROSPIRA PLATENSIS   |   |    |    |    |    |    |   |
| TITULO                    | MONITOREO DE LA DENSIDAD DE LA ESPIRULINA   |   |    |    |    |    |    |   |
| PARÁMETROS INTRÍNSECOS    |   |   |    |    |    |    |    |   |
| DIA                       | 0   | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 28 |   |
| MUESTRA                   |   |   |    |    |    |    |    |   |
| FECHA                     |   |   |    |    |    |    |    |   |
| TRANSPARENCIA (1)         |   |   |    |    |    |    |    |   |
| CONCENTRACION             |   |   |    |    |    |    |    |   |



DANYELA GUIZACA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 179108




GRECIA TERESA EL GUERA, CAYCHO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188918

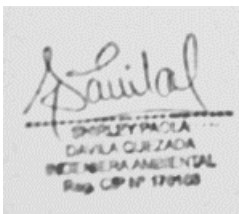


ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188002

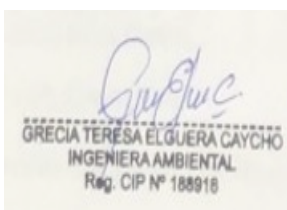
**ANEXO 3.**

**FICHA N°4.** Análisis de la concentración de nutrientes

|                           |   |       |   |
|---------------------------|---|-------|---|
| TESIS                     | REDUCCIÓN DE NITRATOS Y FOSFATOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO CULTIVOS DE ESPIRULINA EN SOL DE ICA PERU 2021 |       |  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO |
| INVESTIGADOR              | JAIR CASTRO ROSAS   |       |   |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |   |       |   |
| NOMBRE ELEMENTO           | MEZCLAS LAGUNAJE  |       |   |
| TITULO                    | ANALISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES  |       |   |
| PARÁMETROS INTRÍNSECOS    |   |       |   |
|                           | INICIAL   | FINAL |   |
| MUESTRA LAGUNAJE 1        |   |       |   |
| MUESTRA LAGUNAJE 2        |   |       |   |
| MUESTRA LAGUNAJE 3        |   |       |   |
| FECHA                     |   |       |   |
| NITRATOS                  |   |       |   |
| FOSFATOS                  |   |       |   |



DANYELA CRUZADA  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 170108



GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188918



ISRAEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSECA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 199002

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I.DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres:

1.2 Cargo e institución donde labora:

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Cuaderno de campo

1.4 Autor(a) de Instrumento:

### II.ASPECTOS DE VALIDACIÓN

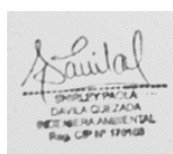
| CRITERIOS         | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |     |
|-------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
|                   |  | 40         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

### III.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:



DANIELA GUZMÁN  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 179158



GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188918



BRAZIEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSECA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188002

Lima, 13 de Marzo Del 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I.DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres:

1.2 Cargo e institución donde labora:

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Factores y Parámetros externos e Internos

1.4 Autor(a) de Instrumento:

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 4.ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 5.SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 6.INTENCIONALIDAD | Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 7.CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 8.COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 9.METODOLOGÍA     | La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                      |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 10.PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |

### III.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

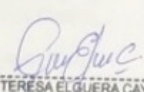
- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:



DANIela GUZMÁN  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 179108



GRECIA TERESA ELGUERA GAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188916



ISRAEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSICA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 180002

Lima, 13 de Marzo Del 2021



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### I.DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres:

1.2 Cargo e institución donde labora:

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Monitoreo de la densidad de la Espirulina

1.4 Autor(a) de Instrumento:

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 4.ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 5.SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 6.INTENCIONALIDAD | Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 7.CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 8.COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 9.METODOLOGÍA     | La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                      |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 10.PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |

### III.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:



DAVID QUIJACA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 170908



GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188918



ISRAEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSECA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 180002

Lima, 13 de Marzo Del 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4

### I.DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres:

1.2 Cargo e institución donde labora:

1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Análisis de la concentración de nutrientes

1.4 Autor(a) de Instrumento:

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 4.ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 5.SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 6.INTENCIONALIDAD | Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 7.CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 8.COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 9.METODOLOGÍA     | La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                      |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |
| 10.PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    |     |

### III.OPINIÓN DE APLICABILIDAD

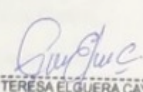
- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |

### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:



DANIELA QUIROZ  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 170408



GRECIA TERESA ELGUERA GAYCHO  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 188916



ISRAEL EDUARDO  
OLAZABAL LAYSECA  
INGENIERO AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 189002

Lima, 13 de Marzo Del 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dávila Quezada, Shirley Paola  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Amses Consultores E.I.R.L.  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Cuaderno de Campo  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

  
 SHIRLEY PAOLA  
 DÁVILA QUEZADA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CP 11 176181

Lima, 03 de febrero del 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dávila Quezada, Shirley Paola  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Amses Consultores E.I.R.L.  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Factores y Parámetros Externos e Internos  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

  
 SHIRLEY PAOLA  
 DÁVILA QUEZADA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 178128

Lima, 03 de febrero del 2021

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dávila Quezada, Shirley Paola  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Amses Consultores E.I.R.L.  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Monitoreo de la densidad de la Espirulina  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


  
 SHIRLEY PAOLA  
 DÁVILA QUEZADA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP 17 175101

Lima, 03 de febrero del 2021

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4**
**I.DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dávila Quezada, Shirley Paola  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Amtes Consultores E.I.R.L.  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Análisis de la concentración de nutrientes.  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

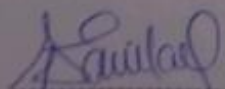
**II.ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

| CRITERIOS         | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|-------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                   |  | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1.CLARIDAD        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:**



SHIRLEY PAOLA  
 DÁVILA QUEZADA  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CP 117 170105

Lima, 03 de febrero del 2021



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Elguera Caycho Grecia Teresa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: ASA CONSULTING SAC
- 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: CUADERNO DE CAMPO
- 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

  
 -----  
 GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188818

Lima, 07 de febrero Del 2021



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Elguera Caycho Grecia Teresa
- 1.2 Cargo e institución donde labora: ASA CONSULTING SAC
- 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: FACTORES Y PARAMETROS EXTERNOS E INTERNOS.
- 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

  
 GRACIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP Nº 188918

Lima, 07 de febrero Del 2021



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Elguera Caycho Grecia Teresa  
 1.2 Cargo e institución donde labora: ASA CONSULTING SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: MONITOREO DE LA DENSIDAD DE LA ESPIRULINA.  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


  
 GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHÓ  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188918

Lima, 07 de febrero Del 2021

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Elguera Caycho Grecia Teresa  
 1.2 Cargo e institución donde labora: ASA CONSULTING SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE NUTRIENTES.  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Jair Castro Rosas

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


  
 GRECIA TERESA ELGUERA CAYCHO  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 188018

Lima, 07 de febrero Del 2021

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**
**I.DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Olazabal Layseca, Israel Eduardo  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Gerente de Operaciones PROMASE SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Cuaderno de Campo  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Castro Rosas, Jair

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


  
 -----  
 ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 189002

Lima, 09 de febrero de 2021

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I.DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Olazabal Layseca, Israel Eduardo  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Gerente de Operaciones PROMASE SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Factores y Parámetros Externos e Internos  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Castro Rosas, Jair

### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:

94

  
 -----  
 ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 189002

Lima, 09 de febrero de 2021

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

#### I.DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Olazabal Layseca, Israel Eduardo  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Gerente de Operaciones PROMASE SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Monitoreo de la densidad de la Espirulina  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Castro Rosas, Jair

#### 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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

#### IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:

  
 -----  
 ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 189002

Lima, 09 de febrero de 2021

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4**
**I.DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: Olazabal Layseca, Israel Eduardo  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Gerente de Operaciones PROMASE SAC  
 1.3 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: Análisis de la concentración de nutrientes  
 1.4 Autor(a) de Instrumento: Castro Rosas, Jair

**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        | Está formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2.OBJETIVIDAD     | Está adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3.ACTUALIDAD      | Está 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 | Está 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

**IV.PROMEDIO DE VALORACIÓN:**


  
 -----  
 ISRAEL EDUARDO  
 OLAZABAL LAYSECA  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 189002

Lima, 09 de febrero de 2021

ANEXO 4

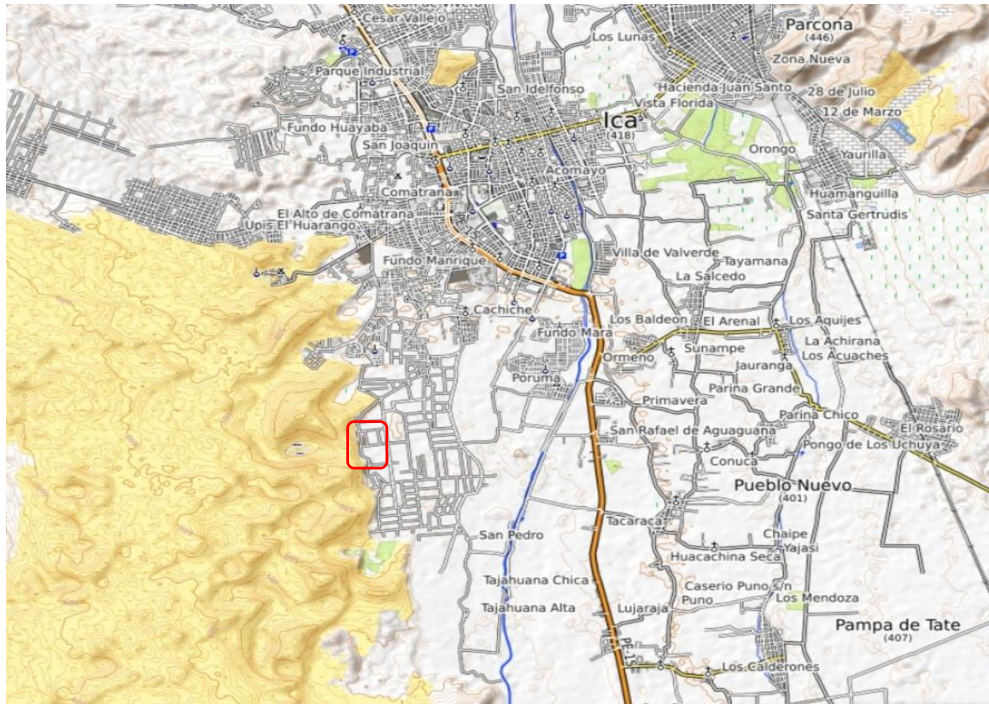


Figura 9 Mapa Ubicación Sol de Ica (Fuente: *(Map, 2012)*)

**ANEXO 5**

Tabla 17 C4 Conservación del ambiente acuático

| PARÁMETROS                                   | UNIDADES    | LAGUNAS Y LAGOS              | RÍOS                         |                              |           | ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS |  |
|--|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------|--|
|  |             |                              | COSTA Y SIERRA               | SELVA                        | ESTUARIOS | MARINOS                     |  |
| <b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>                    |             |                              |                              |                              |           |                             |  |
| Aceites y grasas                             | mg/L        | Ausencia de película visible | Ausencia de película visible | Ausencia de película visible | 1         | 1                           |  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)         | mg/L        | <5                           | <10                          | <10                          | 15        | 10                          |  |
| Nitrógeno Amoniacal                          | mg/L        | <0,02                        | 0,02                         | 0,05                         | 0,05      | 0,08                        |  |
| Temperatura                                  | Celsius     |                              |                              |                              |           | delta 3 °C                  |  |
| Oxígeno Disuelto                             | mg/L        | ≥5                           | ≥5                           | ≥5                           | ≥4        | ≥4                          |  |
| pH   | unidad      | 6,5-8,5                      | 6,5-8,5                      |                              | 6,8-8,5   | 6,8 - 8,5                   |  |
| Sólidos Disueltos Totales                    | mg/L        | 500                          | 500                          | 500                          | 500       |                             |  |
| Sólidos Suspendidos Totales                  | mg/L        | ≤25                          | ≤25 - 100                    | ≤25 - 400                    | ≤25-100   | 30,00                       |  |
| <b>INORGÁNICOS</b>                           |             |                              |                              |                              |           |                             |  |
| Arsénico                                     | mg/L        | 0,01                         | 0,05                         | 0,05                         | 0,05      | 0,05                        |  |
| Bario  | mg/L        | 0,7                          | 0,7                          | 1                            | 1         | ----                        |  |
| Cadmio                                       | mg/L        | 0,004                        | 0,004                        | 0,004                        | 0,005     | 0,005                       |  |
| Cianuro Libre                                | mg/L        | 0,022                        | 0,022                        | 0,022                        | 0,022     | ----                        |  |
| Clorofila A                                  | mg/L        | 10                           | ----                         | ----                         | ----      | ----                        |  |
| Cobre  | mg/L        | 0,02                         | 0,02                         | 0,02                         | 0,05      | 0,05                        |  |
| Cromo VI                                     | mg/L        | 0,05                         | 0,05                         | 0,05                         | 0,05      | 0,05                        |  |
| Fenoles                                      | mg/L        | 0,001                        | 0,001                        | 0,001                        | 0,001     |                             |  |
| Fosfatos Total                               | mg/L        | 0,4                          | 0,5                          | 0,5                          | 0,5       | 0,031 - 0,093               |  |
| Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales | Ausente     |                              |                              |                              | Ausente   | Ausente                     |  |
| Mercurio                                     | mg/L        | 0,0001                       | 0,0001                       | 0,0001                       | 0,001     | 0,0001                      |  |
| Nitratos (N-NO3)                             | mg/L        | 5                            | 10                           | 10                           | 10        | 0,07 - 0,28                 |  |
| <b>INORGÁNICOS</b>                           |             |                              |                              |                              |           |                             |  |
| Nitrógeno Total                              | mg/L        | 1,6                          | 1,6                          |                              | ----      | ----                        |  |
| Niquel                                       | mg/L        | 0,025                        | 0,025                        | 0,025                        | 0,002     | 0,0082                      |  |
| Plomo  | mg/L        | 0,001                        | 0,001                        | 0,001                        | 0,0081    | 0,0081                      |  |
| Silicatos                                    | mg/L        | ----                         | ----                         | ----                         | ----      | 0,14-0,7                    |  |
| Sulfuro de Hidrógeno ( H2S indisoluble)      | mg/L        | 0,002                        | 0,002                        | 0,002                        | 0,002     | 0,06                        |  |
| Zinc   | mg/L        | 0,03                         | 0,03                         | 0,3                          | 0,03      | 0,081                       |  |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>                       |             |                              |                              |                              |           |                             |  |
| Coliformes Termotolerantes                   | (NMP/100mL) | 1 000                        | 2 000                        |                              | 1 000     | ≤30                         |  |
| Coliformes Totales                           | (NMP/100mL) | 2 000                        | 3 000                        |                              | 2 000     |                             |  |

(Fuente: ((ECA), 2018)



**ANEXO 6 Análisis de laboratorio**



**INFORME DE ENSAYO N° MA1702210002**


|                                    |  |                                   |                    |
|------------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------|
| <b>Cliente:</b>                    | BIOTECNOLOGIAS DEL SUR S.A.C.  |                                   |                    |
| <b>Dirección del Solicitante:</b>  | MIA. B.LOTE. 7 URB.SOL DE ICA XV ETAPA (PASANDO DESVIO CACHICHE-X FUNDO VIÑA BAJA) - ICA - ICA - ICA |                                   |                    |
| <b>Instrucciones de Ensayo:</b>    | Análisis Instrumental  |                                   |                    |
| <b>Lugar de Muestreo:</b>          | ICA  |                                   |                    |
| <b>Cantidad de Muestras:</b>       | 07 envases de plástica   | <b>Plan de Muestreo N°:</b>       | ---                |
| <b>Colectación de Análisis N°:</b> | 2101 - 007_Vr00  | <b>Fecha y Hora de Recepción:</b> | 17/02/2021 - 17:00 |
| <b>Fecha de Inicio del ensayo:</b> | 18/02/2021   | <b>Fecha de fin del ensayo:</b>   | 18/02/2021         |
| <b>Cadena de Custodia N°:</b>      | 0048-21  | <b>Muestreado por:</b>            | El Cliente         |

**RESULTADOS**

|   |   |           |  |
|---|---|-----------|--|
| <b>Código de laboratorio:</b>                 | <b>W-0109-21</b>                                |           |  |
| <b>Identificación de Muestra:</b>             | AR  |           |  |
| <b>Método de Muestreo basado en:</b>          | ---   |           |  |
| <b>Fecha / Hora de Muestreo:</b>              | 17/02/2021 10:00                                |           |  |
| <b>Coordenadas (Zona / Este / Norte):</b>     | ---   |           |  |
| <b>Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):</b> | Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida |           |  |
| <b>PRODUCTO:</b>                              | AGUA  |           |  |
| <b>Parámetros instrumentales</b>              |   |           |  |
| <b>MÉTODO</b>                                 | <b>LD</b>                                       | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b>           |
| NITRATO                                       | ---   | ---       | 10.419      mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L |
| FOSFATO                                       | ---   | ---       | 10.604      mg P/L                             |

|   |   |           |  |
|---|---|-----------|--|
| <b>Código de laboratorio:</b>                 | <b>W-0110-21</b>                                |           |  |
| <b>Identificación de Muestra:</b>             | M <sub>1</sub> I                                |           |  |
| <b>Método de Muestreo basado en:</b>          | ---   |           |  |
| <b>Fecha / Hora de Muestreo:</b>              | 17/02/2021 10:00                                |           |  |
| <b>Coordenadas (Zona / Este / Norte):</b>     | ---   |           |  |
| <b>Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):</b> | Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida |           |  |
| <b>PRODUCTO:</b>                              | AGUA  |           |  |
| <b>Parámetros instrumentales</b>              |   |           |  |
| <b>MÉTODO</b>                                 | <b>LD</b>                                       | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b>           |
| NITRATO                                       | ---   | ---       | 47.589      mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L |
| FOSFATO                                       | ---   | ---       | 13.293      mg P/L                             |



LabPERU E.I.R.L.  
Lab. de Medio Ambiente  
LABPERU E.I.R.L.

IP-70-130 / VR05
Página 1 de 4

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur S/N Mz A2, Vista Alegre  
 Telefono: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506008, RPM: 955506006 Claro RPC 956725178


**INFORME DE ENSAYO N° MA1702210002**

**Código de laboratorio:** W-0111-21

**Identificación de Muestra:** M<sub>3</sub>I

**Método de Muestreo basado en:** —

**Fecha / Hora de Muestreo:** 17/02/2021 10:00

**Coordenadas (Zona / Este / Norte):** —

**Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):** Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida

**PRODUCTO:** AGUA

**Parámetros instrumentales**

| MÉTODO  | LD | LC | Resultado (R) | Unidades                             |
|---------|----|----|---------------|--------------------------------------|
| NITRATO | —  | —  | 53.783        | mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L |
| FOSFATO | —  | —  | 13.543        | mg P/L                               |

**Código de laboratorio:** W-0112-21

**Identificación de Muestra:** M<sub>3</sub>I

**Método de Muestreo basado en:** —

**Fecha / Hora de Muestreo:** 17/02/2021 10:00

**Coordenadas (Zona / Este / Norte):** —

**Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):** Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida

**PRODUCTO:** AGUA

**Parámetros instrumentales**

| MÉTODO  | LD | LC | Resultado (R) | Unidades                             |
|---------|----|----|---------------|--------------------------------------|
| NITRATO | —  | —  | 75.500        | mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L |
| FOSFATO | —  | —  | 14.808        | mg P/L                               |

**Código de laboratorio:** W-0113-21

**Identificación de Muestra:** M<sub>3</sub>F

**Método de Muestreo basado en:** —

**Fecha / Hora de Muestreo:** 17/02/2021 10:00

**Coordenadas (Zona / Este / Norte):** —

**Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):** Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida

**PRODUCTO:** AGUA

**Parámetros instrumentales**

| MÉTODO  | LD | LC | Resultado (R) | Unidades                             |
|---------|----|----|---------------|--------------------------------------|
| NITRATO | —  | —  | 44.767        | mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L |
| FOSFATO | —  | —  | 5.957         | mg P/L                               |

  
 Luis Anthony Jarama Ruiz  
 Jefe de Laboratorio de Medio Ambiente  
 LABPERÚ E.I.R.L.




**INFORME DE ENSAYO N° MA1702210002**
**Código de laboratorio:** W-0114-21

**Identificación de Muestra:** M<sub>2</sub>F

**Método de Muestreo basado en:**
**Fecha / Hora de Muestreo:** 17/02/2021 10:00

**Coordenadas (Zona / Este / Norte):**
**Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):** Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida

**PRODUCTO:** AGUA

**Parámetros instrumentales**

| MÉTODO  | LD | LC | Resultado (R) | Unidades                             |
|---------|----|----|---------------|--------------------------------------|
| NITRATO | —  | —  | 48.961        | mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L |
| FOSFATO | —  | —  | 6.743         | mg P/L                               |

**Código de laboratorio:** W-0115-21

**Identificación de Muestra:** M<sub>3</sub>F

**Método de Muestreo basado en:**
**Fecha / Hora de Muestreo:** 17/02/2021 10:00

**Coordenadas (Zona / Este / Norte):**
**Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz):** Agua para Uso y Consumo Humano / Agua de Bebida

**PRODUCTO:** AGUA

**Parámetros instrumentales**

| MÉTODO  | LD | LC | Resultado (R) | Unidades                             |
|---------|----|----|---------------|--------------------------------------|
| NITRATO | —  | —  | 65.484        | mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L |
| FOSFATO | —  | —  | 8.720         | mg P/L                               |

**Ensayo:** REFERENCIA O NORMA

**NITRATO:** SM500-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017, Nitrogen (Nitrate), Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.

**FOSFATO:** SM500-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed. 2017, Phosphorus\*, Ascorbic Acid Method.

**Observaciones:**

La muestra e información de muestra proporcionada por el cliente

**Nota:** Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestra, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.

**LD:** Límite de Detección, **LC:** Límite de Cuantificación, **incert:** Incertidumbre expandida, **Valor = LD:** Valor detectado por el método, **No repetible**  
**Valor > LC:** Valor detectado por el método, **Repetible, Valor entre LD y LC:** Valor detectado por el método, **Con probabilidad de Repetir.**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

(\*\*) La muestra no cumple con los requerimientos especificados en el Método de Ensayo, por lo que se emite el resultado como "NO ACREDITADO".

Emitido en Nasca 19 de enero del 2021




Luis Anthony Segura Ruiz  
 Jefe de Laboratorio de Medio Ambiente  
 LABPERU E.I.R.L.

Este documento al ser emitido en el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA